



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA INDUSTRIAL
PROPUESTA TECNOLÓGICA**

TEMA:

**ENFOQUE GLOBAL PARA EL BALANCE DE UNA LINEA DE
PRODUCCIÓN DE HARINAS DE ORIGEN ANIMAL**

Autores:

HELEN ROMINA CEPEDA SÁNCHEZ

LADY VIVIANA SIGUENCIA VILLA

Acompañante: ING. MIGUEL FRANCISCO GIRÓN GUERRERO, MAE

Milagro, Diciembre 2018

ECUADOR

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Helen Romina Cepeda Sánchez** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Propuesta Tecnológica, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor la Propuesta Tecnológica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática “**Enfoque global para el balance de una línea de producción de harinas de origen animal**” del Grupo de Investigación **Optimización de procesos productivos y logísticos** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta Propuesta Tecnológica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 11 días del mes de diciembre de 2018



Helen Romina Cepeda Sánchez

CI: 060521086-3

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.
Fabricio Guevara Viejó, PhD.
RECTOR
Universidad Estatal de Milagro
Presente.

Yo, **Lady Viviana Sigüencia Villa** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Propuesta Tecnológica, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor la Propuesta Tecnológica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática **“Enfoque global para el balance de una línea de producción de harinas de origen animal”** del Grupo de Investigación **Optimización de procesos productivos y logísticos** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta Propuesta Tecnológica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 11 días del mes de diciembre de 2018



Lady Viviana Sigüencia Villa
CI: 094086342-6

APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Yo, **Ing. Miguel Girón Guerrero, MAE** en mi calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica, elaborado por las estudiantes **Helen Romina Cepeda Sánchez** y **Lady Viviana Sigüencia Villa**, cuyo título es **“Enfoque global para el balance de una línea de producción de harinas de origen animal”** que aporta a la Línea de Investigación **Optimización de procesos productivos y logísticos** previo a la obtención del Grado **Ingeniera Industrial**; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Propuesta Tecnológica de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 11 días del mes de diciembre de 2018



Ing. Miguel Francisco Girón Guerrero, MAE
C.I.: 090423827-6

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Ing. Miguel Francisco Girón Guerrero, MAE.

Ing. Johnny Roddy López Briones, Mgtr.

Ing. Aristides Reyes Bacardí, Ms.C.

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **Ingeniera Industrial** presentado por la señorita **Helen Romina Cepeda Sánchez**.

Con el título: **Enfoque global para el balance de una línea de producción de harinas de origen animal**

Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

Propuesta Tecnológica [80]

Defensa oral [20]

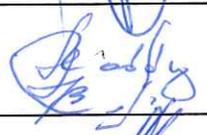
Total [100]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado)

APROBADO

Fecha: 11 de diciembre de 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Ing. Miguel Francisco Girón Guerrero, MAE	
Secretario	Ing. Johnny Roddy López Briones, Mgtr.	
Integrante	Ing. Aristides Reyes Bacardí, Ms.C.	

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Ing. Miguel Francisco Girón Guerrero, MAE.

Ing. Johnny Roddy López Briones, Mgtr.

Ing. Arístides Reyes Bacardí, Ms.C.

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **Ingeniera Industrial** presentado por la señora **Lady Viviana Sigüencia Villa**

Con el título: **Enfoque global para el balance de una línea de producción de harinas de origen animal**

Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

Propuesta Tecnológica [80]

Defensa oral [20]

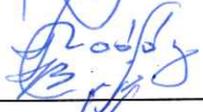
Total [100]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado)

APROBADO

Fecha: 11 de diciembre de 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Ing. Miguel Francisco Girón Guerrero, MAE	
Secretario	Ing. Johnny Roddy López Briones, Mgtr.	
Integrante	Ing. Arístides Reyes Bacardí, Ms.C.	

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis pilares fundamentales que son mis padres y hermanos ya que han estado siempre a mi lado brindándome su mano amiga, dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi carrera. En especial a mi madre Mónica por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y ha velado por mí durante este arduo camino para convertirme en una profesional.

A mi pequeño hijo Elias David y a mi esposo por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así brindarle un futuro mejor.

A mis compañeras Helen y Mirella que sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas que durante estos cinco años estuvieron apoyándome e hicieron de esta experiencia una de las más especiales y lograron que este sueño se haga realidad. Ustedes son los más bello que Dios me ha puesto en el camino y por quienes estoy inmensamente agradecida.

Viviana Siguenca

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios por darme la vida, salud y sabiduría, a mi familia, en especial a mi Madre Fanny por siempre escuchar mis anécdotas referente a la Universidad, por darme sus consejos y sobretodo creer siempre en mí; a mi Padre por ayudarme a relacionarme en el campo profesional y a mi hermano que espero siga mi ejemplo y aspiro que muy pronto crezca los profesionales en mi familia.

Además dedico este trabajo a David, por siempre estar dispuesto a escucharme, brindarme su apoyo y ánimos cuando más lo necesitaba. Sin duda alguna todo sacrificio tiene su recompensa, fue duro estudiar por casi 5 años y finalmente puedo obtener mi título profesional de Ingeniera Industrial.

Helen Cepeda

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi tutor el Ing. Miguel Girón, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Viviana Sigüencia

AGRADECIMIENTO

Extiendo mis más sinceros agradecimientos a mi tutor Ing. Miguel Girón Guerrero, quién invirtió su tiempo, compartió conmigo sus conocimientos y siempre estuvo dispuesto a ayudar en lo que fuera necesario. Gracias por guiarme y aconsejarme en lo profesional. Sin usted no hubiera sido posible ejecutar este trabajo, le quedo eternamente agradecida. Un agradecimiento especial al Director de carrera, el Ing. Luis Bucheli por su orientación académica y amistad.

Doy las gracias a la empresa, sujeto de estudio, que me permitió ingresar a sus instalaciones a conocer las operaciones y ejecutar este trabajo, en especial al Ing. Vinueza por su ayuda. A todo el personal docente de la FACI, por brindarme su amistad y respeto; gracias por todos los conocimientos impartidos.

Y finalmente agradezco a mis amigas, Viviana y Mirella que durante estos 5 años de estudios hemos formado una bonita amistad que espero perdure siempre, y a mis demás compañeros por compartir su amistad y gratitud.

Helen Cepeda

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1.....	5
1. PROBLEMA.....	5
1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.1.1. Formulación del problema.....	6
1.1.2. Objetivos.....	7
1.1.3. Objetivos específicos.....	7
1.2. Justificación.....	7
1.3. Alcance.....	8
CAPÍTULO 2.....	9
2. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Marco teórico.....	11
CAPÍTULO 3.....	18
3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	18
3.1. Descripción de la planta.....	18
3.2. Descripción del proceso.....	19
3.3. Análisis de la distribución en planta actual.....	24
3.4. Descripción y análisis del proceso de ensacado y paletizado.....	25
3.5. Balanceo del proceso de ensacado y paletizado.....	27

3.5.1.	Descripción de actividades y precedencias del proceso de ensacado y paletizado	28
3.5.2.	Diagrama de Precedencia	28
3.5.3.	Tiempo de ciclo	28
3.5.4.	Cálculo del número mínimo de estaciones.....	29
3.5.5.	Tiempo ocioso	29
3.5.6.	Eficiencia y retraso de la línea	29
3.5.7.	Asignación de tareas a estaciones de trabajo.....	29
CAPÍTULO 4		31
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	31
4.1.	Reubicación de áreas de la planta.....	31
4.1.1.	Movimiento del material según distancias mínimas	32
4.1.2.	Principio de la circulación o flujo de materiales	32
4.1.3.	Satisfacción y seguridad del trabajo.....	33
4.2.	Oficinas de producción y sector de análisis de harina.....	35
4.3.	Almacenaje de producto terminado	37
4.4.	Implementación de cinta transportadora de sacos en el proceso de ensacado y paletizado	37
4.4.1.	Comparación de tiempos de la situación actual vs propuesta	38
4.4.2.	Beneficios de la implementación de banda transportadora de sacos.....	39
4.5.	Balanceo del proceso de ensacado y paletizado con la utilización de la banda transportadora de sacos y la reubicación del sector de almacenaje.	39
4.5.1.	Descripción de actividades y precedencias del proceso de ensacado y paletizado	40
4.5.2.	Diagrama de Precedencia	41
4.5.3.	Tiempo de ciclo	41
4.5.4.	Cálculo del número mínimo de estaciones.....	41
4.5.5.	Tiempo ocioso	41
4.5.6.	Eficiencia y retraso de la línea	42
4.5.7.	Asignación de tareas a estaciones de trabajo.....	42
CAPÍTULO 5		43
5.	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	43
5.1.	Evaluación económica	43
5.2.	Situación propuesta.....	43

5.2.1. Valor Actual Neto (VAN).....	44
5.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	44
5.3. Análisis de resultados.....	45
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES	47
ANEXOS.....	48
Anexo 1	48
Anexo 2	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	15
Figura 2	18
Figura 3	19
Figura 4	20
Figura 5	21
Figura 6	22
Figura 7	23
Figura 8	24
Figura 9	25
Figura 10	28
Figura 11	30
Figura 12	31
Figura 13	32
Figura 14	33
Figura 15	34
Figura 16	35
Figura 17	35
Figura 18	36
Figura 19	37
Figura 20	38
Figura 21	41
Figura 22	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	12
Tabla 2	24
Tabla 3	26
Tabla 4	28
Tabla 5	30
Tabla 6	38
Tabla 7	40
Tabla 8	42
Tabla 9	43
Tabla 10	45

ENFOQUE GLOBAL PARA EL BALANCE DE UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE HARINAS DE ORIGEN ANIMAL

RESUMEN

Esta investigación se centró en una planta que procesa desechos orgánicos de origen animal para la elaboración de harina destinada a la fabricación de balanceados para alimentación canina, en dicha planta se identificó todos los procesos que intervienen en la producción de harina y se describe cada uno de ellos resaltando las principales características técnicas y tiempos de duración los cuales sirvieron para la elaboración de diagramas de flujo y el diseño en formato 3D de la planta mostrando el layout actual y la distribución en planta propuesta.

El enfoque principal de este estudio es el área de ensacado y paletizado del producto terminado, se observó de manera directa este proceso, se identificó las principales tareas que realizan los operarios y los tiempos de ejecución de cada actividad. El método seleccionado para el análisis de dicho proceso es el "*Equilibrado de cadena*", el cual exige la determinación de tareas, diagrama de precedencias, cálculo del tiempo de ciclo, número mínimo de estaciones, tiempo ocioso y la eficiencia que arrojó un 90% en la situación actual para finalmente balancear las actividades en cada estación de trabajo. En la situación propuesta, se plantea una reordenación de las oficinas de producción, el sector de análisis de harina y del almacenaje de sacos de harina; además la implementación de una banda transportadora de sacos permite simplificar tareas y disminuir tiempos de ejecución del proceso de ensacado y paletizado al realizar nuevamente el balanceo de la línea, la eficiencia obtenida es de 93,33% dando resultados favorables.

