

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



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA  
DE PALETIZADO EN UNA EMPRESA DE ALIMENTO BALANCEADO  
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**JOSE AUGUSTO CAICAY FARROÑAY**

**ASESOR**

**ING. JOSELITO SANCHEZ PEREZ**

**Chiclayo, 2019**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres José, Rosa y a mis hermanas Angela, Magaly por su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por guiar mi formación personal y profesional

A mi profesor de curso de Tesis

A mi asesor de Tesis por el apoyo brindado

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la realización de este trabajo de investigación.

## RESUMEN

El presente proyecto se basó en la automatización con la finalidad de aumentar la productividad en la etapa de paletizado en una empresa productora y comercializada de alimento balanceado para langostino.

La investigación busca proponer un sistema automatizado, teniendo como primer objetivo diagnosticar la situación actual de la empresa en donde se procedió a realizar una evaluación de posturas dentro de la etapa de paletizado utilizando el MÉTODO REBA e INSHT, asimismo se elaboró un estudio de tiempos determinándose un cuello de botella de 13,37 min/pallet y una utilización de la capacidad del 55% todo ello indica que se requiere una acción inmediata para reducir los riesgos disergonómicos y no obtener como consecuencia baja productividad.

El diseño del sistema automatizado logró mejorar las condiciones actuales de la empresa, se eliminaron los riesgos disergonómicos debido a que no se requieren de operarios en la etapa, de igual forma con lo que respecta la productividad de mano de obra incrementó en un 118% y a su vez la utilización de la capacidad en un 77%, aumentándose los indicadores de productividad. Además, se consiguió cumplir con toda la demanda no atendida que se incurría por la ausencia del sistema automatizado y de esta manera generar mayores utilidades a la empresa.

En cuanto el estudio económico – financiero se tiene una inversión total que asciende a un monto de S/106 643,00, donde las proyecciones financieras efectuadas permiten comprobar que el proyecto es viable, puesto que se obtiene un VAN de S/254 382,8 valorado con un TMAR del 12% en un tiempo de 5 años, además se presenta una tasa interna de retorno de 90% los cuales respaldan la ejecución del proyecto.

**Palabras claves:** Automatización, riesgos disergonómicos, productividad, paletizado

## **ABSTRACT**

The present project was based on automation with the purpose of increasing the productivity in the palletizing stage in a producer and commercialized company of balanced feed for shrimp.

The research seeks to propose an automated system, having as a first objective to diagnose the current situation of the company where an evaluation of postures was carried out within the palletizing stage using the REBA and INSHT METHOD, also a study of time was elaborated. a bottleneck of 13,37 min / pallet and a capacity utilization of 55% all indicate that immediate action is required to reduce the disergonomic risks and not result in low productivity.

The design of the automated system managed to improve the current conditions of the company, eliminating the disergonomic risks due to the fact that no workers are required in the stage, in the same way with regard to labor productivity increased by 118% and in turn, capacity utilization was 77%, with productivity indicators increasing. In addition, it was possible to comply with all the unmet demand that was incurred due to the absence of the automated system and in this way generate greater profits for the company.

As soon as the economic - financial study has a total investment amounting to S / 106 643,00, where the financial projections made allow to verify that the project is viable, since a VAN of S / 254 382,8 is obtained, 6 valued with a TMAR of 12% over a period of 5 years, and an internal rate of return of 90% is presented, which supports the execution of the project.

**KEYWORDS:** Automation, disergonomic risk, productivity, palletized

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	15
2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS .....	18
2.2.1. Ergonomía .....	18
2.2.2. Identificación de los Factores Disergonómicos.....	19
2.2.3. La Norma Básica de Ergonomía Internacional .....	20
2.2.4. La Norma Básica de Ergonomía Peruana.....	24
2.2.5. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo .....	24
2.2.6. Lesiones músculo - esquelético .....	25
2.2.7. Métodos de evaluación ergonómica .....	27
2.2.8. Ergonomía y productividad .....	28
2.2.9. Automatización.....	30
III. RESULTADOS .....	32
3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	32
3.1.1. La Empresa .....	32
3.1.2. Estructura Organizacional .....	32
3.1.3. Principales Competidores .....	35
3.1.4. Principales Proveedores.....	35
3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....	35
3.2.1. Producto.....	35
3.2.2. Materiales e Insumos .....	37
3.2.3. Proceso de Producción .....	39
3.2.4. Análisis para el Proceso de Producción.....	43
3.2.5. Indicadores actuales de producción y productividad.....	47
3.3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS .....	56
3.3.1. Diagnóstico por causas .....	56

3.4. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....	76
3.4.1. Desarrollo de Mejoras .....	76
3.4.2. Nuevos Indicadores de producción y productividad .....	126
3.4.3. Cuadro Comparativo de Indicadores .....	130
3.5. Análisis Costo beneficio .....	131
3.5.1. Costo de equipos y materiales .....	131
3.5.2. Proyección de demanda histórica .....	136
3.5.3. Flujo de caja anual .....	139
3.5.4. Evaluación económica financiera .....	140
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	141
4.1. CONCLUSIONES .....	141
4.2. RECOMENDACIONES .....	142
V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	143
VI. ANEXOS .....	145

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Identificación de factores disergonómicos.....	19
Tabla N°2. Peso susceptible a afectar la salud .....	20
Tabla N°3. Límites permisibles según el sexo .....	21
Tabla N°4.Lesiones musculoesqueléticos .....	26
Tabla N°5. Puntuación Final del Método REBA .....	28
Tabla N°6. Empresas competidoras .....	35
Tabla N°7. Características del alimento balanceado para langostinos .....	36
Tabla N°8. Composición química del alimento balanceado para langostinos .....	36
Tabla N°9. Materiales en la empresa de alimento balanceado para langostino .....	37
Tabla N°10. Operarios en el área de producción.....	38
Tabla N°11. Consumo de energía eléctrica .....	38
Tabla N°12. Consumo de agua potable .....	38
Tabla N°13.Producción programada vs producción real.....	48
Tabla N°14. Egresos de la empresa .....	49
Tabla N°15. Rendimiento de mano de obra .....	51
Tabla N°16.Rendimiento del operario del turno de la mañana .....	53
Tabla N°17. Rendimiento del operario del turno de la tarde.....	54
Tabla N°18. Rendimiento del operario del turno de la tarde.....	55
Tabla N°19. Resumen de indicadores .....	55
Tabla N° 20. Cursograma analítico de apilamiento de sacos .....	58
Tabla N°21. Demanda no cubierta de alimento balanceado para langostino .....	60
Tabla N°22. Utilidad no percibida por pallet .....	60
Tabla N°23. Descansos médicos de marzo – julio de 2018 .....	69
Tabla N°24. Evaluación dorso lumbar – Método INSHT .....	71
Tabla N°25. Puntuación del desplazamiento vertical, giro de tronco, tipo de agarre y la frecuencia – Método INSHT .....	72
Tabla N°26. Puntuación factor de sensibilidad – Método INSHT .....	73
Tabla N°27. Nivel de Riesgo final – Método INSHT .....	73
Tabla N°28. Multas inspectivas de MINTRA .....	74
Tabla N°29. Impacto económico en producción .....	74
Tabla N°30.Indicadores de los problemas en la empresa.....	75
Tabla N°31. Especificaciones técnicas del empaque.....	76
Tabla N°33. Ficha técnica - Rodillo N=5” diámetro (CEMA C).....	78
Tabla N°34. Ancho de Banda Plana .....	82
Tabla N°32. Ficha técnica del material de empaque .....	77
Tabla N°35.Diámetro de rodillos .....	85
Tabla N°36. Factor de fricción debido a longitud de banda.....	86
Tabla N°37. Factor de fricción para chumaceras .....	86
Tabla N°38. Ficha técnica motoreductor para faja transportadora.....	88
Tabla N°39.Detalla de cintas Normalizadas Norma DIN 22102 .....	88
Tabla N°40. Ficha técnica de plataforma de apoyo para faja transportadora.....	89
Tabla N°41. Peso de motoreductores .....	91
Tabla N°42. Peso de planchas en banda transportadora.....	91
Tabla N°43. Peso de las planchas por la banda .....	91

Tabla N°44. Propiedades mecánicas ASTM A- 36 .....	93
Tabla N°45. Ficha técnica de Cadena Fleyer Tipo BL - 422 .....	93
Tabla N°46. Ficha técnica de Cadena Fleyer Tipo BL - 422 .....	96
Tabla N°47. Modelo para análisis estructural .....	96
Tabla N°48. Modelo para análisis estructural .....	97
Tabla N°49. Información de contactos para el análisis estructural .....	97
Tabla N°50. Modelo para el análisis estructural de la malla .....	102
Tabla N°51. Ficha técnica motoreductor para elevador electromecánico .....	105
Tabla N°52. Características de los cilindros neumáticos .....	106
Tabla N°53. Parámetros técnicos de la válvula 5/2 .....	108
Tabla N°54. Parámetros técnicos de la válvula estranguladora .....	109
Tabla N°55. Entradas digitales del sistema automático .....	117
Tabla N°56. Salidas digitales del sistema automático .....	117
Tabla N°57. Diagrama de movimientos para el sistema automatizado .....	119
Tabla N°58. Cuadro Comparativo de indicadores .....	130
Tabla N°59. Cotización de la banda transportadora .....	133
Tabla N°60. Cotización de materiales para fabricación de maquinaria .....	134
Tabla N°61. Cotización de instalación de maquinaria .....	135
Tabla N°62. Beneficios anuales de la empresa .....	135
Tabla N°63. Pedidos atendidos.....	135
Tabla N°64. Demanda histórica sin automatización .....	136
Tabla N°65. Demanda proyectada sin automatización.....	136
Tabla N°66. Demanda histórica con sistema automatizado .....	137
Tabla N°67. Demanda proyectada automatizado .....	137
Tabla N°68. Utilidades por venta de alimento balanceado .....	138
Tabla N°69. Tasa económica según entidad bancaria .....	138
Tabla N°70. Flujo de caja de la propuesta proyectada en 5 años .....	139
Tabla N°71. TMAR, TIR, VAN .....	139
Tabla N°72. Periodo de recuperación de la inversión total .....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ecuación de carga límite recomendada.....	21
Figura 2. Jerarquía de control de prevención de riesgos .....	24
Figura 3. Organigrama de la empresa de alimento balanceado.....	33
Figura 4. Etapa de recepción .....	39
Figura 5. Etapa de molienda.....	39
Figura 6. Etapa de mezclado .....	40
Figura 7. Etapa de clasificado I.....	40
Figura 8. Etapa de palletizado .....	41
Figura 9. Etapa de enfriado .....	41
Figura 10. Etapa de clasificado II.....	42
Figura 11. Etapa de empaquetado .....	42
Figura 12. Almacenamiento de producto .....	42
Figura 13. Diagrama de bloques del proceso productivo del alimento balanceado para langostino .....	43
Figura 14. Diagrama de operaciones del proceso productivo .....	44
Figura 15. Cursograma analítico del proceso productivo.....	45
Figura 16. Diagrama de recorrido del proceso productivo.....	46
Figura 17. Producción programa vs producción real .....	48
Figura 18. Productividad de mano de obra .....	52
Figura 19. Diagrama de Ishikawa .....	56
Figura 20. Personal de estiba.....	57
Figura 21. Operario apilando sacos.....	59
Figura 22. Posturas forzadas en paletizado .....	61
Figura 23. Grupo A – Puntuación tronco .....	63
Figura 24. Grupo A – Puntuación cuello.....	64
Figura 25. Grupo A – Puntuación piernas.....	64
Figura 26. Grupo B – Puntuación del brazo.....	65
Figura 27. Grupo B – Puntuación del antebrazo .....	66
Figura 28. Grupo B – Puntuación de la muñeca.....	66
Figura 29. Puntuación inicial para el grupo A.....	67
Figura 30. Modificación de la puntuación del grupo A .....	67
Figura 31. Puntuación inicial del grupo B.....	67
Figura 32. Puntuación C en función de las puntuaciones A y B .....	68
Figura 33. Modificación de la puntuación C .....	68
Figura 34. Modificación de la puntuación C .....	68
Figura 35. Plataforma de estiba.....	70
Figura 36. Embolse y etiquetado.....	70
Figura 37. Transportador de rodillos.....	78
Figura 38. Rodillos planos de carga .....	78
Figura 39. Plano esquemático del transportador de rodillos con sus tres vistas principales .....	79
Figura 40. Vista isométrica del sistema de orden de sacos .....	80
Figura 41. Faja transportadora .....	81
Figura 42. Banda del transportador .....	82
Figura 43. Plano esquemático del sistema de transporte superior de sacos .....	83
Figura 44. Plano esquemático del sistema de traslado y prensa.....	84
Figura 45. Rodillo de la banda transportadora .....	85

Figura 46. Motor de la faja transportadora.....	88
Figura 47. Plancha de acero ASTM A - 36 .....	90
Figura 48. Elevador electromecánico.....	90
Figura 49. Perfil de columnas .....	92
Figura 50. Cadena Fleyer Tipo BL - 422 .....	94
Figura 51 Plano esquemático del sistema de elevación .....	95
Figura 52. Malla sólida para el análisis estructural .....	101
Figura 53. Resultados del análisis estructural .....	102
Figura 54. Plano esquemático de la propuesta de mejora en la etapa de paletizado .....	103
Figura 55. Motoreductor .....	104
Figura 56. Cilindros neumáticos .....	105
Figura 57. Electroválvula 5/2 biestable.....	109
Figura 58. Válvula estranguladora .....	109
Figura 59. Unidad de mantenimiento Micro FRC/ FRCS.....	110
Figura 60. Filtros .....	110
Figura 61. Filtro regulador caudal.....	111
Figura 62. Racores EPC6 - 03.....	111
Figura 63. Unión TEE 1/8” .....	111
Figura 64. Unión codo EPV1 1/8” .....	111
Figura 65. Manguera de 10 m .....	112
Figura 66. Cables sólidos azul y rojo .....	112
Figura 67. Pulsador On .....	113
Figura 68. Pulsador OFF .....	113
Figura 69. Pulsador de emergencia .....	113
Figura 70. Sensor capacitivo de proximidad .....	114
Figura 71. Comportamiento del sistema propuesto en nivel automático .....	116
Figura 72. Controlador lógico M221 .....	118
Figura 73. Plano de motores.....	124
Figura 74. Plano de neumáticos .....	125
Figura 75. Diagrama Hombre – Máquina de la etapa de paletizado .....	127
Figura 76. Cotización de los materiales metalmecánicos.....	131
Figura 77. Cotización de motores .....	132
Figura 78. Cotización de cadenas de transmisión .....	132
Figura 79. Cotización de automatización neumática.....	133
Figura 80. Cotización de automatización eléctrica .....	133
Figura 81. Demanda histórica no automatizado 2013 - 2017.....	136
Figura 82. Demanda histórica automatizado 2013 – 2017 .....	137

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Observaciones cronometradas para ciclos menores a 2 minutos .....	145
Anexo 2. Observaciones cronometradas para ciclos mayores a 2 minutos .....	146
Anexo 3. Registro de ausentismo laboral.....	149
Anexo 4. Características de las planchas de acero ASTM A36 .....	150
Anexo 5. Características del tubo cuadrado y rectangular de acero ASTM A500.....	151
Anexo 6. Características de las vigas H de acero ASTM HA 36.....	152
Anexo 7. Controlador TM221CE40R .....	153
Anexo 8. Características de la cadena Fleyer.....	154
Anexo 9. Potencia de motores trifásicos .....	155

## I. INTRODUCCIÓN

OMS [1] En la actualidad el desmesurado crecimiento de las grandes y pequeñas empresas a nivel mundial de diferentes rubros, políticas y controles en los últimos años han demostrado tener gran importancia en la prevención de riesgos laborales, accidentes y enfermedades ocupacionales debido a las alarmantes cifras que ofrecen los reportes anuales de las organizaciones internacionales, siendo una de ellas las lesiones músculo – tendinosas causa individual más importante de problemas de salud ocupacional.

OMS [2], señala que cada 15 segundos un trabajador muere a causa de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo. Cada 15 segundos, 160 trabajadores tienen un accidente laboral. Cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, más de 2,3 millones de muertes por año. Anualmente ocurren más de 317 millones de accidentes de trabajo, muchos de estos accidentes resultan en absentismo laboral. Las condiciones de seguridad y salud en el trabajo difieren enormemente entre países, sectores económicos y grupos sociales.

OIT [3], tiene como objetivo crear conciencia mundial sobre la magnitud y las consecuencias de los accidentes, las lesiones y las enfermedades relacionadas con el trabajo y los riesgos disergonómicos.

Hoy en día la ergonomía solo se utiliza en pocos puestos de trabajo, dejando de lado que este factor contribuye a mejorar las condiciones de trabajo y la productividad. Ocasionando esto, que exista un considerable vacío en la aplicación de la ergonomía, en los ambientes de trabajo de diversos sectores y países.

MINTRA[4], teniendo en cuenta los informes y alarmantes cifras de accidentes laborales el Estado Peruano decreta la Ley de Seguridad y Salud en el trabajo, estableciendo que el Perú como miembro de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), cuenta con el instrumento de Seguridad y Salud en el Trabajo, donde la obligación de los Estados miembros es de implementar una política de riesgos laborales y vigilar su cumplimiento; el deber de los empleadores es de identificar, evaluar, prevenir y comunicar los riesgos en el trabajo a sus trabajadores; y el derecho de los trabajadores a estar informados de los riesgos de las actividades que prestan. Por tal motivo esta Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objeto de promover una cultura de prevención de riesgos laborales a través del deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes a través del dialogo social, deben velar por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

Con el transcurso de los años, según diversas investigaciones reconocen que un espacio de trabajo, donde no se haya contemplado criterios ergonómicos para su diseño puede generar a corto y mediano plazo malestares físicos y emocionales en el personal que lo ocupa, trayendo como consecuencia la reducción de la eficacia y productividad laboral. Considerando lo dicho anteriormente, en nuestro país no existen registros de implementación de un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional basado en el estudio de riesgos disergonómicos a los cuales se encuentran expuestos los trabajadores de la empresa en estudio.

La empresa productora y comercializadora de alimento balanceado para langostino cuenta con una etapa crítica dentro de su proceso productivo la cual es la etapa de paletizado, en donde los operarios realizan actividades repetitivas, posee equipos los cuales no están diseñados para los operarios, las posturas de los operarios no son las adecuadas es por ello que se propone realizar un sistema automatizado con el fin de garantizar a los trabajadores las condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo adecuado que propicie para ellos el ejercicio pleno de sus actividades, y de esta forma reducir los riesgos disergonómicos a los que están expuestos los trabajadores al ejecutar sus labores diarias, producidas principalmente por las condiciones ambientales y el diseño del puesto de trabajo los cuales pueden ocasionar trastorno musco esqueléticos.

Frente a lo descrito anteriormente surge la pregunta ¿La propuesta de un sistema de automatización en la etapa de paletizado incrementará la productividad en una empresa de alimento balanceado?; es por ello que se plantearon los siguientes objetivos, donde el primero es diagnosticar la situación actual de la etapa de paletizado de producto terminado de la empresa en estudio; proponer una mejora en la etapa de paletizado de producto terminado y finalmente analizar el costo beneficio de la propuesta del sistema de automatización en la etapa de paletizado.

La justificación de este trabajo viene enmarcada en los siguientes pasos: En cuanto a lo teórico la investigación permitirá adquirir conocimientos orientados en la Seguridad y Salud en el trabajo basado en el estudio de riesgos disergonómicos que afectan la productividad económica del trabajador y de esta manera se podrá conocer los riesgos laborales, definidos como “la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de su trabajo”. En segundo lugar, con lo que respecta lo valorativo esta investigación permitirá establecer la importancia de la prevención de enfermedades en el trabajador, justificada en la Ley N°30222 sobre la Seguridad y Salud en el trabajo. Y por último en cuanto a lo práctico esta investigación permitirá una definición precisa, para el establecimiento de prioridades y la cuantificación de los objetivos de la empresa en estudio, a través de la selección del método adecuado para evaluar cada puesto de trabajo, basado en el análisis de cada entorno laboral que exponen a los trabajadores que constituyen una de las principales causas de enfermedades relacionadas con el trabajo. Así mismo podemos que decir que mediante esta evaluación de las practicas ergonómicas, se podrá mejorar la etapa de paletizado la cual reflejara una mejor productividad diaria.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

- In 2018, Contreras et al. [5], in his research “Improvement of the productivity, quality and ergonomics of an assembly operation by means of automation”. The reference is that automation is an important part of the industry throughout the world is always seeking the continuous improvement of processes, in the city of Juarez there are still many factories that processes manual assemblies, which can be heavy, repetitive and strenuous lo This article presents an alternative solution for a manual assembly process, through automation. The improvement of the different measurable factors of the process by means of the implementation of a semi-automatic machine specially manufactured for said process, after the implementation takes place, a defect rate for bad set of hose went down from 2,35% to 0,37 % The productivity of the machine increased by 62% in the comparison when done manually and the ergonomics is also eliminated in the elimination of 3 existing factors (unnecessary lifting, repetitive movements, frequency of materials) to acquire a musculoskeletal condition Due to the operation.
- En el 2018, Contreras et al. [5] en su investigación “Mejora de la productividad, calidad y ergonomía de una operación de ensamble por medio de la automatización”. Hace referencia que la automatización es parte significativa de la industria en todo el mundo siempre buscando la mejora continua de los procesos, en la ciudad de Juárez aún existen muchas fábricas que poseen procesos de ensambles manuales, los cuales pueden ser pesados, repetitivos y extenuantes lo cual desencadena diferentes consecuencias negativas a las empresas como ausentismo, variación en los procesos, etc. En este artículo se presenta una solución alternativa para un proceso de ensamble manual, por medio de la automatización. La mejora de diferentes factores medibles del proceso mediante la implementación de una máquina semi – automática fabricada especialmente para dicho proceso, después de realizada la implementación se obtuvo una tasa de defectos por mal ensamble de manguera bajó de 2,35% a 0,37%, la productividad de la máquina aumento en un 62% en comparación cuando se realizaba manualmente, y la ergonomía también se vio afectada al eliminarse 3 de los factores existentes (levantamientos innecesarios, movimientos repetitivos, frecuente manipulación de materiales) para adquirir un padecimiento músculo esquelético debido a la operación.
- En el 2015, Lorca et al. [6], en su investigación “Identificación de riesgos biomecánicos de los trabajadores en plantas de proceso de salmón para la prevención de disfunción dolorosa de extremidad superior (DDES)”. Se basa en identificar y evaluar los riesgos biomecánicos a que están expuestas las extremidades superiores de los trabajadores en cada uno de los puestos de trabajo de una línea de producción de salmón, con el objetivo de prevenir cuadros de Disfunción Dolorosa de Extremidad Superior La metodología fue realizada por una muestra de 150 trabajadores sanos, de ambos sexos, los que fueron grabados en 2 planos y 2 ciclos

de trabajo. Los resultados indican que en las tareas realizadas por los trabajadores los factores de riesgo biomecánicos más críticos y que tienen mayor importancia en el valor del índice intrínseco (CheckList OCRA) son: Postura (valores de correlación 0,89 y 0,87 para la extremidad superior derecha e izquierda, respectivamente); Fuerza (valores de correlación 0,86 y 0,87 para la extremidad superior derecha e izquierda, respectivamente); y, Frecuencia (valores de correlación 0,81 y 0,71 para la extremidad superior derecha e izquierda, respectivamente), presentando un nivel de riesgo "alto" (valores de índice intrínseco sobre 22,5). Las conclusiones de la investigación apuntan al mejoramiento de la técnica de trabajo, eliminación de acciones técnicas inútiles, perfeccionamiento de herramientas, rediseño de la línea de producción y layout, además de rotación de funciones.

- In 2015, Baba et al. [7] in his research “A Study on Ergonomic Awareness among Workers Performing Manual Material Handling Activities”. Manual material handling (MMH) is the most common cause of musculoskeletal disorders (MSDs) and low back pain (LBP). It involves manual lifting, lowering, carrying, pushing and pulling loads. This study has three main objectives, first: to identify ergonomics awareness towards MMH activities amongst the workers; second, to identify the body discomfort or body pain of the workers using Body Parts Symptom Survey (BPSS); and third to study the LBP and MSDs risk exposure in reference to MMH practiced by the workers using RULA. The respondents for the study were selected from the production area. There were 32 respondents who answered questionnaires regarding ergonomics awareness and reported their body pains through Body Parts Symptom Survey (BPSS) included in the 5-scale Likert questionnaires. Based on the self-reported survey, 7 subjects were chosen to be observed through Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Evaluation of ergonomic awareness on MMH amongst workers on research area shows that they possess a moderate ergonomics awareness level (mean score 2,97). The BPSS used in this research provides the insight of discomfort issue amongst workers. Nine workers who are working at loading and collection bay were detected to have LBP and MSD problem symptoms. Based on RULA observations on work stations and MMH motions, it was found that the MMH methods used is on level 4. This means that the current method employed should be investigated and immediate changes should be applied. It is recommended that the management should put more effort to increase workers’ ergonomics awareness especially during.
- En el 2015, Baba et al. [7] en su investigación “Estudio sobre la sensibilización ergonómica de los trabajadores que realizan actividades de manejo manual de materiales” 1666-1673. Se basa en identificar la sensibilización hacia las actividades de la ergonomía para el manejo manual de materiales entre los trabajadores; identificar el malestar o dolor corporal del cuerpo de los trabajadores que utilizan partes del cuerpo; y estudiar el dolor lumbar y la exposición al riesgo de los trastornos musculoesqueléticos. La metodología fue realizada a 32 trabajadores de la zona de producción, sobre la conciencia ergonomía y sobre sus dolores en el cuerpo, se eligieron 7 sujetos para ser observados a través del método RULA. Los resultados muestran que los trabajadores presentan síntomas de dolor lumbar en

nivel 4. Esto significa que se deben aplicarse los cambios inmediatos y se recomienda rediseñar el flujo de trabajo o las estaciones de trabajo.

- En el 2014, Agila et al. [8], en su investigación “Síntomas músculo-esqueléticos en trabajadores operativos del área de mantenimiento de una empresa petrolera Ecuatoriana”. Se basa en determinar la prevalencia de síntomas músculo-esqueléticos en trabajadores operativos del puesto de trabajo mantenimiento de una Empresa Petrolera Ecuatoriana. La metodología se fue realizada en una muestra de 102 trabajadores de sexo masculino, correspondientes al puesto de trabajo de mantenimiento de una empresa petrolera, la edad comprendida estuvo entre 18 y 49 años. Para la recolección de datos a cada uno de los trabajadores, se aplicó: un Cuestionario Socio-Demográfico, una Historia Médica Ocupacional y el Cuestionario Nórdico Estandarizado. Los resultados indican que la mayor prevalencia de síntomas músculo-esqueléticos, se encuentra en el grupo de trabajadores de entre 30 y 40 años de edad, en las regiones anatómicas: espalda baja 66 (64,7%), seguido de espalda alta 44 (43,1%), cuello 38 (37,3%) y hombro 27 (26,5%), siendo los más afectados los puestos de trabajo técnico-eléctrico y técnico-mecánico. Se concluye que existe una elevada prevalencia de síntomas músculo-esqueléticos en la población estudiada, por lo que se recomienda efectuar una evaluación ergonómica exhaustiva de los puestos de trabajo y posteriormente buscar mecanismos y estrategias de control y prevención de riesgos ergonómicos, con la finalidad de minimizar el desarrollo de lesiones músculo-esqueléticos en la población de estudio.
- En el 2013, Castillo et al. [9], en su investigación científica “Evaluación ergonómica en el área termoencogible de una empresa fabricante de pintura venezolana” se basa en una evaluación ergonómica a los puestos de trabajo del área termoencogible, identificando los factores peligrosos y los determinantes de lesiones musculo esqueléticas en una empresa fabricante de pintura ubicada en el sur del estado Aragua, Venezuela. La metodología fue realizada a seis trabajadores, aplicando métodos ergonómicos (REBA, NIOSH) con observaciones de puestos, entrevista colectiva, y análisis antropométrico. Los resultados muestran inconformidad y peligro en el ritmo de trabajo. El esfuerzo físico y la carga mental representan grandes exigencias para los trabajadores. Mediante los resultados se logró demostrar que se requiere la automatización y mecanización de los procesos y de esta manera evitar la manipulación de cargas fuera de la zona neutral del cuerpo.

## 2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

### 2.2.1. Ergonomía

La Ergonomía, según la confederación regional de organizaciones empresariales de Murcia en 2013 [6], es una disciplina científico-técnica y de diseño que estudia la relación entre el entorno de trabajo (lugar de trabajo), y quienes realizan el trabajo (los trabajadores). Dentro del mundo de la prevención es una técnica preventiva que intenta adaptar las condiciones y organización del trabajo al individuo, cuya finalidad es el estudio de la persona en su trabajo y tiene como propósito último conseguir el mayor grado de adaptación o ajuste, entre ambos. Su objetivo es hacer el trabajo lo más eficaz y cómodo posible. Por ello, la ergonomía estudia el espacio físico de trabajo, ambiente térmico, ruidos, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental, fatiga nerviosa, carga de trabajo, y todo aquello que pueda poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso. En definitiva, se ocupa del confort del individuo en su trabajo.

Según Laurin y Vedder en la enciclopedia de la OIT en 2015 [7], significa literalmente el estudio o la medida del trabajo. En este contexto, el término trabajo significa una actividad humana con un propósito; va más allá del concepto más limitado del trabajo como una actividad para obtener un beneficio económico, al incluir todas las actividades en las que el operador humano sistemáticamente persigue un objetivo. Así, abarca los deportes y otras actividades del tiempo libre, las labores domésticas, como el cuidado de los niños o las labores del hogar, la educación y la formación, los servicios sociales y de salud, el control de los sistemas de ingeniería o la adaptación de los mismos, como sucede, por ejemplo, con un pasajero en un vehículo.

A continuación, se presentan la clasificación de la ergonomía:

- a. Ergonomía Geométrica: Se encarga del estudio de la relación entre el operador, fundamentalmente en lo relativo a sus dimensiones, las condiciones geométricas de los medios y el espacio de trabajo en función del proceso de trabajo establecido.
- b. Ergonomía Ambiental: Se encarga del estudio de los factores ambientales; tanto físicos, químicos y biológicos los cuales constituyen parte del ambiente de trabajo en el sistema de trabajo, en esta división se tienen en cuenta los siguientes factores:
  - Ambiente térmico
  - Ambiente visual
  - Ambiente acústico
  - Ambiente mecánico
  - Ambiente Electromagnético
  - Calidad del aire
- c. Ergonomía Temporal: Se encarga del estudio de la relación del operador con los aspectos al tiempo de trabajo, incluye de forma general los siguientes aspectos:
  - Horarios de trabajo

- Turnos
- Ritmos de trabajo
- Organización de pausas y descansos

d. Ergonomía de las organizaciones: Se encarga de la adaptación de los factores organizativos, sociales y culturales que rodean a los operadores a sus necesidades. La base de su actuación se centra en el estudio de los trabajos en grupo, trabajos en cadena, automatización, estructura de la organización, información, participación de los trabajadores.

### 2.2.2. Identificación de los Factores Disergonómicos

A continuación, se presenta la Tabla N°1 donde se identifican los factores de riesgos por cada postura y movimientos inadecuados.

Tabla N°1. Identificación de factores disergonómicos

FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO	
Posturas incómodas o forzadas	Codos por encima de la cabeza. Codos por encima del hombro. Espalda en extensión más de 30 grados. Cuello doblado/girado más de 30 grados. Estando sentado, espalda inclinada hacia adelante más de 30 grados. Estando sentado, espalda girada o lateralizada más de 30 grados. De cuclillas. De rodillas. (Más de 2 horas en total por día)
Levantamiento de carga frecuente	40kg una vez/día. 25kg más de doce veces/hora. 5kg más de dos veces/minuto. Menos de 3 kg más de cuatro veces/min. (Durante más de 2 horas por día)
Esfuerzo de manos y muñecas	Si se manipula y sujeta en pinza un objeto de más de 1kg. Si las muñecas están flexionadas, en extensión, giradas o lateralizadas haciendo un agarre de fuerza. Si se ejecuta la acción de atornillar de forma intensa. (Más de 2 horas por día)
Movimientos repetitivos con alta frecuencia	El trabajador repite el mismo movimiento muscular más de 4 veces/min. Durante más de 2 horas por día. En los siguientes grupos musculares: Cuello, hombros, codos, muñecas, manos.
Impacto repetitivo	Usando manos o rodillas como un martillo más de 10 veces por hora, más de 2 horas por día.
Vibración de brazo-mano de moderada alta	Nivel moderado: más de 30 min/día. Nivel alto: más de 2 horas/día.

Fuente: Organización Internacional de Trabajo, 2008

### 2.2.3. La Norma Básica de Ergonomía Internacional

Según Organización Iberoamericana de Seguridad Social en 2017 [13], la Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico tiene por objetivo principal establecer los parámetros que permitan la adaptación de las condiciones de trabajo a las características físicas y mentales de los trabajadores con el fin de proporcionarles bienestar, seguridad y mayor eficiencia en su desempeño, tomando en cuenta que la mejora de las condiciones de trabajo contribuye a una mayor eficacia y productividad empresarial. Esta norma incluye los siguientes contenidos:

#### a. Manipulación manual de cargas

OIT [11], menciona que la manipulación manual de materiales contempla tareas como levantar, transportar, empujar o tirar de diversas cargas externas. La mayoría de las investigaciones realizadas en este campo se han centrado en los problemas de zona lumbar, derivados de las tareas de levantamiento de pesos.

Esta organización ofrece las recomendaciones para determinar una carga de trabajo aceptable durante la manipulación manual de materiales, basadas en los análisis biomecánicos, abarcan diversos factores como el peso de la carga, la frecuencia de la manipulación, la altura a la que hay que levantar la carga, la distancia de la carga al cuerpo y las características físicas de la persona.

Existen relativamente pocas evidencias epidemiológicas que demuestren que la carga muscular es nociva para la salud. Sin embargo, los estudios fisiológicos y ergonómicos sobre el trabajo indican que la sobrecarga muscular se traduce en fatiga (es decir, en una reducción de la capacidad de trabajo) y puede reducir también la productividad y la calidad de trabajo.

MINTRA, explica en la Tabla N°2 que no debe exigirse o permitirse el transporte de carga manual cuyo peso es susceptible de comprometer su salud o seguridad. En este supuesto, conviene adoptar la recomendación NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). [11]

Tabla N°2. Peso susceptible a afectar la salud

SITUACIÓN	PESO MÁXIMO	PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN PROTEGIDA
En general	25 kg	85 %
Mayor protección	15 kg	95 %
Trabajadores entrenados y/o situaciones aisladas	40 kg	No disponible

Fuente: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008

## b. Carga límite recomendada

La carga máxima recomendada se podrá obtener utilizando la ecuación en la Figura 1 de NIOSH en 1994, citada en la norma Básica ergonómica [14] donde se consideran las siguientes variables:

NIOSH 1994	
<b><math>LPR = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM</math></b>	
LC:	constante de carga
HM:	factor de distancia horizontal
VM:	factor de altura
DM:	factor de desplazamiento vertical
AM:	factor de asimetría
FM:	factor de frecuencia
CM:	factor de agarre

Figura 1. Ecuación de carga límite recomendada

El transporte de materiales, realizado con carretas u otros equipos mecánicos donde se utilice la tracción humana, deben aplicarse de manera que el esfuerzo físico realizado por el trabajador sea compatible con su capacidad de fuerza, y no ponga en peligro su salud o su seguridad. Los límites permisibles son:

Tabla N°3. Límites permisibles según el sexo

CONDICIÓN	HOMBRES	MUJERES
Fuerza necesaria para sacar del reposo o detener una carga	25 kg	15 kg
Fuerza necesaria para mantener la carga en movimiento	10 hg	7 kg

## c. Posicionamiento postural en los puestos de trabajo

Existen dos formas o posibilidades de trabajo: de pie o sentado. Se tratará en lo posible de alternar dichas posibilidades, para que un tiempo el trabajador se encuentra de pie y otro tiempo sentado. Para la etapa de paletizado solo se tomará las recomendaciones de trabajo de pie ya que esta actividad demanda estar toda la jornada laboral estar de pie.

Los trabajos o las tareas que se tienen que realizar de pie deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Evitar que en el desarrollo de las tareas se utilicen flexión y torsión del cuerpo combinados; esta combinación es el origen y causa de la mayoría de las lesiones músculo esqueléticas.
- El plano de trabajo debe tener una altura y características de la superficie de trabajo compatible con el tipo de actividad que se realiza, diferenciando entre

trabajos de precisión, trabajos de fuerza moderada o trabajos de fuerzas demandantes.

- El puesto de trabajo deberá tener las dimensiones adecuadas que permitan el posicionamiento y el libre movimiento de los segmentos corporales. Se deben evitar las restricciones de espacio, que puedan dar lugar a giros e inclinaciones del tronco que aumentarán considerablemente el riesgo de lesión.
- Las tareas de manipulación manual de cargas se han de realizar preferentemente encima de superficies estables, de forma que no sea fácil perder el equilibrio.
- Las tareas no se deberán ofrecer por encima de los hombros ni por debajo de las rodillas.
- Los comandos manuales deberán ofrecer buenas condiciones de seguridad, manipulación y agarre. Permitirán, además, evitar errores en su interpretación, una buena visualización y fácil de operación.
- Los pedales y otros controles para utilizar los pies, deben tener una buena ubicación y dimensiones que permitan su fácil acceso.
- El calzado ha de constituir un soporte adecuado para los pies, con la suela no deslizante, y proporcionar una protección adecuada del pie contra la caída de objetos.
- Para las actividades en las que el trabajo debe hacerse utilizando la postura de pie, se debe poner asientos para descansar durante las pausas.
- Todos los empleados asignados a realizar tareas en postura de pie deben recibir una formación e información adecuada, o instrucciones precisas en cuanto a las técnicas de posicionamiento postural y manipulación de equipos, con el fin de salvaguardar su salud.

#### **d. Equipos y herramientas en los puestos de trabajo**

Los equipos y herramientas que componen un puesto de trabajo deben estar adaptados a las características físicas y mentales de los trabajadores, y a la naturaleza del trabajo que está realizando.

Las herramientas se seleccionarán de acuerdo a los siguientes criterios:

- Son adecuadas para las tareas que se están realizando.
- Se ajustan al espacio disponible en el trabajo.
- Reducen la fuerza muscular que se tiene que aplicar.
- Se ajustan a la mano y todos los dedos circundan al mango.
- Pueden ser utilizadas en una postura cómoda de trabajo.
- No causan presión de contacto dañino ni tensión muscular.
- No causan riesgos de seguridad y salud.

Todos los empleados asignados a utilizar las herramientas de trabajo, deben recibir una formación e información adecuada o instrucciones precisas en cuanto a las técnicas de utilización que deben realizarse, con el fin de salvaguardar su salud y la prevención de accidentes.

**e. Organización del trabajo**

La organización de trabajo debe ser adecuada a las características físicas y mentales de los trabajadores y la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

La organización del trabajo o tareas deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El empleador impulsará un clima de trabajo adecuado, definiendo claramente el rol que la corresponde y las responsabilidades que deba cumplir cada uno de los trabajadores.
- Se debe establecer un ritmo de trabajo adecuado que no comprometa la salud y seguridad del trabajador.
- Elevar el contenido de las tareas, evitando la monotonía y propiciando que el trabajador participe en las tareas diversas.
- La empresa debe proporcionar capacitación y entretenimiento para el desarrollo profesional.
- Se deben incluir las pausas para el descanso; son más aconsejables las pausas cortas y frecuentes que las largas y escasas.
- Los lugares de trabajo deben de contar con sanitarios separados para hombres y mujeres, estos sanitarios deben en todo momento estar limpios e higiénicos. Las instalaciones de la empresa deben contar además con un comedor donde los trabajadores puedan ingerir sus alimentos en condiciones sanitarias adecuadas, debiéndose proporcionar casilleros para los utensilios personales.

f. Condiciones ambientales de trabajo.

g. Procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico.

h. Matriz de identificación de riesgos disergonómicos.

i. La evaluación ergonómica, a partir del concepto amplio de bienestar y confort para la mejora de la productividad, deberá formar parte de los procesos preventivos en las empresas, cualquiera que sea su actividad.