Finalmente se efectuó una evaluación financiera a la alternativa de solución mediante el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno de la propuesta, constatando la validez de la propuesta.

PALABRAS CLAVE: Distribución en planta, Equilibrado de cadena, tiempos improductivos, eficiencia, evaluación financiera.

GLOBAL APPROACH FOR THE BALANCE OF A LINE OF PRODUCTION OF FLOURS OF ANIMAL ORIGIN

SUMMARY

This research focused on a plant that processes organic waste of animal origin for the production of flour for the manufacture of feed for feed, in this plant all the processes involved in the production of flour were identified and each of them is described they highlighting the main technical characteristics and duration times which served for the elaboration of flow diagrams and the design in 3D format of the plant showing the current layout and the proposed layout.

The main focus of this study is the area of bagging and palletizing of the finished product, this process was directly observed, the main tasks performed by the operators and the execution times of each activity were identified. The method selected for the analysis of this process is the "Balanced chain", which requires the determination of tasks, precedence diagram, calculation of cycle time, minimum number of stations, idle time and the efficiency that I throw 90% in the current situation to finally balance the activities in each work station. In the proposed situation, it is necessary to reorganize the production offices, the flour analysis sector and the storage of flour sacks; In addition, the implementation of a bag conveyor belt makes it possible to simplify tasks and decrease the execution times of the bagging and palletizing process, once the line has been balanced again, the efficiency was 93.33%, giving favorable results.

Finally, a financial evaluation was made to the solution alternative through the Net Present Value and the Internal Rate of Return of the proposal, confirming the validity of the proposal.

KEYWORDS: Plant distribution, Balanced chain, unproductive times, efficiency, financial evaluation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias deben estar en constante evolución, esto implica contar con el espacio físico suficiente porque cada proceso requiere de instalaciones apropiadas que deben diseñarse cuidadosamente aplicando técnicas modernas y tecnología de punta para ser competitivos. Cabe recalcar que al momento de instalar una planta industrial se la localiza y diseña de una manera eficiente, al inicio de sus operaciones, pero conforme pasa el tiempo y la empresa crece, se detectan algunos problemas que implican cambios en las políticas, estructura organizativa y en la dirección de la empresa (L. J. Krajewski, Ritzman, & González Ruiz, 2000). Todo esto es generado por la toma de malas decisiones, porque muchos directivos no tienen visión hacia el futuro y esto los lleva a cometer errores; en este caso la distribución de las instalaciones es una decisión de diseño y forma parte de las estrategias de una empresa esto implica una correcta planificación que conduce a la toma de decisiones correctivas sobre la disposición física de los centros de trabajo que necesitan los diferentes procesos de una planta para garantizar el flujo de materiales.

El objetivo de la planificación de la distribución en planta es permitir una operación eficaz tanto del personal como de equipos teniendo como horizonte la optimización de la productividad. (L. Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

El presente estudio tiene como finalidad analizar la distribución en planta de una empresa que elabora harina de origen animal para conocer donde existe dificultades y cómo mejorarlos, mediante este análisis se identificó una zona vulnerable que es el proceso de ensacado y el área de almacenamiento de producto terminado. Al visitar la planta, se determinó que posee una distribución basada en el producto porque la disposición de maquinaria y equipos están ordenados de forma secuencial debido a las exigencias del proceso, además se distingue fácilmente que tiene forma de "L", una vez conocido el tipo de layout se seleccionó el método indicado para analizar la distribución actual, que fue mediante el "Equilibrado de cadena" o "Balanceo de líneas de producción", este método fue aplicado al proceso de ensacado y paletizado debido a algunas semejanzas con las líneas de ensamblaje. No fue posible aplicarlo a toda la línea de producción por motivo que los tiempos de ejecución de cada tarea no son uniformes entre sí, los tiempos fueron dados por el Jefe de producción de la planta; además proporcionó información sobre el proceso de ensacado y paletizado, esto se complementó con la observación directa de los métodos de trabajo de los operarios y la toma de tiempos de cada actividad que realizan.

Para contribuir a la investigación se recolectó información sobre todas las operaciones y maquinaria empleada en el proceso, los parámetros técnicos, los recursos necesarios, a manera de resumen la harina animal se obtiene de un proceso de cocción, prensado y molido de los desechos orgánicos basada en esta información fue posible dibujar en 3D el layout de la planta que mejor se asemeje a la realidad.

(Gerlach, Bueno DaSilva, Almedia, Amaral Adamy, & Garlet, 2017), afirman que el diseño de sistemas productivos o “*layout*” tiene una influencia directa en la eficiencia de los procesos, en muchas situaciones, la distribución de las instalaciones utilizada por las empresas generan frecuentemente cuellos de botellas, pues esto demuestra que está quedando obsoleta o mal distribuidas y, por eso, presenta niveles de productividad no deseados.

En el Capítulo I se presenta una descripción detallada del planteamiento del problema, la formulación del problema, objetivo general y específicos de la investigación, así como la justificación y el alcance

El Capítulo II comprende un conjunto de literatura, como antecedentes y marco teórico, esto corresponde a las bases teóricas en los cuales se enmarca la investigación.

El Capítulo III corresponde al análisis de la distribución actual de la planta, y la descripción del proceso de ensacado y paletizado el cual es sujeto de estudio mediante el método “Equilibrado de cadena”.

En el Capítulo IV se describe la alternativa de solución al problema del área de ensacado y paletizado, en este caso la propuesta incluye una reordenación de oficinas de producción, sector de análisis de harina y el almacenaje de sacos terminados, y la implementación de una banda transportadora de sacos y la construcción de una nueva puerta de acceso destinada para el área de almacenaje.

Finalmente en el Capítulo V se evaluarán económicamente la alternativa de solución según los criterios de VAN y TIR.

CAPÍTULO 1

1. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Este estudio está enfocado en una planta que procesa los residuos y desechos de origen animal que mediante un proceso de cocción, prensado y molido los transforma en harinas que sirve para la elaboración de balanceados para alimentación animal, en especial alimentación canina. Anteriormente existía acumulación de residuos orgánicos proveniente del sacrificio de animales a escala industrial en un lugar específico, la disposición final de estos desechos eran ser incinerados o enterrarlos en agujeros cavados en la tierra, lo cual generaba contaminación al ambiente y molestaba a los pobladores de localidades cercanas por los malos olores que emitían dichos desechos por entrar en descomposición. Entonces debido a esta necesidad, el compromiso de la empresa responsable de los desechos y la disponibilidad permanente de materia prima surgió la idea de montar una pequeña planta para aprovechar estos desechos.

En Ecuador existen algunas empresas que se dedican a la fabricación de balanceados utilizando como materia prima desechos orgánicos provenientes de diferentes animales; estos desechos pueden convertirse en abono orgánico, ser componente principal en la formulación de alimentos para animales, o crear diversos productos con mayor valor agregado. (Escalante, Santos, Rojas, & Velásquez, 2012)

Al realizar un recorrido por las instalaciones de la planta se evidenció que la distribución en planta tiene una forma de “L” y que no existe un área exclusiva para el almacenamiento de producto terminado. En cuanto al almacenamiento de los sacos de harina, estos se encuentran apilados en pallets y están ubicados en la parte lateral dentro de la planta cerca de la única puerta de acceso a la planta, esto disminuye el espacio físico para el movimiento del personal y genera *tiempos improductivos* durante el traslado de los sacos, además puede provocar accidentes debido al tránsito de los montacargas cuando es el momento de embarcar los pallets para el transporte de los sacos.

Esto dificulta el flujo normal del personal de ensacado y paletizado que muchas veces debe esquivar los obstáculos para poder realizar su trabajo.

Durante el desarrollo de las actividades del ensacado se evidencian dificultades que inciden en el rendimiento de los operarios y del proceso en general, en esta área laboran dos operarios que no son fijos para este proceso, este personal es aprovechado en diversas tareas de la planta hasta que sea momento de ensacar y paletizar.

Estos inconvenientes suelen ocurrir durante el traslado de los sacos a los pallets que se encuentran a un costado de la tolva de ensacado y cerca a la puerta de acceso de la planta. El operario traslada sobre su hombro el saco de 30kg, recorre 6m (ida y vuelta) hasta llegar al pallet y coloca el saco y retornar; al culminar el trabajo, el operario se siente fatigado por la manipulación de cargas.

Existe una sola tolva de ensacado, este proceso es semiautomático, el operario se encarga de colocar el saco, el llenado de harina es automático y el traslado del saco al pallet se lo realiza manualmente, los dos operarios que allí laboran se encargan de las tareas, las cuales se las realizan de una manera sincronizada, esto quiere decir que mientras un operario ensaca, el otro traslada el saco al pallet.

El tiempo destinado para el ensacado y paletizado de los sacos de harina es de 30 minutos, en cada turno de trabajo, se deben obtener 100 sacos de harina, estos datos fueron dados por el personal de la planta y es la capacidad de producción de dicho proceso.

(Gerlach et al., 2017) afirma que: “*Uno de los mayores desafíos encontrados por las fábricas es la adaptación del layout de acuerdo con la evolución de la empresa*” sea por la diversificación de la línea de producción y el uso de nuevas tecnologías. En este caso, si la empresa desea ampliar el abanico de harinas, de diferentes tipos, su distribución debe ser flexible y contar con el espacio necesario para la posible expansión.

1.1.1. Formulación del problema

¿Qué factores inciden en la eficiencia del proceso de ensacado y paletizado de una línea de producción de harinas de origen animal?

1.1. Objetivos

1.1.2. Objetivo general

Proponer alternativa de solución que mejore la eficiencia del proceso de ensacado y paletizado de una planta que elabora harina animal basado en el método de “Equilibrado de cadenas” (actividad de mayor duración).

1.1.3. Objetivos específicos

- Analizar la distribución en planta actual para identificar posibles dificultades que impidan el flujo adecuado de materiales y personal.
- Describir las actividades que intervienen en el proceso de ensacado y paletizado.
- Evaluar económicamente, mediante el criterio del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno, la alternativa que proporcione el mejor resultado.

1.2. Justificación

El presente estudio está orientado a la optimización de las líneas de producción, centrándose específicamente en lo referente a los Sistemas Productivos. Como refuerzo al estudio actual, se utilizará aspectos generales tales como identificación de operaciones, diagrama de proceso.

El resultado que se pretende obtener es diseñar líneas de producción debidamente balanceadas que permitan obtener un producto de alta calidad con el mínimo de recursos utilizados. Para la aplicación del método de Equilibrado de cadenas fue necesario la identificación de las diversas tareas y sus tiempos de ejecución, para lo cual hemos recibido la colaboración del Jefe de Producción.

Esta investigación está orientada a su vez hacia la distribución en planta en función de un adecuado flujo que nos permita optimizar la eficiencia del proceso, es decir minimizar los llamados cuellos de botella generados ya sea por acumulación excesiva de materias primas, insumos y materiales en proceso, así como tiempos ociosos provocados por accidentes laborales, bajo rendimiento del personal. Por estas razones, el diseño de planta o layout tiene un impacto significativo en el rendimiento de los sistemas productivos (Pérez Gosende, 2016).

Otro punto a considerar es que toda empresa debe estar direccionada a la mejora continua debe conocer las fortalezas y debilidades de su proceso y buscar alguna manera de

optimizarlo ya sea con la ayuda de algún equipo mecánico o con la organización del trabajo, presentando el debido costo-beneficio de la propuesta de mejora.

1.3. Alcance

Este estudio está orientado al área productiva de la planta, lo cual implica la logística de entrada, proceso productivo y logístico de salida que será descrita en el estudio. El enfoque principal, y donde será aplicado el Equilibrado de cadena, es en el proceso de ensacado de y paletizado de harina animal, se realizara un análisis de las condiciones actuales y de las posibles modificaciones técnicas y su repercusión de manera económica

CAPÍTULO 2

2. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Como complemento teórico a la investigación se ha revisado diferentes estudios y tesis de grado para conocer la importancia de la distribución en planta y sobre el Balanceo de cadenas y su aplicación a diferentes líneas de producción, a continuación se presentan algunos casos que permitieron solucionar problemas beneficiando a las organizaciones al aumentar la productividad.

En el estudio realizado por (Masood, 2006) de título *“Equilibrio de línea y simulación de una línea de transferencia de producción automatizada”*, se enfocó en una línea de producción de bloques, en la cual se determinó que existen 16 operaciones, varias operaciones consisten en algunas estaciones de trabajo de mecanizado. Cada operación tiene un ciclo que se lo consigue al incorporar el tiempo de mecanizado y del no mecanizado, este tiempo se lo puede reducir excluyendo la actividad de valor agregado y la actividad sin valor agregado, es decir en el instante que una herramienta se mueve de un estado a otro entre el mecanizado real de una característica. El equilibrado de línea se logró mediante la modificación de las condiciones de corte de herramientas. De esta manera se puede notar las mejoras con la inserción de herramientas que faciliten el desempeño de los operarios.

(González, 2008) en su investigación sobre *“Desarrollo de un estudio de tiempos y movimientos, en las líneas de producción en una industria farmacéutica”* concluye en que el uso adecuado del tiempo proporciona un aumento de la eficiencia en los procesos industriales, para realizar esto es necesario analizar cada operación que conforma el proceso total y determinar los factores relevantes como los tiempos. El estudio se enfocó en el análisis de una línea de producción semiautomática, en el cual fue posible tomar tiempos y calcular los niveles de eficiencia y productividad.

Para la optimización de una línea de producción (Carrillo & Naula, 2010) en su tesis de grado de tema *“Distribución de planta en la empresa Proalim en base al estudio de métodos y tiempos de trabajo”* desarrollan un estudio de tiempos y movimientos a una empresa de alimentos, de acuerdo con la cantidad de movimientos entre los puestos de trabajo y al espacio físico disponible se propuso distribuir la empresa de manera lineal, esto permitió

aumentar la producción con una inversión para realizar los cambios, que tuvo un periodo de recuperación de pocos días.

(López, Martínez, Quirós, & Sosa, 2011) señalan en su investigación sobre *“Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta”* la importancia del diseño de líneas para sistemas de producción debido a que incide directamente en el rendimiento de fabricación. Como resultado de este estudio, se consiguió eliminar los tiempos ocios del proceso y fue necesario adaptar poco a poco las máquinas para que exista de nuevo el flujo o la carga de trabajo. Además con el tiempo estándar de cada tarea se debe instruir a los trabajadores a cumplir con dichos rangos de ejecución. Para conocer si una línea de producción esta balanceada es cuando se han eliminados los tiempos de espera de una operación a otra.

Muchas veces existen tanto cuellos de botella que impiden el flujo continuo de la producción, cuando existen estas situaciones se hace inminente la posibilidad de una redistribución de planta (Barón & Zapata, 2012) en su tesis de grado *“Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil”* hacen uso de herramientas tecnológicas para efectuar la propuesta de redistribución de planta, esta investigación tomo en cuenta factores como las condiciones de trabajo, aprovechamiento de espacios. Cabe recalcar que estas propuestas deben ser analizadas por la Dirección porque consiste en una inversión de capital para poder readecuar la planta a las necesidades.

La productividad de una planta puede ser mejorada gracias al Balanceo de la línea de producción (Chelech, 2017) en su estudio sobre *“Mejoramiento de la Línea de Producción de la empresa AquaChile”* identificó los problemas de la línea de procesos de carne de salmón los cuales ocasionaban un déficit de producción. Se detectó un cuello de botella y una extensa duración en una tarea. Los problemas fueron solucionados con el aprovechamiento del personal y con la posible ampliación del proceso que requería más tiempo en ejecutarse, aquí se demuestra la buena eficiencia en el uso de los recursos y se puede mejorar la productividad de una empresa.

Mediante la revisión documental se ha demostrado la eficacia de la aplicación del Balance de líneas de producción, esto da resultados beneficiosos a la organización gracias al diagnóstico del proceso, es una manera integral de identificar operaciones, tiempos y aprovechar de mejor manera los recursos.

2.2. Marco teórico

A continuación se recopilan algunas terminologías necesarias para la comprensión de este trabajo, cabe recalcar que el Equilibrado de cadena se desglosa del tema de distribución en planta basada en el producto.

Distribución en planta

La planificación estratégica de instalaciones facilita la estrategia corporativa mediante el diseño de instalaciones (Herns, 2009), dentro de la literatura existente encontramos varias definiciones para la “*distribución en planta*”, en general (Murther, 1970) argumenta que la distribución en planta implica “*La ordenación física de los elementos que componen una empresa*”. En dicha ordenación se debe considerar los espacios necesarios para el movimiento de trabajadores, materiales, herramientas, etc. El diseño de las instalaciones deben permitir el flujo constante de los materiales y personas de operación a operación, un diseño erróneo se da cuando existen flujos largos, tiempos de procesamiento demorados, operaciones inflexibles y costos elevados.

(Yang, 2010) relaciona al diseño de las instalaciones industriales o de servicio con la disposición física de puestos de trabajo, maquinaria, equipos, personal, áreas de circulación, entre otros factores que ocupan espacio dentro de la fábrica, distribuyéndolos de forma que maximicen la funcionalidad del proceso optimizando el ambiente de producción. Entonces la distribución en planta cobra importancia para todo tipo de empresa, y genera un impacto directo en la *eficiencia de la producción* y productividad.

Este tema tiene también un interés económico porque busca la reducción de costos mediante la eliminación o aprovechamiento de tiempos ociosos, y un interés social ya que requiere proteger, brindar comodidades y seguridad a los trabajadores de la empresa. Algunas de las ventajas que señala (Murther, 1970) de una correcta distribución en planta son las siguientes:

- Incrementa la producción debido a una distribución más adecuada que disminuye los tiempos de proceso y acelera el flujo de material y personal.
- Se obtiene un menor número de retrasos (cuellos de botellas) al equilibrar los tiempos de trabajo en la línea de producción.
- Reducción de horas-hombre al disminuir o eliminar esperas o tiempos improductivos.
- Reducción del tiempo de ciclo de producción.

Tipos de distribución en planta

En la práctica, la mayoría de los diseños se derivan en cuatro tipos básicos de diseños, los cuales se enlistan y describen a continuación:

Distribución basada en el producto. - Es aplicada en los procesos de producción en los cuales la maquinaria y los servicios auxiliares se colocan de manera consecutiva en función de obtener un flujo continuado entre una estación de trabajo y la siguiente permitiendo de esta manera que a medida que se avanza en el proceso, la transformación y se va cumpliendo hasta llegar al producto terminado. Esta distribución resulta apropiada para aquellos productos con niveles de producción numerosos.

Cuando la variedad es relativamente pequeña y el volumen es alto, el flujo puede regularizarse y es probable que sea apropiado un diseño basado en productos, como en una planta de ensamblaje

Tabla 1

Ventajas y desventajas de distribución basada en el producto

Ventajas	Desventajas
Economías de escala	Poca flexibilidad del proceso
Brinda oportunidades de especialización de los equipos	Trabajo repetitivo y monótono
Los materiales o personas se trasladan de manera conveniente.	El proceso se para si hay fallo de maquinaria.

Fuente: Elaboración propia

Distribución basada en el proceso.- Es empleada cuando la maquinaria y personal se la clasifica según las características de funcionamiento de acuerdo a la secuencia de operaciones establecidas; como por ejemplo un hospital que cuenta con un sector de radiografía, quirófanos, ginecología, etc. La ubicación óptima implica colocar de manera próxima las estaciones en las cuales hay gran cantidad de tráfico. Dos características que definen la distribución basada en el proceso son un pequeño volumen de producción y la necesidad de mano de obra cualificada.

Distribución por posición fija.- Esta distribución es aplicada para proyectos de grandes magnitudes, como por ejemplo la construcción de un avión, ya que por sus dimensiones y peso es complicado trasladar el ítem de un lugar a otro. En este caso es necesario que se trasladen los equipos y personal al área donde se encuentra el ítem. Unas características de esta distribución son: poca cantidad de ítems elaborados, minuciosa planificación de ejecución de tareas y tiempos.

Distribución celular.- Es una combinación de la flexibilidad de la distribución por proceso y la eficiencia de la distribución por producto. Este sistema propone la creación de diferentes unidades productivas capaz de funcionar de manera independiente ellas se denominan *células de fabricación*. Las salidas de las células pueden ser productos finales o componentes que se integran a otro producto final.

El diseño de las instalaciones impactará en el sistema productivo, de manera positiva o negativa. (Martins, Vitor; Freitas, 2014) dan a conocer algunos factores a considerar en la distribución en planta, a continuación se enlistan los más relevantes:

Materiales.- Siendo este el factor mas importante a considerar, teniendo como objetivo transformar, tratar o montar materiales de manera que cambien su aspecto con el fin de obtener un producto final, la distribución de los elementos de producción ha de depender exclusivamente del producto que se desea fabricar y del material a trabajar (Murther, 1970). Se debe presentar importancia al tamaño, forma, peso y demás características físicas y químicas que influyen en los métodos de almacenamiento y manipulación de los materiales.