#### 2.2.4. La Norma Básica de Ergonomía Peruana

MINTRA [10], El Estado Peruano a través de la norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómicos aprobada mediante Oficio N° 2042-2008-MTPE/2 del Despacho del Vice Ministro de Trabajo, y el Oficio N° 899-2008-MTPE/2/12.4 de la Dirección de la Protección del Menor y de la Seguridad y Salud en el Trabajo, establece los procedimientos que permiten la adaptación de condiciones de trabajo a las características físicas y mentales de los trabajadores con la finalidad de brindarles un ambiente de trabajo que les otorgue bienestar, seguridad, y mayor eficiencia en el desarrollo de sus actividades, lo cual tenga como consecuencia el aumento de la productividad en todos los ámbitos que se desarrollan en la empresa.

El desarrollo del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo se basa en la Ley 30222 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo” y la Ley N°29088 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Estibadores Terrestres y Transportistas Manuales”. Emitida por el estado peruano, y controlada por el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.

#### 2.2.5. Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Conjunto de elementos interrelacionados o interactivos que tienen por objeto establecer una política, objetivos de seguridad y salud en el trabajo, mecanismos y acciones necesarios para alcanzar dichos objetivos, estando íntimamente relacionado con el concepto de responsabilidad social empresarial, en el orden de crear conciencia sobre el ofrecimiento de buenas condiciones laborales a los trabajadores mejorando, de este modo, su calidad de vida, y promoviendo la competitividad de los empleadores en el mercado. En la figura 2 se muestra la pirámide de jerarquía de control y técnicas de prevención de riesgos.

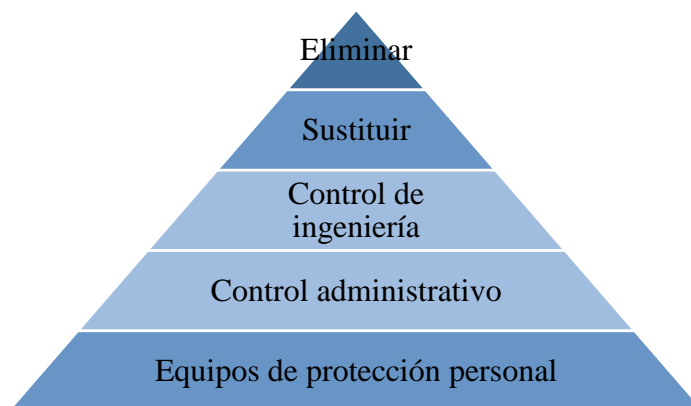


Figura 2. Jerarquía de control de prevención de riesgos

- Eliminar: el peligro es el método más eficaz de combatirlo. Es más fácil eliminar los riesgos cuando un procedimiento de trabajo se halla en la fase de desarrollo.
- Sustituir: Consiste en cambiar algún elemento o proceso por otro de menor riesgo.

- Controles de ingeniería: Si el peligro no se puede eliminar y el riesgo no se puede sustituir, el próximo paso será el control de ingeniería que mantenga los peligros fuera del alcance del trabajador.
- Controles administrativos: Son los Procedimientos, manuales, señalización que reducen la exposición al peligro. Artículo 37.-Ley 29783. El empleador debe establecer y mantener disposiciones y procedimientos para: a) Recibir, documentar y responder adecuadamente a las comunicaciones internas y externas relativas a la seguridad y salud en el trabajo. b) Garantizar la comunicación interna de la información relativa a la seguridad y salud en el trabajo entre los distintos niveles y cargos de la organización. c) Garantizar que las sugerencias de los trabajadores o de sus representantes sobre seguridad y salud en el trabajo se reciban y atiendan en forma oportuna y adecuada.
- Equipos de Protección personal: Es la última barrera de protección, trabajan en conjunto con otros controles como son lo de ingeniería y /o administrativos.

#### **2.2.6. Lesiones músculo - esquelético**

Las lesiones son trastornos caracterizados por una anormal condición de músculos, tendones, nervios, articulación, huesos como se muestra en la Tabla N°4 las cuales traen como resultado una alteración de la función motora o sensitiva originados por la exposición a los factores de riesgo, fuerza, posturas inadecuadas, estrés por contacto o vibración.

Tabla N°4. Lesiones musculoesqueléticas

TRASTORNOS	ENFERMEDADES	CONSECUENCIA
Trastornos musculoesqueléticos en hombro y cuello	Síndrome cervical por tensión	Es consecuencia por realizar trabajos repetitivos por encima del nivel de la cabeza, transportando cargas pesadas o, si el cuello se mantiene doblado hacia delante.
	Tendinitis del manguito de rotadores	Normalmente, este tipo de trastorno musculoesquelético es debido a realizar trabajos en los que los codos están en posición elevada.
	Hombro congelado	Evita la articulación del hombro, limitando la rotación del brazo. Es causada por una inflamación.
	Torticolis	Consiste en rigidez y dolor agudo en el cuello. Su origen puede ser un giro brusco.
Trastornos musculoesqueléticos en la zona lumbar	Lumbalgia	consiste en dolor en las regiones lumbares. Cuando es agudo el motivo suele ser un sobreesfuerzo. En ocasiones, el dolor desciende afectando a la parte posterior del muslo y la nalga. Esta dolencia puede ser crónica, en cuyo caso el dolor aparece de manera gradual y, a pesar de no alcanzar un umbral del dolor elevado, persiste de manera continua.
	Lumbago agudo	En este caso, aparece dolor a lo largo de toda la zona lumbar y existe contractura antiálgica e impotencia funcional dolorosa. Esta dolencia se debe a la distensión del ligamento posterior a nivel lumbar
	Lumbo-ciatalgia	Se produce una hernia de disco entre la quinta vértebra y el sacro, o bien, entre la cuarta y quinta vertebra. El origen del dolor es una presión en el nervio ciático. El dolor empieza en la zona lumbosacra y se va extendiendo hacia la cara externa o posterior del muslo.
Trastornos musculoesqueléticos en brazo y codo	Síndrome del túnel radial	Se produce por movimientos repetitivos rotatorios del brazo. Y aparece al atraparse el nervio radial, periféricamente
	Epicondilitis	Se trata de una inflamación de los tendones y el periostio, que produce dolor a lo largo del brazo. Este síndrome puede desencadenarse por sacudidas y movimientos de extensión forzados de la muñeca.
	Bursitis	La bursitis del codo es frecuente entre oficinistas, puesto que es debida a apoyar mucho los codos.
	Epitrocleitis	Consiste en la inflamación de los tendones que permiten la flexión de la mano.

Fuente: Evaluación de riesgos disergonómicos,2015

## 2.2.7. Métodos de evaluación ergonómica

### a. Método RULA

Ergonautas [13], RULA abreviaturas de Rapid Upper Limb Assessment, nos permite evaluar posturas concretas. Este método evalúa como la exposición de los operarios a puestos de trabajo inadecuados los expone a trastornos en los miembros superiores.

Usualmente, se debe a la postura del trabajador, continuidad en los movimientos, la carga aplicada a la tarea y la actividad estática. Es necesario recalcar que, para la selección de la tarea a evaluar, se deberá observar al trabajador por varios ciclos de trabajo, luego se elegirá al que suponga una carga postural elevada o al que tenga mayor tiempo de duración. El método RULA divide al cuerpo en dos grupos A y B, el primero formado por los brazos, antebrazos y muñecas; el segundo lo componen las piernas, tronco y cuello, Para el desarrollo de este método, se debe tener en cuenta los ángulos que forman los miembros del cuerpo humano; esta es la clave para una correcta asignación de puntos. Es por ello, que se deberá fotografiar al operario realizando su trabajo para luego medir los ángulos sobre éstas.

### b. Método REBA

Ergonautas [13], Es un método especialmente sensible a los riesgos de tipo músculo-esquelético. Divide el cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente, y evalúa tanto los miembros superiores, como el tronco, el cuello y las piernas. Analiza la repercusión sobre la carga postural del manejo de cargas realizado con las manos o con otras partes del cuerpo. Considera el tipo de agarre de la carga manejada. Permite la valoración de la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas, o debidas a cambios bruscos o inesperados en la postura.

El resultado determina el nivel de riesgo de padecer lesiones estableciendo el nivel de acción requerido y la urgencia de la intervención.

Aplicación del método:

- Determinar el lado del cuerpo a evaluar, si no se definiera, se evaluarán ambos.
- Se puntúa cada parte del cuerpo.
- Se obtiene el nivel de actuación, con lo cual se determinará el riesgo.
- Se revisarán las puntuaciones colocadas, para luego determinar en qué puesto se aplicarán las correcciones.

En la Tabla N°5 se aprecia la puntuación final de la evaluación mediante el método REBA, el cual determinará si es necesario o no rediseñar el puesto de trabajo, mostrando puntuaciones desde 1 hasta 15 en determinados rangos.

Tabla N°5. Puntuación Final del Método REBA

Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención y posterior análisis
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

Fuente: Ergonautas,2015

### a. Método NIOSH

Ergonautas [13], Permite identificar riesgos relacionados con las lesiones lumbares, sirviéndose de apoyo en la búsqueda de soluciones de diseño del puesto de trabajo para reducir las lesiones musculoesqueléticas.

Con la Ecuación de Niosh es posible evaluar tareas en las que se realizan levantamientos de carga, El resultado de la aplicación de la ecuación es el Peso Máximo Recomendado (RWL: Recommended Weight Limit) que se define como el peso máximo que es recomendable levantar en las condiciones del puesto para evitar el riesgo de lumbalgias o problemas de espalda. Además, a partir del resultado de la aplicación de la ecuación, se obtiene una valoración de la posibilidad de aparición de trastornos como los citados dadas las condiciones del levantamiento y el peso levantado. Los resultados intermedios obtenidos durante la aplicación de la ecuación sirven de guía para establecer los cambios a introducir en el puesto para mejorar las condiciones del levantamiento.

### 2.2.8. Ergonomía y productividad

La productividad se define como la relación existente entre la cantidad de bienes y servicio producidos y la cantidad de recurso utilizados. Considerando un enfoque sistemático se dice que algo o alguien son productivos con una cantidad de recursos si en un periodo de tiempo dado se obtiene el máximo número de productos. Con lo que respecta el incremento de la productividad es un desafío permanente y la ergonomía es un instrumento que hace posible su logro; a su vez busca trabajar más eficazmente con mucho menos esfuerzo; de ese modo, la productividad, que en este caso sería la de mano de obra, podrá incrementar significativamente.

$$Productividad = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{horas hombre empleadas}}$$

### a. Producción

La producción es la Cantidad de artículos fabricados en un periodo de tiempo:

$$Producción = \frac{Tiempo\ base}{ciclo}$$

Donde:

- Tiempo base (tb): Minutos, horas, días, semanas, años, etc.
- Ciclo (c): Tiempo que demora la salida en un producto. Se llama también velocidad de producción.

### b. Medición de la productividad

La productividad no es una medida de la producción o de la cantidad, sino de la eficiencia con que se ha combinado los recursos para lograr los resultados esperados. Por lo tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

$$Productividad = \frac{Resultados\ logrados}{Recursos\ empleados}$$

Para la medición de la productividad en una empresa se tiene las siguientes fórmulas:

$$Productividad\ de\ materia\ prima = \frac{MP\ sale}{MP\ ingresa}$$

$$Productividad\ del\ recurso\ humano = \frac{Producción\ actual}{Número\ de\ operarios}$$

$$Productividad\ económica = \frac{Producción\ actual}{Inversión\ en\ materiales}$$

### c. Capacidad

- Número de unidades por producir en un determinado tiempo
- Capacidad diseñada o proyectada: Capacidad máxima que tiene una maquinaria.
- Capacidad real o efectiva: Capacidad que espera alcanzar una empresa.
- Capacidad ociosa: Viene a ser la diferencia entre la capacidad diseñada y real.
- Utilización: Es la producción real como porcentaje de la capacidad proyectada.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad proyectada}}$$

- Eficiencia: Es la producción real como porcentaje de la capacidad efectiva.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}}$$

### 2.2.9. Automatización

La automatización industrial es una disciplina de la ingeniería encargada de controlar máquinas o procesos industriales de forma óptima, mejorando la calidad del producto y su productividad.

Los sistemas de automatización pueden ser divididos en distintos niveles, conformando así la pirámide de la automatización. Estos niveles son:

- Nivel de campo: Es el nivel donde podemos encontrar actuadores lineales o rotativos, válvula de proceso, sensores, motores eléctricos, etc.
- Nivel de control: En este nivel están los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI, variadores de frecuencia, servo drive, etc. Este nivel se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos del campo.
- Nivel de supervisión: Es el encargado de controlar la interacción entre los distintos dispositivos ubicados en el nivel de control. De esta forma, se puede controlar y monitorear diferentes procesos al mismo tiempo. Incluye PLC's maestros y sistemas SCADA.
- Nivel de gestión: Este es el nivel más alto y es el que se encarga de controlar toda la planta. En este nivel también se puede vincular nuestra planta con sistemas de control y monitoreo externos. Contiene PLC's industriales.

#### a. Ventajas y beneficios

- Costo óptimo de operación

La combinación de diversos procesos en la industria con maquinaria automatizada, se logra minimizar los tiempos ciclos y el esfuerzo, y por consecuencia la necesidad que se realice un trabajo humano, lo cual genera una menor inversión en cuanto empleados y personal.

- Alta productividad  
La automatización de empresas y procesos industrial mejoran las tasas de producción a través de un mejor control de la misma, además permite operar a las industrias las 24 horas del día.

- Productos de alta calidad

Teniendo en cuenta que la automatización reduce la participación humana, la posibilidad de los errores humanos. Permite mantener un alto nivel de calidad y homogeneidad en los productos, haciendo uso del control y monitoreo de los procesos existentes desde el inicio hasta obtener el producto final.

- Mayor seguridad para el personal  
Aumenta el nivel de seguridad al personal, sustituyéndolos por robots industriales y dispositivos automáticos en condiciones de trabajo peligrosas.
- Reducción de controles de rutina  
La automatización reduce completamente la necesidad de comprobar manualmente parámetros del proceso.

#### **b. Jerarquía de un sistema de automatización**

- **Nivel de campo**

Es el nivel más bajo. Incluye los dispositivos de campo como sensores y actuadores. La principal tarea de estos dispositivos de campo es transferir los datos de procesos y máquinas al siguiente nivel superior para monitoreo y análisis. Y también incluye el control de parámetros de proceso a través de actuadores.

- **Nivel de control**

Este nivel se compone de varios dispositivos de automatización como máquinas CNC, PLCs, etc., los cuales adquieren los parámetros de proceso de varios sensores.

Los controladores lógicos programables (PLC) son los controladores industriales más utilizados que son capaces de proporcionar funciones de control automático basadas en la entrada de sensores.

- **Nivel de supervisión**

En este nivel, dispositivos automáticos y sistemas de monitoreo, tales como las interfaces Hombre Máquina proveen las funciones de control e intervención. Entre estas funciones se incluyen la supervisión de diversos parámetros, establecimiento de objetivos de producción, archivando histórico, puesta en marcha y parada de la máquina, etc.

### **III. RESULTADOS**

Esta investigación dará respuesta a los objetivos y al problema planteado anteriormente, a continuación, se presentarán los resultados del estudio de la propuesta de un sistema de automatización en la etapa de paletizado para incrementar la productividad en la empresa.

#### **3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

##### **3.1.1. La Empresa**

La empresa en estudio, cuya principal actividad es la fabricación, comercialización y distribución de los alimentos balanceados para animales de consumo humano (llámese de granja); también se elaboran alimentos balanceados peletizados para la crianza de langostinos en presentación de bolsas 25 kg y alimentos extruidos para peces en presentación de bolsas 40 kg.

Actualmente en área de producción hacen un total de 46 trabajadores, de los cuales 13 son empleados y 30 operarios, laboran en 03 turnos rotativos, cada uno 8 horas diarias a excepción de feriados.

##### **a. Valores**

Nuestros cuatro valores principales definen lo que esperamos de cada uno de nosotros y son indispensables para cumplir con nuestras metas; estos valores son los siguientes:

- ✓ Integridad: Hacer lo correcto independientemente de las consecuencias.
- ✓ Respeto hacia los demás: Tratar a los demás de la forma en que ellos quieren ser tratados.
- ✓ Compromiso a servir: Hacer lo correcto para nuestros clientes, para nosotros y para nuestras comunidades.
- ✓ Pasión por el éxito: Buscar incansablemente la excelencia, impulsados por una saludable satisfacción con el estado actual de las cosas.

##### **3.1.2. Estructura Organizacional**

El organigrama de la empresa de alimento balanceado es de tipo vertical, ya que presenta las unidades ramificadas de arriba hacia abajo empezando por el gerente general, esto se observa en la Figura 3.

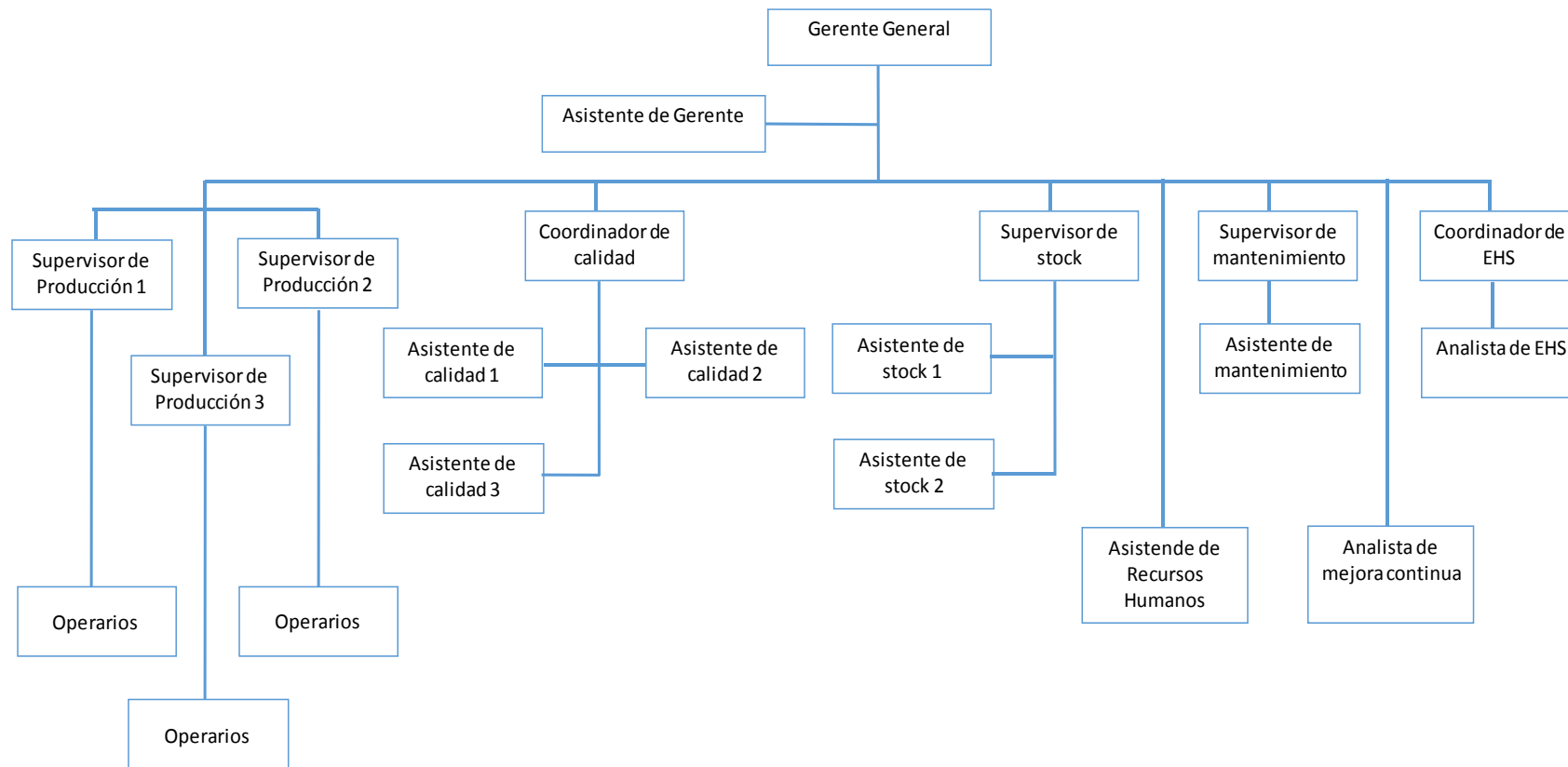


Figura 3. Organigrama de la empresa de alimento balanceado  
 Fuente: Empresa de alimento balanceado

- Gerente general: Planificar los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo, organizar la estructura de la empresa actual y a futuro; como también de las funciones y los cargos, dirigir la empresa, tomar decisiones, supervisar y ser un líder dentro de ésta.
- Asistente de gerente: cumplir roles relacionados con los elementos del área empresarial organizacional.
- Supervisor de producción: supervisar toda la transformación de la materia prima y material de empaque en producto terminado.
- Coordinador de calidad: Análisis de posibles problemas transversales, propiamente detectados o elevados desde otros niveles de coordinación.
- Supervisor de stock: se encarga de hacer el seguimiento del nivel de existencias, ya sea de materias primas, productos semi-elaborados o productos acabados.
- Supervisor de mantenimiento: velar por el buen uso y conservación de los equipos, herramientas y demás bienes asignados a la unidad a su cargo; realizar inspecciones periódicas en las instalaciones donde se lleva a cabo el proceso productivo, con el propósito de verificar las condiciones de funcionamiento de todos los equipos y sistemas y llevar un adecuado control de los costos de mantenimiento.
- Coordinador de EHS: Desarrollar las disposiciones y reglas de seguridad internas, coordinar las auditorías de seguridad, salud y medio ambiente.
- Asistente de calidad: Contribuir y apoyar en la documentación e implementación las metodologías, normas, procedimientos, instructivos y estándares de trabajo; apoyar en la generación de documentación técnica solicitada por los clientes, así como la generación de patrones, catálogos, etc.
- Asistente de stock: Registrar y lleva el control de materiales y equipos que ingresan y egresan del almacén; colabora en la clasificación, codificación y rotulación de materiales y equipos que ingresan al almacén.
- Asistente de recursos humanos: Controlar de asistencia y elaborar el status diario de tardanzas para la aplicación de medidas disciplinarias, apoyo en la firma de contrato de trabajo, entrega de reglamento interno e inducción.
- Analista de mejora continua: Proponer controles e indicadores para los procesos principales de la unidad, y además analizar información para realizar diseño de procesos.

### 3.1.3. Principales Competidores

En la Tabla N°6 se describen los productos ofrecidos por los principales competidores de la empresa de alimento balanceado.

Tabla N°6. Empresas competidoras

EMPRESAS	PRODUCTOS
Nicovita	Alimentos balanceados para la acuicultura como camarón, trucha y cobia.
Expalsa	Crianza, producción, alimentación, procesamiento y empaque de Camarón Blanco
Naltech	Producir alimentos extruidos para animales acuáticos tilapia y camarón mar
Tomasino	Productos para inicio, crecimiento y acabado para alimentación de camarones; con contenido de maíz, trigo, cebada, harina de soya, harina de pescado, entre otros.
Gisis	Ofrecer alimentos extruidos para peces
Spenafish	Producción y Comercialización de Alimentos Balanceados extruidos para la Industria Acuícola de Truchas, Tilapias, Paco, Gamitanas, Paiches y otras especies tropicales
Alltech	Ofrece productos naturales, con total trazabilidad, que pueden ayudar a aceptar el reto de producir productos para la acuicultura que sean seguros y nutritivos para el mercado global.

Fuente: Quiminet, 2016

### 3.1.4. Principales Proveedores

Los encargados de abastecer de materiales u otros suministros para que la empresa lleve su a cabo su proceso adecuadamente, son los siguientes: (material que proveen).

- Molinos el triunfo S.A: provee el sub producto de trigo y harina de trigo.
- ADM Andina S.R.L: provee torta de soya paraguaya, boliviana y argentina.
- Velebit Group S.A.C: aceite de pescado, harina de pescado f.
- Quevigroup: nielen, sal
- Cargill Americas S.R.L: aceite crudo de soya
- Agroindustria Santa María S.A.C: harinilla de trigo, trigo entero

## 3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

### 3.2.1. Producto

#### a. Descripción del Producto

El alimento balanceado para langostino es un alimento desarrollado en forma de pellets de 2 mm siendo envasado en sacos de 25 kg, el cual tiene las siguientes presentaciones: en cultivo semi-intensivo en etapa juvenil y/o acabado. El proceso del alimento garantiza el hundimiento del producto al entrar en contacto con el agua.

- **Características:**

A continuación, en la Tabla N°7 se muestran las características del producto, en donde uno de los puntos críticos es el porcentaje de humedad asimismo se debe tener en cuenta la hidroestabilidad.

Tabla N°7. Características del alimento balanceado para langostinos

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Olor</b>	Olor característico a pescado,
<b>Color</b>	Marrón caramelo
<b>Textura</b>	Max, 0,10% retenido en Tyler N°10
<b>Humedad</b>	Min, 11%
<b>Durabilidad</b>	99%
<b>Hidroestabilidad</b>	Min 80%
<b>Condiciones de almacenamiento</b>	Almacenar a temperatura ambiente en un lugar limpio, fresco, seco con adecuada ventilación y libre de plagas.

Fuente: Empresa de alimento balanceado

- **Composición Química:**

En la Tabla N°8 muestra el porcentaje de nutrientes necesarios para elaborar el alimento balanceado para langostinos.

Tabla N°8. Composición química del alimento balanceado para langostinos

<b>NUTRIENTE</b>	<b>VALOR (%)</b>
Proteína	35
Grasa	8
Fibra	4
Ceniza	10
Calcio	0,80
Fosforo	0,70

Fuente: Empresa de alimento balanceado

**b. Desechos**

Los desechos se obtienen en la etapa de embolsado, en la etapa de clasificado ya que existe un scalper el cual contiene su imán y retiene dichos elementos, asimismo en la etapa de pre – molienda es donde ingresan los macro ingredientes, todo ello es debido a la mala manipulación del operario o defectos propios, estos desechos son mencionados a continuación:

- Bolsas rotas
- Canutos de hilos
- Etiquetas

**c. Desperdicios**

En el proceso productivo para la obtención de alimento balanceado se hallan como desperdicios, los siguientes:

- Cabezas y colas de producto terminado

Estos elementos son expulsados en la etapa de clasificado; aquí se selecciona el producto pelletizado de los quebrados y finos (cabezas y colas) haciendo uso de una zaranda giratoria. Dichas cabezas y colas son utilizadas en el proceso de pelletizado, previa molienda antes de la adición del producto.

- Borrás de aceites

Las borras de aceite son generadas por la sedimentación de los aceites de soya y aceites de pescados, los cuales son almacenados en tanques de 30 toneladas.

### 3.2.2. Materiales e Insumos

#### a. Materiales:

En la Tabla N°9 se muestra la lista, cantidad y costo de materiales tanto directos como indirectos, que son necesarios para producir 1 650 kg de alimento balanceado lo cual es equivalente a decir 1 pallet.

Tabla N°9. Materiales en la empresa de alimento balanceado para langostino

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD A UTILIZAR POR PALLET	COSTO POR PALLET(S/.)
<b><u>Materiales directos</u></b>			
Harina Extra	kg	242,2	S/286,09
Harinilla	kg	161,5	S/104,95
Sub producto de trigo	kg	161,5	S/95,79
Harina de Plumas	kg	80,7	S/153,39
Pescado A	kg	100,9	S/395,60
Soya	kg	711,5	S/1 090,68
Pescado F	kg	333,0	S/1 282,16
Trigo entero	kg	242,2	S/68,54
Harina de carne	kg	100,9	S/53,29
Aceite de pescado	L	20,2	S/116,56
Aceite de soya	L	10,1	S/37,79
Lecitina	L	35,3	S/96,43
Agua	L		S/6,31
<b>SUB TOTAL</b>		<b>2200</b>	<b>S/3,787,58</b>
<b><u>Insumos</u></b>			
Empaque	unidad	66	S/18,28
Energía	Kw*h		S/66,27
<b>SUB TOTAL</b>		<b>66</b>	<b>S/84,55</b>
<b>TOTAL, COSTO</b>		<b>2266</b>	<b>S/3 872,13</b>

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

En la Tabla N°10 se muestran el número de operarios según la empresa y el sueldo correspondiente a ellos, se calculó que por los 1 981 pallets/mes, obteniéndose así un valor de S/18,17 por pallet.

Tabla N°10. Operarios en el área de producción

PUESTO	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL(S/.)	TOTAL	PAGO POR PALLET
Operario	30	S/1 200,00	S/36 000,00	S/18,17

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

En la Tabla N°11 y N°12, se muestran el costo por el consumo de energía y agua, para la producción de 1 pallet.

Tabla N°11. Consumo de energía eléctrica

AÑO	MES	COSTO DE ENERGIA
2017	Octubre	S/184 273,00
	Noviembre	S/100 115,50
	Diciembre	S/93 298,80
2018	Enero	S/93 847,40
	Febrero	S/117 989,25
	Marzo	S/118 149,20
	Abril	S/117 105,55
	Mayo	S/229 130,20
	Junio	S/110 299,05
	Julio	S/119 572,85
	Agosto	S/107 876,95
	Setiembre	S/183 693,80
<b>TOTAL, DE CONSUMO</b>		<b>S/1 575 351,55</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>S/131 279,30</b>

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

Tabla N°12. Consumo de agua potable

AÑO	MES	COSTO DE AGUA POTABLE
2017	Octubre	S/12 456,00
	Noviembre	S/12 785,00
	Diciembre	S/12 654,00
2018	Enero	S/12 468,70
	Febrero	S/12 468,95
	Marzo	S/12 430,90
	Abril	S/12 429,50
	Mayo	S/12 469,00
	Junio	S/12 466,50
	Julio	S/12 471,10
	Agosto	S/12 459,60
	Setiembre	S/12 450,40
<b>TOTAL, DE CONSUMO</b>		<b>S/150 009,65</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>S/12 500,80</b>

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

## b. Equipos:

- Embolsadora Chronos
- Cosedora Fischbein
- Fajas Transportadoras
- Plataforma tipo tobogán

### 3.2.3. Proceso de Producción

- **Recepción:** La recepción de materias primas contempla a microingredientes y macroingredientes, pudiendo recepcionarse estos últimos ensacados o a granel (sólido o líquido). Los requisitos que cada macroingrediente debe cumplir, se encuentran definidos en el documento interno denominado “Estándares de Ingredientes”. Estos estándares incorporan patrones de calidad química, física y sensorial. De acuerdo al resultado, los macroingredientes son descargados y almacenados o en su defecto devuelto al proveedor (rechazados).

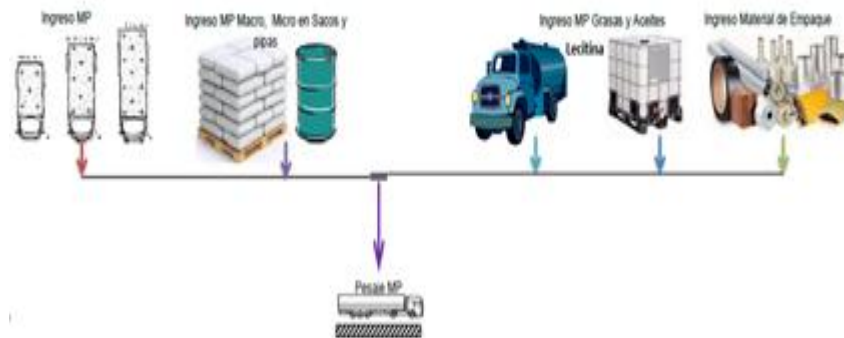


Figura 4. Etapa de recepción

- **Molienda:** En esta etapa los ingredientes que necesitan reducir su tamaño de partícula, son pasados por molinos con la finalidad de lograr la granulometría adecuada. El tamaño de las partículas dependerá del tipo de molino (martillos, rodillos), del diámetro de orificio de la criba o de las revoluciones del motor, así como de otros factores: estado de las placas de choque, superficie perforada y disposición de los orificios de la criba, número y estado de los martillos, cantidad de aire de la aspiración, etc.

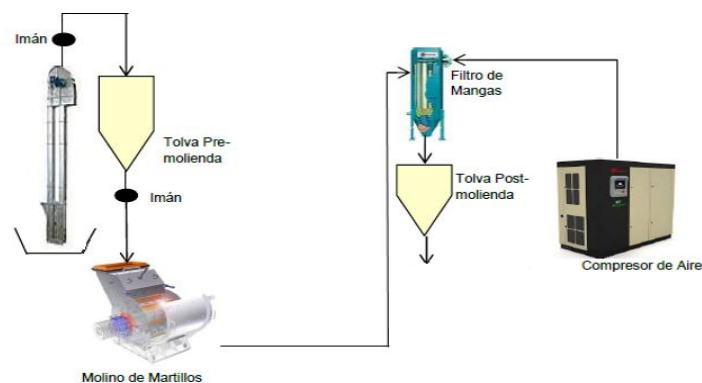


Figura 5. Etapa de molienda

- **Mezclado:** El proceso de mezclado consiste en la homogenización de ingredientes que cubra todos los requerimientos nutricionales de la especie en fase de desarrollo según fórmula.

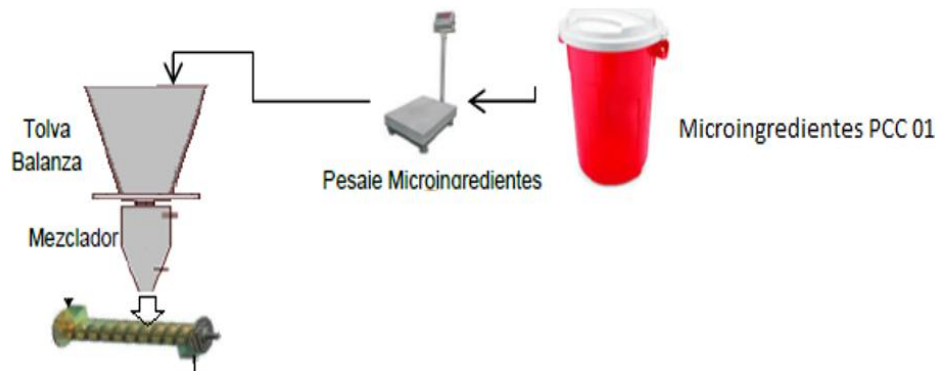


Figura 6. Etapa de mezclado

- **Clasificado I:** En esta etapa la mezcla obtenida, pasa por un clasificador rotativo denominada “scalper”, el cual separa grumos y/o cuerpos extraños que se hayan encontrado en los ingredientes como: pavilos, etiquetas, etc. Así la mezcla queda limpia y lista para ser embolsada en el caso de harinas o pasar a la siguiente etapa (molienda/pelletizado/extruido).

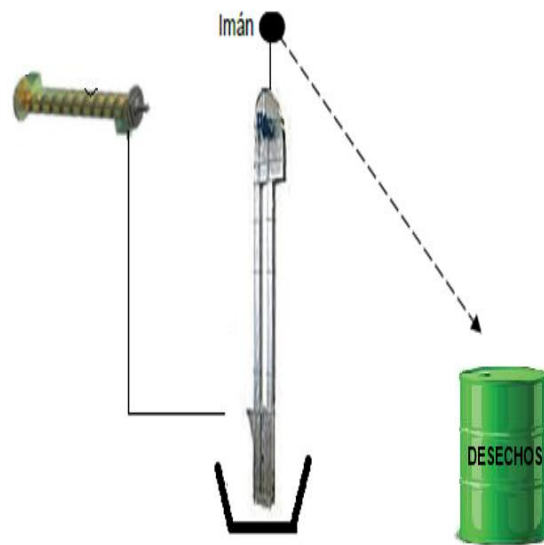


Figura 7. Etapa de clasificado I

- **Pelletizado:** Es el pelletizado propiamente, que consiste en la caída del alimento en la prensa que consta de un molde circular (como un anillo) que gira en sentido horario y dentro del cual se encuentran dos rodillos excéntricos que presionan la masa de alimento a través de los agujeros del molde formando los pellets. En esta etapa el alimento es sometido a temperaturas que van desde los 50 °C a 105 °C de “cocción” y a presiones que van desde los 35 psi (baja) a 115 psi (alta).

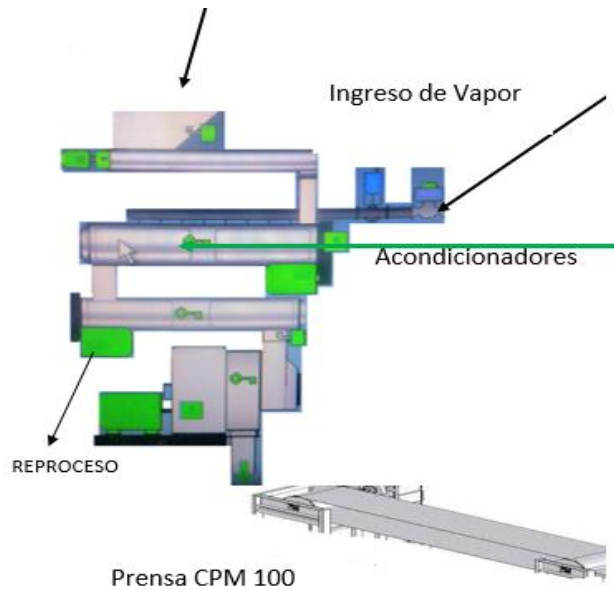


Figura 8. Etapa de palletizado

- Enfriado:** Consiste en el paso de los pellets por un enfriador de contraflujo. Llevando los pellets a temperatura ambiente y humedad de 10 % a 12 % en un tiempo aproximado de 5 minutos. El aire seco que ingresa para el enfriado proviene del ambiente, este es pasado a través de ciclones y recuperadores a fin de no perder los finos polvos, y poder reutilizarlos en el proceso, además de no contaminar el ambiente.

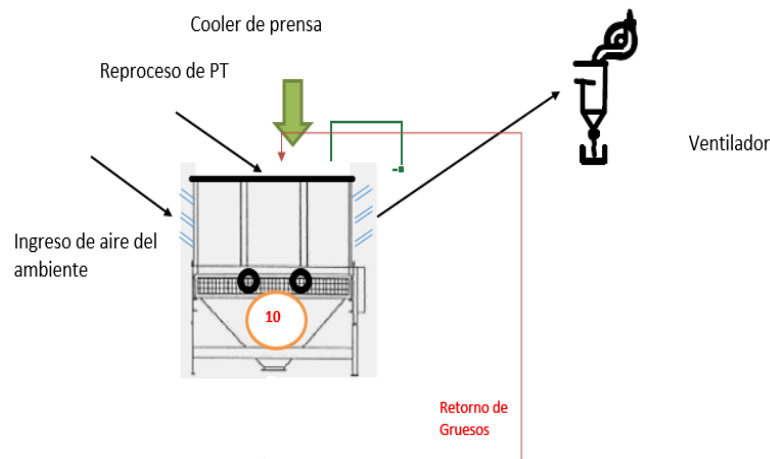


Figura 9. Etapa de enfriado

- Clasificado II:** Esta etapa consiste en la clasificación de los pellets según el tamaño deseado o indicado por el estándar de producto, a través de una zaranda que consta de tres mallas paralelas. La primera malla tiene la función de separar los posibles cuerpos extraños o partículas muy grandes de alimento. La segunda y tercera malla son las que clasifican verdaderamente los pellets en el tamaño deseado (Malla de 2,5mm – malla 1,8mm) para el caso de langostinos. Las partículas finas de alimento denominadas como “finos” son devueltas a las prensas para su reutilización en la formación de nuevos pellets.