La maquinaria.- El proceso de una planta va a determinar que tipo de maquinaria y equipos son las necesarias. Según (Ejeh, Liu, & Papageorgiou, 2018) existen algunos criterios a considerar en la maquinaria a continuación se mencionan algunos de ellos:

1. El tipo y características de las máquinas que la empresa requiere, ya que una sola clase de máquina no puede atender una extensa gama de situaciones que se dan en el proceso de fabricación, se tiene que elegir aquel modelo que se ajuste mejor a las necesidades de producción. Entre las características son el espacio, forma, altura y peso de las máquinas para obtener información y así no afectar la ordenación dentro del espacio.
2. La capacidad y el número de máquinas necesarias, también es de gran importancia y deberá predeterminar cualquier consideración del espacio puesto que una alternativa por exceso planteará hacia la empresa una inclinación de recursos ociosos que ocuparán un espacio; una alternativa por efecto generará otro tipo de ineficiencias pues entorpecerá la actividad del proceso, limitando sus probabilidades al empujar a la empresa a renunciar niveles de producción deseables y factibles con el número apropiado.

Mano de obra.- Cada proceso debe contar con personal, dicho personal tiene que ser distribuido de manera que se acompleen al proceso, deben tener los conocimientos y aptitudes necesarios del puesto de trabajo. Hay que recordar que el personal *“tiene la última decisión”*

dentro de la organización, si contamos con personal con baja motivación la productividad va a disminuir. Aquí interviene la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los lugares del trabajo.

El Edificio.- Es un factor elemental debido a sus características y disposición espacial, esto a su vez se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores cuando el edificio ya existe, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción, porque está proyectada de manera que se adapte a las necesidades de la distribución planteándose con mayor libertad. Por lo general una mejor opción es elegir un edificio a la medida del proceso o uno de aplicación general en el que se pueda elaborar diversos artículos. Estos tienen como principal ventaja la reventa ya que pueden adaptarse con mayor facilidad si este fuera necesario por su condición de flexibilidad.

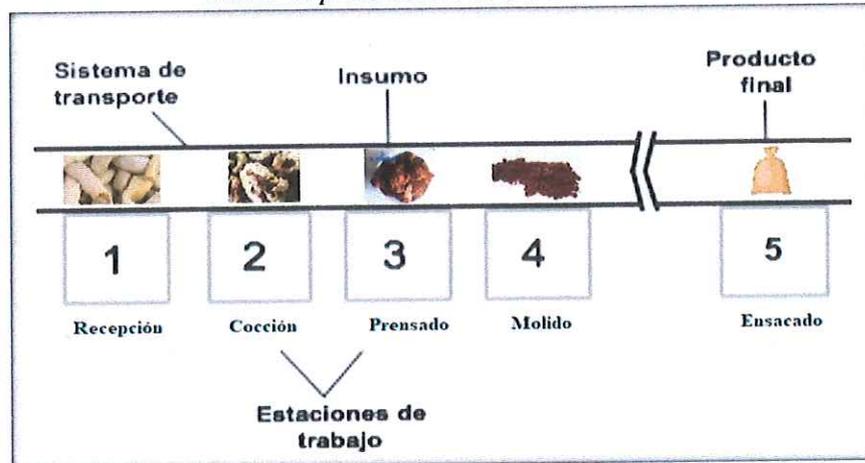
Flexibilidad a los cambios.- La distribución en planta tiene como objetivo principal la flexibilidad, por eso es necesario evitar futuros cambios que lleguen a modificar una distribución en planta eficiente en una anticuada que disminuya los beneficios. Para que una distribución se considere flexible, se debe conservar la distribución original libre de elementos fijos o permanentes, accediendo a la adaptación de las emergencias y cambios inesperados de las funciones normales del proceso sin la exigencia de tener que ser reordenada y a través de la disposición para operar variedad de productos o cantidades diferentes. Existen muchas metodologías para diseñar y analizar la distribución física de una fábrica. La mayor parte de ellas se basan en procedimientos matemáticos o en software creados bajo estos modelos matemáticos (Zárate, Tabone, & Ballestrin, 2016).

Para el análisis de este estudio se ha seleccionado el método “Equilibrado de cadena” debido a que se desglosa de la Distribución en planta por producto

Línea de producción

Una línea de producción consiste en una cierta cantidad de procesos ordenados, con el fin de que un producto pase de un proceso a otro, y en cada uno de estos, pueda realizar una parte del trabajo total. En el siguiente esquema se muestra de manera simplificada el proceso para la obtención de harina de origen animal.

Figura 1
Línea de producción de harina animal



Fuente: Elaboración propia

Exigencias de la producción en cadena

(Murther, 1970) señala tres exigencias fundamentales que se deben cumplir para obtener una producción en cadena y son las siguientes:

Cantidad de producción y economía de la instalación.- Hace referencia a los costos de los movimientos de los puestos de trabajo y la maquinaria, por este motivo el *“ritmo de producción debe ser lo suficientemente grande, para que el ahorro por pieza sea mayor que el coste de la instalación por pieza”*.

Equilibrio.- Es un tema complejo debido a que a veces existe poca flexibilidad de las operaciones, para lograr el ideal en cuanto a flujo, facilidad y velocidad, todas las operaciones de la cadena deberán tener el mismo tiempo de ejecución.

Continuidad.- Es la capacidad que tiene la línea de producción para seguir con el proceso, cada operación debe funcionar de manera autónoma para dar continuidad al funcionamiento del sistema.

Equilibrado de cadena o Balance de línea de producción

El Equilibrado de cadena es un problema tradicional en la Ingeniería Industrial, se lo considera como un método tradicional, sin embargo, se usa principalmente para equilibrar líneas manuales o completamente automáticas, especialmente líneas de montaje (Tabucanon & Changli, 1993). En este caso el proceso de harinas animales es una línea semiautomática y se utilizará este método para encontrar la eficiencia de la línea y equilibrar sus tiempos de

ejecución. Según (Slack, Chambers, & Johnston, 2010) las principales decisiones de diseño del producto son las siguientes:

- ¿Qué tiempo de ciclo es necesario?
- ¿Cuántas etapas se necesitan?
- ¿Cómo se debe tratar la variación del tiempo de tarea?
- ¿Cómo debe equilibrarse el diseño?

Identificación de tareas y diagrama de precedencias

Se comienza por descomponer el proceso en tareas para ser analizadas de manera unitaria, una vez identificadas las tareas es necesario determinar las actividades precedentes, esto se recoge en un Diagrama de precedencias que es una herramienta para la programación de actividades, cada tarea contará con su tiempo de ejecución, este dato puede ser proporcionado por el personal del área o mediante un estudio de tiempos y movimientos. Para la elaboración del diagrama de precedencia (Serpell & Alarcón, 2015) brinda dos reglas para la construcción del diagrama:

- Uso de círculos que representan las tareas se dibujan lo más a la izquierda posible;
- Ninguna de las flechas que muestran la precedencia de los elementos debe ser vertical.

Tiempo de ciclo.- Para balancear una línea es importante partir con el tiempo de ciclo, este es un factor vital en el diseño de productos y tiene una influencia directa en el cálculo del número mínimo de estaciones, eficiencia y cálculo de tiempos ociosos o improductivos. Se calcula considerando la probable demanda de los productos o servicios entre la cantidad de tiempo disponible para la producción. El tiempo de ciclo, a manera de resumen, es el tiempo máximo permitido a cada estación para procesar una unidad de producto o servicio.

El número de estaciones.- Una vez calculado el tiempo de ciclo, es necesario encontrar el número mínimo de estaciones, esto depende del tiempo total de ejecución de las tareas dividido entre el tiempo de ciclo. Mientras mayor sea la sumatoria de los tiempos de ejecución y menor el tiempo de ciclo, se requerirá de más estaciones de trabajo para balancear la línea productiva.

Tiempo ocioso.- Es el tiempo improductivo total en la fabricación de una unidad para el conjunto de las estaciones de trabajo, este tiempo puede ser empleado en otra actividad o tarea y así aprovechar el personal y los equipos.

Eficiencia de la línea.- Es la relación entre el tiempo requerido teóricamente para el proceso entre el tiempo real empleado, la eficiencia se lo maneja en porcentaje, mientras más cercano este al 100% la línea de producción es eficiente.

Resumiendo la literatura expuesta por (Slack et al., 2010 p.196) existen tres pasos esenciales para el Balance de una línea de producción, los cuales son:

1. Definición de las tareas e identificación de precedencias
2. Calculo del número mínimo de estaciones
3. Asignación de tareas a estaciones

Las fórmulas correspondientes a los cálculos necesarios en el balanceo de líneas se detallan a continuación:

Tiempo de ciclo:

$$C = \frac{\text{Cantidad de tiempo disponible}}{\text{Unidades a elaborar}}$$

El número mínimo de estaciones de trabajo

$$MT = \frac{\sum ti \rightarrow \text{sumatoria de los tiempos de ejecución de las tareas}}{C}$$

Tiempo total ocioso de la línea será:

$$to = nc - \sum ti$$

La eficiencia de la línea:

$$E = 100\% \frac{\sum ti}{nc}$$

Retraso de la línea:

$$R = 100\% - E$$

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.1. Descripción de la planta

Figura 2
Planta de harina animal



Fuente: Elaboración propia

Esta industria se dedica a la transformación de desperdicios animales para la obtención de harinas las cuales son derivadas a otra planta para la elaboración de balanceados aptos para la alimentación animal. La harina animal, sea de ave, pescado u otro tipo de animal, es un polvo fino obtenido por la cocción, prensado y molido de animales o partes de ellos como son vísceras no comestibles, productos descartados por falta de calidad y animales muertos. Se la considera una fuente de proteínas y vitaminas por esta razón es utilizado para la elaboración de balanceados para la acuicultura, avicultura, ganadería, etc.