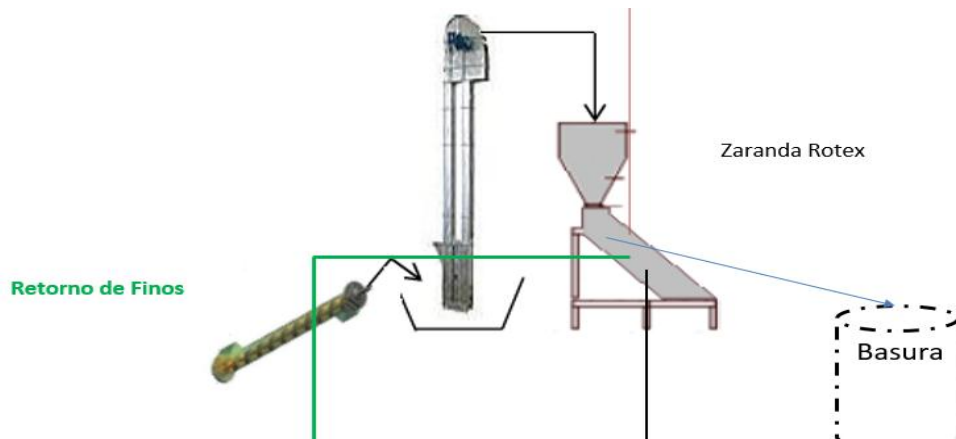


Figura 10. Etapa de clasificado II

- Empaquetado:** Esta etapa consiste en el etiquetado y cosido de sacos de 25kg, para luego ser apilados de forma manual en un pallet. Es en esta etapa donde se ha identificado que el personal de estiba tiene problemas relacionados con riesgos disergonómicos al ejecutar su labor diaria, como por ejemplo dolor lumbar, contractura muscular, tendinitis, fatiga, cansancio (Tabla N°19).

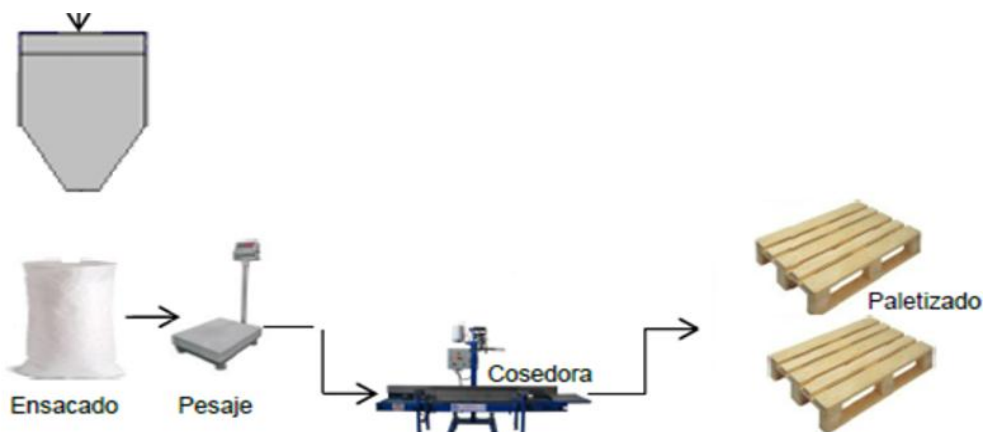


Figura 11. Etapa de empaquetado

- Almacenamiento:** Consiste en el almacenamiento de los productos terminados. Los productos permanecen por un máximo de 45 días en almacén, luego de los cuales son retirados pudiendo ser remezclados en otros productos.

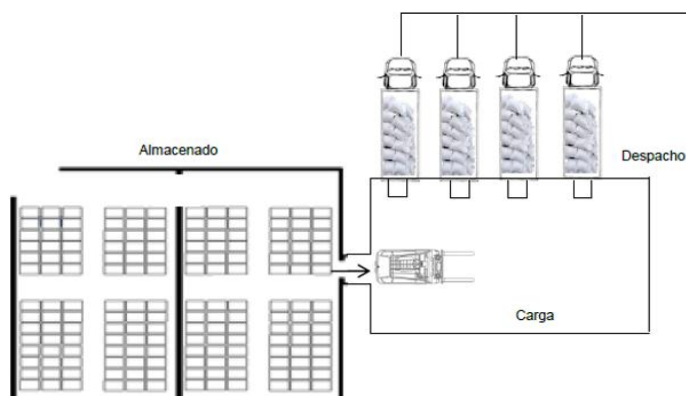


Figura 12. Almacenamiento de producto

### 3.2.4. Análisis para el Proceso de Producción

#### a. Diagrama de bloques

En la Figura 13, se precisa el proceso de producción de alimento balanceado para langostino, teniendo, así como materia prima microingredientes, macroingredientes, lecitina y aceite de soya.

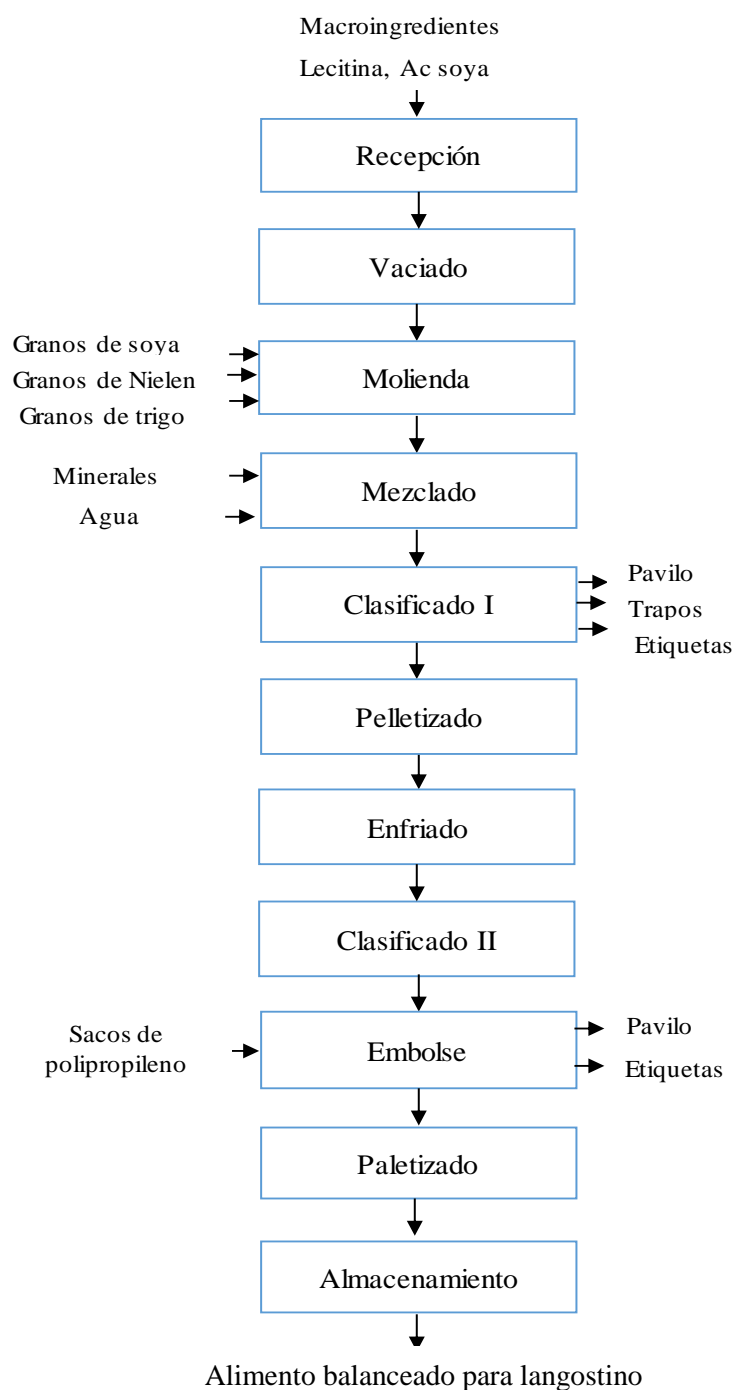


Figura 13. Diagrama de bloques del proceso productivo del alimento balanceado para langostino  
Fuente: Empresa de alimento balanceado

**b. Diagrama de operaciones del proceso productivo del alimento balanceado para langostino.**

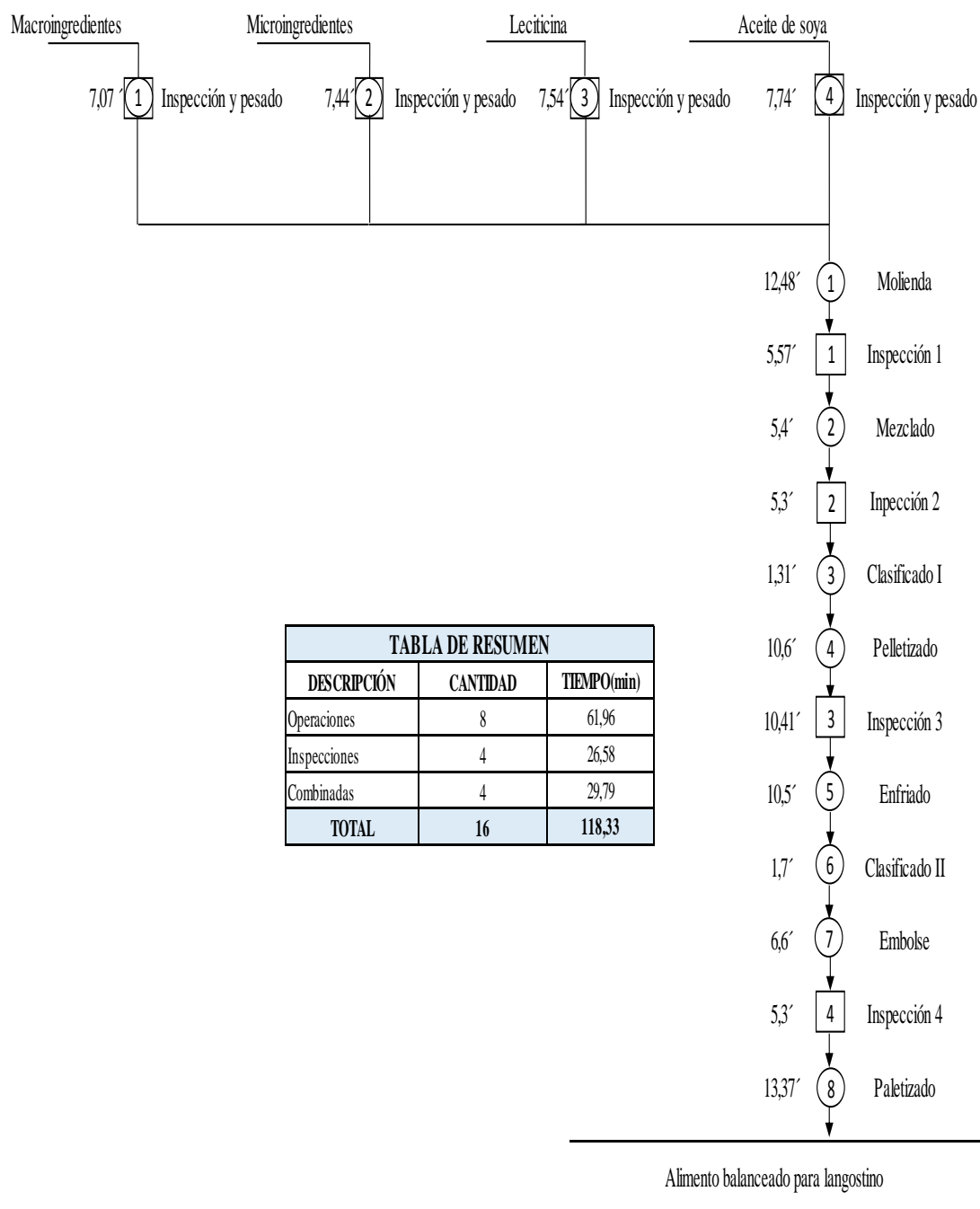


Figura 14. Diagrama de operaciones del proceso productivo  
Fuente: Empresa de alimento balanceado

En resumen, el proceso cuenta con ocho operaciones las cuales suman un tiempo total de 61,96 minutos, igualmente cuenta con cuatro inspecciones sumando un tiempo de 26 minutos, y finalmente se cuenta con un total de 4 operaciones combinadas sumando un tiempo de 29,79 minutos.

**c. Cursograma analítico**

En la Figura 15, se muestran los tiempos obtenidos de las observaciones realizadas (Ver Anexo 1), cabe resaltar que estos tiempos son tomados teniendo como unidad un pallet de 66 sacos de alimento balanceado para langostino.














































































































































DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LANGOSTINO								
Diagrama: N°1		Hoja: N° 1		RESUMEN				
				Actividad	Cantidad	Tiempo(min)	Distancia(m)	
				Operación 	12	70.13		
				Transporte 	11		44.2	
Elaborado: Jose Caicay Farroñay		Fecha:29/10/2018		Inspección 	4	21.64		
				Inspección 	4	21.58		
				Almacenamiento 	1	6.45		
				<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>119.8</b>	<b>44.2</b>	
N°	DESCRIPCIÓN	TIEMP O(min)	Distancia (m)	SIMBOLO				
				Operación	Inspección	Transporte	Combinada	Almacenamiento
1	Recepción de macroingredientes	2.03						
2	Inspección(humedad y textura) y pesado	5.04						
3	Transporte hacia molienda	1.05	5.5					
4	Recepción de microingredientes	2.06						
5	Inspección(humedad y textura) y pesado	5.4						
6	Transporte hacia molienda	1.07	4.2					
7	Recepción de lecitina	2.04						
8	Inspección(humedad y textura) y pesado	5.5						
9	Transporte hacia molienda	1.05	4					
10	Recepción de aceite de soya	2.04						
11	Inspección(humedad y textura) y pesado	5.7						
12	Transporte hacia molienda	1.06	4					
13	Molienda	12.48						
14	Inspección 1 (humedad y textura)	5.57						
15	Transporte hacia mezclado	1.08	3.8					
16	Mezclado	5.4						
17	Inspección 2 (humedad)	5.3						
18	Transporte hacia clasificado I	1.39	3.5					
19	Clasificado I	1.31						
20	Transporte hacia pelletizado	1.21	4.4					
21	Pelletizado	10.6						
22	Inspección 3 (humedad y temperatura)	5.41						
23	Transporte hacia enfriado	1.49	5					
24	Enfriado	10.5						
25	Transporte hacia clasificado II	1.75	4.3					
26	Clasificado II	1.7						
27	Transporte hacia embolse	1.05	3					
28	Embolse	6.6						
29	Inspección 4	5.3						
30	Transporte hacia paletizado	1.49	2.5					
31	Paletizado	13.37						
32	Almacenamiento de producto	6.45						

Figura 15. Cursograma analítico del proceso productivo

Fuente: Empresa de alimento balanceado

**d. Diagrama de recorrido de proceso productivo del alimento balanceado para langostino.**

Seguidamente, se detalla el diagrama de recorrido en la distribución actual de la empresa en la Figura 16, aquí se denotan las áreas por donde debe pasar desde materia prima hasta llegar a la obtención del alimento balanceado para langostino como producto terminado.

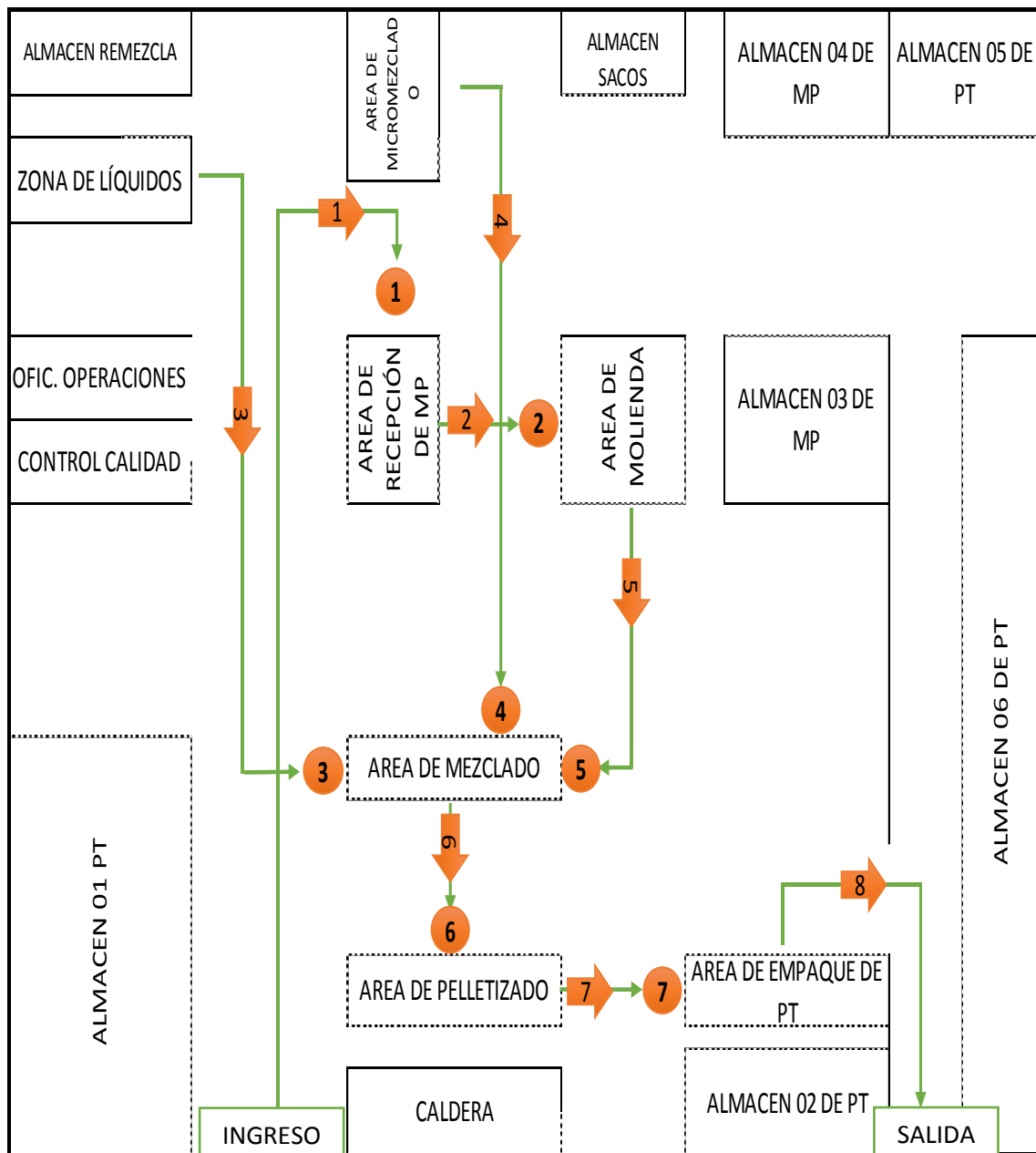


Figura 16. Diagrama de recorrido del proceso productivo  
Fuente: Empresa de alimento balanceado

### 3.2.5. Indicadores actuales de producción y productividad

#### ✓ Tiempo de ciclo

El tiempo ciclo en el proceso se encuentra en la etapa de paletizado con un tiempo de 13,37 minutos, ello se pudo determinar por el tiempo del cursograma.

$$\text{Tiempo de ciclo } (Tc) = 13,37 \text{ min/pallet}$$

Este tiempo quiere decir que el proceso se encuentra determinado por un ritmo de 13,37 min/pallet.

#### ✓ Tiempo base (Tb)

Teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas por turno y conociendo que la empresa realiza sus actividades en tres turnos, por ende el tiempo base es el siguiente:

$$\text{Tiempo base } (Tb) = \frac{24 \text{ h}}{\text{día}} = 1\,440 \text{ min/día}$$

#### a. Producción

La empresa produce un promedio de 2 592 pallets a mes, teniendo en cuenta que se trabajan 6 días a la semana, siendo esta la producción real.

$$\text{Producción} = \frac{\frac{1\,440 \text{ min}}{\text{día}}}{\frac{13,37 \text{ min}}{\text{pallet}}}$$

$$\text{Producción} = 108 \frac{\text{pallet}}{\text{día}} * \frac{6 \text{ día}}{1 \text{ sem}} * \frac{4 \text{ sem}}{1 \text{ mes}}$$

$$\text{Producción} = 2\,592 \text{ pallets/mes}$$

En la Tabla N°13 se muestra la producción programada vs real de los meses de octubre a diciembre del 2017, y enero a setiembre del 2018. Obteniéndose así un promedio de producción real de 1 981 pallets/mes.

Tabla N°13.Producción programada vs producción real

AÑO	MES	PRODUCCIÓN PROGRAMADA	PRODUCCIÓN REAL
2017	Octubre	2 524	1 840
	Noviembre	2 548	1 856
	Diciembre	2 694	1 872
2018	Enero	2 999	1 883
	Febrero	3 125	1 891
	Marzo	3 167	1 952
	Abril	3 195	1 974
	Mayo	3 274	1 985
	Junio	3 284	1 998
	Julio	3 358	2 140
	Agosto	3 387	2 187
	Setiembre	3 395	2 193
<b>PROMEDIO</b>		<b>3 079</b>	<b>1 981</b>

Fuente: Empresa de alimento balanceado

En la Figura 17 se muestra como al transcurrir de los meses la producción va en incremento.

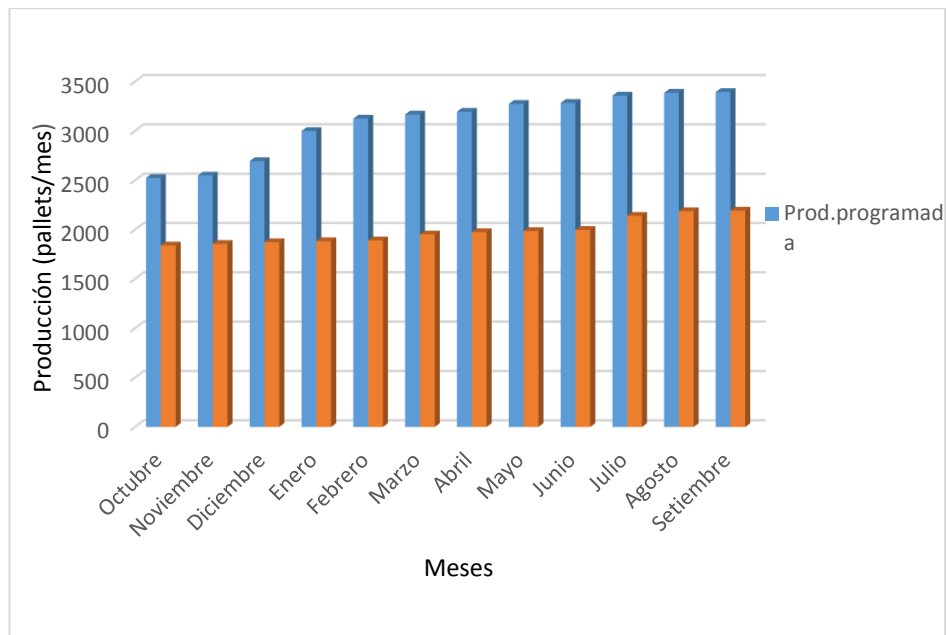


Figura 17.Producción programa vs producción real

### b. Eficiencia económica

La eficiencia económica será hallada dividiendo los ingresos generados por las ventas de los pallets entre los costos de producción que estos conllevan.

El costo en la producción de alimento balanceado es la adición del costo de producción y el costo de pago de los operarios en función de un pallet, conociendo que este contiene un 1 650 kg.

Tabla N°14. Egresos de la empresa

CRITERIO	MONTO
Costos de producción	S/3 872,13
Costo de operarios	S/18,17
<b>TOTAL, EGRESOS</b>	<b>S/3 890,31</b>

$$Eficiencia\ económica = \frac{S/6\ 633}{S/3\ 890,31}$$

$$Eficiencia\ económica = 1,70$$

Tener una eficiencia económica de 1,7 quiere decir que por cada sol invertido la empresa gana 0,70 nuevos soles.

### c. Utilización

La utilización se comprende como la relación entre la capacidad real y la capacidad diseñada de la planta, esta tiene la finalidad de conocer la utilización de capacidad y la eficiencia de producción.

#### ○ Capacidad diseñada

Se conoce que la empresa que produce alimento balanceado para langostino cuenta con una capacidad de diseño de 5 pallets/hora, teniendo en cuenta que las actividades se realicen en condiciones ideales.

$$Cp = \frac{5\ pallets}{hora} * \frac{24\ horas}{1\ día} * \frac{30\ días}{1\ mes}$$

$$Cp = 3\ 600\ pallets/mes$$

#### ○ Capacidad real

En la Tabla N°15 se hace referencia a la producción real durante 12 meses tanto del 2017 y 2018 como se muestran en la tabla anterior. Obteniéndose como promedio de producción un valor de 1 981 pallets/mes.

El resultado de este valor quiere decir que se está aprovechando un 55% de la capacidad diseñada. En la Tabla N°15, se muestra la producción de los 1 981 pallets/mes, la cual es obtenida por un promedio mensual.

$$Utilización = \frac{\frac{1\,981\text{pallets}}{\text{mes}}}{\frac{3\,600\text{pallets}}{\text{mes}}}$$

$$Utilización = 55\%$$

#### **d. Productividad**

##### **o Productividad de mano de obra**

Este indicador permite conocer cuántos pallets se obtienen por operario, hallándose así un total de 67 pallets con sacos de alimento balanceado por operario, considerando que la empresa trabaja con 10 operarios en por turno en un día, lo cual hace un total de 30 operarios distribuidos en distintas etapas del proceso. Las unidades producidas son resultado del promedio de la producción mensual evaluados durante un año.

$$P.M.O = \frac{1\,981\text{ pallets/mes}}{30\text{ operarios}}$$

$$P.M.O = 67 \frac{\text{pallets}}{\text{mes} * \text{operario}}$$

##### **o Productividad económica**

Para hallar el siguiente indicador se dividirá los egresos que son S/3 890,31 por pallet entre el total de unidades de pallets se muestran en la Tabla N°16, sabiendo que cada pallet contiene 66 sacos de 25 kg cada uno, obteniendo así un total de 1 650 kg por pallet.

$$P.económica = \frac{1\,650\text{ kg}}{\text{S}/3\,890,31}$$

$$P.económica = 0,42\text{ kg/nuevo sol}$$

De esta manera se conoce que por cada sol invertido para la producción de alimento balanceado para langostino se produce 0,42 kg de producto terminado.

### e. Rendimiento de mano de obra

En la Tabla N°15 se muestra la evaluación del operario de paletizado, debido que en esta etapa se encuentra el cuello de botella con un valor de 0,2 min/sacos, además se conoce que cada pallet contiene 66 sacos, produciendo así 5 sacos por minuto.

En la columna (a) se presenta el número de sacos programados por intervalo de una hora. Sin embargo, en la columna (b) se muestra el número de sacos reales estibados por el intervalo de una hora donde se evidencia la fatiga por parte del estibador, ya que realiza actividades repetitivas. La diferencia entre la columna (a) y (b) se obtienen unidades que se quedan sin paletizar (c); y como se observa la productividad va decreciendo, al transcurrir las horas porque el estibador ya no tiene el mismo rendimiento.

Tabla N°15. Rendimiento de mano de obra

Horario	N° de sacos programados	N° de sacos real estibados	N° de sacos que se deja se estibar	N° de estibadores requeridos	Productividad de mano de obra
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
<b>23:00 pm - 00:00 am</b>	360	300	2	1	300
<b>00:00 am - 1:00 am</b>	360	286	10	1	286
<b>1:00 am - 2:00 am</b>	360	265	27	1	265
<b>2:00 am - 3:00 am</b>	360	258	72	1	258
<b>3:00 am - 4:00 am</b>	360	216	95	1	216
<b>4:00 am - 5:00 am</b>	360	178	165	1	178
<b>5:00 am - 6:00 am</b>	360	148	212	1	148
<b>6:00 am - 7:00 am</b>	360	114	236	1	114

En la figura 18, se observa como la productividad de mano de obra va decayendo, lo cual quiere decir que el rendimiento de los operarios ya no es el mismo al transcurrir las horas, para demostrar ello se hallará la productividad de mano de obra.

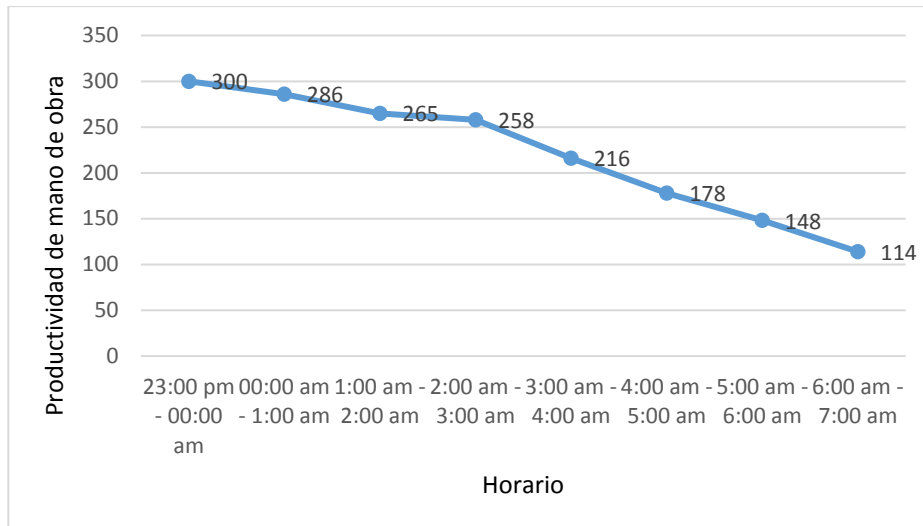


Figura 18. Productividad de mano de obra

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo empleado en la fabricación} \times \text{número de operarios}}$$

$$P_{MO} = \frac{1\ 765}{8\ \text{horas} \times 1\ \text{operario}} = 221 \frac{\text{sacos}}{\text{hora} - \text{hombre}}$$

Alfaro et al. [14], Diagnóstico de productividad por multimomentos, la motivación del factor humano de una empresa actúa en los trabajadores, impulsando sus acciones de una forma eficiente hacia la consecución de sus objetivos que consisten en satisfacer sus necesidades. La elevación de nivel de vida de los trabajadores solo es posible con el aumento de la productividad, que debe ser también el objeto fundamental de la empresa, siendo un objetivo convergente de las dos partes. Entonces al ser la productividad de los operarios un valor que puede variar con el tiempo y con la motivación, es que se tomó la decisión de realizar una evaluación de la productividad por hora de los operarios. Para este caso se ha evaluado un operario por cada turno de trabajo distinto, durante 5 días, y para contrastar hallamos primero su rendimiento en sus horas de trabajo durante.

Como se observa en la Tabla N°16 se muestra la producción por hora, con sus respectivos rendimientos teniendo en cuenta que al inicio de cada jornada diaria el operario empieza en su 100%, y al transcurso de las horas este va disminuyendo terminando así su jornada en un rango de 63% - 74%, el cual fue evaluado durante 5 días.

Tabla N°16.Rendimiento del operario del turno de la mañana

TURNO	Día	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Hora	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento
TURNO 1	7:00 - 8:00	285	100%	286	100%	270	100%	291	100%	275	100%
	8:00 - 9:00	280	98%	281	98%	264	98%	285	98%	260	95%
	9:00 - 10:00	276	97%	276	97%	255	94%	280	96%	255	93%
	10:00 - 11:00	270	95%	273	95%	248	92%	286	98%	244	89%
	11:00 - 12:00	252	88%	240	84%	236	87%	240	82%	230	84%
	12:00 - 1:00	200	70%	200	70%	230	85%	220	76%	210	76%
	2:00 - 3:00	180	63%	165	58%	200	74%	194	67%	175	64%
<b>TOTAL</b>		<b>1743</b>	<b>87%</b>	<b>1721</b>	<b>86%</b>	<b>1703</b>	<b>90%</b>	<b>1796</b>	<b>88%</b>	<b>1649</b>	<b>86%</b>

Como se observa en la Tabla N°17 se muestra la producción por hora, con sus respectivos rendimientos teniendo en cuenta que al inicio de cada jornada diaria el operario empieza en su 100%, y al transcurso de las horas este va disminuyendo terminando así su jornada en un rango de 72% - 79%, el cual fue evaluado durante 5 días.

Tabla N°17. Rendimiento del operario del turno de la tarde

TURNO	Día	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Hora	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento
TURNO 2	3:00 - 4:00	274	100%	286	100%	284	100%	256	100%	275	100%
	4:00 - 5:00	270	99%	276	97%	273	96%	243	95%	273	99%
	5:00 - 6:00	268	98%	273	95%	264	93%	236	92%	250	91%
	6:00 - 7:00	243	89%	265	93%	260	92%	233	91%	243	88%
	8:00 - 9:00	231	84%	254	89%	240	85%	228	89%	261	95%
	9:00 - 10:00	220	80%	259	91%	243	86%	205	80%	234	85%
	10:00 - 11:00	205	75%	210	73%	221	78%	185	72%	218	79%
<b>TOTAL</b>		<b>1711</b>	<b>89%</b>	<b>1823</b>	<b>91%</b>	<b>1785</b>	<b>90%</b>	<b>1586</b>	<b>88%</b>	<b>1754</b>	<b>91%</b>

Como se observa en la Tabla N°18 se muestra la producción por hora, con sus respectivos rendimientos teniendo en cuenta que al inicio de cada jornada diaria el operario empieza en su 100%, y al transcurso de las horas este va disminuyendo terminando así su jornada en un rango de 62% - 68%, el cual fue evaluado durante 5 días.

Tabla N°18. Rendimiento del operario del turno de la tarde

TURNO	Día	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
	Hora	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento	Producción	Rendimiento
TURNO 3	11:00 - 12:00	276	100%	280	100%	265	100%	284	100%	263	100%
	12:00 - 1:00	274	99%	274	98%	254	96%	265	96%	255	97%
	1:00 - 2:00	254	92%	276	99%	235	89%	232	89%	234	89%
	2:00 - 3:00	261	95%	268	96%	221	83%	251	83%	228	87%
	3:00 - 4:00	238	86%	243	87%	203	77%	202	77%	217	83%
	5:00 - 6:00	200	72%	235	84%	186	70%	157	70%	200	76%
	6:00 - 7:00	187	68%	210	75%	175	66%	152	66%	164	62%
<b>TOTAL</b>		<b>1690</b>	<b>87%</b>	<b>1786</b>	<b>91%</b>	<b>1539</b>	<b>83%</b>	<b>1543</b>	<b>83%</b>	<b>1561</b>	<b>85%</b>

En resumen, de la evaluación realizada en la empresa se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°19. Resumen de indicadores

INDICADORES	VALORES
Producción	1 981 pallets/mes
Cuello de botella	13,37 min/pallet
Eficiencia económica	1,7
Utilización	55%
Productividad de mano de obra	67 pallets/m.o*operario
Productividad económica	0,4 kg/nuevo sol

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

#### 3.3.1. Diagnóstico por causas

En la ejecución del diagnóstico de causas se ha tenido en cuenta el principal problema el cual es la ausencia laboral en una empresa de alimento balanceado en la etapa de paletizado

El diagnóstico por causas se ha realizado analizando las causas del problema principal, que es los descansos médicos por riesgos disergonómicos en la etapa de paletizado, debido a la falta de un sistema automatizado. A continuación, se presentará un diagrama de Ishikawa, en donde se clasificarán las causas según la procedencia, mano de obra, maquinaria y equipos, medición y método.

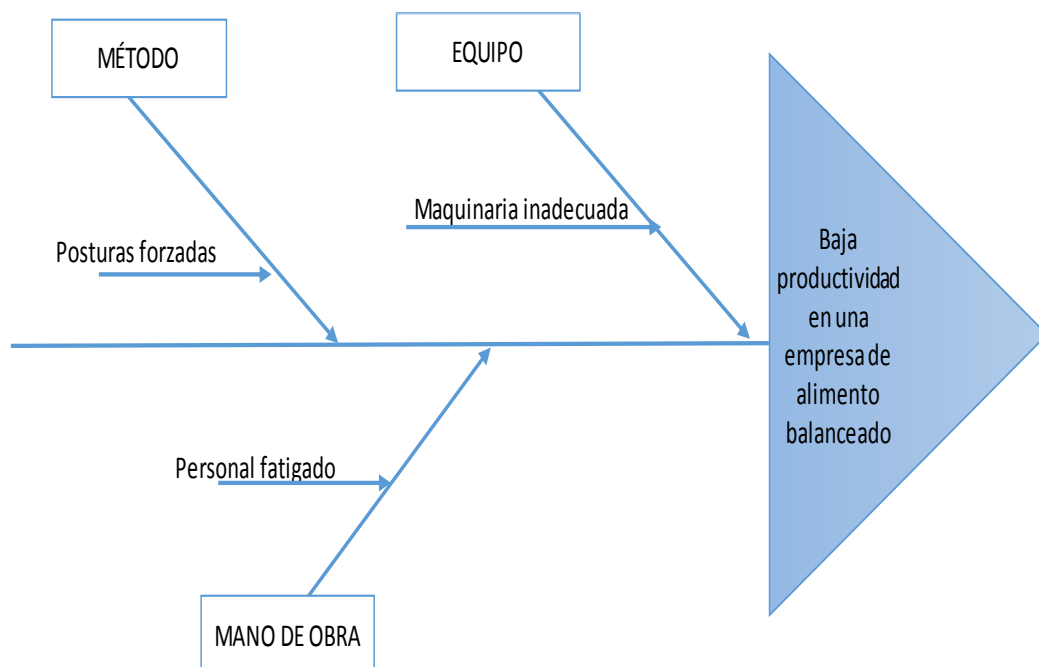


Figura 19. Diagrama de Ishikawa

Los problemas mostrados en el diagrama de Ishikawa han conllevado a obtener una baja productividad dentro de la empresa, todo ello debido al bajo rendimiento de los operarios de estiba.

Estos problemas se encuentran relacionados con la fatiga al momento de empaquetar dicho alimento balanceado, y equipos que no se encuentran diseñados para la manipulación del estibador.

Al existir distintas causas del problema, se realiza un análisis de las mismas para identificar cuáles son la de mayor implicancia, en donde se evaluarán las causas de mano de obra; evidenciando su problema y finalmente mostrando su impacto económico.

### A. Causa: Fatiga del personal de estiba

El personal encargado de estiba debe armar los sacos en un pallet de forma manual, durante turnos rotativos de 8 horas por día.

En la etapa de paletizado el operario es el encargado de apilar sacos de 25 kg sobre un pallet, esta actividad se realiza constantemente hasta llegar a completar 66 sacos por pallet, considerando una altura de 1,30 m, tal como se observa en la Figura 20. Además, cabe recalcar que durante la jornada laboral el personal de estiba presenta fatiga por el mismo ritmo de trabajo que se demanda en esta etapa, ello implica la acumulación excesiva de sacos debido al mal apilamiento de éstos.

Por consecuencia de todo lo ya mencionado se generan pérdidas de tiempo, ocasionando aumentar el tiempo de ciclo de producción y a su vez riesgoso para la salud del estibador.



Figura 20. Personal de estiba  
Fuente: Empresa de alimento balanceado

En la Tabla N°20, se muestra un cursograma analítico el cual es importante para poder evaluar esta causa, debido que permite y facilita observar detalladamente cada movimiento del estibador, además de conocer el tiempo que esta emplea en la ejecución de cada una de sus actividades dentro de la etapa de paletizado y a su vez se pueden realizar observaciones con el fin de conocer los factores que influyen en el mismo.



Previamente analizado el cursograma se puede observar todos los movimientos repetitivos que realiza el estibador al momento de ejecutar sus actividades como lo son en su mayoría coger y cargar el saco hasta completar la pila de 66 sacos de 25 kg cada uno.

Teniendo en cuenta que el estibador trabaja 8 horas, sin tener tiempos de descansos, la productividad de mano de obra se ve gravemente afectada, ya que llega a decaer durante la jornada laboral, por consecuencia de la fatiga, dolencias del estibador; conllevando a afectar a la producción; originando que no se lleguen a producir las cantidades establecidas como la producción meta.

Con el curso grama analítico en la etapa de paletizado, también se determinó el tiempo de ciclo el cual es de 2 min; lo cual quiere decir que un estibador para apilar un pallet de 66 sacos se toma aquella cantidad de tiempo. Consecuentemente para una unidad (1 saco) el tiempo que requiere es de 0,2 minutos.

- Con lo que respecta la fatiga de mano de obra, de los operarios de paletizado, se evidencia en la Tabla N°21, con datos promedio del mes de setiembre del 2018 correspondientes a la producción, asimismo cabe resaltar que la empresa en estudio trabaja 3 turnos rotativos de 8 horas laborales.

Obtener la cantidad de 221 sacos por hora hombre no es constante a lo largo de las horas laborables, debido a que realizar la tarea se lleva a cabo de pie y en movimientos constantes, en cargar los sacos y regresar, armar el pallet repetitivamente provoca molestias en el estibador, principalmente en la columna, cintura, espalda, brazos, codos, y muñecas además del cansancio constante debido a la actividad, Esto provoca que el operario demore en apilar los sacos como se observa en la Figura 21.



Figura 21. Operario apilando sacos  
Fuente: Empresa de alimento balanceado

- Al disminuir la productividad de mano de obra, la producción programada no se cumple al 100%. En la Tabla N°21 se denota el incumplimiento de la demanda por pallet, siendo en el peor de los casos 39,49% en el mes de febrero del presente año y un promedio de 35,31% de la demanda no cubierta en periodo evaluado.

Tabla N°21. Demanda no cubierta de alimento balanceado para langostino

AÑO	MES	DEMANDA PROGRAMADA	DEMANDA REAL	DEMANDA NO CUBIERTA (%)
2017	Octubre	2 524	1 840	27,10%
	Noviembre	2 548	1 856	27,16%
	Diciembre	2 694	1 872	30,51%
2018	Enero	2 999	1 883	37,21%
	Febrero	3 125	1 891	39,49%
	Marzo	3 167	1 952	38,36%
	Abril	3 195	1 974	38,22%
	Mayo	3 274	1 985	39,37%
	Junio	3 284	1 998	39,16%
	Julio	3 358	2 140	36,27%
	Agosto	3 387	2 187	35,43%
	Setiembre	3 395	2 193	35,41%
<b>PROMEDIO</b>		<b>3 079</b>	<b>1 981</b>	<b>35,31%</b>

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

Además, el aspecto económico se ve afectado debido a los incumplimientos de la demanda programada, la mayor pérdida económica mostrada en la Tabla N°22 es de S/. 8 588 607,00 por los 1 289 pallets con sacos de alimento balanceado para langostino. La empresa en el año 2018 ya se encuentra perdiendo S/87 811 677,00. Para hallar dichas cantidades se estima un precio de S/6 663,00 por pallet.

Tabla N°22. Utilidad no percibida por pallet

AÑO	MES	DEMANDA PROGRAMADA	DEMANDA PRODUCIDA	DEMANDA NO PERCIBIDA	PÉRDIDA ECONÓMICA
2017	Octubre	2 524	1 840	684	S/4,557,492.00
	Noviembre	2 548	1 856	692	S/4,610,796.00
	Diciembre	2 694	1 872	822	S/5,476,986.00
2018	Enero	2 999	1 883	1 116	S/7,435,908.00
	Febrero	3 125	1 891	1 234	S/8,222,142.00
	Marzo	3 167	1 952	1 215	S/8,095,545.00
	Abril	3 195	1 974	1 221	S/8,135,523.00
	Mayo	3 274	1 985	1 289	S/8,588,607.00
	Junio	3 284	1 998	1 286	S/8,568,618.00
	Julio	3 358	2 140	1 218	S/8,115,534.00
	Agosto	3 387	2 187	1 200	S/7,995,600.00
	Setiembre	3 395	2 193	1 202	S/8,008,926.00
<b>TOTAL</b>		<b>36 950</b>	<b>23 771</b>	<b>13179</b>	<b>S/87,811,677.00</b>

## B. Causa: Posturas Forzadas




La actividad de estiba debe realizarse constantemente en la etapa de paletizado. En un turno de 8 horas de jornada laboral, el estibador realiza diversas posturas y movimientos repetitivos a nivel de piso de 0,30 m hasta una altura de 1,30 m.

Se analiza la postura que adopta el estibador en la carga y descarga de sacos de 25 kg de alimento balanceado. A continuación, se muestran la siguiente Figura 22.



Figura 22. Posturas forzadas en paletizado

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

EVIDENCIA	DESCRIPCIÓN
	<p>Actividad: Apilar los sacos para unitarizar la carga, el cuál presenta las siguientes posturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tronco se encuentra flexionado más de 20 grados.</li> <li>• El cuello se encuentra flexionado a 40 grados y presenta desviación lateral del cuello</li> <li>• Las piernas se encuentran flexionadas a más de 90 grados.</li> </ul>
	<p>Actividad: Cargar el saco para trasladarlo al pallet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tronco se encuentra girado.</li> <li>• El cuello se encuentra flexionado a 45 grados y presenta rotación y desviación lateral.</li> <li>• El antebrazo y el brazo se encuentran flexionados 37 grados.</li> <li>• Las piernas se encuentran flexionadas a 165 grados.</li> </ul>
	<p>Actividad: Sostener el saco para luego proceder cargarlo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tronco se encuentra girado.</li> <li>• El cuello se encuentra rotado.</li> <li>• El antebrazo y el brazo se encuentran flexionados 102 grados, ejerciendo una fuerza de 25 kg.</li> <li>• Las piernas se encuentran rotadas.</li> </ul>

Aplicar el método REBA va a permitir la evaluación de esta causa, ya que su aplicación previene al evaluador sobre el riesgo de lesiones asociadas a la postura, principalmente del tipo musculo esquelético, indicando en cada caso de urgencia con que acciones correctivas se deben aplicar dentro de la etapa de paletizado; además de describir las observaciones para ver qué factores influyen en el mismo.

El método REBA (Rapid Entire Body Assessment) permite realizar el análisis de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la evaluación final de la postura, como la carga o fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador. Permite evaluar tanto posturas estáticas como dinámicas, e incorpora como novedad la posibilidad de señalar la existencia de cambios bruscos de postura o posturas inestables.

Para realizar el método REBA, se tomaron fotografías, grabaciones de videos a los estibadores en su jornada laboral, para demostrar que posturas realizaban en el puesto de trabajo.

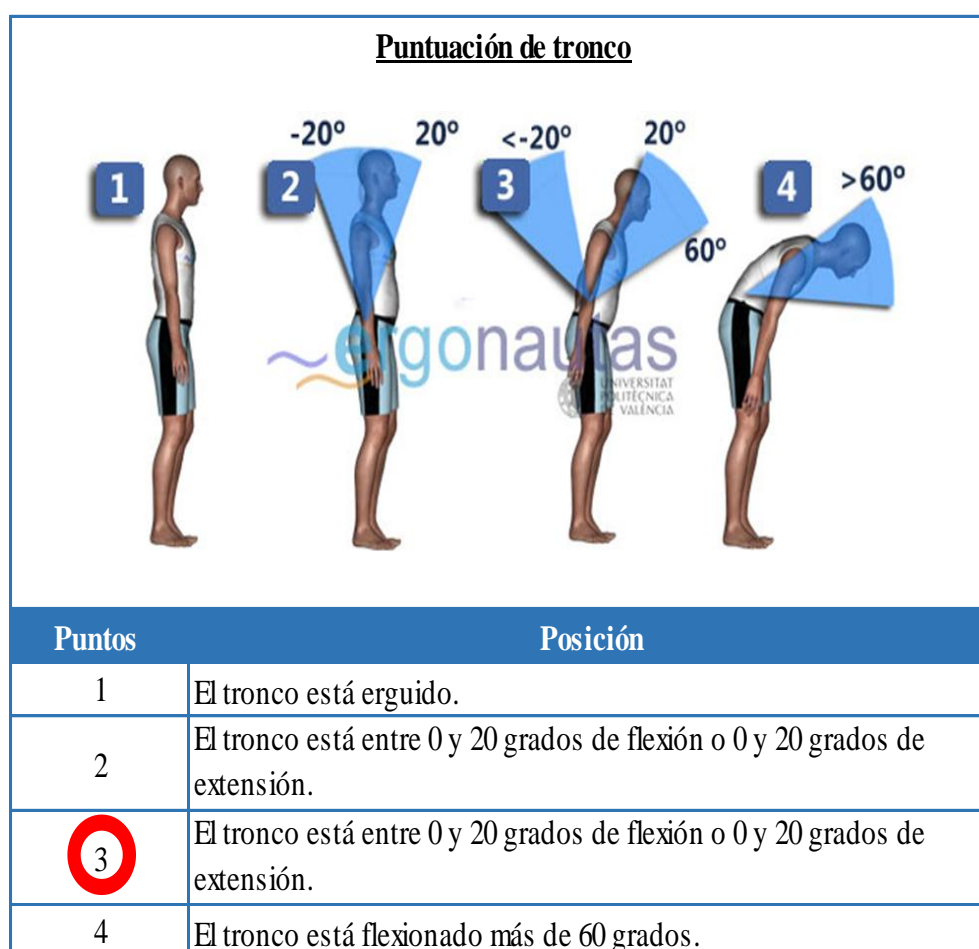


Figura 23. Grupo A – Puntuación tronco  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

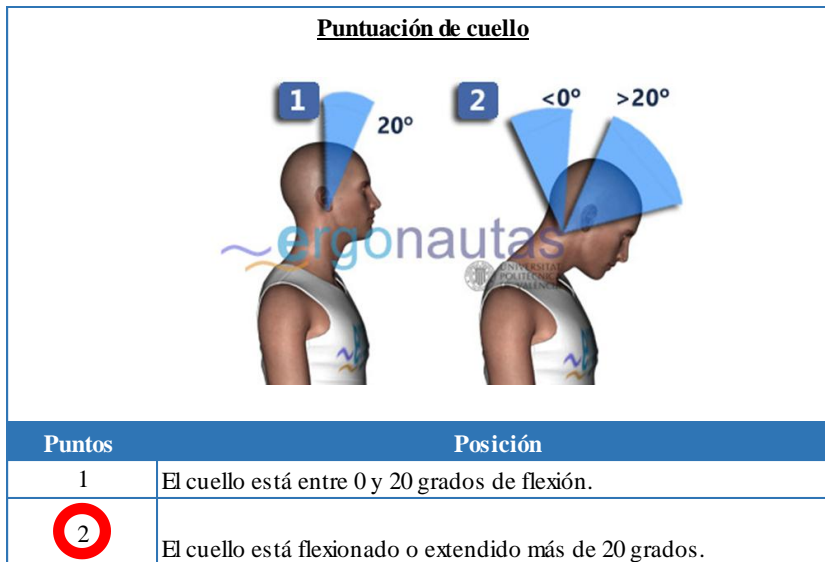


Figura 24. Grupo A – Puntuación cuello  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

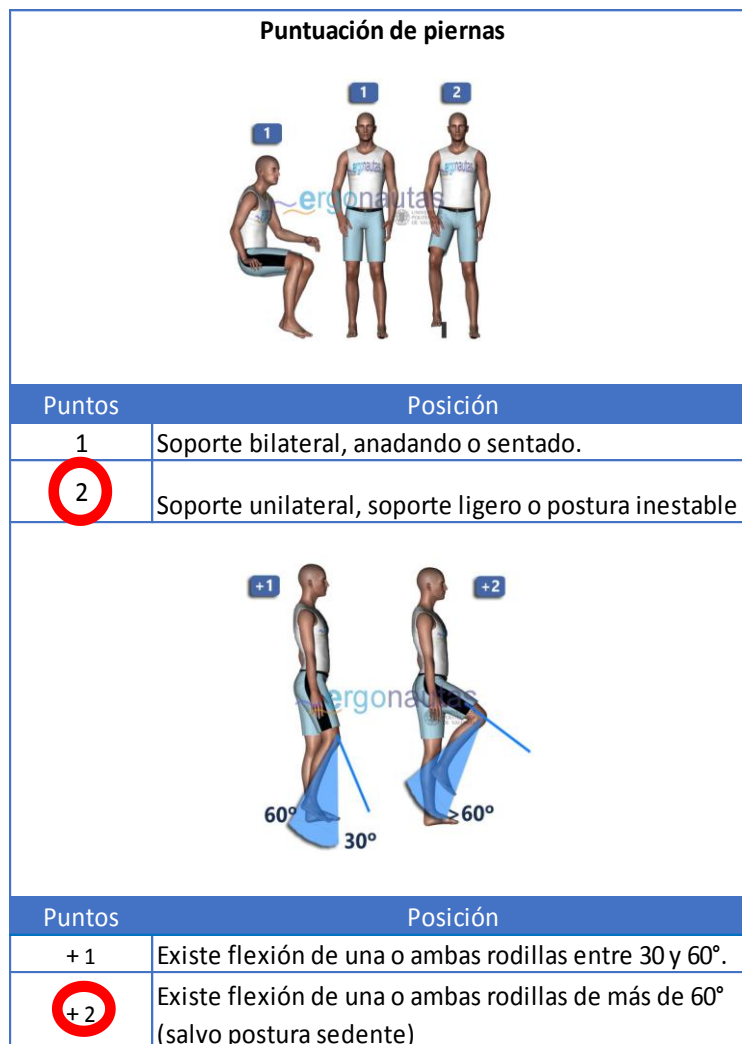


Figura 25. Grupo A – Puntuación piernas  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

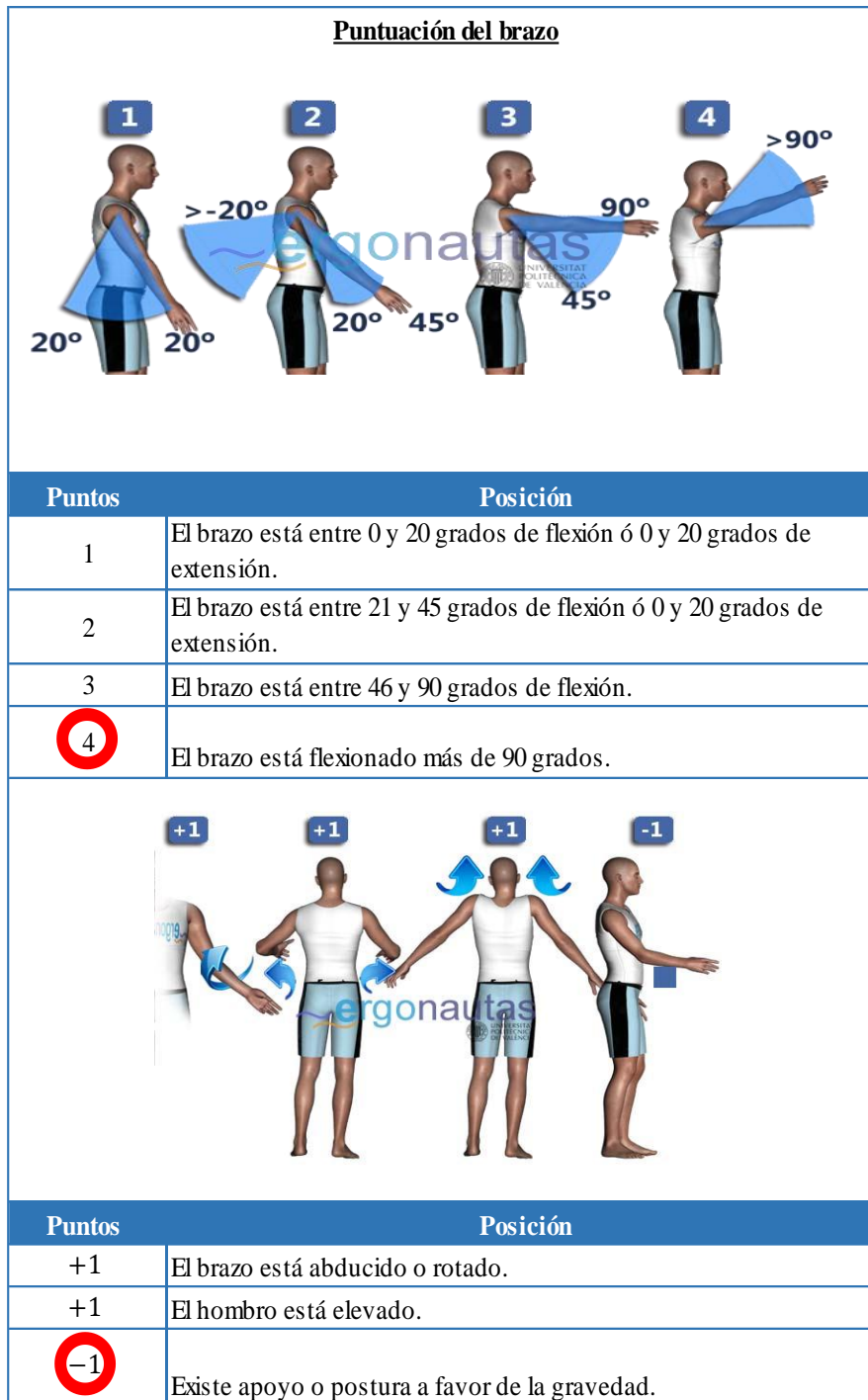


Figura 26. Grupo B – Puntuación del brazo  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

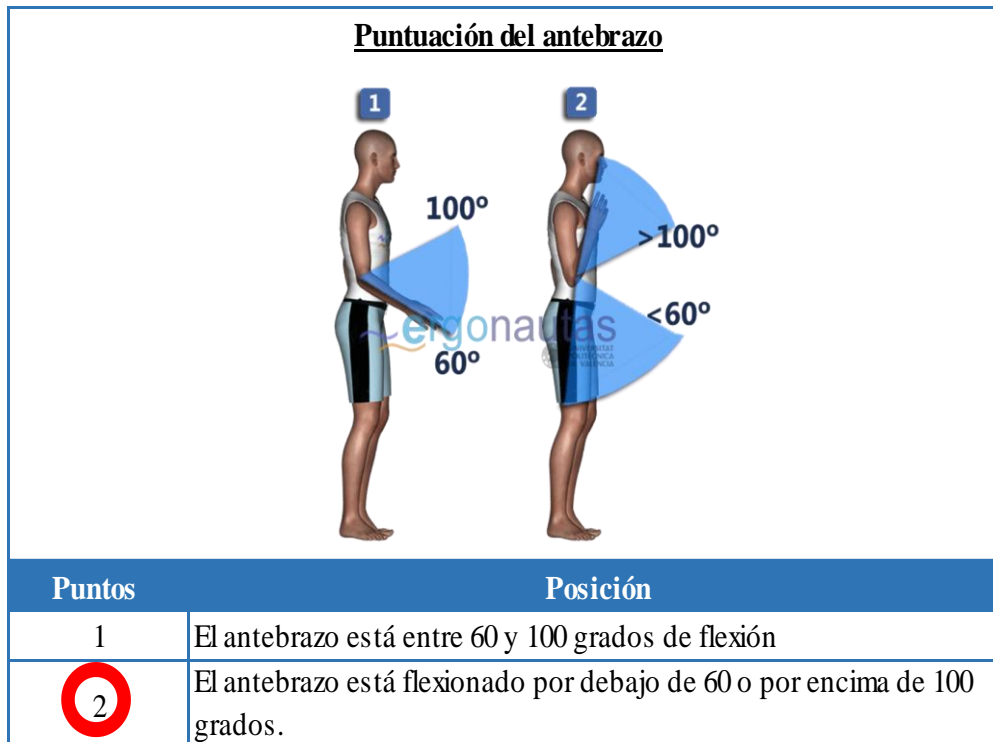


Figura 27. Grupo B – Puntuación del antebrazo  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

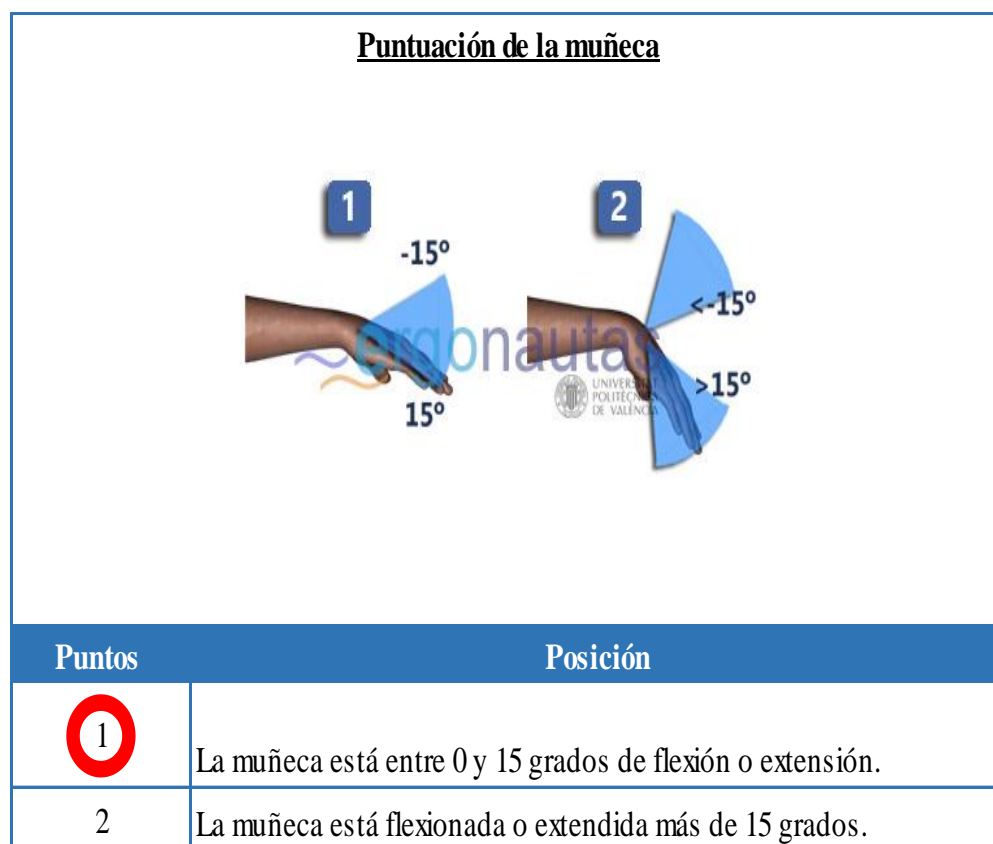


Figura 28. Grupo B – Puntuación de la muñeca  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

TABLA A												
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Figura 29. Puntuación inicial para el grupo A  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

Puntuación de la carga o fuerza	
Puntos	Posición
+0	La carga o fuerza es menor de 5 kg
+1	La carga o fuerza está entre 5 y 10 kg
+2	La carga o fuerza es mayor de 10 kg
Puntos	Posición
+1	La fuerza se aplica bruscamente

Figura 30. Modificación de la puntuación del grupo A  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

La puntuación total del grupo A: 10

De la evaluación de las posiciones del Grupo A (tronco, cuello, piernas) se tiene un total de 10 puntos con respecto a los riesgos disergonómicos que realiza el trabajador en su puesto de trabajo.

TABLA B						
Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Figura 31. Puntuación inicial del grupo B  
Fuente: Ergonautas – Método REBA

La puntuación total del Grupo B: 7

De la evaluación de las posiciones del Grupo B (brazo, antebrazo y muñecas) se tiene un total de 7 puntos con respecto a los riesgos disergonómicos que realiza el trabajador en su puesto de trabajo. Una vez obtenidos los valores del grupo A y grupo B, estos son colocados en la Figura 29 (tabla C), para tener el resultado final del método REBA.

TABLA C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Figura 32. Puntuación C en función de las puntuaciones A y B

Fuente: Ergonautas – Método REBA

Puntos	Actividad
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto.
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Figura 33. Modificación de la puntuación C

Fuente: Ergonautas – Método REBA

La puntuación total del grupo C: 12

Puntuación Final	Nivel de acción	Nivel de Riesgo	Actuación	Resumen
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación	Aceptable
2-3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación	Aceptable con condiciones
4-7	2	Medio	Es necesaria la actuación	Aceptable con condiciones
8-10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto a	No aceptable
11-15	4	Muy Alto	Es necesaria la actuación de inmediato	No aceptable

Figura 34. Modificación de la puntuación C

Fuente: Ergonautas – Método REBA

De la evaluación se tiene una puntuación de 12, esto indica que el nivel de riesgo es muy alto y que es necesaria la actuación de inmediato.

- **Impacto económico por posturas forzadas**

Para evidenciar el impacto económico por las causas de posturas forzadas aplicando el método REBA, de lo mencionado anteriormente, se presenta Tabla N°23, con los descansos médicos de los estibadores del mes de enero a junio 2018.

El costo por ausencia laboral es el resultado de las horas no trabajadas por los días de descanso médico (8 horas laborales) por el costo de la hora de trabajo (S/ 4,5).

Tabla N°23. Descansos médicos de marzo – julio de 2018

Estibadores	Fecha de Inicio del descanso	Días de descanso médico	Contingencia	Reemplazo	Costo por ausencia (s/)	Costos de reemplazo (s/)
E02	12/03/2018	3 días	Dolor Lumbar	No	108	0
E03	27/03/2018	3 días	Dolor Lumbar	Si	108	216
E04	06/04/2018	6 días	Contractura muscular	Si	216	432
E02	16/04/2018	4 días	Dolor Lumbar	Si	144	288
E01	19/04/2018	5 días	Lumbalgia	Si	180	360
E01	17/05/2018	1 día	Odontalgia	No	36	0
E03	10/05/2018	8 días	Tendinitis	Si	288	576
E05	15/05/2018	8 días	Lumbalgia	Si	288	576
E01	02/06/2018	7 días	Dolor Lumbar	Sí	252	504
E02	20/06/2018	5 días	Contractura muscular	Sí	180	360
E01	05/07/2018	8 días	Luxación hombro izquierdo	Sí	288	576
E02	08/07/2018	5 días	Lumbalgia	Sí	180	360
E03	15/07/2018	7 días	Lumbalgia	Sí	252	504
E04	15/08/2018	10 días	Luxación hombro izquierdo	Sí	360	720
<b>TOTAL</b>					<b>2 880</b>	<b>5 472</b>

Fuente: Empresa de alimento balanceado

El impacto económico que conlleva esta causa es por los distintos descansos médicos de mano de obra, debido a las posturas forzadas que el estibador realiza en la etapa de paletizado.

La empresa en estudio en el año 2018 perdió S/.8 352 soles por la ausencia del estibador más el costo de reemplazo.

### C. Causa: Equipo Inadecuado

En la etapa de paletizado los sacos cosidos y etiquetados son llevados por medio de una faja transportadora hacia una plataforma fija cuyas medidas son las siguientes:

Ancho: 0,76m

Largo: 2 m

Altura: 1,5 m



Figura 35. Plataforma de estiba  
Fuente: Empresa de alimento balanceado



Figura 36. Embolse y etiquetado  
Fuente: Empresa de alimento balanceado

Esta plataforma por ser fija el estibador tiende a realizar esfuerzos para poder cargar los sacos de 25 kg y apilarlos en el pallet.

La manipulación manual de carga conlleva un riesgo inherente para la salud del trabajador. Las lesiones sufridas por los trabajadores están derivadas del manejo inadecuado o excesivo de cargas, siendo los trastornos muscoesqueléticos que afectan a la espalda. Los motivos que más comúnmente originan trastornos de salud de los trabajadores al realizar la manipulación de cargas son las condiciones ergonómicas inadecuadas (cargas inestables, sujeción inadecuada, superficies resbaladizas), las características propias del trabajador que realiza (falta de información sobre las condiciones ideales de levantamiento) o por el levantamiento de peso excesivo.







Todos estos aspectos a valorar quedan recogidos por el método INSHT, que, a partir de información de fácil recopilación, proporciona resultados que orientan al evaluador sobre el riesgo asociado a la tarea y a la necesidad de tomar medidas correctivas para la mejora del puesto.

Tabla N°24. Evaluación dorso lumbar – Método INSHT

<b>EVALUACIÓN DE RIESGO DORSOLUMBAR</b>																			
Empresa	Empresa de Alimento balanceado																		
Puesto de trabajo	Paletizado																		
Tarea	Carga y descarga de sacos de 25kg																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cerca del cuerpo</th> <th>Lejos del cuerpo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura de la vista</td> <td>13 Kg</td> <td>7 Kg</td> </tr> <tr> <td>Encima del codo</td> <td>19 Kg</td> <td>11 Kg</td> </tr> <tr> <td>Debajo del codo</td> <td>25 Kg</td> <td>13 Kg</td> </tr> <tr> <td>Altura del muslo</td> <td>10 Kg</td> <td>12 Kg</td> </tr> <tr> <td>Altura de la pantorrilla</td> <td>14 Kg</td> <td>8 Kg</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Peso Teórico Recomendado</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>F1A) Datos de la Manipulación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Peso de la carga <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px 10px;"><b>25 kg</b></span></li> <li>Datos para el calculo del peso aceptable</li> </ol> <p><b>2.1 Peso recomendado en función de la zona de manipulación para trabajador entrenado</b></p> <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px 10px;"><b>13 kg</b></span> </div> </div>			Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo	Altura de la vista	13 Kg	7 Kg	Encima del codo	19 Kg	11 Kg	Debajo del codo	25 Kg	13 Kg	Altura del muslo	10 Kg	12 Kg	Altura de la pantorrilla	14 Kg	8 Kg
	Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo																	
Altura de la vista	13 Kg	7 Kg																	
Encima del codo	19 Kg	11 Kg																	
Debajo del codo	25 Kg	13 Kg																	
Altura del muslo	10 Kg	12 Kg																	
Altura de la pantorrilla	14 Kg	8 Kg																	

Fuente: Ergonautas – Método INSHT

Tabla N°25. Puntuación del desplazamiento vertical, giro de tronco, tipo de agarre y la frecuencia – Método INSHT

DESPLAZAMIENTO VERTICAL		FACTOR DE CORRECCIÓN	2.2 Desplazamiento Vertical	
Hasta 25 cm		1	Factor ---- <b>0.84</b>	
Hasta 50 cm		0.91		
Hasta 100 cm		0.87		
Hasta 175 cm		0.84		
Más de 175 cm		0		
GIRO DEL TRONCO		FACTOR DE CORRECCIÓN	2.3 Giro del Tronco	
Sin giro		1	Factor ---- <b>0.8</b>	
Poco girado (Hasta 30°)		0.9		
Girado		0.8		
Muy girado		0.7		
TIPO DE AGARRE		FACTOR DE CORRECCIÓN	2.4 Tipo de agarre	
Agarre bueno		1	Factor ---- <b>0.95</b>	
Agarre regular		0.95		
Agarre malo		0.9		
FRECUENCIA DE LA MANIPULACIÓN	DURACIÓN DE LA MANIPULACIÓN			2.5 Frecuencia de Manipulación
	<1h / día	>1 y < 2 h	>2h y < 8 h	
FACTOR DE CORRECCIÓN				
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85	Factor ---- <b>0.45</b>
1 vez /minuto	0.94	0.88	0.75	
4 veces /minuto	0.84	0.72	0.45	
9 veces/minuto	0.52	0.3	0	
12 veces /minuto	0.37	0	0	
> 15 veces/minuto	0	0	0	

Fuente: Ergonautas – Método INSHT

Tabla N°26. Puntuación factor de sensibilidad – Método INSHT

<b>3. Peso total transportado diariamente</b>			
PESO TRANSPORTADO =	FRECUENCIA/HORA	NÚMERO DE HORAS	PESO
PESO TRANSPORTADO	245	8	25
PESO TOTAL TRANSPORTADO = 49000 kg			
<b>4. Distancia del transporte</b>			
¿Distancia de transporte mayor que 10 metros ? (SI/NO)			NO
<b>FACTOR DE SENSIBILIDAD</b>			
	<b>FACTOR SENSIBILIDAD</b>	<b>0. Factor de Sensibilidad</b>	
Especialmente Entrenado	1.6		
Trabajadores en general	1		
Mujer, jóvenes, mayores, sensibilidades	0.6	Factor ----	1

Fuente: Ergonautas – Método INSHT

$$Pa = Pt \times Fv \times Fg \times Fa \times Ff \times Fs$$

Pa: Peso aceptable

Pt: Peso teórico

Fv: Factor vertical

Fg: Factor giro

Fa: Factor agarre

Ff: Factor frecuencia

Fs: Factor sensibilidad

$$Pa = 130,84 \times 0,8 \times 0,95 \times 0,52 \times 1$$

$$Pa = 4,32\text{kg}$$

Del resultado obtenido tenemos que el peso real de la carga de 25 kg supera el peso aceptable, esta tarea es de riesgo no tolerable ya que implican levantamientos que ponen en peligro la salud del trabajador y que precisan ser modificadas para alcanzar niveles tolerables de riesgo.

Tabla N°27. Nivel de Riesgo final – Método INSHT

Peso Real vs Peso Aceptable	Riesgo	Medidas Correctivas
Peso Real ≤ Peso Aceptable	Tolerable	No son necesarias
Peso Real > Peso Aceptable	No Tolerable	Son necesarias

Fuente: Ergonautas – Método INSHT

- **Impacto económico**

El impacto económico que conlleva esta causa es que debido al equipo inadecuado y al peso real del contenido de la bolsa que supera al peso aceptable en la evaluación del método INSHT. El MINTRA aplica sanciones a las empresas que no cumplan con la inspección laboral de acuerdo a la Ley N° 28806 (Ley General de Inspección del Trabajo). El incumplimiento de una infracción grave puede conllevar a una multa de 6 a 10 UIT.

Tabla N°28. Multas inspectivas de MINTRA

INFRACCIÓN	Base de cálculo	NÚMERO DE TRABAJADORES AFECTADOS						
		1-10	11-20	21-50	51-80	81-110	111-140	141 a más
Los incumplimientos de las disposiciones relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo sobre lugares de trabajo, herramientas, máquinas y equipos, agentes físico, químico y biológico, riesgos ergonómicos psicosociales, de los que se derive un riesgo grave para la seguridad o salud de los trabajadores.	6 a 10 UIT	5-10%	11-15%	16-20%	21-40%	41-50%	51-80%	81-100%

Fuente: MINTRA,2012

De lo mencionado en la Tabla N°28, se puede decir que la empresa en estudio está infringiendo la Ley con una multa de 6 UIT equivalentes a S/24 900.

Resumiendo, el análisis del diagnóstico por causas, en la siguiente Tabla N°29 se muestra las causas y sus impactos económicos en la empresa.

Tabla N°29. Impacto económico en producción

CAUSA	IMPACTO ECONÓMICO
Fatiga del personal de estiba	S/87 416 307,00
Ausentismo laboral	S/8 352,00
Multas SUNAFIL	S/24 900,00
<b>TOTAL</b>	<b>S/87 449 559</b>

Asimismo, en la siguiente Tabla N°30, se muestran los indicadores a utilizar para posteriormente medir los resultados logrados.

Tabla N°30.Indicadores de los problemas en la empresa

CAUSAS	FÓRMULA	INDICADOR ACTUAL
Fatiga del personal de estiba	$P_{MO} = \frac{\text{Unidades fabricadas}}{\text{Tiempo empleado en la fabricación} \times \text{número de operarios}}$	$= 221 \frac{\text{sacos}}{\text{hora hombre}}$
Posturas forzadas	<p>Método REBA</p> <p>Posturas Grupo A + Posturas Grupo B=Indicador de Riesgo</p>	Muy Alto
Equipo inadecuado	<p>Método INSHT</p> <p>Peso teórico+ factor vertical+ factor giro+ factor agarre+ factor frecuencia+ factor sensibilidad=Indicador de Riesgo</p>	No tolerable

Fuente: Empresa de alimento balanceado

### **3.4. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN**

Para el incremento de la productividad, se propone un sistema de automatización dentro de la etapa de paletizado, realizando un prototipo mecánico con su respectivo sistema automatizado de manera que brinda la solución a cada problema mencionado anteriormente.

#### **3.4.1. Desarrollo de Mejoras**

##### **A. Diseño de los transportadores**

Módulo didáctico: El módulo contará con las especificaciones técnicas contenidas en la Tabla N°31, donde se especifica y peso, densidad, envase y las horas de funcionamiento.

Tabla N°31. Especificaciones técnicas del empaque

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
Peso	25 kg
Densidad	0,70 g/ml
Envase	520 mm x 840 mm
Horas de funcionamiento	8 h (3 turnos rotativos)

Para el desarrollo del prototipo de los transportadores se debe tener en cuenta empaque(saco), es por ello que en la Tabla N°32 se muestra las especificaciones de éste, donde se pueden apreciar sus dimensiones, características, capacidad y sus condiciones de almacenamiento, lo cual se debe tener en cuenta para la selección del transportador de rodillos y la faja transportadora que serán instalados en la etapa de paletizado, para solucionar los problemas ya descritos anteriormente.

Tabla N°32. Ficha técnica del material de empaque

		<b>ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL DE EMPAQUE</b>			CODIGO: 01E - 2017	
<b>Descripcion:</b> <b>FICHA TECNICA DEL PRODUCTO SACO LAMINADO MICROPERFORADO CON FUELLE PARA ALIMENTO BALANCEADO DE 25 KG</b>						
<b>MATERIA PRIMA</b>						
<b>Tejido:</b> Polipropileno Trenzado						
<b>Laminado:</b> Mezcla de Polipropileno y Polietileno						
<b>CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO</b>						
Doble inferior del saco	Costura	Dimensiones del saco (cm)			Gramaje (gr/m <sup>2</sup> )	Flejado
		Ancho	Largo	Fuelle		
3 cm de ancho y la costura al menos a 1 cm	Un paso de 7 mm	Total Frente+Fuelle: 52 Frente: 34 ± 0,3	84 ± 0,6	9+9 ± 0,3	Mín. 80	Fardos Individuales flejadas de 250 unidades, con 4 flejes, 4 vueltas de polystrech, con la etiqueta y un saco de identificación en paletas de 5.000 unidades.
<b>CARACTERISTICAS DEL PATRON DE MICROPERFORACIÓN</b>						
Espesor y Largo de la Aguja (mm)	Area de las Microperforaciones		Anillos	Cantidad de Microperforaciones		
0,9-1,0 Espesor 4,5 Largo	Deben cubrir todo el area del fuelle excepto la parte inferior y superior del saco que no debe tener microperforaciones en mín. 100 mm		2 anillos de 5 cm por cada lado del fuelle	50 microperforaciones por cada 25cm <sup>2</sup>		
<b>DISEÑO DEL PRODUCTO</b>						
<p style="text-align: center;">Dibujo sin escala, solo referencial</p>						
<b>Capacidad del Saco:</b>	De acuerdo a las dimensiones del saco y a la resistencia de las cintas utilizada se garantiza su uso para 25 Kg de producto.					
Embalaje	Apariencia	Identificación				
40 sacos por paleta, protegidas con material stretch.	Acabado uniforme, sin manchas, sin deshilacharse, sin rebabas, sin agujeros, remiendos ni rasgaduras	Colocar por paleta una etiqueta de identificación que contenga: fecha de despacho, cliente, producto, orden de compra, cantidad, medidas y número de lote.				
<b>CONDICIONES DE ALMACENAJE</b>						
Almacenar en lugar sombreado, No exponer a los rayos solares. Se recomienda mantener un sistema de inventarios FIFO (Primero que entra primero que sale).						

Fuente: Empresa de alimento balanceado para langostino

### ✓ Transportador de rodillos

Los transportadores de rodillos es uno de los tipos de cinta más comunes, el camino consiste en una serie de rodillos perpendiculares a la dirección de avance, estos rodillos se encuentran contenidos en una armazón fija, la cual eleva la cinta del suelo a una altura determinada, debido a las necesidades del transporte del material. Además, cabe mencionar que los rodillos pueden ser impulsados

mecánicamente o por efecto de la gravedad. Como se muestra en la Figura 34. Asimismo, en la Figura 37 y 38 se presentan el plano esquemático y el despiece del transportador de rodillos.