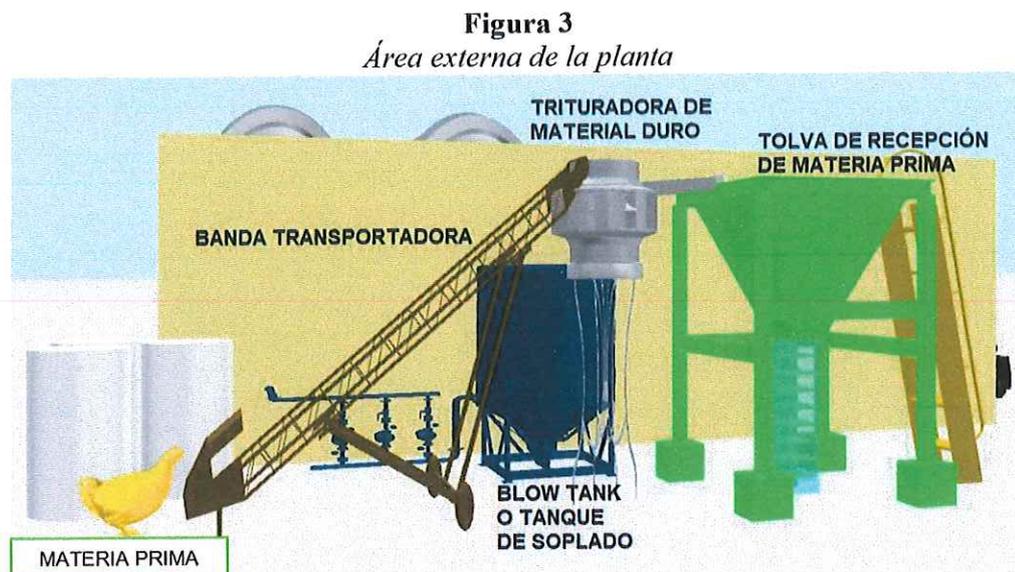
La planta cumple con tres aspectos importantes, los cuales son:

1. **Rentabilidad.**- Debido al aprovechamiento de los desechos animales para convertirlos en subproductos de valor.
2. **Sostenibilidad.**- Aprovecha todos los elementos animales sin comprometer las necesidades de generaciones futuras.
3. **Responsabilidad ambiental.**- Minimiza el impacto ambiental producido por la materia orgánica en descomposición

3.2. Descripción del proceso

En diferentes países existen varios métodos y equipos empleados para la obtención de harina de origen animal, a continuación se detalla el proceso básico que emplea la planta objeto de estudio:

Área externa de la planta



Fuente: Elaboración propia

1. Recepción de materia prima

La materia prima es de origen animal, se compone de dos tipos de materia; la primera es la materia orgánica *blanda* como por ejemplo vísceras, piel, grasas; y la segunda es la materia orgánica *sólida* como partes de animales que son desechados por falta de calidad, animales muertos, cabezas, uñas. La materia prima blanda es transportada inmediatamente del proceso principal de faenamiento mediante una red de tuberías que alimenta a la tolva de recepción de manera directa, en el caso de los materiales solidos son transportados por tornillo sin fin para ser triturados y colocados en la tolva de recepción.

2. Trituración de material con componentes solidos

Las partes de animales que son desechados por falta de calidad, animales que llegan muertos, cabezas, uñas; poseen fragmentos o huesos enteros que deben ser triturados para facilitar el proceso de cocción y obtención de harina. Entonces dichos desechos son transportados mediante tornillo sin fin hacia la trituradora de dientes que desgarrar la piel, huesos y los fragmenta para disminuir su tamaño. Una vez concluido dicha actividad son depositados en

la tolva de recepción junto a la materia orgánica blanda. Cabe recalcar que la materia prima proviene de aves de corral.

3. Pesado de materia prima

El Blow Tank o tanque de soplado, permite pesar la materia prima y mediante un sistema de aire comprimido impulsa los residuos orgánicos hacia los Cooker. Este tanque realiza tres cargas de aproximadamente 1000 kg cada uno, la presión del soplado es de $2 \frac{kg}{cm^2}$.

4. Preparación de Cooker

El Cooker o biodigestor es un tipo de “olla a presión” que sirve a nivel industrial para procesar alimentos. En este caso la planta de harinas cuenta con dos Cooker, cada uno con una capacidad de carga de aproximadamente 3000 kg.

Al momento de encender el Cooker, se abre la válvula de vapor para purgar todo el condensado que se generó dentro de la camisa del Cooker, una vez evacuado el condensado se cierra las válvulas de purga. Para el proceso de cocción o fritura se bombea aceite, dicho aceite es reutilizado de las frituras anteriores, se utiliza aproximadamente 400 litros de aceite y se espera hasta que llegue a la temperatura indicada que es de 148°C.

5. Cocción de materia orgánica

Figura 4
Proceso de cocción o fritura



Fuente: Elaboración propia

El Blow Tank es el encargado de alimentar al cooker, este tanque realiza tres cargas, cada una de 1000 kg. El Cooker posee una capacidad de 3000 kg. El proceso de alimentación de los dos cooker se lo realiza intermitentemente porque solo existe un Blow Tank.

Se carga la materia orgánica al Cooker y una vez terminado la carga, entra en proceso de cocción o fritura durante un periodo de 3 horas aproximadamente. En esta operación la materia orgánica va a “freírse” hasta convertirse en “chicharrón”.

Supervisión de la fritura

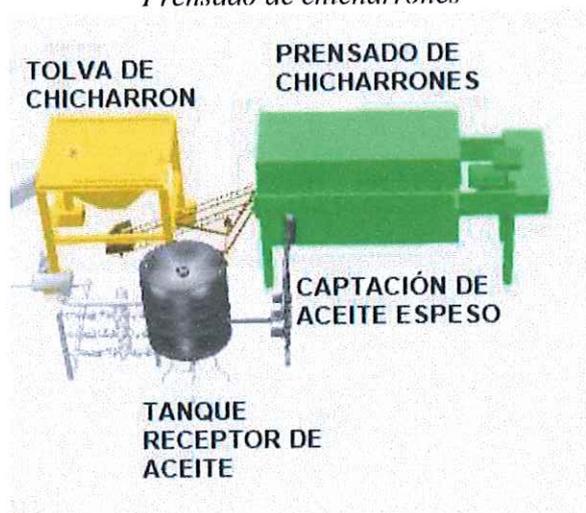
Antes de cumplirse los 3 horas de fritura se verifica visualmente el estado de cocción de la materia orgánica, el operario toma una muestra, la parte en dos y si esta crocante esto significa que está en su punto de cocción. Los indicadores de temperatura del Cooker deben marcar entre los 120°C a 124°C.

6. Percolado de chicharrones

El operario abre la escotilla del Cooker para que salga el “chicharrón”, el cual es descargado a un percolador o tamiz, se deja reposar el producto de 10 a 15 minutos, tiempo en el cual se escurre la mayor cantidad de aceite que es enviado al tanque de depósito. El material seco se lo envía a la tolva de chicharrón.

7. Prensado de chicharrones

Figura 5
Prensado de chicharrones



Fuente: Elaboración propia

Mediante tornillos sin fin se alimenta a la prensa con los chicharrones, la cual trabaja con una presión de 800 psi, en esta etapa se extrae el aceite espeso que quedó impregnado en los chicharrones el cual es receptado por unas rendijas que alimenta a un tanque receptor, la parte sólida tiene forma de grano grueso, que se la denomina “galleta” por su similitud con este alimento.

7.1. Tratamiento de aceite de cocción

Este aceite es obtenido de la cocción de la materia orgánica y el prensado de los chicharrones. El aceite es recolectado en un tanque receptor que cumple con la función de decantación, en este tiempo los sólidos pesados se asientan en el fondo del tanque y mediante una bomba de succión, se bombea el aceite liviano que es utilizado para la siguiente cocción. El aceite es sometido frecuentemente a análisis de acidez, si el aceite supera el 1,8 se lo descarta.

8. Molido

Figura 6
Proceso de molienda



Fuente: Elaboración propia

Los chicharrones prensados pasan por el molino de martillo para bajar la granulometría necesaria para la harina. Cabe recalcar que es un molido en seco y se toma una muestra para verificar el porcentaje de humedad necesario que es de 8 a 10% de humedad.

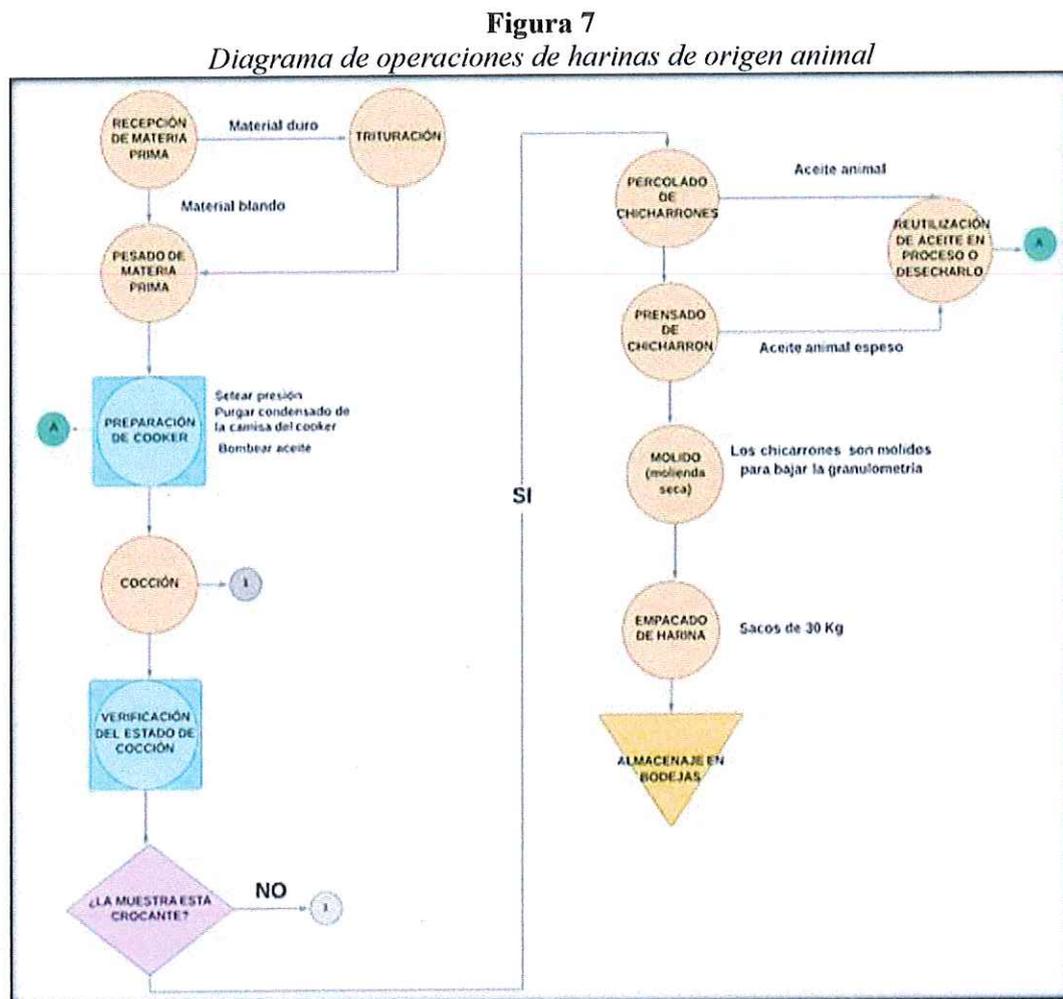
9. Ensacado

Luego la harina es ingresada a la tolva de ensacado y es empacada en sacos de polipropileno con peso promedio aproximado de 30 Kg, se sellan a través de una cosedora colocándose una etiqueta de identificación que contiene información sobre el lote de fabricación, fecha de producción y nombre del producto.

10. Almacenamiento

Una vez empacado el producto terminado es almacenado en un lugar fresco y seco para luego ser despachado.

En forma resumida, las actividades redactadas anteriormente han sido simplificada en el siguiente diagrama de operaciones. (Ver Anexo 1)



Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra una tabla con todas las actividades que se realizan en la línea de producción de harina animal, cada una está clasificada por su función y se especifican los tiempos de duración, estos tiempos están en función a cada 3000 kg de materia orgánica procesada, la información fue recolectada mediante un dialogo con el Jefe de producción de la empresa, es importante resaltar que los tiempos son aproximaciones a los tiempos reales.