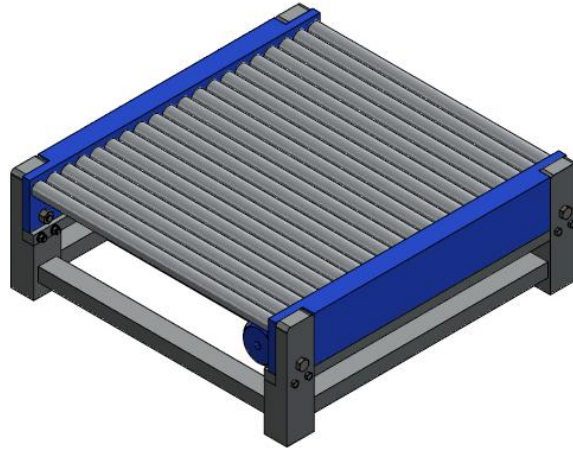


Figura 37. Transportador de rodillos

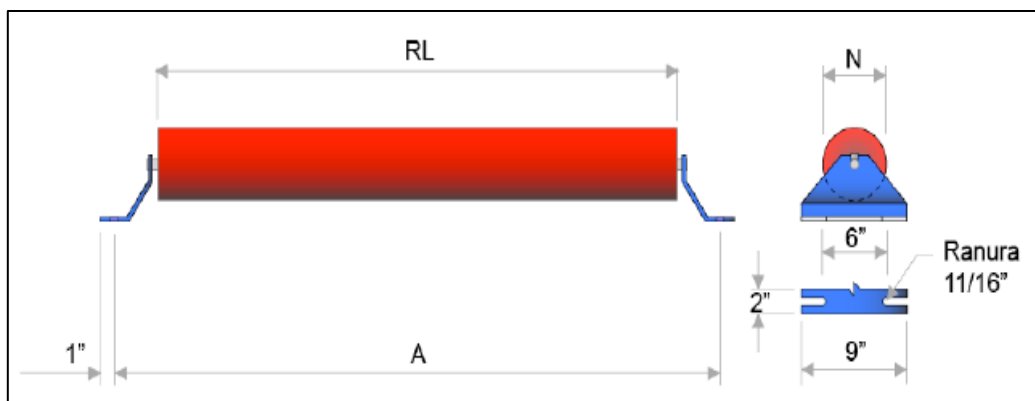


Figura 38. Rodillos planos de carga  
Fuente: DITEC AUTOMATION

De acuerdo a la especificación técnica del saco se hace la elección del rodillo como se muestra en la Tabla N°33.

Tabla N°33. Ficha técnica - Rodillo N=5" diámetro (CEMA C)

N° de parte	A (pulgadas)	RL(pulgadas)	PESO (lb)
18-FC-500-C	27	21	24
24-FC-500-C	33	27	27
30-FC-500-C	39	33	33
36-FC-500-C	45	39	37
42-FC-500-C	51	45	41
48-FC-500-C	57	51	44
54-FC-500-C	63	57	56
60-FC-500-C	69	63	60

Fuente: DITEC AUTOMATION

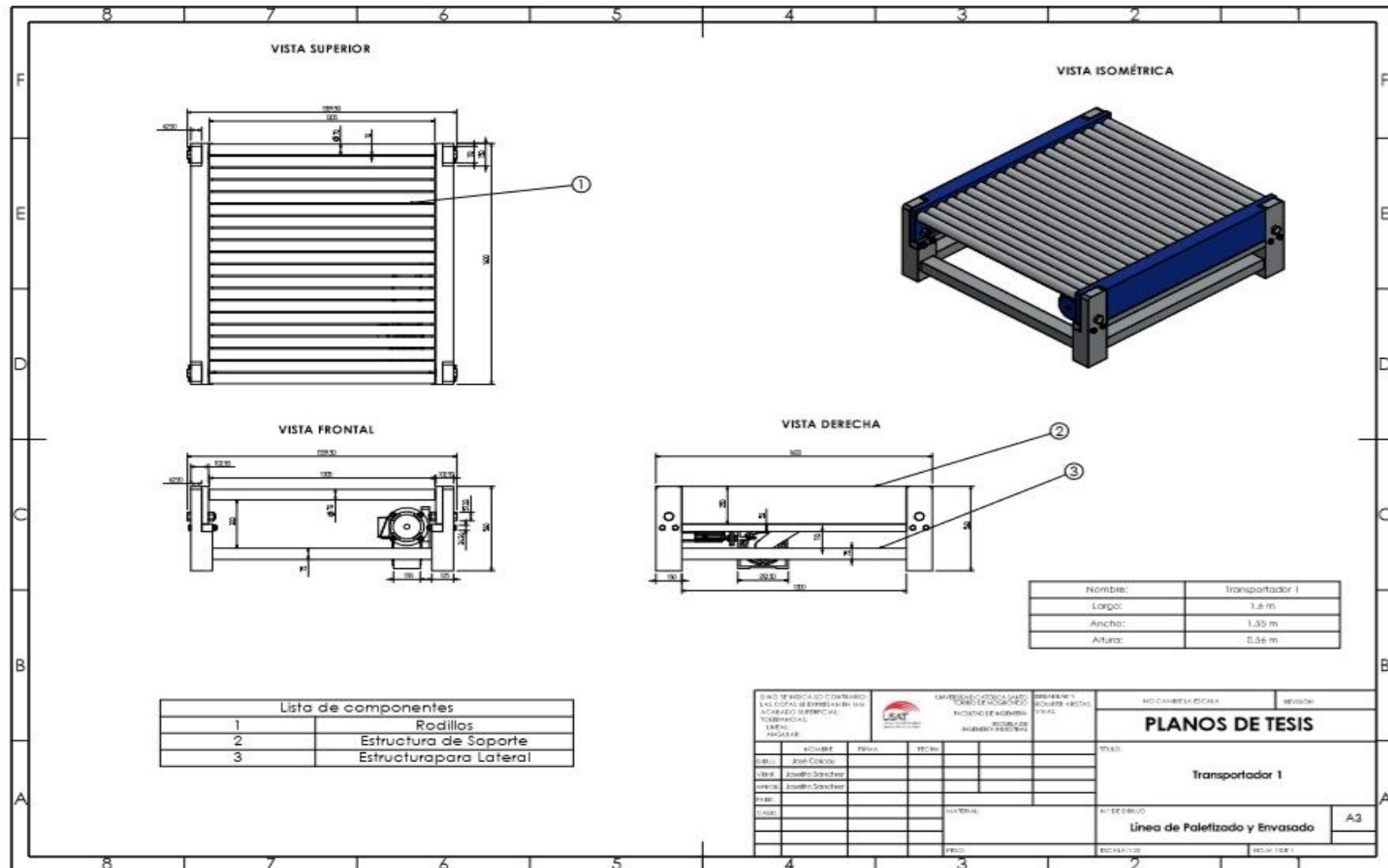


Figura 39. Plano esquemático del transportador de rodillos con sus tres vistas principales

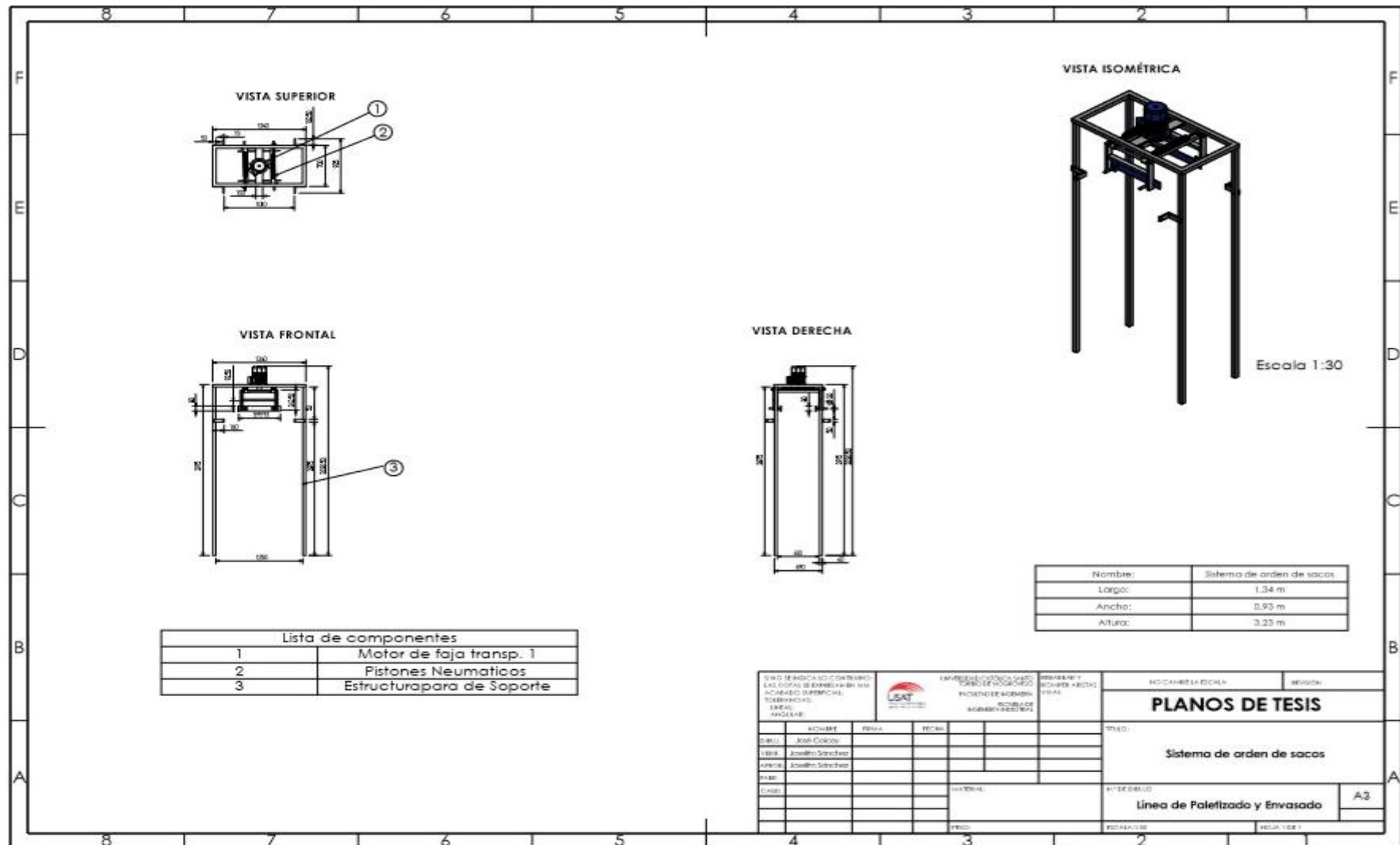


Figura 40. Vista isométrica del sistema de orden de sacos

### ✓ Faja Transportadora

La faja será la encargada de trasladar los sacos con alimento balanceado de manera lineal, evitando así los sobreesfuerzos y movimientos repetitivos de los operarios en la etapa de paletizado. En la Figura 41 se muestra dicha faja transportadora.

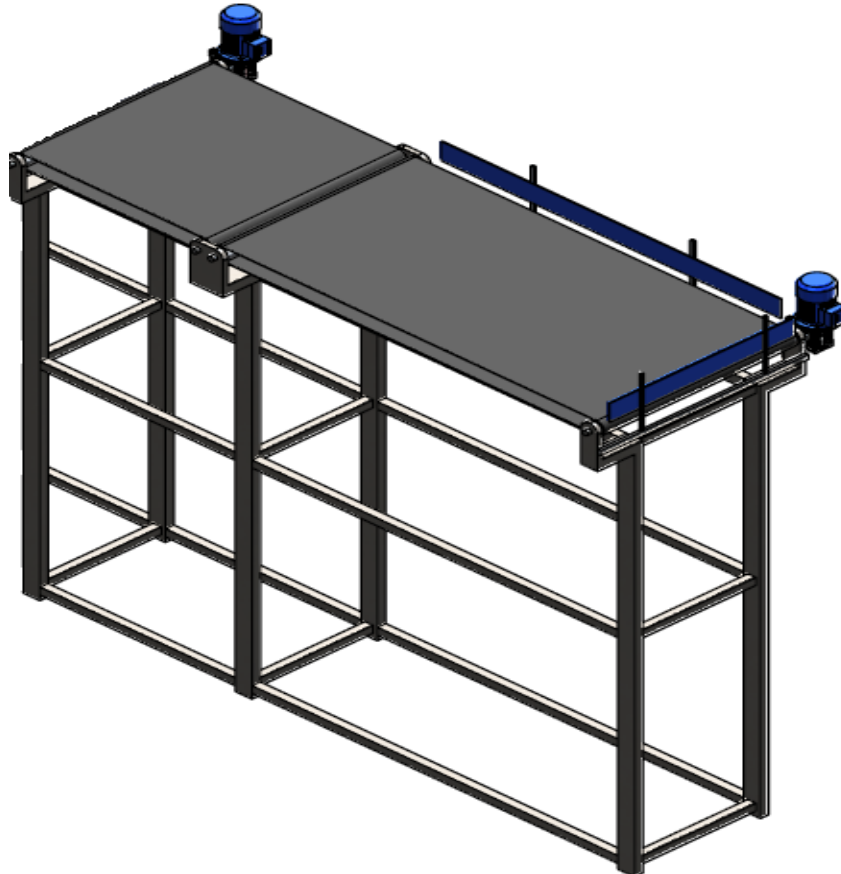


Figura 41. Faja transportadora

Para la selección de la faja se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- **Elección de Ancho de la Banda Plana:** López [14], expresa que la anchura mínima de la banda es uno de los primeros parámetros en ser elegidos, debido a que su valor depende únicamente del material a transportar y de sus características físicas. El ancho normalizado para todo tipo de banda se describe en la siguiente figura, para ello se toma como referencia la ficha técnica del saco. En la Tabla N°34 muestra las dimensiones y velocidades de la banda plana.

Tabla N°34. Ancho de Banda Plana

Ancho mínimo de Banda (mm)	Tamaños máximos (mm)		Velocidad máxima (m/s)			
	Uniforme	Mixto	A	B	C	D
400	50	100	2,62	2,09	2,09	1,31
500	75	150	2,62	2,62	2,09	1,68
650	125	200	3,35	2,62	2,62	1,68
800	170	300	3,35	3,35	2,62	2,09
1000	250	400	4,19	3,35	3,35	2,09
1200	350	500	4,19	3,35	3,35	2,62
1400	400	600	4,19	3,35	3,35	3,35
1600	450	650	4,19	4,19	3,35	3,35
1800	500	700	4,19	4,19	3,35	3,35
2000	550	750	5,24	4,19	3,35	3,35
2200	600	800	5,24	5,24	4,19	4,19
A- Materiales ligeros deslizables, no abrasivos con peso específico de 0,5 -1 T/m <sup>3</sup>						
B- Materiales no abrasivos o muy poco abrasivo con tamaño medio, peso específico de 1 - 1,5 T/m <sup>3</sup>						
C- Materiales medianamente abrasivos y pesados, con peso específico de 1,5 a 2 T/m <sup>3</sup>						
D- Materiales muy abrasivos pesados y cortantes, peso específico mayor a 2 T/m <sup>3</sup>						

Fuente: Norma UNE 18025

Según la Tabla N°34 se elige un ancho mínimo de banda de 1 000 mm, considerando la especificación técnica del empaque. Por razones de seguridad se le adicionan 90 mm en ambos lados de la banda, con la finalidad de evitar obstrucciones al momento de la recepción del saco.

Además, la velocidad máxima para el transporte del saco, se selecciona por medio de los tipos de materiales representados en letras; y en este caso el tipo de material se ubica en la letra A, ya que es un material ligero deslizable, no abrasivo con peso específico de 0,5 -1 T/m<sup>3</sup>. En la Figura 42 se observa el diseño de la banda, mientras que en la Figura 40 y Figura 41 se muestra el plano esquemático y el despiece de la banda.

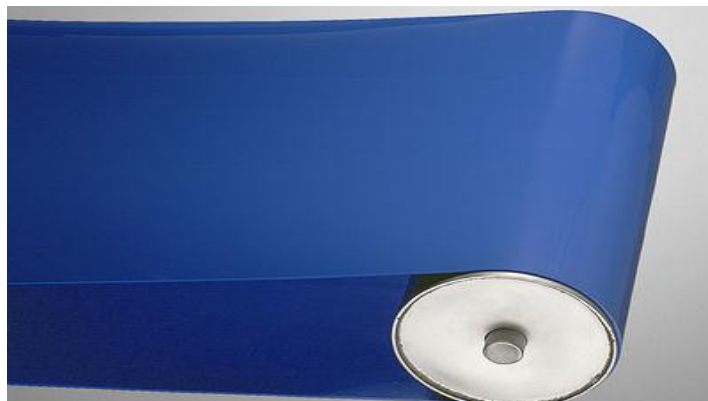


Figura 42. Banda del transportador

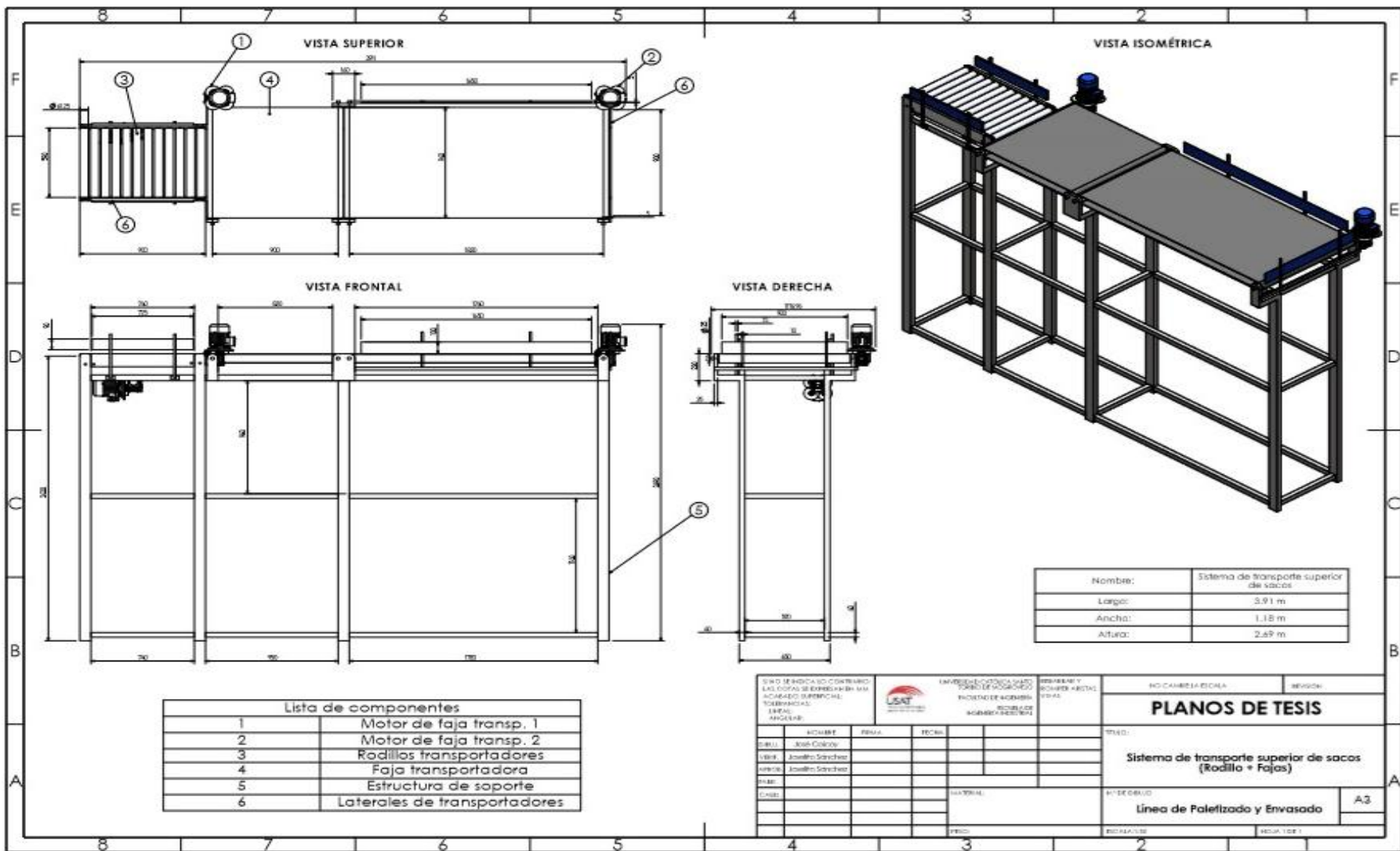


Figura 43. Plano esquemático del sistema de transporte superior de sacos

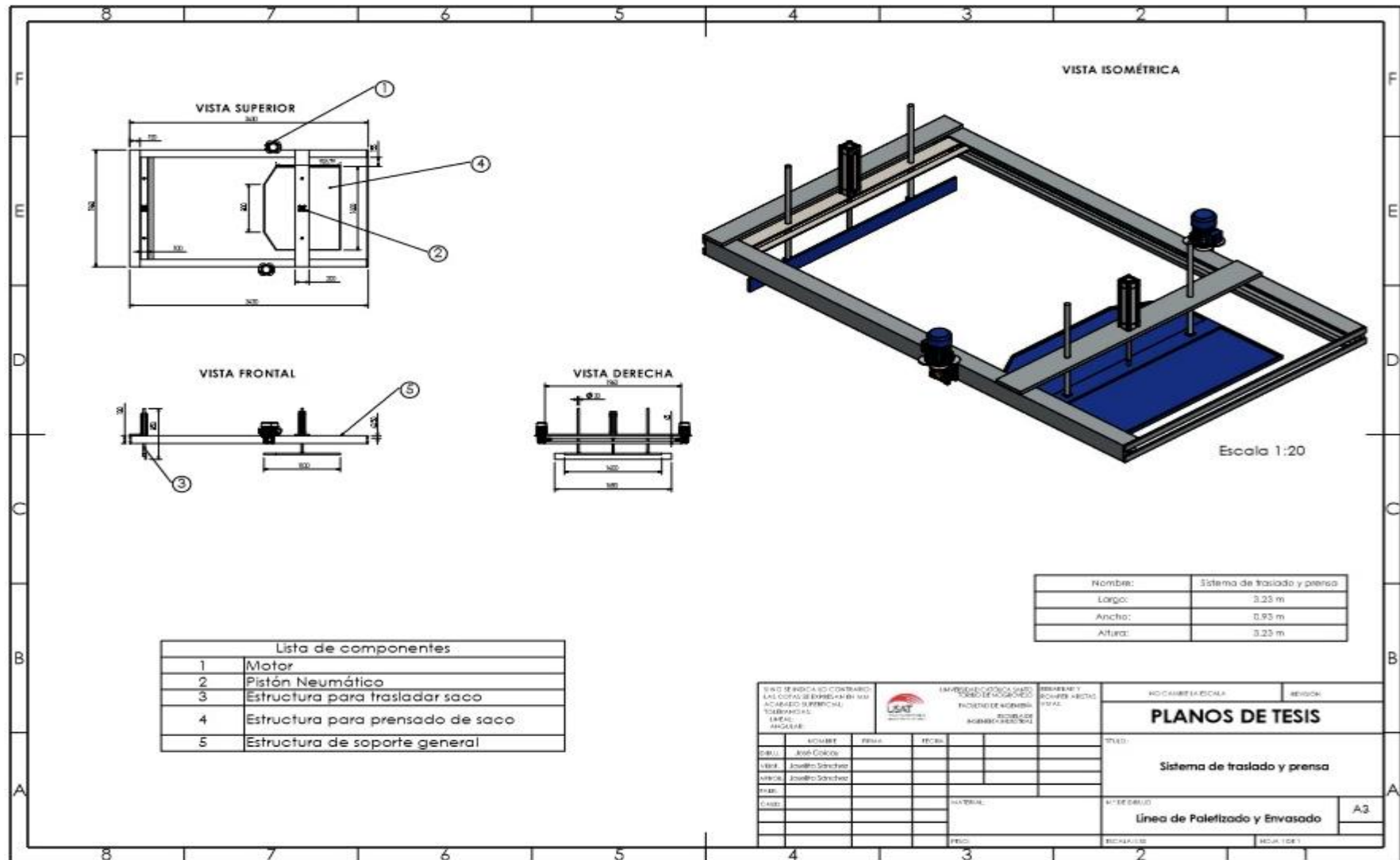


Figura 44. Plano esquemático del sistema de traslado y prensa

- **Selección del rodillo:**

A continuación, se muestra en la Tabla N°35 diámetros y pesos de rodillos, de los cuales uno será seleccionado.

Tabla N°35. Diámetro de rodillos

Ancho de la banda (mm)	Diámetro del rodillo		Peso de rodillo (kg/m)
	V<0,5 m/seg	V>0,5 m/seg	
400		63,5	1,75
500		63,5 – 89	2
600		63,5 – 108	2
650		70 – 133	3
800		76 - 133	4
1000		102 - 159	5

Fuente: Norma UNE 18025

Cálculos de esfuerzo

$$F1 = CL \times f \times L \times m \times g \quad (1)$$

Donde:

F1: Esfuerzo necesario para mover la banda en vacío, en N.

f: Coeficiente de rozamiento de los cojinetes.

CL: Factor de fricción debido a la longitud de banda

m (rodillos): Masa de los rodillos, en Kg/m

g: Gravedad, en m/s<sup>2</sup>

L (banda): Longitud de banda, en m.



Figura 45. Rodillo de la banda transportadora

- **Factor de fricción debido a la longitud de banda**

Las bandas transportadoras de poca longitud necesitan mayores esfuerzos para vencer la resistencia a la fricción que las bandas de mayor longitud, como lo muestra la Tabla N°36.

Tabla N°36. Factor de fricción debido a longitud de banda

Longitud (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40
CL	9	5,6	6,6	5,9	5,1	4,5	4	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4

Fuente: Norma DIN 22101

$$F1 = CL \times f \times L \times m \times g$$

$$F1 = 9(0,05 \times 2 \times 2m)(10 \frac{Kg}{m})(9,8 m/s^2)$$

$$F1 = 176 N$$

Tabla N°37. Factor de fricción para chumaceras

Tipo de Cojinete	Estado	f
Rodamiento	Favorable	0,018
	Normal	0,020
	Desfavorable	0,023 – 0,030
Fricción		0,05

Fuente: Norma DIN 22101

Esfuerzo necesario para mover la banda con carga. Para mover la banda a una velocidad constante de 1m/min procedemos a utilizar la ecuación 2.

$$F2 = \frac{f(L \text{ banda})(CL)(Mm)(g)}{3,6v} \quad (2)$$

Donde:

F2: Esfuerzo necesario para mover la banda con carga, en N.

Mm: Capacidad de carga, en Kg/min.

CL: Factor de fricción debido a la longitud de banda

v: Velocidad(1m/min), en m/min.

g: Gravedad, en m/s<sup>2</sup>

L (banda): Longitud de banda, en m.

$$F2 = \frac{f(L \text{ banda})(CL)(Mm)(g)}{3,6v}$$

$$F_2 = \frac{9(0.05 \times 2)2m \times (25 \text{ kg/min})(9,8 \text{ m/s}^2)}{3.6 \times 3.35 \text{ m/min}}$$

$$F_2 = 36,56 \text{ N}$$

Esfuerzo total: Con los dos esfuerzos parciales calculamos el esfuerzo total con la ecuación 3.

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 176\text{N} + 36,56\text{N}$$

$$F = 212,56 \text{ N} \quad (3)$$

Con el esfuerzo total se calcula la potencia requerida por el sistema de transporte para el proceso de palletizado de sacos con la ecuación 4.

$$P = F \times v \quad (4)$$

Donde:

P: Potencia, en W.

F: Esfuerzo total del sistema de transporte, en N.

v: Velocidad de la banda transportadora, en m/s.

$$P = 212,56\text{N} \times 3,35\text{m/s}$$

$$P = 712,08\text{w}$$

$$P = 0,71 \text{ kw}$$

Se requiere una potencia de accionamiento de 0,71kw, con lo cual seleccionamos el motor.



Figura 46. Motor de la faja transportadora

Tabla N°38. Ficha técnica motoreductor para faja transportadora

<b>FICHA TÉCNICA MOTOREDUCTOR FAJA TRANSPORTADORA</b>	
Marca	WEG
Serie	W21 – IE1
Potencia	0,75 kw
Voltaje	220/380/440 v
Amperaje	3,04/1,76/1,52 A
Frecuencia	60 hz
Peso	14 kg
N° de polos	2
Velocidad	3405 rpm
Certificación	IEC ISO 9001

- ✓ **Material de la banda transportadora:** Para un diseño horizontal y hasta 18 grados de inclinación y con abrasión moderada designada para la transportación de los sacos según la Norma DIN 22101 es la de tipo textil.

Tabla N°39. Detalla de cintas Normalizadas Norma DIN 22102

<b>LETRAS INDICATIVAS</b>	<b>MATERIAL DEL TEJIDO</b>
B	Algodón
Z	Viscosilla
R	Rayón
P	Poliamida
E	Poliéster
D	Aramida
G	Fibra de vidrio

Fuente: Norma DIN 22101

Los tejidos más usuales en la fabricación de cintas son de combinación EP, formados por fibras de poliéster en el sentido longitudinal (Urdimbre) y de poliamida (Nylon) P en el sentido transversal (trama).

Poliéster- Poliamida (EP): Los tejidos están constituidos por poliéster y poliamida con las siguientes características:

- ✓ Alta resistencia en porción al peso
- ✓ Alta resistencia al impacto y a la abrasión
- ✓ Alta resistencia al alargamiento
- ✓ Gran flexibilidad

Con el esfuerzo obtenido que es de 212,56N encontramos la resistencia de la banda transportadora con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

$\sigma$ : Resistencia requerida en N/m<sup>2</sup>.

F: Esfuerzo total en N.

A: Área de la banda transportadora en m<sup>2</sup>.

$$\sigma = \frac{212,56 \text{ N}}{0,9\text{m} \times 2\text{m}}$$

$$\sigma = 118,08 \text{ N/m}^2$$

✓ **Plataforma de apoyo para fajas transportadoras**

La plataforma se fabricará con planchas de Acero ASTM A-36, una de las principales características de este acero es de que es de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas y atornilladas, bases de columnas.

Tabla N°40. Ficha técnica de plataforma de apoyo para faja transportadora

<b>FICHA TÉCNICA DE PLATAFORMA DE APOYO PARA FAJA TRANSPORTADORA</b>		
Longitud	1000 mm	1000 mm
Ancho	1000 mm	1600 mm
Espesor	2 mm	2 mm
Material	Acero ASTM A-36	Acero ASTM A-36
Peso	16 kg/m <sup>2</sup>	25 kg/m <sup>2</sup>

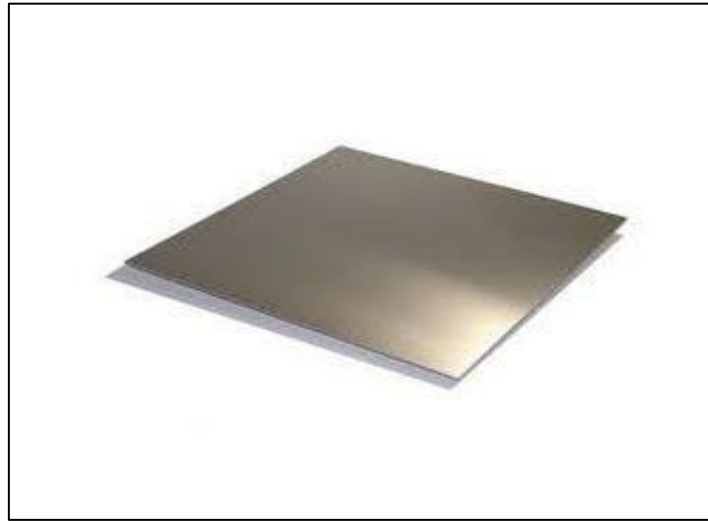


Figura 47. Plancha de acero ASTM A - 36

### 3.4.1.2 Elevador electromecánico de cadena

En la Figura 48 se muestra la gráfica del elevador electromecánico de cadena, el cual será parte del sistema de automatización.

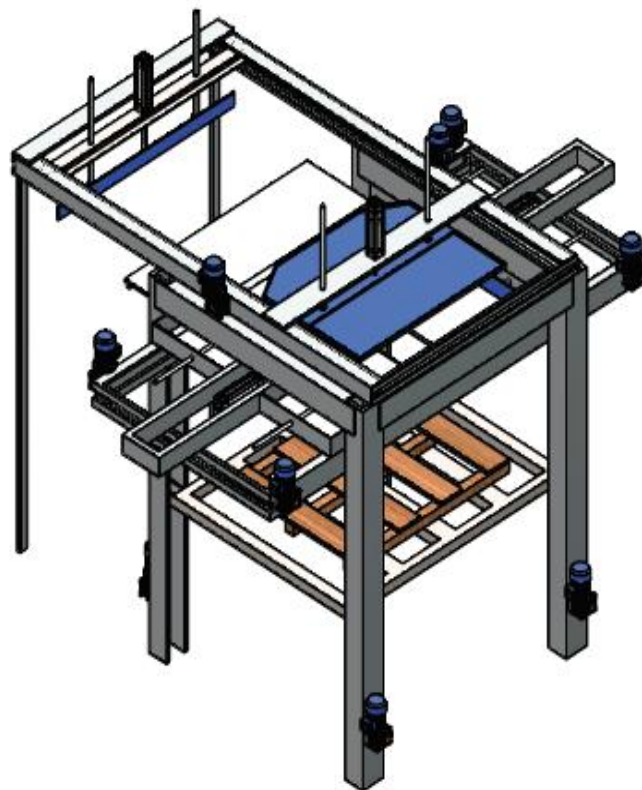


Figura 48. Elevador electromecánico

✓ **Cálculo de carga**

En la Tabla N°41 se muestra la carga que representa la utilización de 6 motoredutores de 0,75 kw y 4 motoredutores de 2,20 kw.

Tabla N°41. Peso de motoredutores

POTENCIA	PESO APROXIMADO	
0,75 kw	14 kg	84 kg
2,20 kw	16,5 kg	66 kg
<b>TOTAL</b>		$\Sigma 150\text{kg}=1,5\text{KN}$

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1 \times 10^6}$$

Donde:

L= largo (mm)

A= ancho (mm)

E= espesor (mm)

Tabla N°42. Peso de planchas en banda transportadora

Cantidad	L=largo (mm)	A= ancho (mm)	E= espesor (mm)	Peso total (kg)
1	1 000	1 000	2	16
1	1 000	1 600	2	25,12
2	1 000	1 700	2	54
<b>TOTAL</b>				$\Sigma 95,12 \text{ kg} = 0,93 \text{ KN}$

En la Tabla N°43 se muestra la suma de todas las cargas que va soportar las columnas de la banda transportadora y del elevador electromecánico de cadena.

Tabla N°43. Peso de las planchas por la banda

TIPO DE CARGAS	PESO (Kg)
Estructura	4 000
Moto reductores	150
Carga	1 000
Planchas	95,12
Eje y Bandas	150
Otros	500
<b>TOTAL</b>	$5895,12/4 = 1473,78 \text{ Kg} = 14,5 \text{ KN}$

### 3.4.1.3 Cálculo de perfil de columnas

Las cargas de flexión aplicadas a una viga hacen que se flexione en una dirección perpendicular a su eje. Una viga recta en su origen se deformará y su forma será ligeramente curva. En la mayor parte de los casos, el factor crítico es la deflexión máxima de la viga, o su deflexión en determinados lugares. Para elegir el perfil de columnas se ha realizado los cálculos con respecto a la deflexión de la viga vs la deflexión permitida.

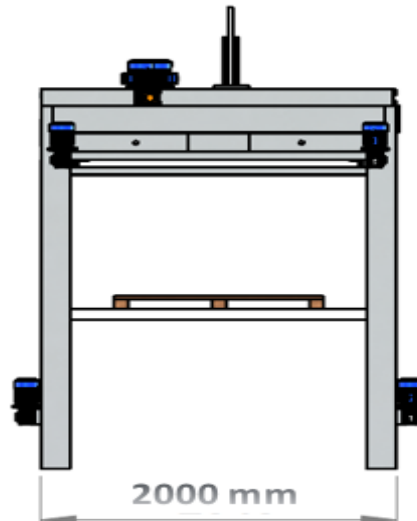


Figura 49. Perfil de columnas

Para este análisis se ha seleccionado el acero ASTM – A36 IPE 120 con carga de 5895 kg como se muestra en la Tabla N°45.

#### Deflexión de la Viga IPE 120

$$\Delta \max = \frac{5\omega l^4}{384 \times E \times I}$$

$\omega$ : Carga uniforme (kg/cm)

$l$ : Longitud (cm)

$I$ : Inercia (cm<sup>4</sup>)

$E$ : Modulo de elasticidad del acero (kg/cm<sup>2</sup>)

$$\Delta \max. \text{ viga} = \frac{5 \times \frac{58,95\text{kg}}{\text{cm}} \times (200\text{cm})^4}{384 \times 2039000\text{kg/cm}^2 \times 27430\text{cm}^4}$$

$$\Delta \max. \text{ viga} = 0,02195 \text{ cm}$$

### Deflexión permitida

$$\Delta \text{ max. permitida} = \frac{l}{240} + 0,5$$

$$\Delta \text{ max. permitida} = \frac{200\text{cm}}{240} + 0,5$$

$$\Delta \text{ max. permitida} = 1,33 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la deflexión permitida es mayor a la deflexión de la viga, es decir la viga IPE 120 si llega a soportar la carga de 5 895 kg con una deflexión de 0,02195 cm.

Tabla N°44. Propiedades mecánicas ASTM A- 36

NORMA TÉCNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/mm <sup>2</sup>	%	
ASTM A-36	25,3	41	20	DIN 17100 St 37-2 / St 44 - 2

Fuente: Aceros Comerciales

SGT [16], Para el funcionamiento del elevador electromecánico utilizaremos la cadena de tipo Fleyer. Por lo general estas cadenas tienen una resistencia a la rotura superior a la de las cadenas de rodillos y pasa sobre roldanas en lugar de ruedas dentadas. Son adecuadas para aplicaciones de elevación, balanceo o contrapeso o aplicaciones de transmisión de movimiento. Para ello se eligió la cadena Fleyer del tipo BL- 422 como se muestra en la Tabla N°45 cada especificación.

Tabla N°45. Ficha técnica de Cadena Fleyer Tipo BL - 422

Referencia	Paso		Combinación mallas	Perno			Placa			Min. Carga de rotura según Tsubaki	Masa aprox.
	P			Diámetro	Longitud	Longitud	Espesor	Altura	Diámetro agujero		
			LC	d2	L1	L2	T	H (max.)	d4	kN	kg/m
BL422	12,7	1/2"	2x2	5,08	5,44	6,99	2	12	5,13	23,5	0,68
BL522	15,86	5/8"	2x2	5,94	6,32	8,23	2,4	15	6	39,2	1,07
BL622	19,05	3/4"	2x2	7,9	8,2	11,02	3,2	18,1	7,97	63,7	1,68
BL822	25,4	1"	2x2	9,48	10,08	13,28	4	24,1	9,57	103	2,59
BL1022	31,75	1 1/4"	2x2	11,04	11,99	15,67	4,8	30,1	11,14	141	3,76
BL1222	38,1	1 1/2"	2x2	12,64	14,02	18,54	5,6	36,2	12,74	186	4,83
BL1422	44,45	1 3/4"	2x2	14,21	15,82	20,83	6,4	42,2	14,32	235	7,31
BL1622	50,8	2"	2x2	17,38	17,81	24,41	7,2	48,2	17,49	353	9,84

Fuente: Aceros Comerciales

En la Figura 50 se muestra cómo será la cadena, teniendo en cuenta las características del tipo BL – 422.



Figura 50. Cadena Fleyer Tipo BL - 422



✓ **Análisis de estructural**

Para evaluar la resistencia de las estructuras propuestas se utilizó el programa SOLIWORDS. En este se comprobó la resistencia de la estructura para el diseño propuesto, teniendo como finalidad en principio los puntos críticos de las estructuras y su comportamiento al aplicarle la carga.

El material que se emplea para la construcción de la estructura del elevador electromecánico es un acero estructural, el cual presenta propiedades óptimas para las condiciones de servicio a las que está sometida, es un material bastante resistente, no frágil, presenta buena ductilidad a las veces que sus resistencias es aceptable.

Por estas razones y por ser un material de fácil adquisición y costos relativamente bajos en el mercado, se fabrica en acero ASTM A36, el cual presenta la composición química y propiedades mecánicas registradas en la Tabla N°46.

Tabla N°46. Ficha técnica de Cadena Fleyer Tipo BL - 422

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA COLADA</b>					
Carbono ( C )		0,26% máx.			
Manganeso ( Mn )		No hay requisito			
Fósforo ( P )		0,04% máx.			
Azufre ( S )		0,05% máx.			
Silicio ( Si )		0,40% máx.			
*Cobre ( Cu )		0,20% mínimo			
<b>COMPOSICIÓN MECÁNICAS</b>					
Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
Mpa	Psi	Mpa		Psi	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
250	36 000	400	550	58 000	80 000

A continuación, se muestra en la Tabla N°47 las características del modelo para análisis estructural como la temperatura, velocidad, longitud, tipo de malla, entre otros.

Tabla N°47. Modelo para análisis estructural

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

Tabla N°48. Modelo para análisis estructural

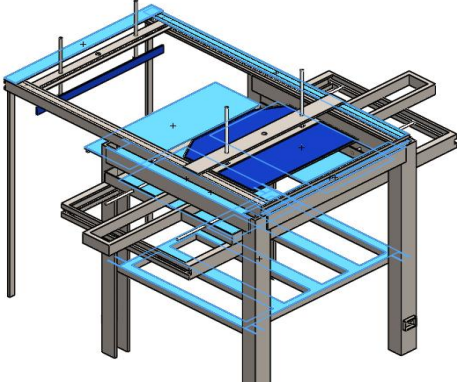
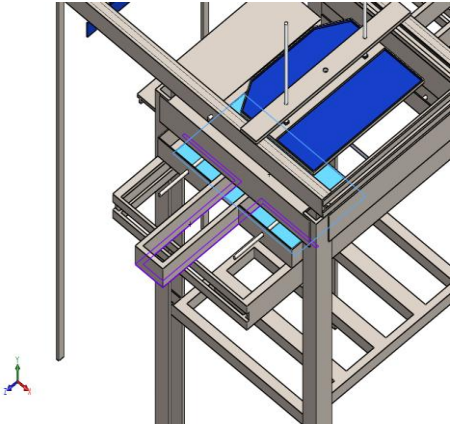
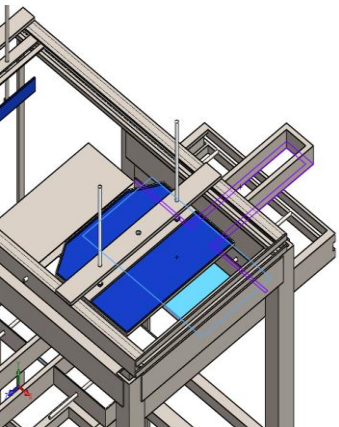
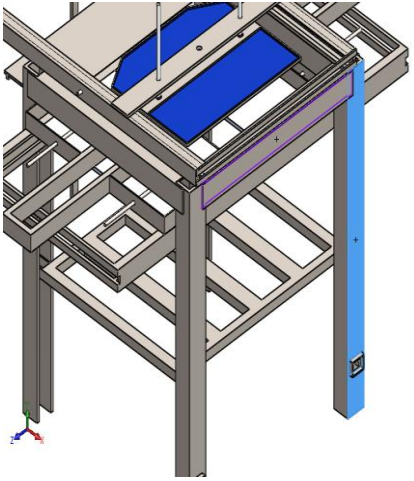
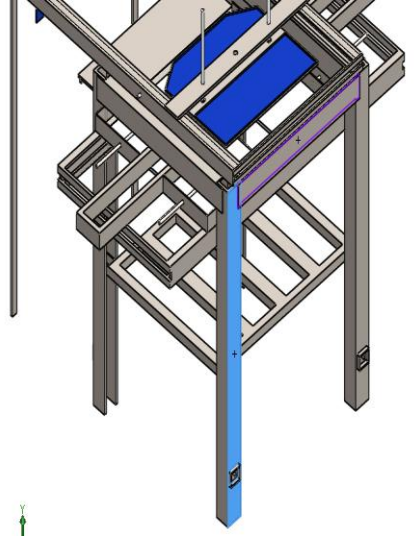
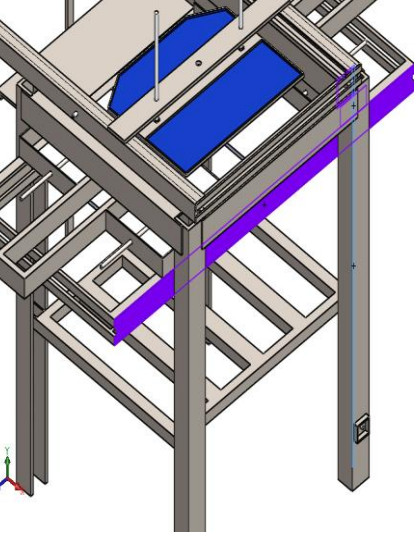
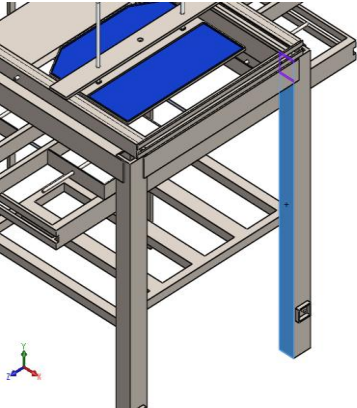
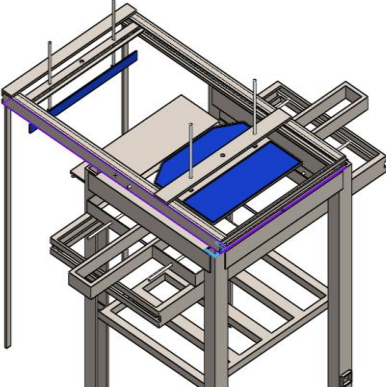
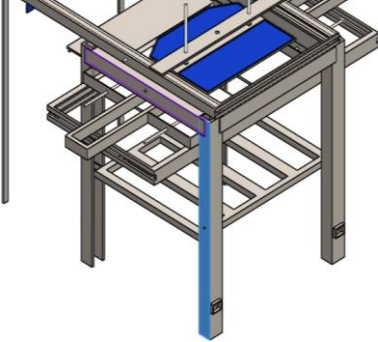
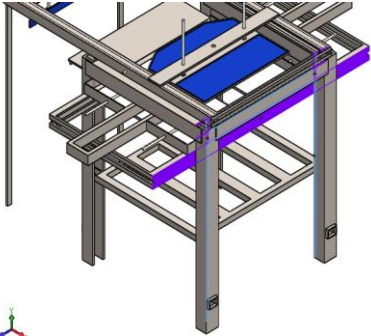
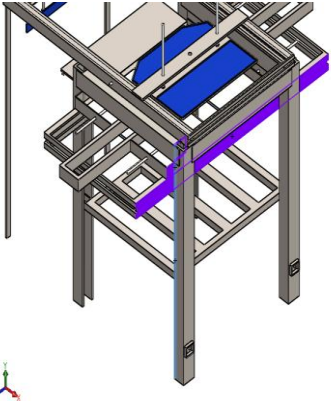
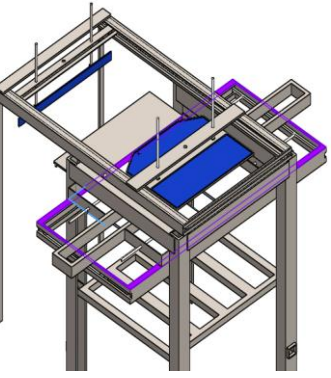
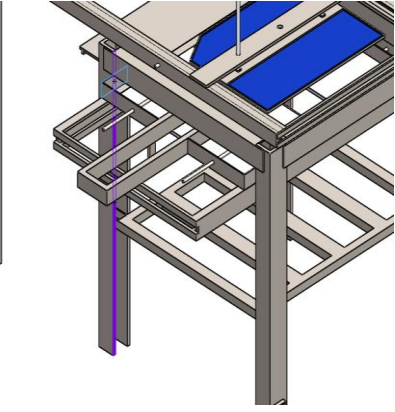
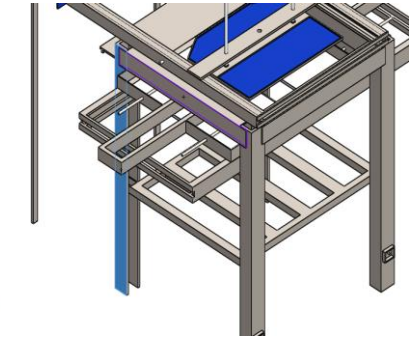
NOMBRE DE CARGA	IMAGEN	DETALLE
<p><b>Fuerza - 1</b></p>		<p><b>Entidades:</b> 9 caras  <b>Tipo:</b> Aplicador fuerza normal  <b>Valor:</b> 14 500 N</p>

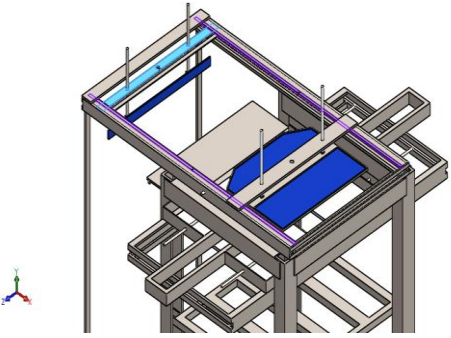
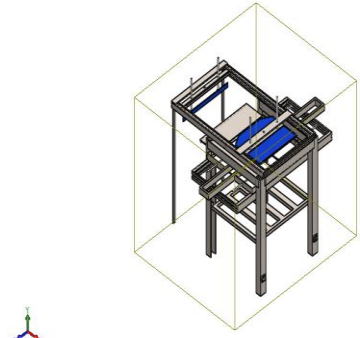
Tabla N°49. Información de contactos para el análisis estructural

NOMBRE DEL CONTACTO	IMAGEN	PROPIEDADES
<p><b>Contacto - 1</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos  Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 2</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos  Entidades: 2 caras</p>

NOMBRE DEL CONTACTO	IMAGEN	PROPIEDADES
<p><b>Contacto - 3</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 4</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 5</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 4 caras</p>

NOMBRE DEL CONTACTO	IMAGEN	PROPIEDADES
<p><b>Contacto - 6</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 7</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 3 caras</p>
<p><b>Contacto - 8</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 9</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 6 caras</p>

NOMBRE DEL CONTACTO	IMAGEN	PROPIEDADES
<p><b>Contacto - 10</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 4 caras</p>
<p><b>Contacto - 11</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 12</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>
<p><b>Contacto - 13</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 2 caras</p>

NOMBRE DEL CONTACTO	IMAGEN	PROPIEDADES
<p><b>Contacto - 14</b></p>		<p>Tipo: Par de contactos rígidos</p> <p>Entidades: 3 caras</p>
<p><b>Contacto global</b></p>		<p>Tipo: Unión rígida</p> <p>Componente: 1 componente</p>

Para el análisis estructural se utilizó una malla sólida. A continuación, se muestra la información de la malla.

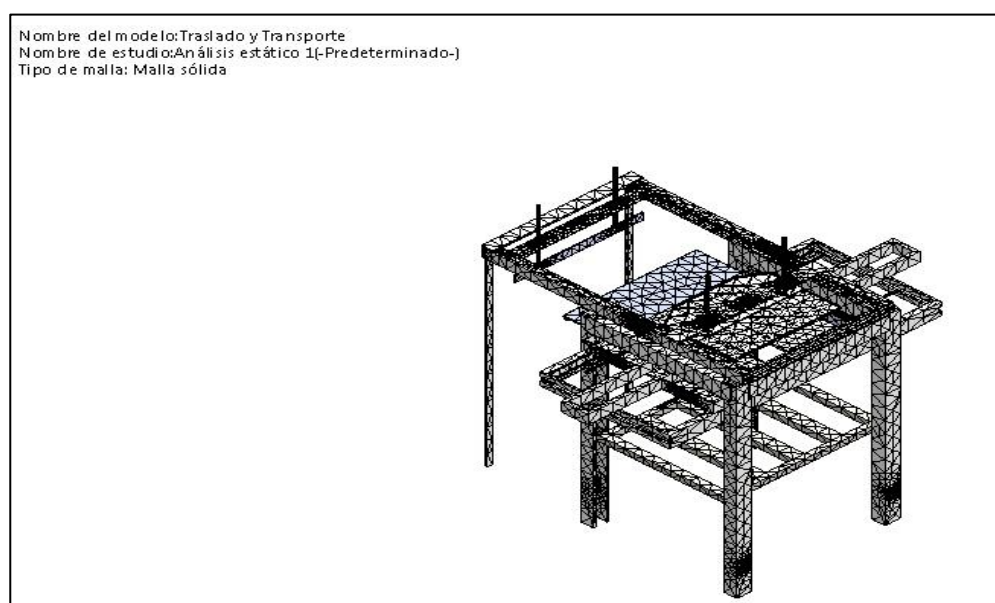


Figura 52. Malla sólida para el análisis estructural

Tabla N°50. Modelo para el análisis estructural de la malla

TIPO DE MALLA	MALLA SÓLIDA
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	157,282 mm
Tamaño mínimo del elemento	7,86408 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Activar
Número total de nodos	189918
Número total de elementos	94534
Cociente máximo de aspecto	1106
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	65,2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	9,52

Los resultados obtenidos son satisfactorios ya que los perfiles elegidos del acero ASTM A36 no sufren daño alguno como se muestra en la Figura 53. Esto nos asegura que dicha estructura puede soportar los 14,5 KN de carga.

Nombre del modelo: Traslado y Transporte  
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 1

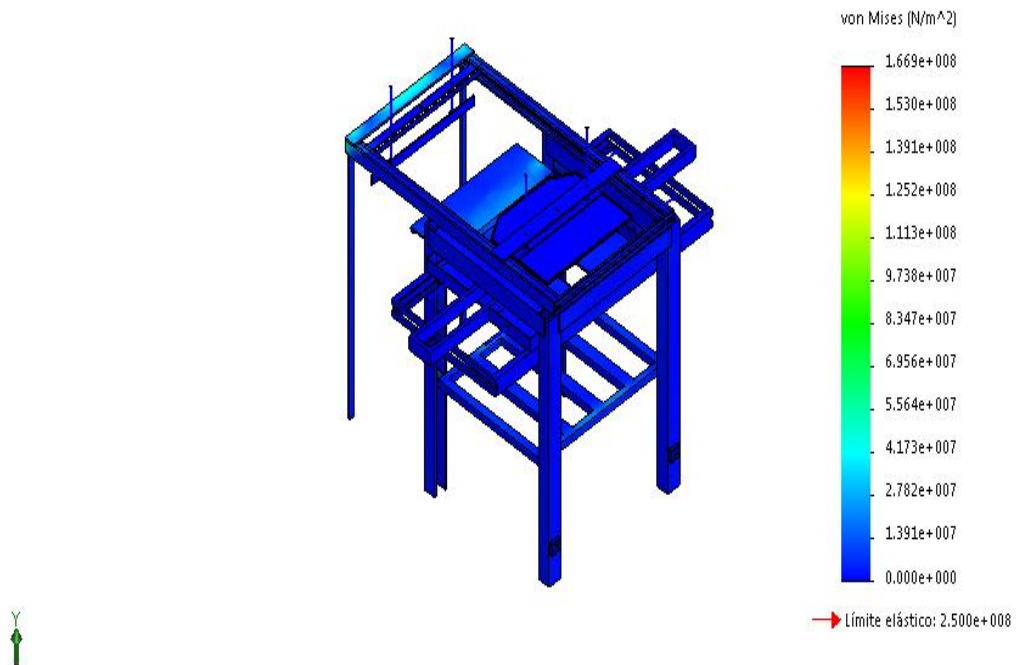


Figura 53. Resultados del análisis estructural

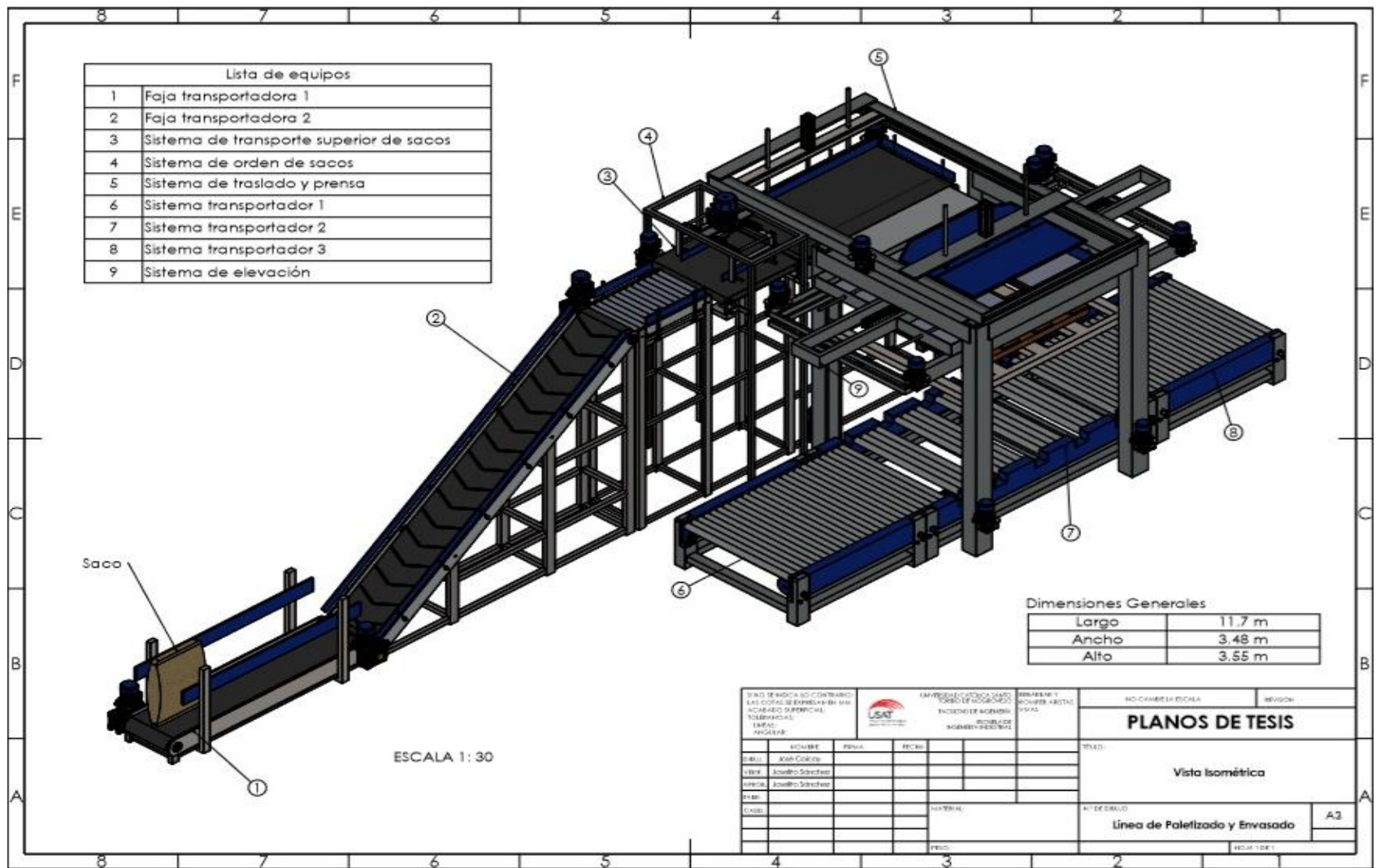


Figura 54. Plano esquemático de la propuesta de mejora en la etapa de paletizado

### 3.4.1.4 Moto reductor para elevador electromecánico

La carga a levantar es de 1150 kg considerando pallet y estructura de soporte. Se utiliza las siguientes fórmulas para hallar el motor reductor.

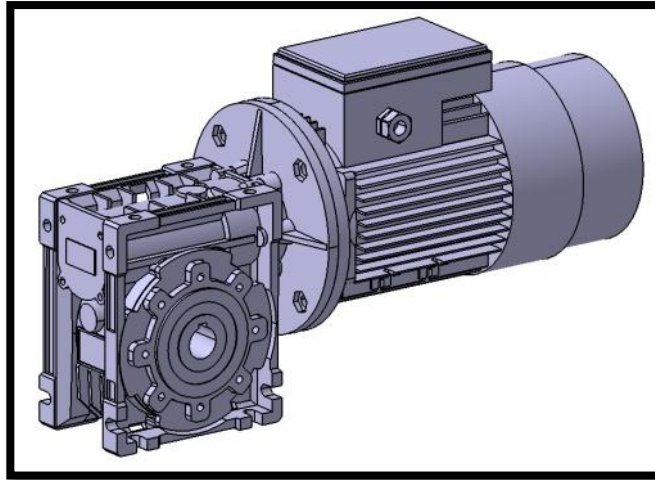


Figura 55. Motor reductor

$$W = Q \times d$$

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:

W: trabajo (kg-m)

Q: peso (kg)

D: distancia (m)

P: potencia (kg-m/s)

T: tiempo (s)

Despejando fórmulas:

$$Hp = \frac{Q \times d}{76 \times t}$$

$$Hp = \frac{1150 \text{ kg} \times 1,8 \text{ m}}{76 \times 10 \text{ seg}}$$

$$Hp = 2,96 = 2237,1W=220 \text{ kw}$$

Miravette [17], expresa que se obtiene el valor de 2,96 HP, para ello se selecciona un motor de potencia de 2,20 kW, y en la Tabla N°51 se muestra la ficha técnica para tener en cuenta el elevador electromecánico.

Tabla N°51. Ficha técnica motor reductor para elevador electromecánico

<b>FICHA TÉCNICA MOTOREDUCTOR FAJA TRANSPORTADORA</b>	
<b>Marca</b>	WEG
<b>Serie</b>	W21 – IE1
<b>Potencia</b>	2,2 kW
<b>Voltaje</b>	220/380/440 v
<b>Amperaje</b>	8,63/5,00/4,32 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Peso</b>	17 kg
<b>N° de polos</b>	2
<b>Velocidad</b>	3465 rpm
<b>Certificación</b>	IEC ISO 9001

### 3.4.1.5 Selecciones de cilindros neumáticos

Una vez determinado los diámetros del émbolo y vástago del cilindro neumático, los cuales se seleccionan por medio de catálogo de la compañía FESTO; se podrán calcular las áreas efectivas y las fuerzas de avance y retroceso. La carga total de cada cama formada es de 125 kg. [18]



Figura 56. Cilindros neumáticos  
Fuente: FESTO

En la Tabla N°52 se muestran las características de los cilindros neumáticos en donde el tipo un cilindro perfilado, con doble efecto y de material de acero inoxidable. [17]

Tabla N°52. Características de los cilindros neumáticos

DIÁMETRO DEL CILINDRO (mm)	12	16	20	25	32	40
Tipo	Cilindro perfilado					
Funcionamiento	Doble efecto					
Medio de trabajo	Aire limpio (filtro de 40 micras)					
Serie	DNCB ISO 15552					
Diámetro del embolo	63 mm					
Diámetro del vástago	20 mm					
Presión de compresor	6 bar					
Rango de velocidad de émbolo	10 ~ 1000 mm/s					
Temperatura de trabajo (°C)	0 ~ 80 (aire seco-20)					
Tipo de cojín	16mm ~ 25mm están con el cojín ajustable, el otro cojín del tamaño es opcional					
Material	Barril de acero inoxidable (barril de aluminio opcional), sello de PTFE					
Tamaño del hilo (mm)	M5X0,8			G1 / 8		

Fuente: Festo

Mariscal [19], la fuerza teórica del cilindro se calcula multiplicando el área efectiva del pistón por la presión de trabajo. La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro. La fuerza teórica (avance y retroceso) del embolo se calcula teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Fuerza teórica} = \text{área} \times \text{presión}$$

Donde:

Fuerza teórica: fuerza teórica del embolo

Área: superficie útil del embolo

Presión: presión del trabajo

$$\text{Fuerza de avance [N]} = \pi \times \frac{(\text{diámetro de embolo})^2}{4} [\text{cm}^2] \times \text{presión} [\text{bar}]$$

$$\text{Fuerza de retroceso [N]} = \pi \times \frac{\text{D. émbolo}^2 \times \text{D. vástgo}^2}{4} [\text{cm}^2] \times \text{presión} [\text{bar}]$$

Una vez determinados los diámetros del embolo y vástago en el catálogo de cilindros neumáticos (ver tabla 54), se podrá calcular cada área respectiva.

Donde:

$$\text{Área de avance} = \pi \times \frac{(\text{diámetro de embolo})^2}{4}$$

$$\text{Área de avance} = \pi \times \frac{(6,3 \text{ cm})^2}{4}$$

$$\text{Área de avance} = 31,17 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de retroceso} = \pi \times \frac{D. \text{ émbolo}^2 \times D. \text{ vástago}^2}{4}$$

$$\text{Área de retroceso} = \pi \times \frac{6,3^2 \times 2,0^2}{4}$$

$$\text{Área de retroceso} = 124,7 \text{ cm}^2$$

Se procede a calcular las fuerzas de avance y retroceso considerando que, según Rodríguez y Sierra [20], es necesario tener en cuenta la fuerza de rozamiento; esta se puede tomar como un valor entre 3% y 20% cuando el sistema trabaja entre 4 a 8bar.

Donde:

$$\text{Fuerza avance [N]} = A_1 \times P - Fr (20\%)$$

$$\text{Fuerza retroceso [N]} = A_2 \times P - Fr (20\%)$$

Con una presión de 6 bares, se calcula de la siguiente manera:

Entonces:

Para el avance:

$$\text{Fuerza avance [N]} = 31,17 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ bar}$$

$$\text{Fuerza avance [N]} = 31,17 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 600\,000 \text{ pa}$$

$$\text{Fuerza avance [N]} = 1870,2 \text{ N.}$$

Para el retroceso:

$$\text{Fuerza retroceso [N]} = 124,69 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ bar}$$

$$\text{Fuerza retroceso [N]} = 124,69 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 600\,000 \text{ pa}$$

$$\text{Fuerza retroceso [N]} = 7481,4 \text{ N.}$$

De los resultados obtenidos podemos decir que la fuerza de avance y retroceso resultaron 1870,2 N y 7481,4 N respectivamente, las cuales son suficientes para mover los 125kg de cama formada durante el proceso.

Mencionar que también es importante calcular la relación de compresión y el consumo de aire.

Si:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{presión de trabajo}}{101,3 \text{ kPa}}$$

Por lo tanto:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 600\text{kPa}}{101,3 \text{ kPa}}$$

$$\text{Relación de compresión} = 6,9$$

Si:

$$\text{Consumo de aire} = (s \times A_1 + s \times A_2) \times n \times \text{relación de compresión}$$

Donde:

$$\text{Consumo de aire} = (50 \times 31,17 + 50 \times 124,7) \times 10 \times 6,9$$

$$\text{Relación de compresión} = 537751 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \times \frac{\text{litro}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Relación de compresión} = 537,75 \frac{\text{litro}}{\text{min}}$$

### 3.4.1.6 Selecciones de electroválvulas

Para un cilindro de doble efecto es necesario utilizar una válvula de 5/2 ya que esta podría dar la señal luego de un tiempo de espera para el avance o retorno del vástago, por el consumo se escoge un diámetro de 1/8.

#### a. Válvula para el cilindro del giro del brazo neumático

Su función es accionar el cilindro neumático permitiéndole avanzar y retornar para acomodar el saco desde la sujeción hasta la colocación en el pallet por lo que seleccionaremos una electroválvula con los siguientes parámetros técnicos. En la Tabla N°53 se muestran los parámetros técnicos de la válvula 5/2, la cual tiene un voltaje de 220V.

Tabla N°53. Parámetros técnicos de la válvula 5/2

CÓDIGO DE ADQUISICIÓN	V5212E2-06D
Tipo	Biestable 5/2
Voltaje	220V
Amperaje	3VA
Tamaño	1/8"

Fuente: Flores, 2001

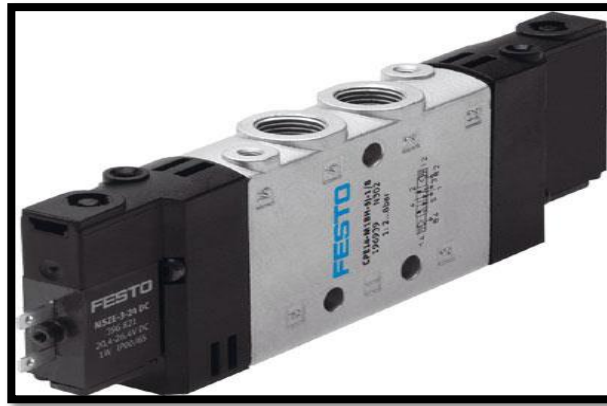


Figura 57. Electroválvula 5/2 biestable  
Fuente: FESTO

- b. Válvula estranguladora de caudal:** Permite reducir el caudal y así reducir la velocidad de los cilindros de control de calidad, apilado de sacos y giro de brazo, mostrándose en la Tabla N°54 los parámetros técnicos de la válvula estranguladora.

Tabla N°54. Parámetros técnicos de la válvula estranguladora

Parámetros técnicos	Código de adquisición KLA-06
Tamaño	1/8"
Tipo	Manual

Fuente: Flores, 2001



Figura 58. Válvula estranguladora  
Fuente: FESTO

- ✓ **Unidad de Mantenimiento (FRL):** La unidad de mantenimiento ayuda a regular, lubricar y atrapar en su filtro las impurezas del aire, para tener fluido en el sistema en perretas condiciones. Por ente se seleccionará una unidad de mantenimiento en la cual se pueda regular la presión de trabajo de 6 bares.



Figura 59. Unidad de mantenimiento Micro FRC/ FRCS  
Fuente: FESTO

- c. **Selección de filtros y accesorios:** El filtro silenciador y los filtros reguladores de caudal, ayudaran a disminuir el sonido de aire y regular la velocidad durante el avance y retorno del vástago.



Figura 60. Filtros  
Fuente: FESTO



Figura 61. Filtro regulador caudal  
Fuente: FESTO



Figura 62. Racores EPC6 - 03  
Fuente: FESTO



Figura 63. Unión TEE 1/8"  
Fuente: FESTO



Figura 64. Unión codo EPV1 1/8"  
Fuente: FESTO

- ✓ **Manguera:** Conduce el aire a presión a los diferentes elementos como electroválvulas y cilindros neumáticos, por lo que necesitamos 10 m para la instalación del sistema neumático de diámetro 6 mm.



Figura 65. Manguera de 10 m  
Fuente: FESTO

- ✓ **Cables sólidos y vulcanizado:** Los rollos de cable sólido de tipo/categoría THW 12 AWG de color azul y rojo de 7 hilos se utilizarán para conectar cada uno de los dispositivos de control que se ubicarán dentro del tablero de mando, y los rollos de cordón vulcanizado de tipo/categoría 12 AWG Y 14 AWG de color gris con aislación de PVC se utilizarán para las conexiones exteriores desde el tablero de mando hacia los motores.

Cables solidos THW 12 AWG	Cordón vulcanizado 12 y 14 AWG
	

Figura 66. Cables sólidos azul y rojo  
Fuente: Indeco

### 3.4.1.7 Selecciones de elementos eléctricos para el control del módulo didáctico

#### a. Selección de pulsadores

- ✓ **Pulsador On:** Su función es encender completamente el circuito del proceso de paletizado de sacos de 25 kg.



Figura 67. Pulsador On  
Fuente: FESTO

- ✓ **Pulsador OFF:** Este botón tendrá dos funciones; en el primer pulso se detendrá el proceso inmediatamente sin importar que el ciclo esté inconcluso, mientras que al segundo pulso también se detendrá el proceso, pero hará que todos los actuadores regresen a su posición inicial.



Figura 68. Pulsador OFF  
Fuente: FESTO

- ✓ **Pulsador de emergencia:** Su función es que al momento de que exista alguna falla o alguna anomalía, al pulsar parará el circuito para poder arreglar algún percance que haya existido, luego de ello podemos pulsar nuevamente este botón para que continúe el ciclo desde dónde se ha detenido.



Figura 69. Pulsador de emergencia  
Fuente: FESTO

- ✓ **Selección de pulsadores:** Para seleccionar el tipo de sensor para el paletizado se debe tener en cuenta su función, la cual es de detener los motores en cada banda transportadora, elevador electromecánico en el momento que los sacos se encuentren en la posición ideal para el paletizado. De acuerdo a ello se requieren sensores capacitivos, ya que este sensor al momento que detecta un objeto no metal, enviará una señal para cerrar o abrir un contacto con las siguientes características.

- Sensor capacitivo NPN
- NPN: Señal de salida negativa.
- Voltaje: 24 voltios
- Proximidad: 8mm o 15 mm
- Rango hasta 15 mm



Figura 70. Sensor capacitivo de proximidad  
Fuente: FESTO

### 3.4.1.9 Desarrollo del sistema de control automático

El sistema automatizado corresponde al tipo de controlador ON – OFF, debido que la unidad de control solo acepta dos posiciones o dos valores predeterminados: avance o retroceso, detectar o no detectar, encendido o apagado; en este caso el lenguaje de programación los adopta como valores numéricos, al 100% o al 0%.

Estos valores son enviados por las señales de los sensores de posición y fotoeléctricos representados so es “Si” o “No”, es decir “Todo” o “Nada”.

- ✓ **Entradas/Salidas y señales**

El equipo se accionará por medio de entradas y salidas digitales, enviando señales digitales de tipo todo o nada. En este caso, los módulos de entradas digitales (captadores ON-OFF) permitirán una conexión automática (PLC). El módulo se encargará de convertir la señal que entra por la vía en una señal que es cero o uno en un bit de la memoria del módulo.

Los captadores (sensores de posición o fotoeléctricos), se conectarán hacia el controlador por medio de un cable de entrada, los cuales trabajan con señales de

tensión de 220 voltios. Entonces, cuando por una vía llegan 220 voltios se interpretan como 1 y cuando llegan a cero voltios se interpreta como un 0, es decir la señal enviada activa o desactiva el sensor.

✓ **Variables**

En todo el sistema de control de lazo abierto, la variable fundamental es el tiempo y la salida requerida con el set point o señal de referencia no son comparadas; es decir, las actividades controladas mediante un PLC tienen que operarse bajo una condición fija que se le ha otorgado; por lo tanto, no existirán variables perturbadoras que alteren o modifiquen el tiempo preestablecido por el usuario.

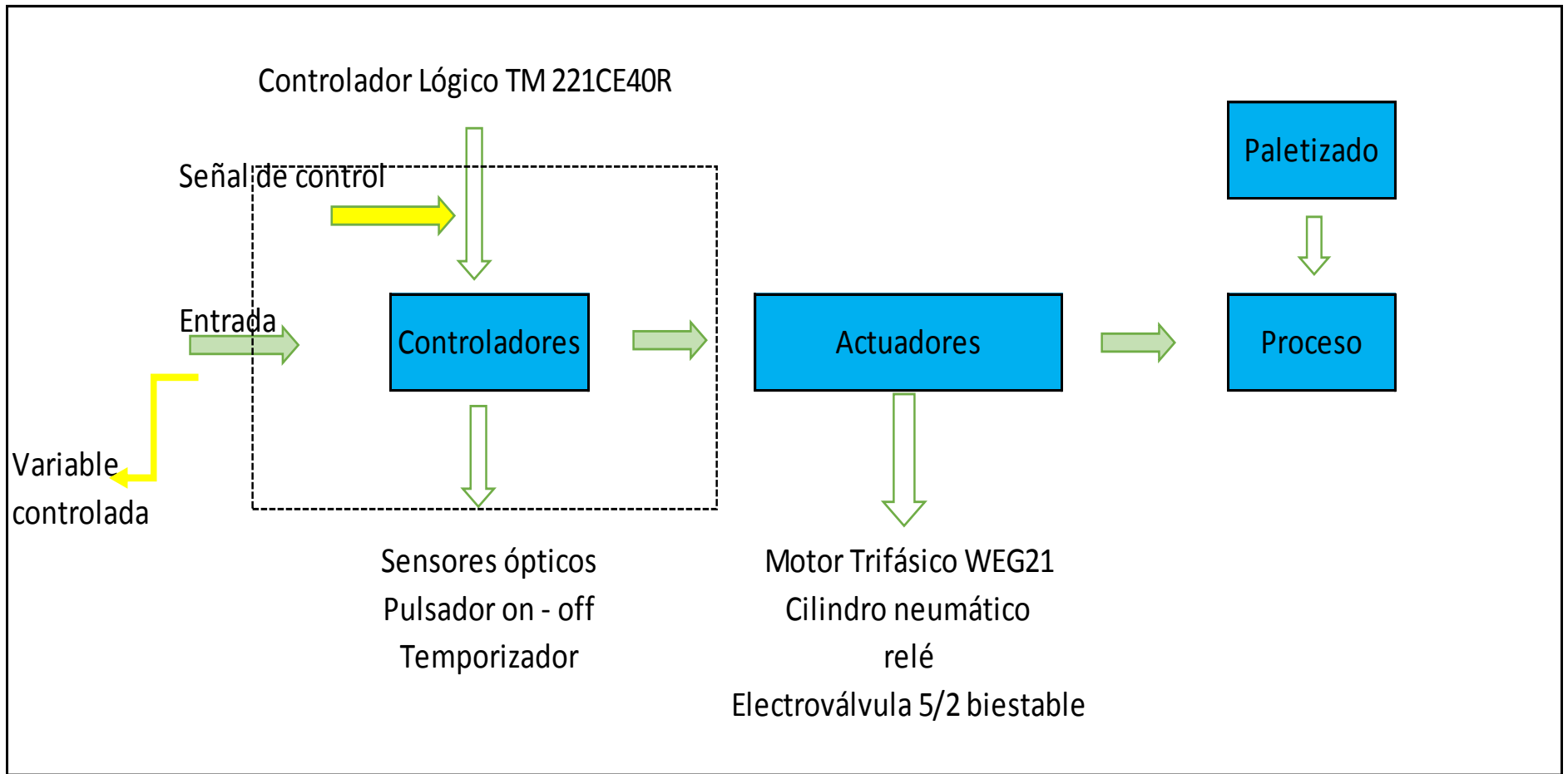


Figura 71. Comportamiento del sistema propuesto en nivel automático

✓ **Diagrama del circuito de control**

El circuito de control permite conocer cuáles son los elementos eléctricos a controlar, el contacto normalmente abierto y cerrado de los motores al momento de su funcionamiento.

En primer lugar, se determinan las entradas y salidas digitales, con la finalidad de seleccionar el controlador lógico programable adecuado.

Tabla N°55. Entradas digitales del sistema automático

<b>SÍMBOLO</b>	<b>ENTRADAS</b>
I0.1	Sensor óptico (detecta saco al inicio)
I0.2	Sensor óptico (detecta saco para girar)
I0.3	Sensor óptico (detecta saco para formar cama)
I0.4	Sensor óptico (detecta saco para formar cama)
I0.5	Sensor óptico (detecta saco para para empujar hacia abajo)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°56. Salidas digitales del sistema automático

<b>SÍMBOLO</b>	<b>SALIDAS</b>
Q0.1	Motor de faja transportadora de toda la carga
Q0.2	Vástago 15 de bajada
Q0.3	Vástago 15 compuerta
Q0.4	Vástago 14 – arriba
Q0.5	Vástago 13 – arriba
Q0.6	Vástago 12 – arriba
Q0.7	Vástago 11 – derecho
Q0.8	Vástago 10 – derecho
Q0.9	Vástago 9 – derecho
Q0.10	Vástago 8 – izquierdo
Q0.11	Vástago 7 – izquierdo
Q0.12	Vástago 6 – izquierdo
Q0.13	Motor de movimiento de vástagos atrás
Q0.14	Motor de movimiento de vástagos adelante
Q0.15	Vástago 5
Q0.16	Vástago 4
Q0.17	Vástago 3
Q0.18	Motor de faja transportadora 4
Q0.19	Motor de faja transportadora 3
Q0.20	Motor 2
Q0.21	Vástago 2
Q0.22	Vástago 1
Q0.23	Motor de Faja trasportadora inferior

Fuente: Elaboración propia

### ✓ Selección del PLC (Controlador Lógico Programable)

Para este sistema se elige un controlador TM221CE40R con 24 entradas digitales, 24 salidas de relé (2A), 2 entradas analógicas, 1 puerto de línea serie, 1 puerto Ethernet, controlador compacto de 100 a 240 V CA con bloques terminales extraíbles, se eligió éste PLC debido a que cumple las necesidades de nuestro proceso, ya que contamos con 5 entradas digitales y 23 salidas de relé, por lo tanto, cubre las conexiones necesarias.



Figura 72. Controlador lógico M221

Para determinar la secuencia del sistema automatizado dirigido por la unidad de control, es decir por el controlador lógico (PLC), se realiza la lógica o secuencia movimientos en el programa Somachine en un lenguaje de programación Ladder o de tipo escalera, ya que son esquemas de uso común para representar la lógica de control de los procesos industriales.

En esta secuencia se visualizará detalladamente cada uno de los movimientos accionados por los actuadores, pre-actuadores y captadores.