Tabla 2
Actividades y duración de la línea de producción

Num	Actividad Descripción	TIPO					
		Operación	Transporte	Inspección	Almacenaje	Demora	Decisión
1	Recepción de materia prima	X					
2	Transporte mediante tornillo sin fin		X				
3	Alimentar trituradora con componentes sólidos	X					
4	Trituración de material con componente sólido	X				15"	
5	Almacenamiento de materia prima				X		
6	Cargar Blow tank con materia prima	X			X	15"	
7	Preparación del Cooker	X		X		10"	
8	Transporte mediante tuberías por soplado a presión		X				
9	Cargar cooker	X				10"	X
10	Cocción o fritura	X				180"	
11	Verificación de estado de cocción			X			
12	Percolado de chicharones	X				20"	
13	Almacenar material en tolva de prensado				X		
14	Transporte mediante tornillo sin fin		X				
15	Prensado de chicharones	X				20"	
16	Almacenar en tolva de molido				X		
17	Transporte mediante tornillo sin fin		X				
18	Molido en seco	X				15"	
19	Almacenamiento en tolva de ensacado				X		
20	Ensayado	X				30"	
21	Paletizado	X					
TOTAL DE TIEMPO (minutos)		315 minutos					

Fuente: Elaboración propia

En este estudio se calculará la eficiencia del *proceso de ensacado y paletizado*; por motivo de la variabilidad de los tiempos de ejecución de las operaciones en la totalidad de la línea de producción de harinas no fue posible realizar el balance global de la línea.

3.3. Análisis de la distribución en planta actual

Figura 8
Esquema de layout actual



Fuente: Elaboración propia

Esta distribución en planta sigue una configuración por producto, debido a que la materia prima va avanzando en cada etapa y se va transformando hasta convertirse en harina. Se distingue fácilmente una distribución en forma de “L”. El problema en este layout es el tránsito de personal y producto terminado por un mismo sitio, lo cual podría ocasionar accidentes por el recorrido de los montacargas por dicha zona al momento de embarcar los sacos para su transporte. Durante el desarrollo de las actividades de ensacado y paletizado se evidencian dificultades que inciden en rendimiento bajo de los operarios y del proceso en general.

Estos inconvenientes suelen ocurrir durante el transporte de los sacos a los pallet o durante el llenado de los sacos. Por tal motivo se ha decidido analizar el proceso de ensacado para encontrar la eficiencia de este proceso, mediante el Equilibrado de cadena.

3.4. Descripción y análisis del proceso de ensacado y paletizado

Figura 9



y paletizado.

Como se aprecia en la *figura N°9*, el proceso de ensacado es semiautomático, en dicha actividad laboran dos personas, el trabajo de llenado y trasladado a pallet se lo realiza de manera sincronizada y de forma manual. El personal que labora allí no es exclusivamente para el ensacado, sino que es aprovechado en otras actividades de la planta debido a que la producción de harinas tiene un tiempo de duración de 315 minutos (**ver tabla N°2**) por esta razón los trabajadores hacen otras actividades hasta que sea el momento de ensacar la harina. En cada turno los operarios cuentan con 30 minutos para realizar el ensacado

Los operarios terminan el trabajo fatigados al manipular la carga, cada saco pesa 30kg. Dentro de la planta se ha observado y recolectado los tiempos de ejecución de cada actividad en el área de ensacado, los tiempos que se muestran en la *tabla N°3* y han sido obtenidas mediante un promedio de los tiempos cronometrados en un turno de trabajo, debido a la disponibilidad de la empresa solo fue posible tomar tiempos en un turno laboral.

A continuación se enlistan las actividades que realizan los operadores del ensacado y paletizado de la harina animal.

- A. Tomar saquillo
- B. Abrir y sacudir saquillo
- C. Revisión del saquillo
- D. Colocar saquillo en boca de la tolva de harina
- E. Presionar comandos de llenado
- F. Llenado de saquillo automático
- G. Descolgar el saquillo de la tolva
- H. Cosido de saquillo
- I. Colocar identificación al saquillo
- J. Traslado de saquillo
- K. Paletizado

Actividades ejecutadas en el ensacado

Tabla 3
Promedio de tiempos tomados con cronómetro

Trabajador	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	4,9	7,2	9	5,8	3,8	10	4,8	1,9	11,9	7,1	4,9
2	4,8	7,3	8,9	5,9	3,9	10	4,9	1,9	11,6	7,3	4,9
1	5,2	6,8	8,9	6,1	4	10	5,1	2	12,1	7,1	5,1
2	4,8	6,9	8,8	6	4,1	10	4,9	2,1	12	7	5
1	4,9	6,7	9,1	6,1	4,3	10	5	2,3	12,3	7,2	4,8
2	5,2	6,8	9,2	5,9	4,1	10	5,1	2	11,9	7,3	4,5
1	5,2	7,1	9	5,9	4	10	4,8	1,7	11,9	6,8	5,1
2	5,1	7	9,2	6	3,9	10	4,7	1,8	11,8	6,9	5,2
1	4,8	7,1	9	6,1	3,7	10	5	2,1	12	6,7	5,1
2	4,8	7,2	8,9	6,2	3,8	10	5,2	2	12,1	6,9	5
Total	5	7	9	6	4	10	5	2	12	7	5

Fuente: Elaboración propia

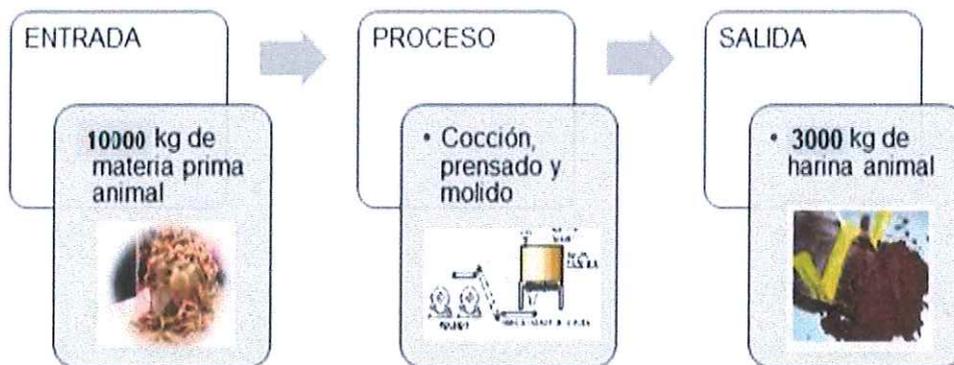
Como datos adicionales se sabe que la empresa labora en dos jornadas, cada una con una duración de 8 horas. El inicio de las operaciones empieza a partir de las 6:00 AM, con la recepción de la materia prima. Esta planta procesa 10 toneladas/turno de desechos orgánicos de origen animal proveniente de aves de criadero.

El rendimiento teórico de la materia prima es aproximadamente del 30% según los datos proporcionados por el Jefe de Producción de esta planta. Entonces, realizando la conversión de toneladas a kilogramos, y multiplicándolo por el 30% de rendimiento, se obtiene

$$3000 \frac{\text{kg de harina animal}}{\text{turno de trabajo}}$$

Cantidad de harina animal obtenida por turno

$$10 \text{ ton} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} = 10000 \text{ kg} \times 0.30\% = 3000 \text{ kg/turno}$$



La empresa maneja la presentación de sacos de harina animal de 30 kg, entonces para obtener la cantidad de sacos por turno, se divide la cantidad de harina obtenida para el peso de un saco de harina.

Número de sacos de harina animal por turno:

$$3000 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ saco}}{30 \text{ kg}} = 100 \text{ sacos}$$

En el proceso de ensacado laboran dos operarios, los cuales son los encargados del llenado y paletizado de los saquillos de harina animal. Los operarios disponen de 30 minutos (por turno) para efectuar el ensacado de 100 unidades.

El proceso de llenado del saco es automático y se lo realiza mediante la tolva receptora de harina, la cual mediante comando electrónico llena el saco con el peso requerido.

El proceso de cocción, prensado y molido de la harina tiene un tiempo de duración alto, el cuello de botella es en la etapa de cocción, esta actividad es necesaria y no se puede efectuar ninguna mejora, porque la materia orgánica debe cumplir con las 3 horas de fritura.

Por la variabilidad de los tiempos de las operaciones de la totalidad del proceso de harina animal, se ha optado por analizar el proceso de ensacado y paletizado de la línea de producción, además porque tiene ciertas características semejantes a una línea de ensamblaje.

3.5. Balanceo del proceso de ensacado y paletizado

Para la aplicación del método “Equilibrado de cadena” es necesaria la siguiente información.

3.5.1. Descripción de actividades y precedencias del proceso de ensacado y paletizado

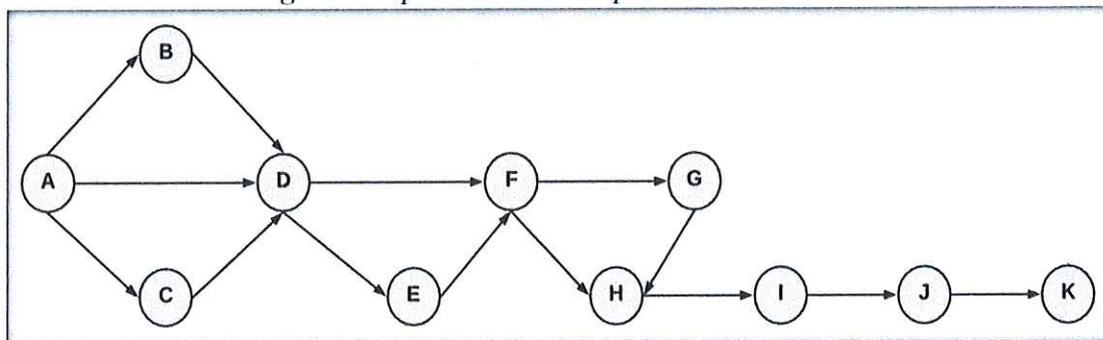
Tabla 4
Actividades y duración de la línea de producción

Tareas	Descripción	Tiempo (Seg.)	Precedencia
A	Tomar saquillo	5	-
B	Abrir y sacudir saquillo	7	A
C	Revisión del saquillo	9	A
D	Colocar saquillo en boca de la tolva de harina	6	A-B-C
E	Presionar comandos de llenado	4	D
F	Llenado de saquillo automático	10	D-E
G	Descolgar el saquillo de la tolva	5	F
H	Cosido de saquillo	12	F-G
I	Colocar identificación al saquillo	7	H
J	Trasladar saquillo	5	I
K	Paletizado	11	J
TOTAL		81 s	

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Diagrama de Precedencia

Figura 10
Diagrama de precedencias del proceso de ensacado.



Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución del equilibrado de cadena se necesita obtener los siguientes parámetros:

3.5.3. Tiempo de ciclo

Los 1800 segundos correspondientes al tiempo disponible en un turno de trabajo que se destina al ensacado y paletizado, las 100 unidades es la cantidad de sacos que deben obtenerse.

$$C = \frac{1800 \text{ seg}}{100 \text{ u}} = 18 \text{ seg/u}$$

3.5.4. Cálculo del número mínimo de estaciones

El número mínimo de estaciones de trabajo que se puede subdividir la cadena de ensacado es:

$$MT = \frac{\sum ti}{C}$$
$$MT = \frac{81 \text{ seg}}{18 \text{ seg/u}} = 4,5 = 5 \text{ estaciones}$$

3.5.5. Tiempo ocioso

Tiempo total ocioso de la línea será:

$$t_o = nc - \sum ti$$
$$t_o = 5(18 \text{ seg/u}) - 81 \text{ seg}$$
$$t_o = 90 \text{ seg} - 81 \text{ seg}$$
$$t_o = 9 \text{ segundos}$$

3.5.6. Eficiencia y retraso de la línea

La eficiencia de la línea:

$$E = 100\% \frac{\sum ti}{nc}$$
$$E = 100 \left(\frac{81 \text{ seg}}{5(18)} \right) = 90 \%$$

Retraso de la línea:

$$R = 100\% - 90\% = 10\%$$

Basado en los cálculos, existe un 10% de oportunidad para mejorar la eficiencia del proceso de ensacado y paletizado, en este caso se buscará la alternativa de solución que se acople a las necesidades del proceso.

3.5.7. Asignación de tareas a estaciones de trabajo

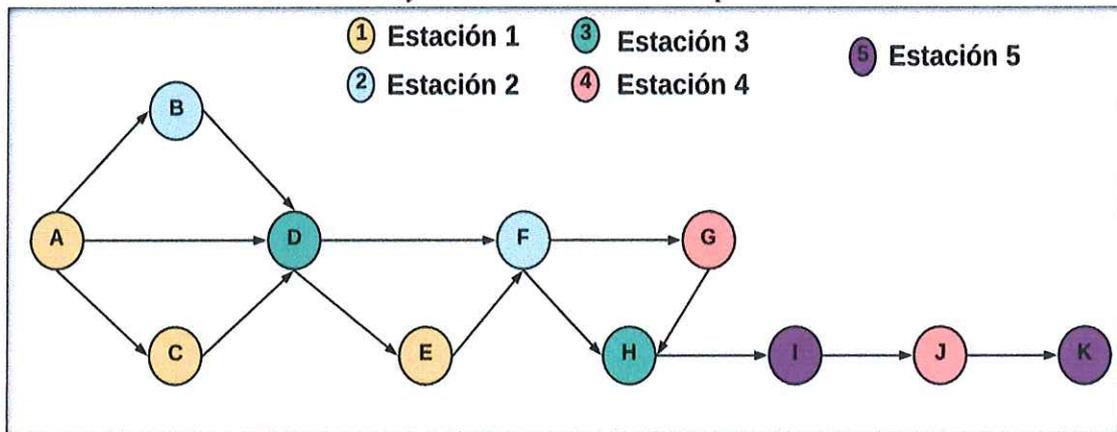
Una vez determinado los parametros anteriores, es posible equilibrar las tareas en las estaciones de trabajo, a modo que se consuma todo el tiempo de ciclo en cada estación para minimizando los tiempos improductivo u ocisosos.

Tabla 5
Balanceo de actividades en estaciones de trabajo

ESTACIÓN	TAREA	TIEMPOS	TAREA ASIGNADA	To ESTACIÓN
1	A-B-C-D-E	5 7 9 6 4	C A E	18-9=9 9-5=4 4-4=0
2	B-D-F-G	7 6 10 5	F B	18-10=8 8-7=1
3	D-G-H-I	6 5 12 7	H D	18-12=6 6-6=0
4	G-I-J-K	5 7 5 11	K I	18-11=7 7-7=0
5	G-J	5 5	G J	18-5=13 13-5=8
TOTAL TIEMPO OCIOSO				9 segundos

Fuente: Elaboración propia

Figura 11
Actividades y duración de la línea de producción



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

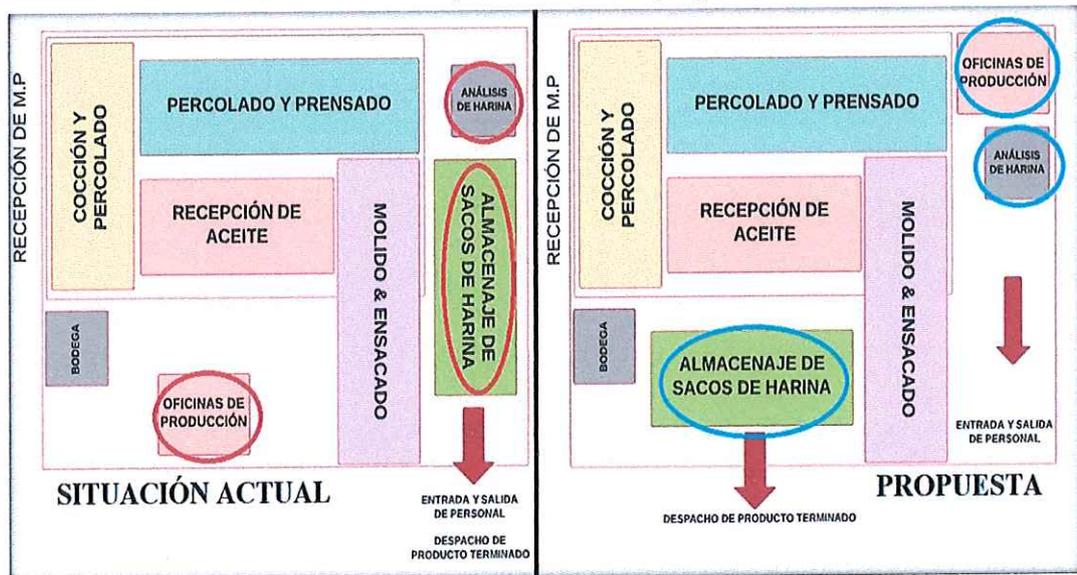
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

4.1. Reubicación de áreas de la planta

Partiendo de los objetivos básicos establecidos por (Murther, 1970 p.19) para la distribución en planta como son: “*Movimiento del material según distancias mínimas; Principios de la circulación o flujo de materiales y Satisfacción y seguridad de los trabajadores*” se han tomado en cuenta estos tres objetivos porque son los que más se adaptan al estudio, actualmente estos objetivos no se están cumpliendo por completo en la distribución en planta de la empresa. Es importante que la propuesta tenga como finalidad aumentar la eficiencia del área de ensacado y paletizado, y para esto se necesita una reubicación de tres áreas de la planta que influyan en el cumplimiento de los tres objetivos mencionados anteriormente.

Para la estructuración de la propuesta de reordenación del layout de la planta se han considerado factores como: espacio físico, prioridad de cercanía del proceso de ensacado con el sector de almacenaje y condiciones de trabajo; por tal motivo se propone reubicar las oficinas de producción, área de análisis de harina y almacenaje de producto terminado.

Figura 12
Distribución en planta actual vs propuesta



Fuente: Elaboración propia

Con esta propuesta se espera brindar condiciones de trabajo favorables, seguras y cómodas para el personal de la planta.

4.1.1. Movimiento del material según distancias mínimas

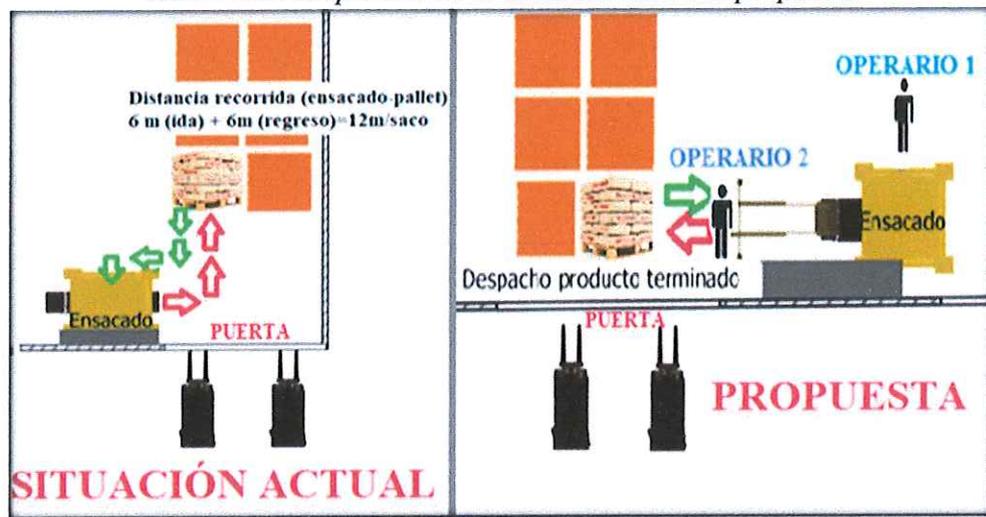
(Niebel & Freivalds, 2009 p.137) da la siguiente definición para este objetivo: “Es el traslado mínimo del hombre y los materiales; las instalaciones deben organizarse de tal manera que la distancia total recorrida por los hombres y materiales sea mínima y se prefiera el movimiento en línea recta”.

En la situación actual el operario 1 ensacaba el producto y él mismo traslada el saco en su hombro hacia el pallet y la misma actividad realiza el operario 2; este trabajo lo realizan de manera sincronizada para aprovechar el tiempo. Aproximadamente la distancia total recorrida por el operario es de 12m por cada saco.

Mediante la utilización de la banda transportadora de sacos, el operario 1 se encargará del ensacado y cosido del producto, el saco se trasladará automáticamente por la banda transportadora de la tolva hacia la banda transportadora de sacos; el operario 2 receptorá el saco y lo colocará sobre el pallet. Con esta propuesta se ha eliminado el movimiento de los operarios desde la tolva de ensacado hacia los pallets y permite reducir la fatiga laboral. Para que el trabajo no se convierta monótono en cada turno se alternará a los trabajadores.