El sistema empieza cuando el operario pulsa el botón verde del tablero mural, es ahí donde se acciona el motor de faja transportadora inferior (Q023), motor de faja transportadora 3 (Q018), motor de faja transportadora 4 (Q019), motor de faja transportadora de toda la carga (Q01).

Cuando el saco pasa por el transportador de rodillos será detectado por el sensor óptico (I01), para la posición vertical y horizontal del saco, activando el vástago 1 y 2; a la vez el sensor óptico (I02) activa el motor de movimientos de atrás (Q013) hacia adelante (Q014) junto con los vástagos 3,4 y 5.

Los sacos son llevados por la faja transportadora, donde se activan los vástagos 6,7,8,9,10,11,12,13 y 14 a través de los sensores ópticos I03, I04 para la formación de la cama.

Una vez formada la cama el sensor óptico I05 activa el vástago de bajada (Q02) y el vástago de compuerta (Q03) del elevador el cual va descendiendo cada vez que forma dicha cama.

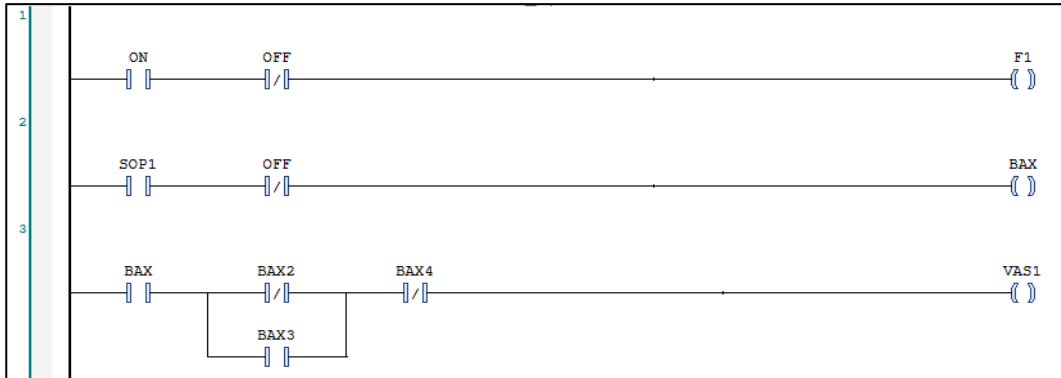
El pulsador de paro y de emergencia, se utilizan en acaso de una sobrecarga, atascos, averías y/o ante cualquier perturbación o alteración ocurrida durante el proceso.

A continuación, se presenta el diagrama de movimientos del proceso, en donde se cuenta con 4 temporizadores que cada uno tiene un tiempo de un segundo, teniendo un total de 4 segundos, además se tiene sensores ópticos que son los que hará funcionar al resto de actuadores.

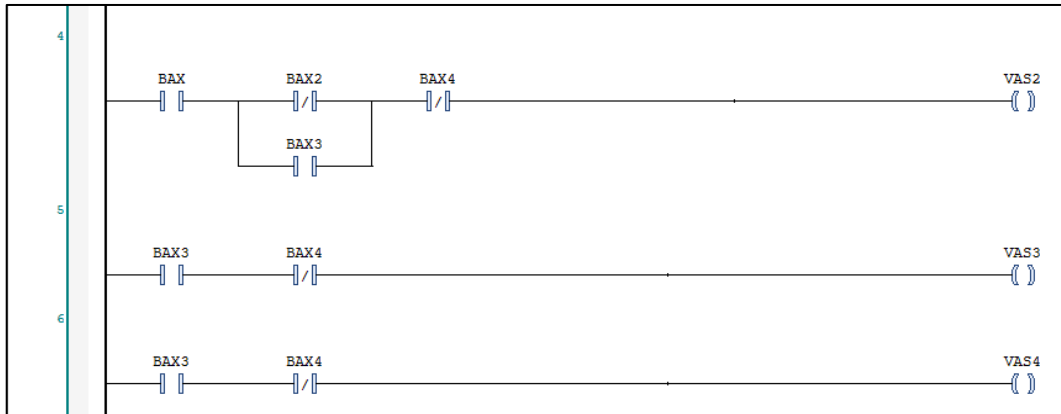
Tabla N°57. Diagrama de movimientos para el sistema automatizado

MOVIMIENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11=1
Faja transportadora de toda la carga											
Vástago de bajada									I5		
Vástago compuerta								1"			
Vástago 3 - arriba											
Vástago 2 - arriba											
Vástago 1 - arriba											
Vástago 3 - derecho								1"			
Vástago 2 - derecho											
Vástago 1 - derecho											
Vástago 3 - izquierdo											
Vástago 2 - izquierdo											
Vástago 1 - izquierdo											
Motor de movimiento de vástagos atrás						I4					
Motor de movimiento de vástagos adelante					I3						
Vástago 3				1"							
Vástago 2											
Vástago 1											
Faja transportadora			I2								
Faja transportadora											
Motor		1"									
Vástago 2											
Vástago 1											
Faja trasportadora	I1										

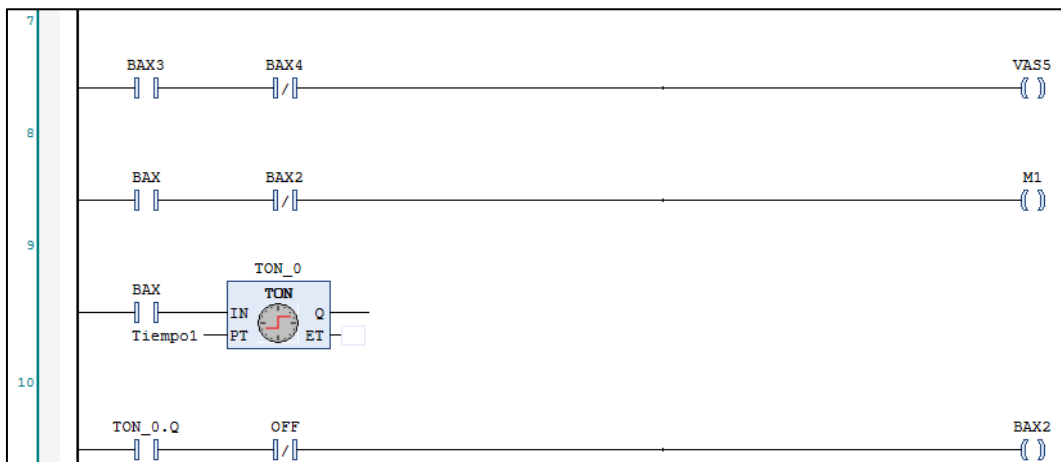
1. Realizamos el primer movimiento, para ello colocamos el pulsador de marcha, seguido de un pulsador de paro, la cual después se activará el motor de la primera faja transportadora (F1), posteriormente un sensor (I1) activará el primer (VAS1) y el segundo vástago (VAS2) del cilindro de doble efecto.



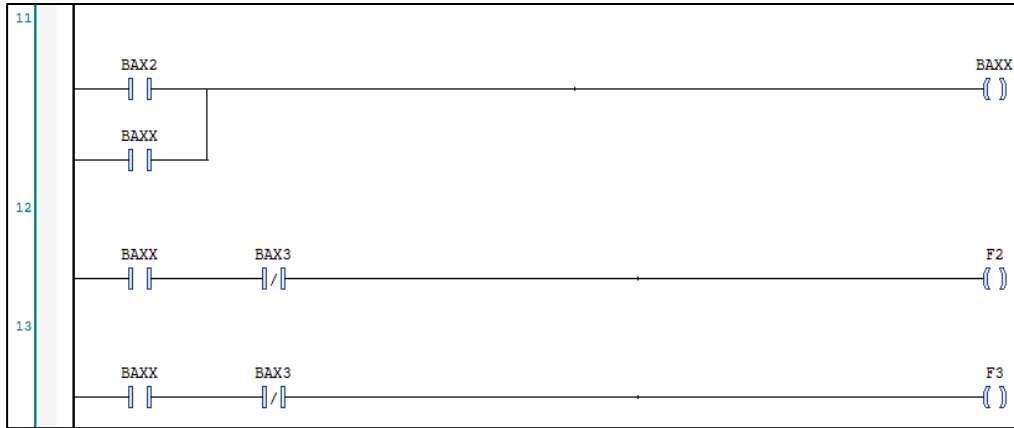
2. Luego retroalimentar los vástagos, las retroalimentaciones son los BAX 3.



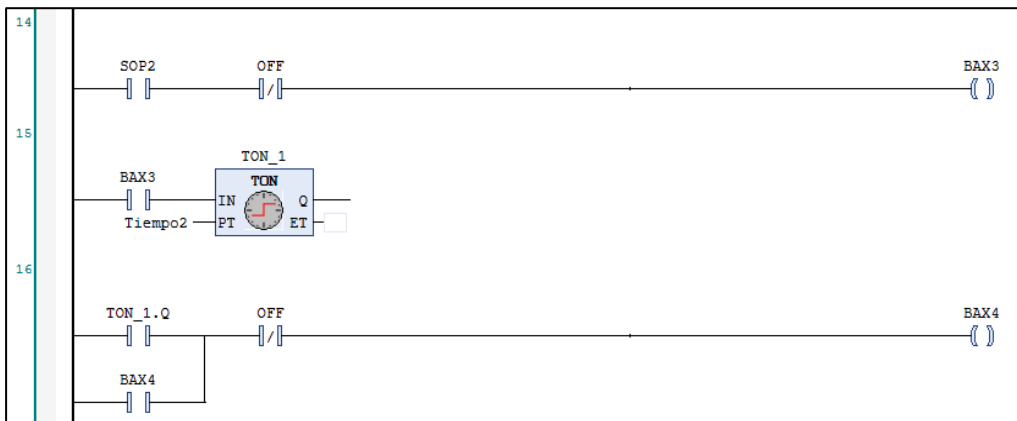
3. En simultáneo activar el motor que hará rotar al saco, para después poder apilarlo y formar las camas.



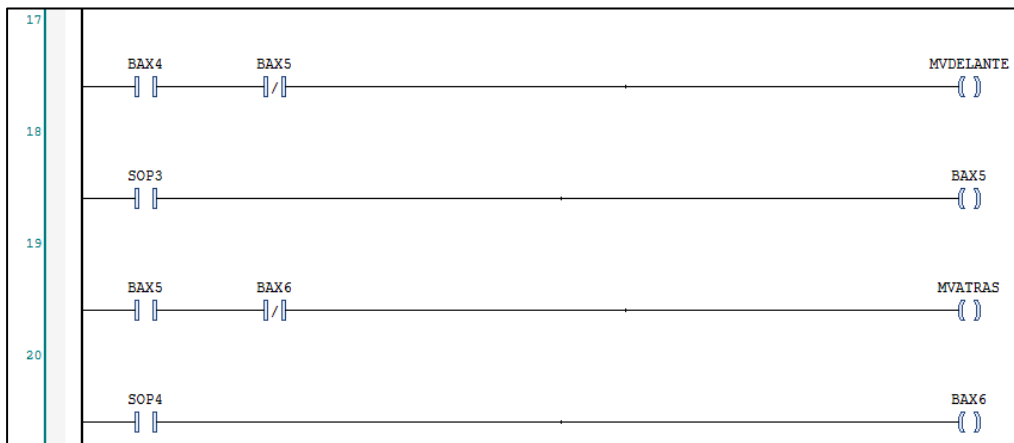
4. Después de un tiempo de un segundo, activar el motor de la faja transportadora (F2 y F3) que será que el saco con producto se siga trasladando para poder ser apilado.



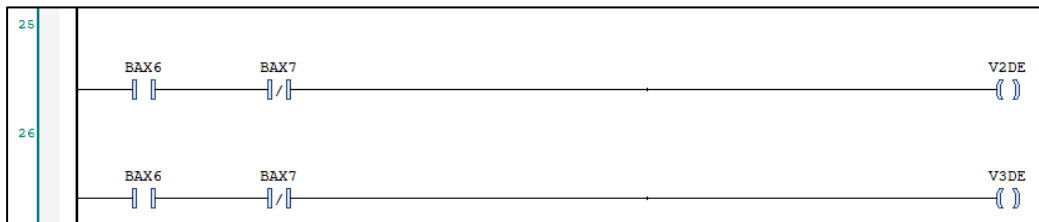
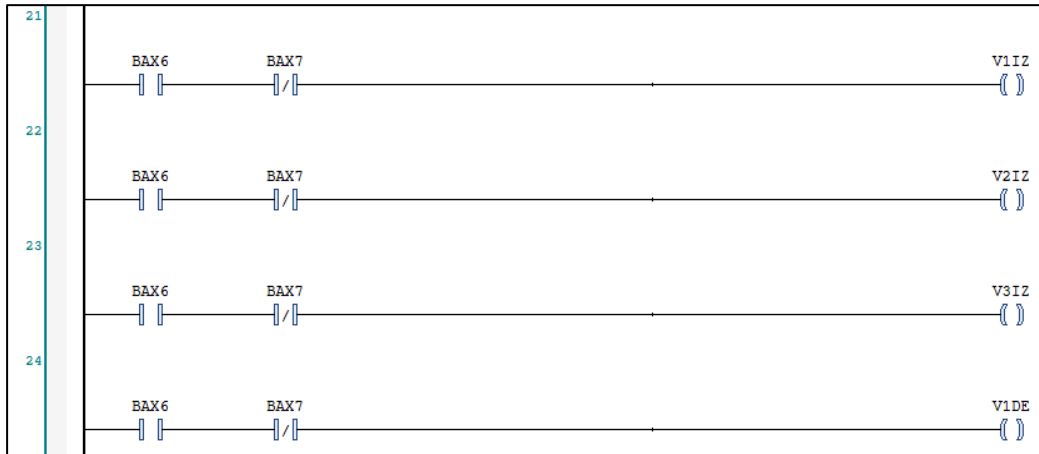
5. Luego el contacto del temporizador activar a una memoria (BAX 4).



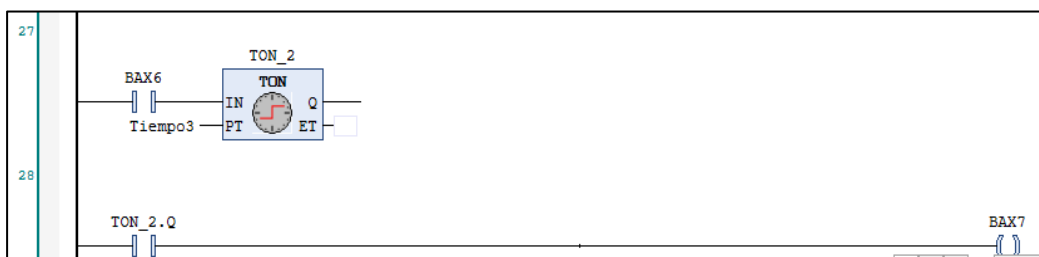
6. Luego activar el motor de vástago hacia delante (MVADELANTE), posteriormente un sensor (I3), activará al motor de vástago hacia atrás (MVATRAS), no olvidar retroalimentar.



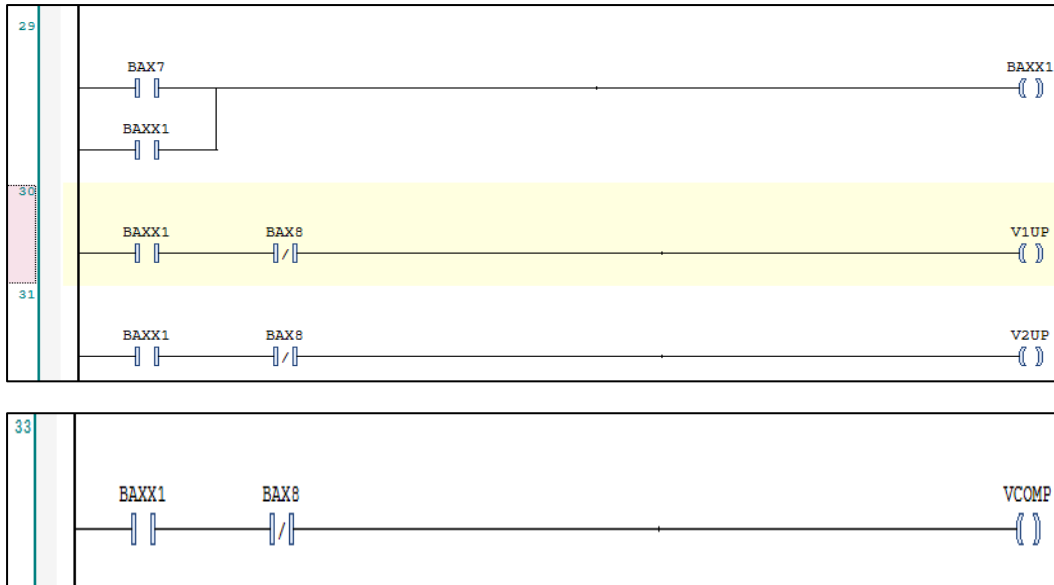
7. Luego un sensor (I4) activará seis vástagos en simultáneo, tres vástagos se activarán del lado derecho (V1DE, V2DE, V3DE) y tres vástagos se activarán del lado izquierdo (V1IZ, V2IZ, V3IZ), esto se hará con el fin juntar a los sacos para poder ser apilados.



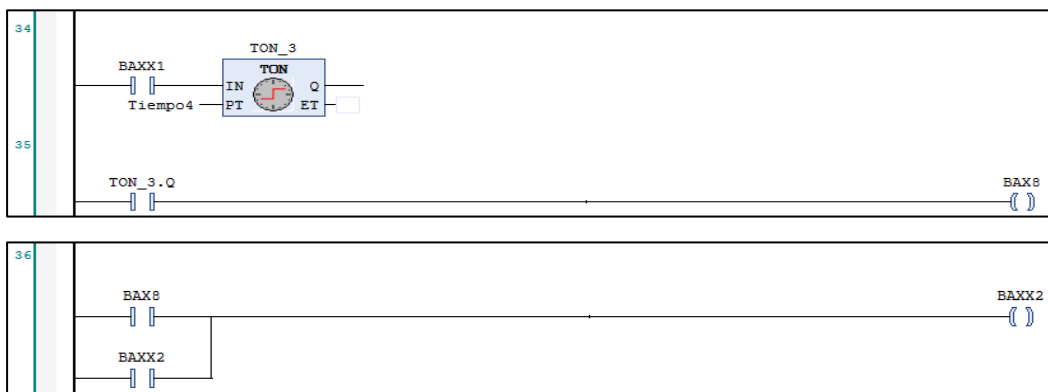
8. Luego de colocar un segundo temporizador (TON\_2).



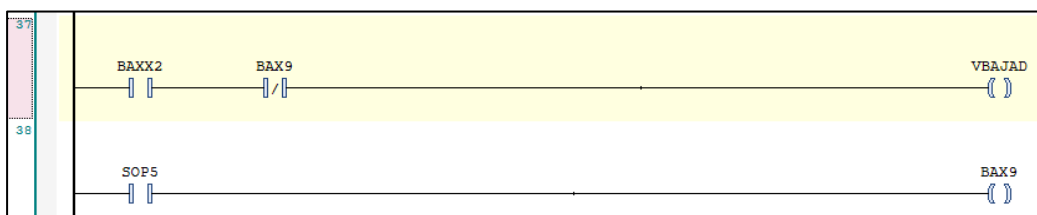
9. Después de un segundo activar los tres vástagos que se encuentran ubicados en la parte superior y el vástago de la compuerta para presionar hacia abajo el producto para luego poder ser trasladado.



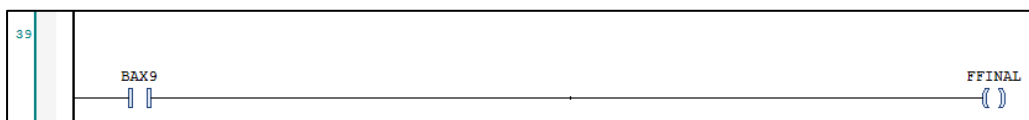
10. Luego colocar otro temporizador (TON\_3).



11. Luego de un segundo activar el vástago de bajada (VBAJAD) que hará que todos los sacos apilados se trasladen hacia la parte inferior para poder ser es trefilado.



12. Luego colocar un sensor (I5) que realizará la función de detectar al pallet apilado con todos los sacos, para posteriormente se active el motor de la faja transportadora final que trasladará a toda la carga unitarizada.



En la siguiente figura 73 se muestra el diagrama de fuerza de los motores trifásicos que serán necesarios para nuestro sistema automatizado, en este caso cada motor se encuentra conectado en serie a un variador de frecuencia, por ende, éste variado de frecuencia se encuentra conectado en serie a un disyuntor trifásico, tener en cuenta que sólo se cuenta con una red trifásica, en donde ha sido conectado en paralelo todos los disyuntores trifásicos.

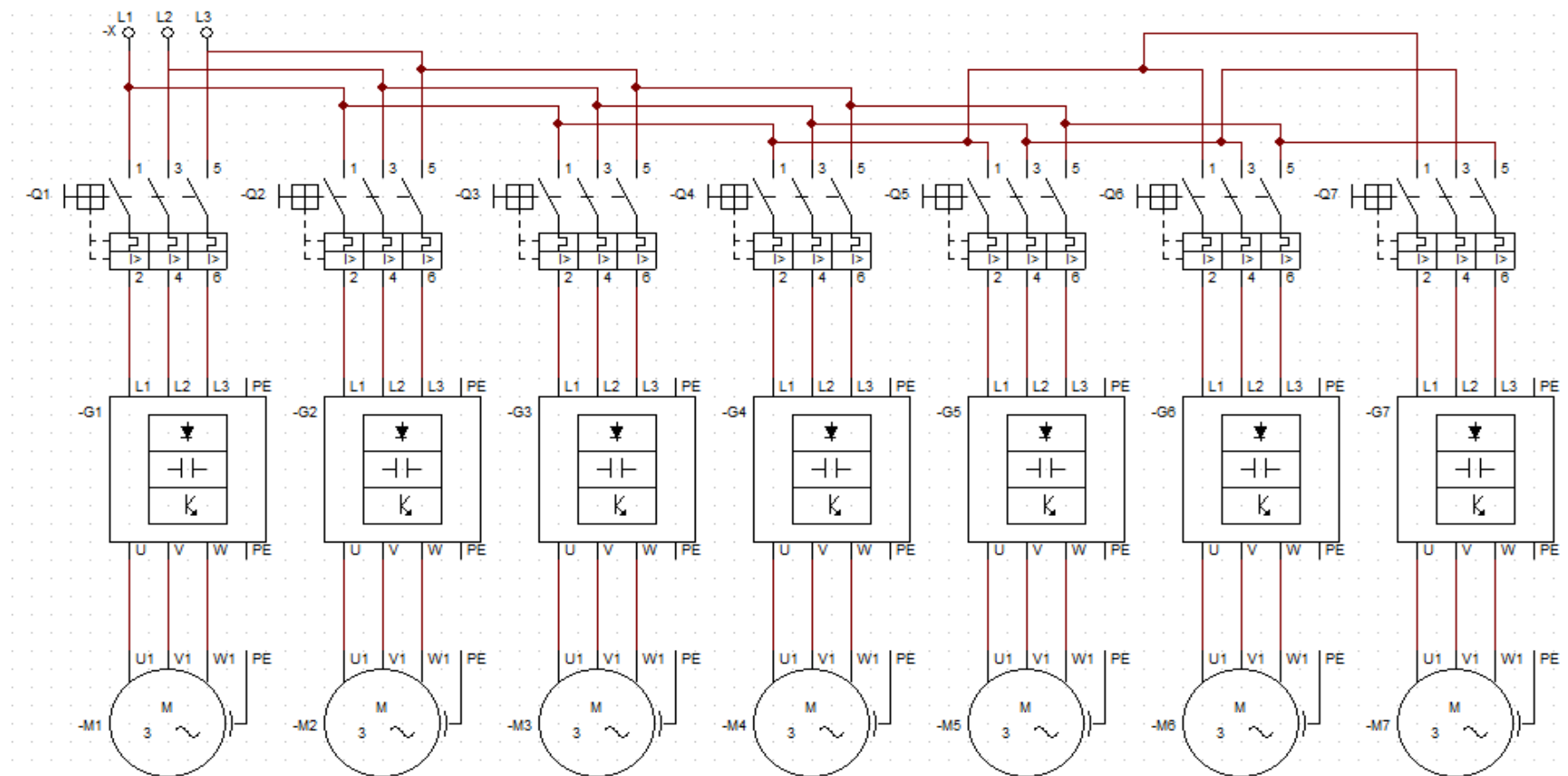


Figura 73. Plano de motores  
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 74 se encuentra el diagrama de fuerza de los cilindros de doble efecto que se encuentran accionados por electroválvulas monoestables con retorno de muelle de 5/n vías, que se encuentran accionados por una fuente de aire comprimido.

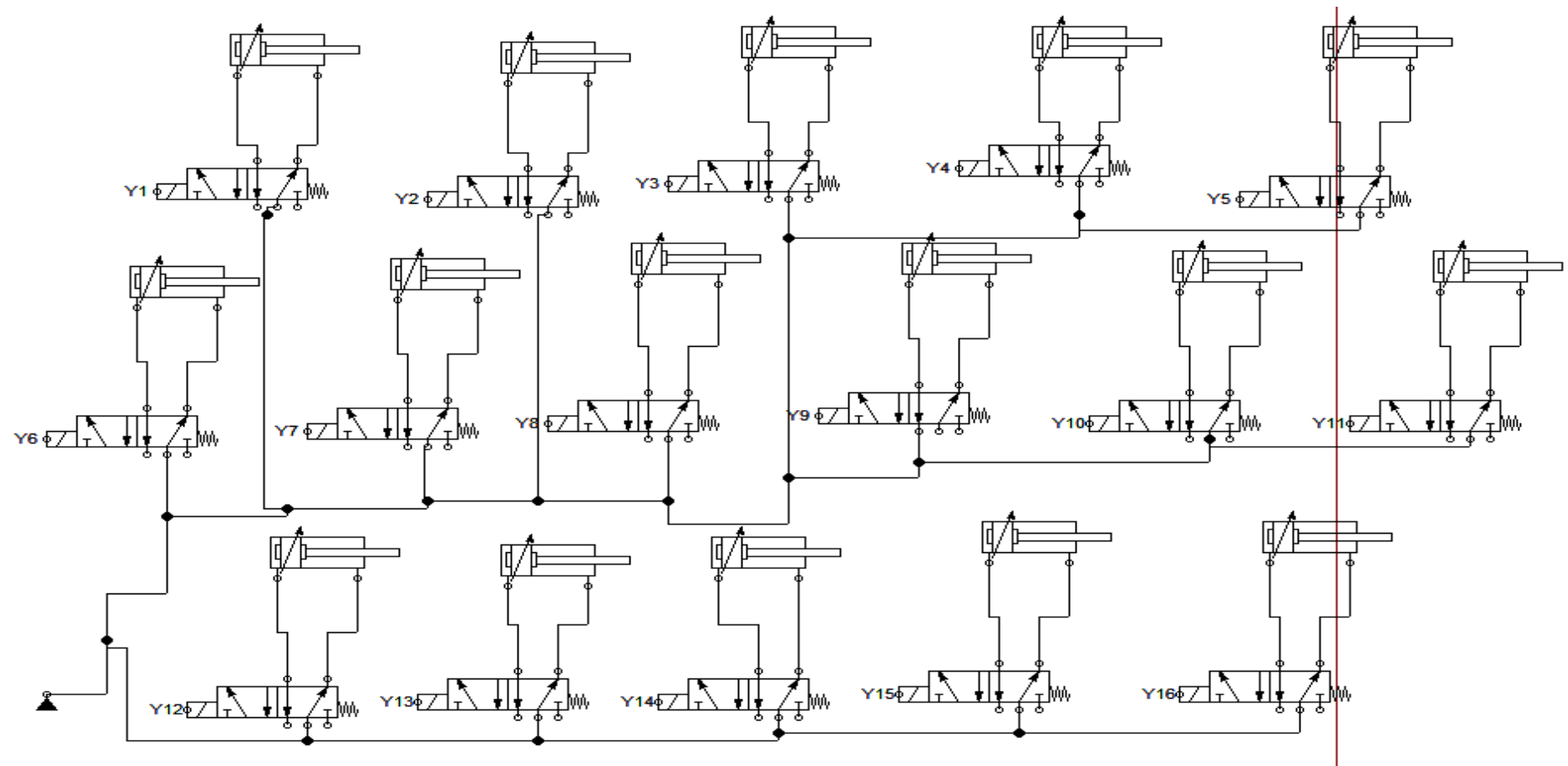


Figura 74. Plano de neumáticos  
Fuente: Elaboración propia

### **3.4.2. Nuevos Indicadores de producción y productividad**

La mejora en la etapa de paletizado logrará reducir los riesgos disergonómicos los cuales originan la ausencia laboral y por ende la baja productividad en la empresa. Esto se corrobora realizando nuevamente el curso grama analítico de apilamiento de sacos para poder calcular el nuevo tiempo de ciclo y los tiempos de cada operación que intervienen. Los datos se extraen del diagrama para realizar nuevamente los cálculos de los indicadores y se comparan con los resultados anteriores de los indicadores ya planteados en el diagnóstico; de esta manera se observarán y analizarán los cambios generados a partir de una nueva propuesta de un diseño automatizado. El nuevo diagrama se presenta en la Figura 75, cabe resaltar que las funciones ejecutadas en la máquina son realizadas por un operario de mantenimiento.

Como se aprecia en la figura 75, en el diagrama hombre – máquina, el nuevo tiempo de ciclo es de 90 segundos que equivale a 1,5 minutos, para un rendimiento de 10 sacos/min. Cabe resaltar que el nuevo cuello de botella se mantiene en la etapa y los estibadores fueron reubicados en el área de recepción del proceso.

Con la propuesta de mejora en la etapa de paletizado no se generarán tiempos muertos por parte del equipo, puesto a que se laborara correctamente y constantemente sin ninguna parada durante el proceso productivo. Esto se debe que el estibador no realizará ningún tipo de movimiento repetitivo ni agotador que conlleve a detener la máquina.

Diagrama Hombre - Máquina de la etapa de paletizado				
Etapa: Paletizado				
Máquina tipo: Paletizadora automática		Diagramador: Jose Caicay		
Departamento: Producción		Tiempo de ciclo: 90" (para 10 sacos)		
Operario	Tiempo (s)	Paletizadora automática	Tiempo (s)	
Encender botón de marcha	1	Transporte de rodillos	2	
Tiempo ocioso	89	Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	
		Transporte de rodillos	2	
		Sistema giratorio y transporte de banda plana 01	2	
		Transporte de banda plana 02	2	
		Armado de sacos en pallet	3	

Figura 75. Diagrama Hombre – Máquina de la etapa de paletizado  
Fuente: Empresa de Alimento Balanceado

### a. Producción

La nueva producción con la mejora, teniendo la etapa de paletizado automatizado, se realizará en un tiempo de 9,9 min/pallet.

$$\text{Producción} = \frac{\frac{1\,440 \text{ min}}{\text{día}}}{\frac{9,9 \text{ min}}{\text{pallet}}}$$

$$\text{Producción} = 146 \frac{\text{pallets}}{\text{día}} * \frac{6 \text{ días}}{1 \text{ semana}} * \frac{4 \text{ semana}}{1 \text{ mes}}$$

$$\text{Producción} = 3\,504 \text{ pallets/mes}$$

### b. Eficiencia económica

Teniendo en cuenta que los costos de materiales son los mismos, debido que se encuentran establecidos por los proveedores de cada uno de ellos. En este caso ya no se considerará el costo de mano de obra, puesto que la etapa será automatizada.

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{S}/6\,633}{\text{S}/3\,872,13}$$

$$\text{Eficiencia económica} = 1,71$$

El resultado de 1,71 quiere decir que por cada sol invertido en la empresa obtiene una utilidad neta de 0,71.

### c. Utilización

Teniendo en cuenta la capacidad diseñada de 3 600 pallets/mes, ahora con una producción de 3 504 pallets/mes obteniendo una utilización del 97,3%.

$$\text{Utilización} = \frac{\frac{3\,504 \text{ pallets}}{\text{mes}}}{\frac{3\,600 \text{ pallets}}{\text{mes}}}$$

$$\text{Utilización} = 97,3\%$$

**d. Productividad de mano de obra**

Considerando que en la etapa de paletizado no es necesario la presencia de operarios, entonces en la línea de pelletizado existen 24 operarios, es por ello que se obtiene un total de 146 pallets/mes\*operario.

$$P.M.O = \frac{3\,504 \text{ pallets/mes}}{24 \text{ operarios}}$$

$$P.M.O = 146 \frac{\text{pallets}}{\text{mes} * \text{operario}}$$

**e. Productividad económica**

La productividad arroja un valor de 0,43 kg de alimento balanceado por cada sol invertido.

$$P.económica = \frac{1\,650 \text{ kg}}{\text{S}/3\,872,13}$$

$$P.económica = 0,43 \text{ kg/nuevo sol}$$

### 3.4.3. Cuadro Comparativo de Indicadores

En el siguiente cuadro comparativo la Tabla N°58, se observa en cuanto varían los indicadores previos al diagnóstico con la mejora realizada, existen indicadores que no varían puesto que se trabaja con la misma cantidad de insumos, además se puede observar que la planta se utiliza eficientemente.

Tabla N°58. Cuadro Comparativo de indicadores

<b>CRITERIO</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>PROPUESTA</b>	<b>INCREMENTO / REDUCCIÓN</b>
<b>Producción</b>	1 981 pallets/mes	3 504 pallets/mes	↑ 78%
<b>Cuello de botella</b>	13,37 min/pallet	9,9 min/pallet	↓ 26%
<b>Eficiencia económica</b>	0,7 kg/nuevo sol	0,71 kg/nuevo sol	↑ 1,5%
<b>Utilización</b>	55%	97,3%	↑ 77%
<b>Productividad de mano de obra</b>	67 pallets/ operario*mes	146 pallets/ operario*mes	↑ 118%
<b>Productividad económica</b>	0,4 kg/nuevo sol	0,43 kg/nuevo sol	↑ 7,5%

### 3.5. Análisis Costo beneficio

En este apartado se analizará el costo beneficio que trae consigo la inversión de todo el sistema propuesto determinándose si el proyecto es o no viable de acuerdo a los indicadores financieros planteados.

En primer lugar se detallará cada uno de los costos para la inversión del sistema propuesto, tales como: cotización de materiales y dispositivos a emplear para la fabricación de la maquinaria, tanto para el sistema mecánico, eléctrico, neumático y de control, además de la cotización de mano de obra tanto para la fabricación mecánica de cada máquina como para la instalación eléctrica y neumática (cableado, montaje de actuadores: motores o pistones neumáticos, montaje de tableros eléctricos: contactores, guardamotors, instalación de PLC, etc.)

Además, se realizará el flujo de caja respectivo, y de acuerdo a ello se calcularán los indicadores que permitirán visualizar de una mejor manera la viabilidad que tiene el proyecto planteado: VAN, TIR, periodo de recuperación de la inversión efectuada y el beneficio de costo.

#### 3.5.1. Costo de equipos y materiales

Las máquinas y equipos necesarios para la automatización de la etapa de paletizado se muestran en la Tabla N°6, sumando un total de S/38 443.00 y así poder producir el alimento balanceado para langostino.

Los materiales metalmecánicos como lo son la plancha de acero ASTM A-36, tubo cuadrado 100 x 100mm, tubo cuadrado de 50 x 50mm, tubo rectangular de 100 x 150mm y la viga en forma de H acero ASTM A -36 IPE 120 fueron adquiridos en ACEROS DEL NORTE CHICLAYO SAC, debido a los precios más accesibles y por la cercanía con la empresa.

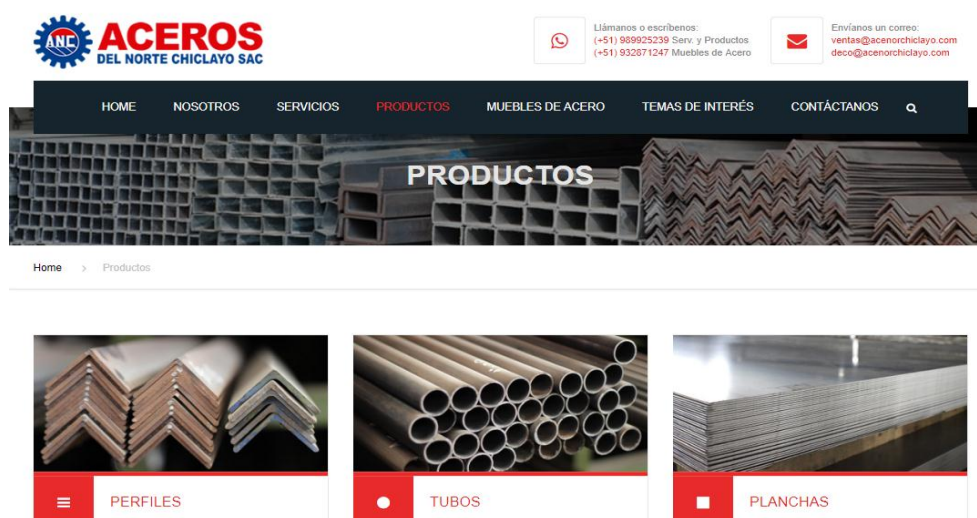


Figura 76. Cotización de los materiales metalmecánicos

Con lo que respecta la compra de los motores WEG 3hp W21 – IE21 y WEB 1 hp W21 – IE1 la empresa de alimento balanceado para langostino cuenta con el distribuidor MOTOREX el cual es el proveedor directo con lo que respecta motores.



Figura 77. Cotización de motores

En el caso de la Cadena Fleyer Tipo BL-422 y rodamiento Oscilante de Rodillos Esféricos serán adquiridos por Mucasa Importaciones Perú S.A.C. y este proveedor fue seleccionado debido al precio de sus productos en comparación con otras como lo son Ángel Larreina S.A.C. y Tsubaki Ibérica.



Figura 78. Cotización de cadenas de transmisión

La automatización neumática como lo son el cilindro neumático, electroválvula de 5 a 2 vías, unidad de mantenimiento, válvula de estrangulación KLA -06, racores EPC6-03 y la manguera por el proveedor Struke PERU debido a que esta ya tiene 10 años trabajando con la empresa de alimento balanceado por la resaltada calidad de sus productos, precios competitivos además de contar con una asesoría personalizada.



Figura 79. Cotización de automatización neumática

El CPU Compacta AC 24E/16S Relé Ethernet, tablero automático, interruptor automático tripolar, guarda motor, sensor mecánico, sensor óptico, pulsador de paro, pulsador de marcha, parada de emergencia de tipo hongo con giro para desenclavar, piloto de señalización verde, piloto de señalización rojo, cable vulcanizado N°12 y N°14, cable sólido azul y rojo. Estos productos serán adquiridos en modasa, empresa que fue comparada con otras y fue elegida por la facilidad que presenta en la venta y por los precios competitivos.



Figura 80. Cotización de automatización eléctrica

Para el caso de la banda transportadora se realizó la Tabla N°58 teniendo en cuenta 3 marcas las cuales son: Gates, Roatsa y Proinam.

Tabla N°59. Cotización de la banda transportadora

CARACTERÍSTICAS	MARCAS					
	GATES	PUNTAJACIÓN	ROATSA	PUNTAJACIÓN	PROINAM	PUNTAJACIÓN
DIMENSIONES(ancho)	1000 mm	0	1200 mm	1	1000 mm	1
MATERIAL	Abrasivo	0	Ligero deslizable	1	Poco abrasivo	1
PRECIO	S/4,500.00	1	S/4,800.00	1	S/5,200.00	0
LUGAR DE VENTA	Arequipa	0	Lima	1	Ica	1
<b>TOTAL</b>		<b>1</b>		<b>4</b>		<b>3</b>

Fuente: Empresas comparadas

Tabla N°60. Cotización de materiales para fabricación de maquinaria

MATERIALES	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
Plancha de acero ASTM A-36 espesor 2mm	1	S/110,00	6	S/660,00
Tubo cuadrado 100x100mm espesor de 2mm	1	S/100,00	12	S/1 200,00
Tubo cuadrado de 50x50mm espesor de 2 mm	1	S/60,00	10	S/600,00
Tubo rectangular de 100x150mm espesor de 3mm	1	S/260,00	12	S/3 120,00
Viga en forma de H acero ASTM A-36 IPE 120 ( 6x15pulg*lb/pie )	1	S/500,00	4	S/2 000,00
Motor WEG 3hp W21 – IE1	1	S/2 800,00	4	S/11 200,00
Motor WEG 1hp W21 – IE1	1	S/1 500,00	6	S/9 000,00
Cadena Fleyer Tipo BL-422	1	S/70,00	4	S/280,00
Banda transportadora Poliéster-Poliamida (EP)	m	S/800,00	6	S/4 800,00
Rodamiento Oscilante de Rodillos Esféricos	1	S/350,00	4	S/1 400,00
Cilindro neumático	1	S/350,00	6	S/2 100,00
Electroválvula de 5 a 2 vías	1	S/275,00	1	S/275,00
Unidad de mantenimiento	1	S/150,00	1	S/150,00
Válvula de estrangulación KLA-06	1	S/90,00	1	S/90,00
Racores EPC6-03	1	S/6,00	15	S/90,00
Manguera	m	S/6,00	20	S/120,00
CPU Compacta AC 24E/16S Relé Ethernet	1	S/1 000,00	1	S/1 000,00
Tablero automático	1	S/800,00	1	S/800,00
Interruptor automático tripolar	1	S/300,00	1	S/300,00
Guarda motor	1	S/200,00	10	S/2 000,00
Sensor mecánico	1	S/238,00	1	S/238,00
Sensor óptico	1	S/319,00	2	S/638,00
Pulsador de paro	1	S/40,00	1	S/40,00
Pulsador de marcha	1	S/40,00	1	S/40,00
Parada de emergencia de tipo hongo con giro para desenclavar	1	S/52,00	1	S/52,00
Piloto de señalización verde	1	S/35,00	1	S/35,00
Piloto de señalización rojo	1	S/35,00	1	S/35,00
Cable vulcanizado N°12	m	S/2,00	100	S/200,00
Cable vulcanizado N°14	m	S/2,00	100	S/200,00
Cable sólido azul	rollo	S/50,00	1	S/50,00
Cable sólido rojo	rollo	S/50,00	1	S/50,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/38 443,00</b>

Tabla N°61. Cotización de instalación de maquinaria

<b>INSTALACIÓN DE MAQUINARIA</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Transportador de rodillos	1	S/5 000.00	3	S/15 000,00
Faja Transportadora 01	1	S/10 000.00	1	S/10 000,00
Faja Transportadora 02	1	S/10 000.00	1	S/10 000,00
Elevador electromecánico	1	S/30 000.00	1	S/30 000,00
<b>INSTALACIÓN ELECTRICA</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Instalación eléctrica	1	S/1 200.00	1	S/1 200,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/66 200,00</b>

Por otro lado, el beneficio es el total de cada impacto económico de las causas analizadas según el diagnóstico analizado, es decir las pérdidas que la empresa tiene por falta de tecnología o de un sistema automatizado.

Al implementar el sistema automatizado diseñado, estas pérdidas anuales, se convertirán en beneficios para la empresa.

Tabla N°62. Beneficios anuales de la empresa

<b>BENEFICIOS</b>	<b>TOTAL</b>
Ausentismo laboral	S/. 8 352,00
Multas SUNAFIL	S/. 24 900,00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 32 052,00</b>

En la Tabla N°63, se muestra cómo se cumple con toda la demanda programada teniendo como conocimiento que se producen 3 504 pallets/mes, lo que indica que si es factible producir lo demandado.

Tabla N°63. Pedidos atendidos

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DEMANDA PROGRAMADA</b>	<b>DEMANDA PRODUCIDA</b>	<b>PEDIDOS NO ATENDIDOS</b>
2017	Octubre	2 524	2 524	0
	Noviembre	2 548	2 548	0
	Diciembre	2 694	2 694	0
2018	Enero	2 999	2 999	0
	Febrero	3 125	3 125	0
	Marzo	3 167	3 167	0
	Abril	3 195	3 195	0
	Mayo	3 274	3 274	0
	Junio	3 284	3 284	0
	Julio	3 358	3 358	0
	Agosto	3 387	3 387	0
	Setiembre	3 395	3 395	0
<b>TOTAL</b>		<b>36 950</b>	<b>36 950</b>	<b>0</b>

### 3.5.2. Proyección de demanda histórica

La proyección se realizará para un periodo de 5 años, datos obtenidos de la empresa como lo muestra la Tabla N°64, teniéndose una demanda producida creciente.

Tabla N°64. Demanda histórica sin automatización

<b>DEMANDA HISTÓRICA SIN SISTEMA AUTOMATIZADO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCIÓN (pallets/año)</b>
2013	24 060
2014	24 450
2015	24 850
2016	25 104
2017	25 200

En la Figura 81, se puede observar como la demanda tiene una tendencia creciente al transcurrir los años, además el coeficiente de correlación es 0,9539; lo cual indica que existe una correlación positiva fuerte entre dichas variables; por lo tanto, este método es el ideal ya que se aproxima al 1.

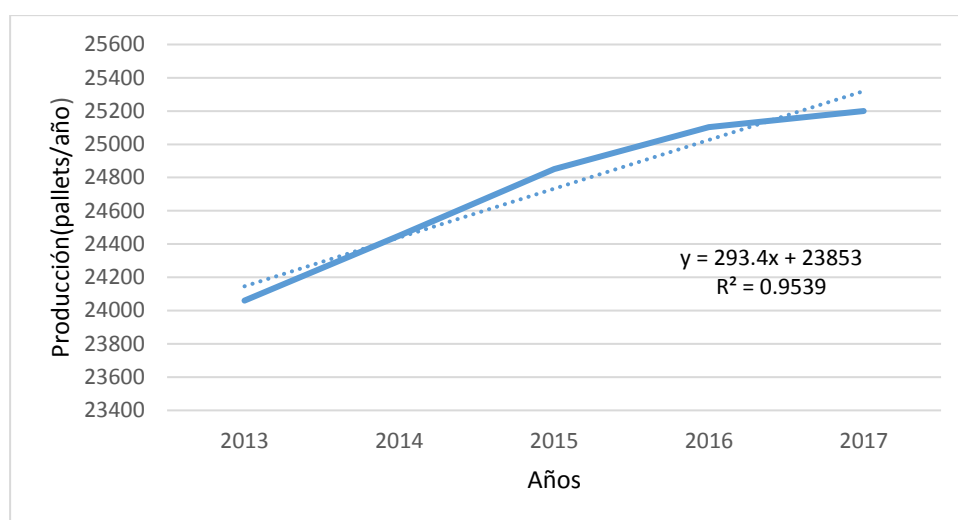


Figura 81. Demanda histórica no automatizado 2013 - 2017

En la Tabla N°65 se muestra la demanda proyectada del 2019 al 2023, en donde la demanda va de manera creciente al transcurrir los años.

Tabla N°65. Demanda proyectada sin automatización

<b>DEMANDA PROYECTADA SIN SISTEMA AUTOMATIZADO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCIÓN (pallets/año)</b>
2019	25 907
2020	26 201
2021	26 494
2022	26 787
2023	27 081

La proyección de la demanda histórica se realizará para un periodo de 5 años, esta demanda con sistema automatizado nos quiere decir que la demanda que no fue cubierta anteriormente ahora con la automatización se logrará cubrir debido a que se tiene una capacidad real mayor.

Tabla N°66. Demanda histórica con sistema automatizado

<b>DEMANDA HISTÓRICA CON SISTEMA AUTOMATIZADO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>
2013	39 110
2014	39 500
2015	40 260
2016	40 480
2017	41 650

En la Figura 82, se puede observar como la demanda tiene una tendencia creciente al transcurrir los años, además el coeficiente de correlación es 0,9507; lo cual indica que existe una correlación positiva fuerte entre dichas variables; por lo tanto, este método es el ideal ya que se aproxima al 1.

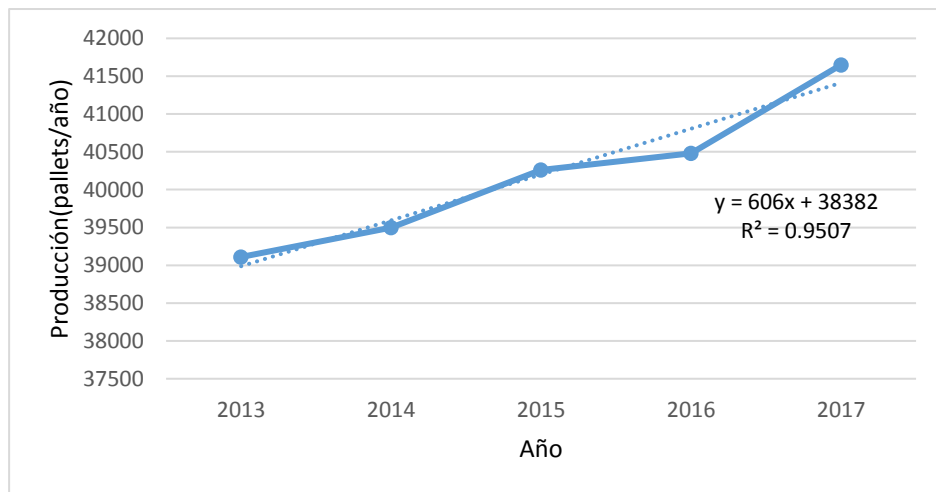


Figura 82. Demanda histórica automatizado 2013 – 2017

En la Tabla N°67 se muestra la demanda proyectada del 2019 al 2023, en donde la demanda va de manera creciente al transcurrir los años.

Tabla N°67. Demanda proyectada automatizado

<b>DEMANDA PROYECTADA CON SISTEMA AUTOMATIZADO</b>	
<b>AÑO</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>
2019	145 644
2020	146 250
2021	146 856
2022	147 462
2023	148 068

Las utilidades por venta de productos se muestran en la Tabla N°68, estas se obtuvieron por la diferencia de demanda proyectada con sistema automatizado y la demanda proyectada sin sistema automatizado, teniendo una utilidad de 0,7 por cada pallet con sacos de alimento balanceado.

Tabla N°68. Utilidades por venta de alimento balanceado

<b>AÑO</b>	<b>DEMANDA PROYECTADA SIN SISTEMA AUTOMATIZADO</b>	<b>DEMANDA PROYECTADA CON SISTEMA AUTOMATIZADO</b>	<b>INCREMENTO EN VENTAS (unidades)</b>	<b>UTILIDAD ES POR VENTA DE PRODUCTOS(SOLES)</b>
<b>2019</b>	25 907	145 644	119 737	S/107 763,30
<b>2020</b>	26 201	146 250	120 049	S/108 044,10
<b>2021</b>	26 494	146 856	120 362	S/108 325,80
<b>2022</b>	26 787	147 462	120 675	S/108 607,50
<b>2023</b>	27 081	148 068	120 987	S/108 888,30

En la Tabla N°69, se visualiza detalladamente el flujo de caja de la propuesta proyectados en 5 años, donde se toma en cuenta, los beneficios anuales, la inversión total, equipos extras a utilizar, mantenimiento de máquina, capacitación al personal, etc.

Con lo que respecta el financiamiento, se analizaron diferentes entidades bancarias, como se sabe en nuestro país existe una grande variedad de entidades bancarias, pero para conocer cuál de ellos es el que brinda menor interés anual, se empezó a evaluar sus tasas de interés en una tabla comparativa, arrojando el Banco GNB el que tiene menor TEA (12%) para préstamos a medianas empresas, como se muestra en la Tabla N°69.

Tabla N°69. Tasa económica según entidad bancaria

<b>Característica</b>	<b>Scotiabank</b>	<b>Continental</b>	<b>BCP</b>	<b>Interbank</b>	<b>GNB</b>
Préstamos a más 360 días	28%	22%	13%	19%	<b>12%</b>

### 3.5.3. Flujo de caja anual

En la Tabla N°70 se puede observar la planificación detallada del ingreso de recursos y como éstos son utilizados en los periodos proyectados, y así poder determinar el saldo final para la evaluación de la liquidez del proyecto.

Tabla N°70. Flujo de caja de la propuesta proyectada en 5 años

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
<b>INGRESOS</b>						
Utilidad por ventas		S/107 763,30	S/108 044,10	S/108 325,80	S/108 607,50	S/108 888,30
Ausentismo laboral		S/8 352,00	S/8 352,00	S/8 352,00	S/8 352,00	S/8 352,00
Multas SUNAFIL		S/24 900,00	S/24 900,00	S/24 900,00	S/24 900,00	S/24 900,00
Depreciación		S/3 310,00	S/3 310,00	S/3 310,00	S/3 310,00	S/3 310,00
<b>TOTAL, DE INGRESOS</b>		<b>S/144 325,30</b>	<b>S/144 606,10</b>	<b>S/144 887,80</b>	<b>S/145 169,50</b>	<b>S/145 450,30</b>
<b>EGRESOS</b>						
Maquinaria	S/66 200,00					
Equipos	S/38 443,00					
Mantenimiento		S/1 750,00	S/1 750,00	S/1 750,00	S/1 750,00	S/1 750,00
Capacitación	S/2 000,00					
<b>TOTAL, DE EGRESOS</b>	<b>-S/106 643,00</b>	<b>S/142 575,30</b>	<b>S/142 856,10</b>	<b>S/143 137,80</b>	<b>S/143 419,50</b>	<b>S/143 700,30</b>
<b>IMPUESTOS</b>		S/42 772,6	S/42 856,8	S/42 941,3	S/43 025,9	S/43 110,1
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>-S/106 643,0</b>	<b>S/99 802,7</b>	<b>S/99 999,3</b>	<b>S/100 196,5</b>	<b>S/100 393,7</b>	<b>S/100 590,2</b>

Tabla N°71. TMAR, TIR, VAN

<b>TMAR</b>	0,12
<b>C/B</b>	2,8
<b>TIR</b>	90%
<b>VAN</b>	S/254 382,8

### 3.5.4. Evaluación económica financiera

- **Tasa de interés de retorno (TIR)**

En la Tabla N°71 se observa un TIR superior a la tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR), siendo este de 12% debido que se trata de un proyecto de inversión pública, teniendo como resultado un TIR de 90% indica que el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable entonces el proyecto es económicamente rentable.

- **Valor actual neto (VAN)**

Este indicador que va a permitir medir los flujos futuros que tendrá el proyecto, en la Tabla N°71 se aprecia un VAN positivo lo cual indica que es un proyecto rentable, y existe más efectivo del requerido para cubrir la deuda.

$$\text{VAN: S/254 382,8} > 0$$

En la Tabla N°72 se analiza el periodo de recuperación de toda la inversión calculada de la propuesta.

Tabla N°72. Periodo de recuperación de la inversión total

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/144 325,30	S/144 606,10	S/144 887,80	S/145 169,50	S/145 450,30
Inversión	-S/106 643,00					
Saldo por recuperar		S/15 134,90				

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{106\ 643,00}{144\ 325,30} = 0,80 \text{ años} = 9,6 \text{ meses} = 288 \text{ días}$$

De acuerdo a la relación establecida, el periodo de recuperación de la inversión total será de 9,6 meses.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- A partir del diagnóstico de la situación actual de la etapa de paletizado en la empresa de alimento balanceado para langostino, en el cual se determinaron las causas que generan la ausencia laboral, siendo estas; fatiga del personal de estiba, esfuerzo físico de trabajo, posturas forzadas, equipo inadecuado. Además, se identificó que los estibadores se agotan físicamente conforme avanza la jornada laboral, conllevando a tener descansos médicos por los riesgos disergonómicos, y mediante el análisis del rendimiento se obtuvo que la productividad de mano de obra disminuye a 221 sacos/ hora - hombre. Como consecuencia de ello no se logra producir las cantidades programadas, teniendo un rendimiento de producción de 55%, dejándose así de producir 13 179 pallets/año. A todo ello se tiene un impacto económico total anual de S/87 811,677.00 durante el periodo de octubre – 2017 a setiembre – 2018.
- Para el diseño del sistema automatizado propuesto en la etapa de paletizado asistido por computadora, en cual consiste en un elevador electromecánico en donde se analizaron y fundamentaron con cálculos de ingeniería y catálogos de las empresas con las cuales se trabajarán. El diseño se presentó en SolidWords, la programación del Controlador Lógico M221 se simuló en el programa Somachine. Se obtuvo que el cuello de botella se redujo en 26%, también se incrementó la eficiencia económica en 1,5%, asimismo se aumentó la capacidad utilizada en 77% y la productividad de mano de obra incremento en un 118% y a la vez la productividad económica se incrementó en un 7,5%. Además, cabe resaltar que los riesgos disergonómicos se redujeron en un 100% debido a que ya no existen operarios dentro de la etapa de paletizado y éstos ya no realizarán las actividades forzadas.
- Al llevarse a cabo la propuesta de mejora del sistema automatizados se evaluó el aspecto económico y financiero, donde se requiere una inversión de S/.106 643,00, obteniéndose un valor actual neto de S/254 382,80 de cinco años del proceso productivo de alimento balanceado para langostino, ya que no se tendrá ausencia laboral por parte del estibador y se producirá toda la cantidad programada durante los tres turnos. Con una tasa interna de retorno de 90% de garantía favorable; con un periodo de retorno de la inversión de 9,6 meses.

## **4.2.RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que en futuras investigaciones diseñen planes previos al mantenimiento de esta nueva máquina, lo cual alargará el tiempo de vida de ésta y permitirá evitar el desgaste de las piezas y partes vitales de la máquina.
- Para investigaciones que se desarrollaran teniendo en cuenta la presente tesis, se recomienda que la tecnología avanzada no siempre es la más adecuada para sistemas automatizados, sino también se debe tener en cuenta el punto de vista económico el cual permitirá seleccionar la adecuada.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organización Mundial de la Salud, OMS, 2012. [En línea]. Disponible en <http://www.oms.org/docrep/004/T0566S/T0566S01.htm> [ Accedido: 20-junio2018].
- [2] Organización Mundial de la Salud, OMS, 2015. [En línea]. Disponible en <http://www.oms.org/docrep/006/T0589S/T0589S01.htm> [ Accedido: 21-julio2018].
- [3] Organización Internacional del Trabajo, OIT, 2008. [En línea]. Disponible en <http://www.oit.org/docrep/007/T0577S/T0577S01.htm> [ Accedido: 29-julio2018].
- [4] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, MINTRA, 2012. [En línea]. Disponible en <http://www.oms.org/docrep/006/T0586S/T0589S01.htm> [ Accedido: 29-julio2018].
- [5] L. Valdenebro et al., “Evaluación ergonómica de un puesto de trabajo en el sector metalmeccánico”, *Ingeniería Industrial 1*, pp. 69-83, nov.2018.
- [6] A. Lorca et al., “Identificación de riesgos biomecánicos de los trabajadores en plantas de proceso de salmón para la prevención de disfunción dolorosa de extremidad superior (DDES)” *Cienc Trab 52*, pp. 22-27, 2015.
- [7] D. Baba et al., “Estudio sobre la sensibilización ergonómica de los trabajadores que realizan actividades de manejo manual de materiales”, *ScienceDirect 195*, pp.1666-1673, 2015.
- [8] E. Agila et al., “Síntomas músculo-esqueléticos en trabajadores operativos del área de mantenimiento de una empresa petrolera ecuatoriana”, *Cienc Trab 51*, pp. 198-205, 2014.
- [9] V. Castillo et al., “Evaluación ergonómica en el área termoencogible de una empresa fabricante de pintura venezolana” *Cienc Tra 47*, 2013.
- [10] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, MINTRA, 2015. [En línea]. Disponible en <http://www.oms.org/docrep/002/T058691S/T0591S01.htm> [ Accedido: 30-julio2018].
- [11] Organización Internacional del Trabajo, OIT, 2012. [En línea]. Disponible en <http://www.oit.org/docrep/007/T0591S/T0591S01.htm> [ Accedido: 30-agosto2018].

- [12]J. Cortés, *Técnicas de prevención laborales: seguridad e higiene del trabajo*. Madrid: pp. 561-577,2007.
- [13]MOORE, J.S. Y GARG, A., 1995. Ergonautas. Consulta 16 de agosto del 2008. (<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/jsi/jsi-ayuda.php>)
- [14] Alfaro et al., *“Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo”*. Duodécima edición. Ciudad de México, Editorial Mc Graw – Hill,2009
- [15]Disponible en: [https://www.festo.com/cat/es-pe\\_pe/products](https://www.festo.com/cat/es-pe_pe/products)
- [16]Suministros Generales de Transmisión (SGT).2017. “Catálogo de piñones y cadenas. Disponible en: <http://www.sgtransmisiones.com/info/>
- [17]A. Miravette et al., *“Transportadores y Elevadores”*. Primera edición. Zaragoza, Servicio de Publicaciones, Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza,1996.
- [18]Festo. *“Catálogo de productos Festo Perú”*. Festo. 12 de Setiembre del 2018.
- [19]F. Mariscal, *“Automatización industrial integral de maquinaria para la mejora de la productividad”*. Milenio, oct. 2014.
- [20]J.Roldan, *“Motores trifásicos”*. Características, cálculos, aplicaciones. Primera edición. España. Editorial Parainfo,2010.

## VI. ANEXOS

Anexo 1. Observaciones cronometradas para ciclos menores a 2 minutos

NÚMERO DE OBSERVACION PARA LA REALIZACIÓN DEL CRONOMETRAJE PARA CICLOS MENORES A 2 MINUTOS EN EL PROCESO DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LANGOSTINO													
N° DE MUESTRA	Transporte de macroingredientes	Transporte de microingredientes	Transporte de leciticina	Transporte de aceite de soya	Transporte hacia mezclado	Transporte hacia clasificado I	Clasificado I	Transporte hacia pelletizado	Transporte hacia enfriado	Transporte hacia clasificado II	Clasificado II	Transporte hacia embolse	Transporte hacia paletizado
1	1.05	1.05	1.06	1.06	1.05	1.2	1.3	1.1	1.5	1.3	1.8	1.03	1.5
2	1.08	1.03	1.07	1.05	1.04	1.2	1.3	1.2	1.5	1.4	1.6	1.05	1.5
3	1	1.07	1.05	1.04	1.08	1.3	1.5	1.1	1.4	1.4	1.7	1.02	1.3
4	1.03	1.04	1.08	1.07	1.05	1.4	1.4	1	1.2	1.2	1.8	1.05	1.5
5	1.01	1.06	1.03	1.02	1.07	1.3	1.5	1.3	1.2	1.4	1.7	1.08	1.5
6	1.03	1	1.05	1.04	1.06	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.8	1.02	1.3
7	1.03	1.08	1.04	1.04	1.05	1.2	1.3	1	1.1	1.3	1.6	1.04	1.6
8	1.08	1.04	1.06	1.06	1.04	1.4	1.4	1.2	1.3	1.4	1.8	1.04	1.2
9	1.06	1.06	1.08	1.06	1.05	1.2	1.5	1.1	1.1	1.4	1.7	1.04	1.5
10	1.06	1.05	1.02	1.07	1.07	1.1	1.3	1.2	1.1	1.5	1.9	1.02	1.4
Rango max-Rango min	0.08	0.08	0.06	0.05	0.04	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.06	0.4
Media	1.04	1.05	1.05	1.05	1.06	1.24	1.37	1.14	1.26	1.37	1.74	1.04	1.43
Rango/Media	0.08	0.08	0.06	0.05	0.04	0.24	0.22	0.26	0.32	0.22	0.17	0.06	0.28
N° Observaciones	1	1	1	1	1	10	8	11	17	8	6	1	13

Anexo 2. Observaciones cronometradas para ciclos mayores a 2 minutos

NÚMERO DE OBSERVACIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL CRONOMETRAJE PARA CICLOS MAYORES A 2 MINUTOS EN EL PROCESO DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LANGOSTINO																			
N° DE MUESTRA	Recepción de macroingredientes	Inspección de macroingredientes	Recepción de macroingredientes	Inspección de macroingredientes	Recepción de leciticina	Inspección de leciticina	Recepción de aceite de soya	Inspección de aceite de soya	Molienda	Inspección 1	Mezclado	Inspección 2	Pelletizado	Inspección 3	Enfriado	Embolse	Inspección 4	Paletizado	Almacenamiento de P.T.
1	2.01	5.1	2.05	5.1	2.02	5.3	2.06	5.6	12	5.3	5.3	5.1	10.2	5.2	10.2	6.5	5.2	13	6.5
2	2.03	5.04	2.06	5.1	2.1	5.4	2.08	5.4	12.8	5.4	5.6	5.2	10	5.1	10.3	6.6	5.1	13.2	6.3
3	2.1	5.03	2.05	5.2	2.05	5.1	2.01	5.5	12.5	5.1	5.4	5	10.9	5	10.4	6.6	5.3	14.2	6.6
4	2.02	5.04	2.06	5.3	2.06	5	2.08	5.6	12.3	5.8	5.7	5.1	10.3	5.8	10.2	6.6	5.5	13.6	6.8
5	2.02	5.1	2.07	5.3	2.08	5.4	2.06	5.8	13.5	5.5	5.8	5.2	10.2	5.2	10.6	6.8	5	13.6	6
Rango max-Rango min	0.09	0.07	0.02	0.2	0.08	0.4	0.07	0.4	15	0.7	0.5	0.2	0.9	0.8	0.4	0.3	0.5	1.2	0.8
Media	2.036	5.062	2.06	5.20	2.06	5.24	2.06	5.58	12.62	5.42	5.56	5.12	10.32	5.26	10.34	6.62	5.22	13.52	6.44
Rango/Media	0.04	0.01	0.01	0.04	0.04	0.08	0.07	0.07	0.12	0.13	0.09	0.04	0.09	0.15	0.04	0.05	0.10	0.09	0.12
N° observaciones	1	1	1	1	1	1	1	1	4	6	1	1	1	8	1	1	3	3	4

**CRONOMETRAJE PARA CICLOS MENORES A 2 MINUTOS EN EL PROCESO DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LANGOSTINO**

OPERACIONES																		PROMEDI	EN
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	O	SEGUNDOS
Transporte de macroingredientes	1.05																	1.05	63.00
Transporte de microingredientes	1.07																	1.07	64.20
Transporte de lecitina	1.05																	1.05	63.00
Transporte de aceite de soya	1.06																	1.06	63.60
Transporte hacia mezclado	1.08																	1.08	64.80
Transporte hacia clasificado I	1.4	1.3	1.2	1.4	1.4	1.5	1.3	1.5	1.4	1.5								1.39	83.40
Clasificado I	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2										1.31	78.75
Transporte hacia pelletizado	1.2	1.2	1	1.4	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1							1.21	72.55
Transporte hacia enfriado	1.4	1.4	1.3	1.5	1.7	1.5	1.5	1.7	1.3	1.4	1.7	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.7	1.49	89.29
Transporte hacia clasificado II	1.7	1.8	1.6	1.7	1.7	1.9	1.8	1.8										1.75	105.00
Clasificado II	1.8	1.6	1.7	1.6	1.8	1.7												1.70	102.00
Transporte hacia embolsado	1.05																	1.05	63.00
Transporte hacia paletizado	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.6	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6					1.49	89.54

CRONOMETRAJE PARA CICLOS MEYORES A 2 MINUTOS EN EL PROCESO DE ALIMENTO BALANCEADO PARA LANGOSTINO																			
OPERACIONES																		PROMEDI O	EN SEGUNDOS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Recepción de macroingredientes	2.03																	2.03	121.80
Inspección de macroingredientes	5.04																	5.04	302.40
Recepción de microingredientes	2.06																	2.06	123.60
Inspección de microingredientes	5.4																	5.40	324.00
Recepción de lecitina	2.04																	2.04	122.40
Inspección de lecitina	5.5																	5.50	330.00
Recepción de aceite de soya	2.04																	2.04	122.40
Inspección de aceite de soya	5.7																	5.70	342.00
Molienda	12.4	12.6	12.4	12.5														12.48	748.50
Inspección 1	5.5	5.5	5.6	5.5	5.6	5.7												5.57	334.00
Mezclado	5.4																	5.40	324.00
Inspección 2	5.3																	5.30	318.00
Pelletizado	10.6																	10.60	636.00
Inspección 3	5.3	5.5	5.3	5.3	5.4	5.6	5.5	5.4										5.41	324.75
Enfriado	10.5																	10.50	630.00
Embolse	6.6																	6.60	396.00
Inspección 4	5.4	5.2	5.3															5.30	318.00
Paletizado	13.2	13.5	13.4															13.37	802.00
Almacenamiento de P.T	6.4	6.5	6.5	6.4														6.45	387.00

Anexo 3. Registro de ausentismo laboral

**REGISTRO DE AUSENTISMO LABORAL**

**PERIODO:**

Agosto del 2017 - Marzo del 2018

No.	NOMBRE	No DE IDENTIFICACIÓN	CARGO	CAUSA		TIPO DE INCAPACIDAD					No. DE HORAS	No. DE DIAS	FECHA DE INICIO	FECHA TERMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
				MEDICA	NO MED	EG	MAT	EL	AT						
1	Juan Lopez	41907216	Estibador	x				x			24	3	12/08/2017	14/08/2017	Dolor Lumbar
2	Luis Medina	43421612	Estibador	x				x			24	3	27/08/2017	29/08/2017	Dolor Lumbar
3	Oscar Reyes	40670805	Estibador	x				x			48	6	6/09/2017	11/09/2017	Contractura muscular
4	Diego Sanchez	42152495	Estibador	x				x			32	4	16/09/2017	19/09/2017	Dolor Lumbar
5	Pablo Diaz	40689719	Estibador	x				x			40	5	19/09/2017	23/09/2017	Lumbalgia
6	Manual Gonzales	40116416	Estibador	x				x			8	1	17/10/2017	17/10/2017	Odontalgia
7	Pedro Garcia	10015629	Estibador	x				x			64	8	10/10/2017	17/10/2017	Tendinitis
8	Frank Zapata	27285327	Estibador	x				x			64	8	15/11/2017	22/11/2017	Lumbalgia
9	Marco Vargas	45377137	Estibador	x				x			56	7	2/12/2017	8/12/2017	Dolor Lumbar
10	Julio Nuñez	100200495	Estibador	x				x			40	5	20/01/2018	24/01/2018	Contractura muscular
11	Cristian Sandoval	41945864	Estibador	x				x			64	8	5/02/2018	12/02/2018	Luxacion hombro izquierdo
12	Jhon Rodriguez	40305348	Estibador	x				x			40	5	8/02/2018	12/02/2018	Lumbalgia
13	Jose Lozano	42201620	Estibador	x				x			56	7	15/03/2018	21/03/2018	Lumbalgia
14	Alfonso Martinez	44460703	Estibador	x				x			80	10	20/03/2018	29/03/2018	Luxacion hombro izquierdo

**640 80**

EG : ENFERMEDAD GENERAL

MAT : MATERNIDAD

EL.: Enfermedad Laboral

SAN : SANCIONES

PERM : PERMISO

## Planchas de Acero ASTM A36



### PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.

Se mide en espesor x ancho x largo

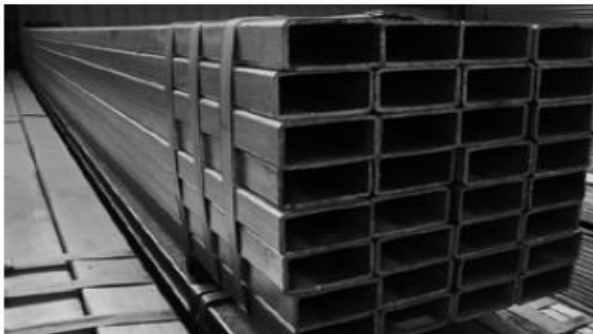
<b>Propiedades Mecánicas</b>	Limite de Fluencia (kg/cm <sup>2</sup> )	2530 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	4080-5610
	Alargamiento (%) en 50 mm	20 min.
	Doblado	a 180° (opcional) Diámetro Pin = 3e Sentido Laminación

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	putg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
6.0	1/4"	1500	5	6000	20	423.90
8.0	5/16"	1500	5	6000	20	585.20
		2400	8	6000	20	904.32
9.0	3/8"	1500	5	6000	20	635.25
		2400	8	6000	20	10173.36
12.0	1/2"	1500	5	6000	20	847.20
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1665.60
16	5/8"	1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1806.64
		3000	10	6000	20	2280.80
19	3/4"	1500	5	6000	20	1342.32
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2664.70
25	1"	1500	5	6000	20	1786.23
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
30	1 1/4"	1500	5	6000	20	2280.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
36	1 1/2"	1500	5	6000	20	2664.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5386.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

Anexo 5. Características del tubo cuadrado y rectangular de acero ASTM A500

# Tubo Cuadrado y Rectangular de Acero ASTM A500



## TUBO CUADRADO A500

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m		
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.061		
		2	1.460		
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.5	1.300		
		2	1.700		
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.5	1.770		
		2	2.244		
		3	3.320		
50 x 50	2" x 2"	1.5	2.250		
		2	3.122		
		2.5	3.872		
		3	4.316		
75 x 75	3" x 3"	2	4.500		
		2.5	5.560		
		3	6.810		
100 x 100	4" x 4"	2	6.165		
		2.5	7.675		
		3	9.174		
		4	12.133		
		4.5	13.594		
		6	16.980		
125 x 125	5" x 5"	3	11.310		
		4	14.870		
		4.5	16.620		
150 x 150	6" x 6"	6	21.690		
		3	13.670		
		4.5	20.8		
		6	27.386		

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

# VIGAS H

**DENOMINACION:**  
HA36

**DESCRIPCION:**

Producto de acero laminado en caliente cuya sección tiene la forma de H.

**USOS:**

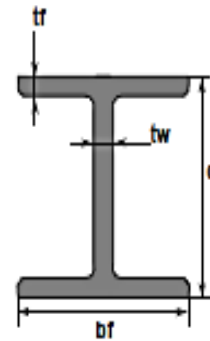
En la fabricación de elementos estructurales como vigas, columnas, aristas metálicas, etc. También utilizadas en la fabricación de estructuras metálicas para edificaciones, puentes, barcos, almacenes, etc.

**NORMA TÉCNICA:**

ASTMA36 / A36 M

**PRESENTACIÓN:**

Se comercializa en longitudes de 20, 30 y 40 pies. Se suministra en unidades.



**DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES:**

Designación	Area (pulg <sup>2</sup> )	Dimensiones (pulg)				Peso Estimado Kg/m
		Altura (d)	Espesor Alma (tw)	Largo del Ala (bf)	Espesor del Ala (tf)	
W 4" x 13 lbs/pie	3.83	4.16	0.280	4.060	0.345	19.35
W 6" x 15 lbs/pie	4.43	5.99	0.230	5.990	0.260	22.32
W 6" x 20 lbs/pie	5.87	6.20	0.260	6.020	0.365	29.76
W 6" x 25 lbs/pie	7.34	6.38	0.320	6.080	0.455	37.20
W 8" x 15 lbs/pie	4.44	8.11	0.245	4.015	0.315	22.32
W 8" x 18 lbs/pie	5.26	8.14	0.230	5.250	0.330	26.79
W 8" x 24 lbs/pie	7.08	7.93	0.245	6.495	0.400	35.72
W 8" x 31 lbs/pie	9.13	8.00	0.285	7.995	0.435	46.13
W 10" x 22 lbs/pie	6.49	10.17	0.240	5.750	0.360	32.74
W 10" x 49 lbs/pie	14.40	9.98	0.340	10.00	0.560	72.92
W 12" x 26 lbs/pie	7.65	12.22	0.230	6.490	0.380	38.69
W 12" x 65 lbs/pie	19.1	12.12	0.390	12.000	0.605	96.73

**REQUERIMIENTOS QUÍMICOS EN LA CUCHARA (%):**

C = 0.28 máx. P = 0.040 máx.

S = 0.050 máx. Si = 0.40 máx.

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**

Límite de Fluencia, mínimo = 2530 kg/cm<sup>2</sup>

Resistencia a la Tracción = 4080-5820 kg/cm<sup>2</sup>

Alargamiento en 200 mm, mínimo = 20 %<sup>(\*)</sup>

Soldabilidad = Buena

**TOLERANCIAS DIMENSIONALES:**

Designación	Tolerancias (mm)				Camber Máx.
	Altura (d)	Largo del Ala (bf)	Longitud (pies)		
			20 y 30	40	
W 4" x 13 lbs/pie	± 3.17	+ 6.35 - 4.76	±9.52	+12.7 -9.52	1/8 por cada 10 pies
W 6" x 15 lbs/pie					
W 6" x 20 lbs/pie					
W 6" x 25 lbs/pie					
W 8" x 18 lbs/pie					
W 8" x 24 lbs/pie					
W 8" x 31 lbs/pie					
W 10" x 22 lbs/pie					
W 10" x 49 lbs/pie					
W 12" x 26 lbs/pie					
W 12" x 65 lbs/pie					

<sup>(\*)</sup> 18% para espesor de Ala de 0.280 mm

## Anexo 7. Controlador TM221CE40R

### Product data sheet Characteristics

## TM221CE40R controller M221 40 IO relay Ethernet

Product availability : Stock - Normally stocked in distribution facility



Price\* : 389.00 USD



### Main

Range of product	Modicon M221
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Discrete input number	24 discrete input conforming to IEC 61131-2 Type 1
Analogue input number	2 at input range: 0...10 V
Discrete output type	Relay normally open
Discrete output number	16 relay
Discrete output voltage	5...125 V DC 5...250 V AC
Discrete output current	2 A

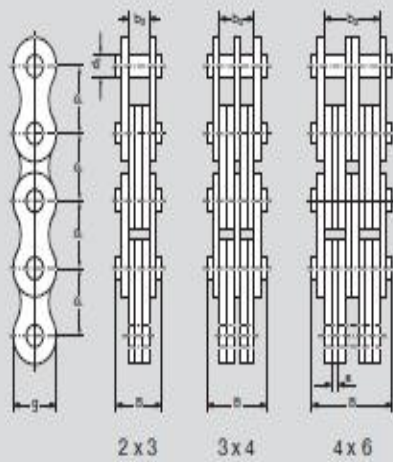
making suitability or reliability of these products for specific user applications

## Cadenas Fleyer -de elevación-



*Cadenas de seguridad para trabajos de elevación.*

### Cadenas Fleyer – combinaciones de mallas



Anexo 9. Potencia de motores trifásicos

**Valores referenciales de Potencia, consumo, amperaje, fusibles y tipo de cable requerido para motores monofásicos**

KW	HP	CORRIENTE a 220 Volt.	PROTECCION	CABLE TRHN AL AIRE
			FUSIBLE amp.	AWG.
1.8	2.5	15.7	25	14
2.2	3.0	18.6	25	14
3.0	4.0	24.3	30	10
3.5	5.0	29.6	30	10
4.4	6.0	34.7	40	10
5.2	7.0	39.8	50	8

**Valores referenciales de Potencia, consumo, amperaje, fusibles y tipo de cable requerido para motores trifásicos.**

KW	HP	CORRIENTE a 380 Volt.	PROTECCION	CABLE TRHN AL AIRE	
			FUSIBLE amp.	AWG	MM.
2.2	3.0	5.1	5	14	2.08
3.0	4.0	6.6	10	14	2.08
3.7	5.0	8.0	10	14	2.08
4.0	5.5	8.6	10	14	2.08
5.5	7.5	11.7	15	14	2.08
7.5	10.0	15.5	25	14	2.08
10.0	13.5	20.5	25	12	3.31
11.0	15.0	28.5	30	12	5.26
15.0	20.0	30.0	30	10	5.26
18.5	25.0	37.0	40	10	5.26
22.0	30.0	44.0	50	8	8.37
25.0	34.0	50.0	63	8	8.37
30.0	40.0	59.0	80	8	8.37
33.0	45.0	65.0	80	8	8.37
37.0	50.0	72.0	80	6	8.37
40.0	54.0	77.0	100	6	13.30
45.0	60.0	85.0	100	6	13.30
51.0	70.0	97.0	125	4	21.15
55.0	75.0	104.0	160	4	21.15
59.0	80.0	111.0	160	4	21.15
63.0	85.0	118.0	160	4	21.15
75.0	100.0	139.0	160	2	33.60
80.0	110.0	149.0	200	2	33.60
92.0	125.0	171.0	200	1	33.60
110.0	150.0	205.0	250	1/0	42.40
132.0	180.0	245.0	315	2/0	67.40
140.0	190.0	260.0	315	2/0	67.40