Figura 13

Recorrido del operario en la situación actual vs propuesta



Fuente: Elaboración propia

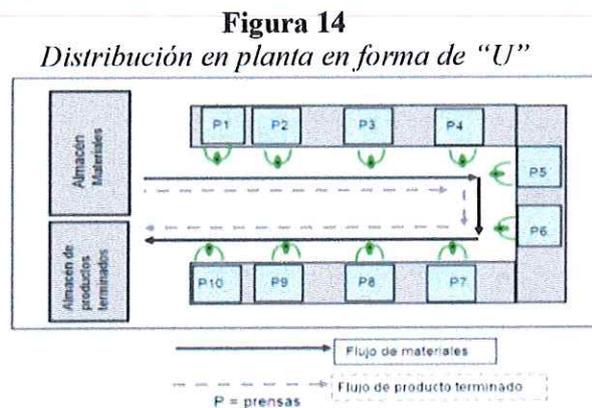
4.1.2. Principio de la circulación o flujo de materiales

En la literatura de (Fuente García & Fernández Quesada, 2005 p.8) menciona que: “Es mejor la distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman los materiales”. En este caso la

propuesta no distorsiona el flujo de los materiales ni procesos, porque no se ha modificado ninguna actividad clave de la línea de producción de harina animal.

En la propuesta dada por los autores podemos distinguir que la distribución en planta tiene forma de “U”, existen algunas características de esta forma de distribución, a continuación se recopilan algunos de ellos basados en (Fuente García & Fernández Quesada, 2005 p.22):

- La entrada y salida del proceso se encuentran al extremo de la planta.
- La supervisión de las operaciones es menos dificultosa debido a que un solo operario puede vigilar y percatarse de algún inconveniente al contar con las maquinarias más cerca físicamente.
- Se aprovecha de mejor manera el espacio físico de la planta.



Fuente: Internet

4.1.3. Satisfacción y seguridad del trabajo

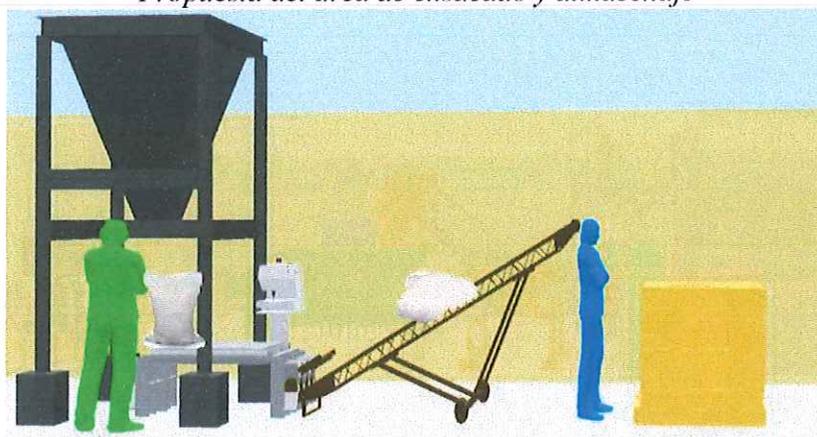
Actualmente la planta cuenta con una sola puerta de acceso (4mx4m), la cual se utiliza para el ingreso y salida del personal, y para el tránsito de los montacargas al momento de embarcar los pallets en vehículos para su transporte. Esto es un peligro latente que debe ser eliminado, debido a que podría causar accidentes, como por ejemplo atropellamientos, debido a que se utiliza la misma vía para el flujo del personal y de los montacargas. Los trabajadores deben estar pendientes y atentos para evitar cualquier desgracia. Otro riesgo que a largo plazo puede afectar la salud de los operarios es el traslado de carga, cada saco tiene un peso de 30 kg. El (Decreto Ejecutivo, 1986) 2393 en el Capítulo V que trata sobre “Manipulación y almacenamiento

Art. 128. Manipulación de materiales.

- **Literal 1.-** El transporte o manejo de materiales en lo posible deberá ser mecanizado, utilizando para el efecto elementos como carretillas, vagonetas, elevadores, transportadores de bandas, grúas, montacargas y similares.
- **Literal 4.-** El peso máximo de la carga que puede soportar un trabajador será “*Varones de más de 18 años.....Hasta (25 kg)*”

En este caso la empresa está incumpliendo la legislación en cuanto al peso de la carga, por esta razón es importante la implementación del equipo mecanizado en esta área del trabajo, para así eliminar la fuente del riesgo, que en este caso es la carga de sacos de 30kg.

Figura 15
Propuesta del área de ensacado y almacenaje

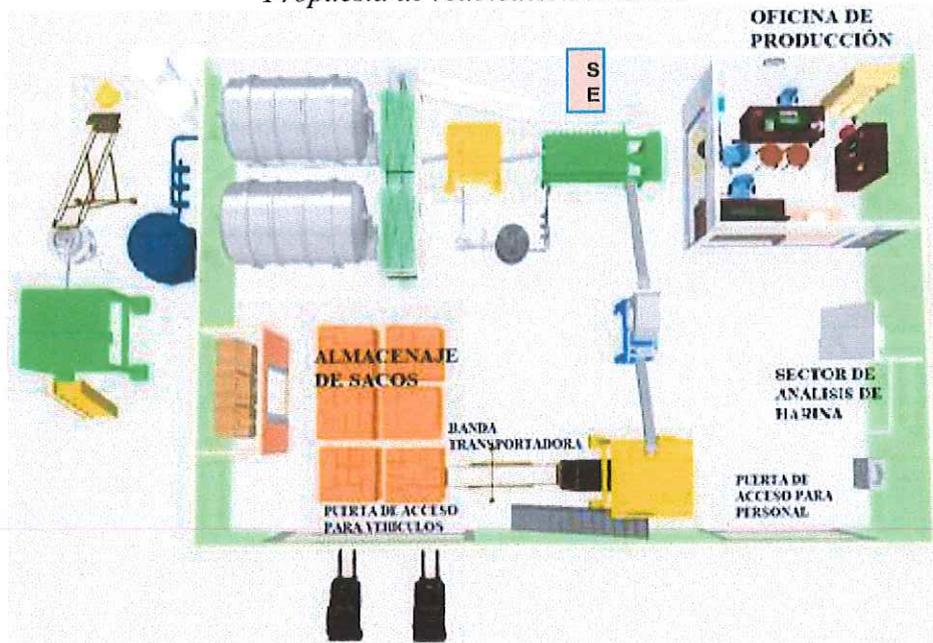


Fuente: Elaboración propia

El uso de “*ciclos de trabajo-reposo intermitentes, frecuentes o cortos*” de (Niebel & Freivalds, 2009) se va a destinar para la recuperación del operario en el paletizado del saco. Con la ayuda de la banda transportadora el operario solo deberá receptor el saco sobre sus hombros y colocarlo sobre el pallet, eliminando la distancia de recorrido con la carga en su hombro. Se sugiere rotar al personal de ensacado y paletizado

A continuación se muestra la propuesta de reubicación de oficinas, análisis de harina y almacenaje de producto terminado:

Figura 16
Propuesta de reubicación de áreas

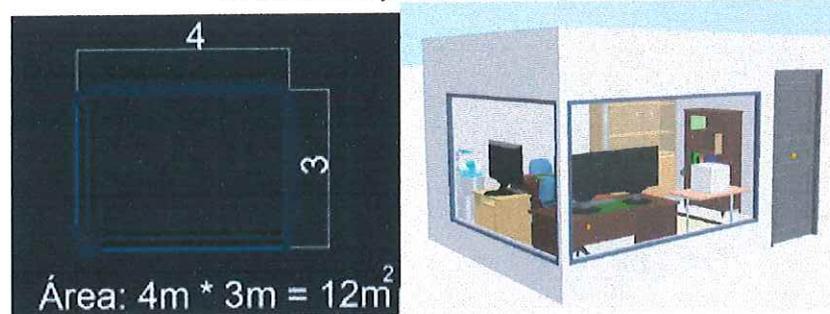


Fuente: Elaboración propia

4.2. Oficinas de producción y sector de análisis de harina

La planta cuenta con una superficie de 30 metros de ancho x 25 metros de largo aproximadamente. Posee una oficina destinada al monitoreo del proceso y actividades administrativas, la oficina tiene un área de 12 m^2 aproximadamente; y es ocupada por el Jefe de producción y el auxiliares de proceso. La infraestructura de la oficina es de aluminio y vidrio, los cuales hacen fácil el desmontado y la reubicación de la oficina en otro lugar.

Figura 17
Dimensiones y vista 3D de oficina

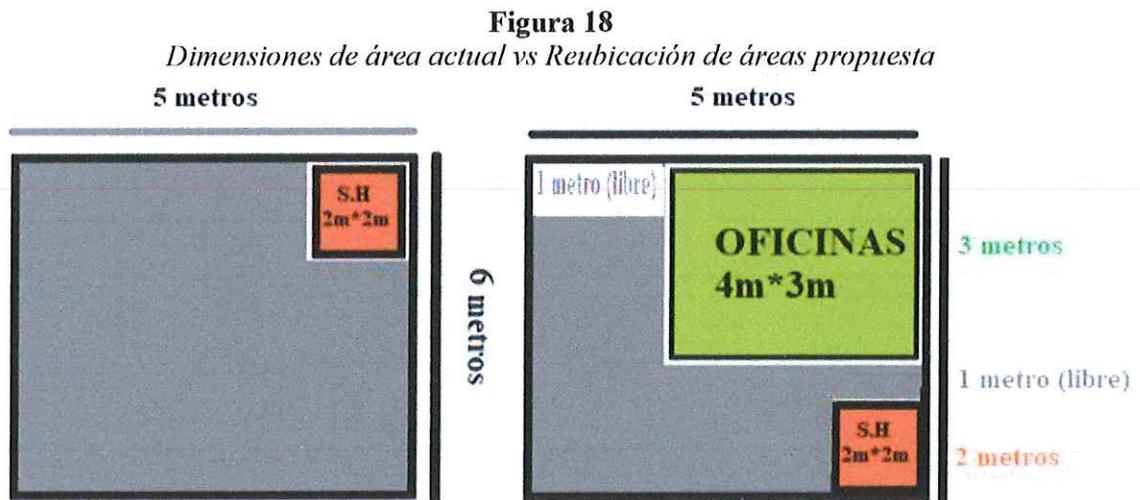


Fuente: Elaboración propia

El lugar propuesto para las oficinas es instalarse en la esquina superior derecha de la planta, el cual era ocupado por el equipo que hace el análisis de harina; el sector de análisis ocupa un área de 4 m^2 , entonces se ha propuesto desplazar el sector de harina hacia el centro-lateral

de la planta para dar lugar a las oficinas. Existe un espacio disponible de 5 metros de ancho y 6 de largo para la reubicación de las oficinas y el sector de análisis de harinas.

En la *figura N° 18* se muestra dos situaciones, la primera es el área actual y muestra la disponibilidad de espacio con sus medidas, la segunda imagen es la reubicación de las oficinas y el sector de harinas, dejando espacios libres para el recorrido del personal. Notamos que sí es posible una reubicación de estas dos áreas debido a la disponibilidad de espacio físico.



Fuente: Elaboración propia

$$\text{Área actual} = 6m * 5m = 30m^2$$

$$\text{Área utilizada} = 12m^2 + 4m^2 = 16m^2$$

$$\text{Área libre} = 30m^2 - 16m^2 = 14m^2$$

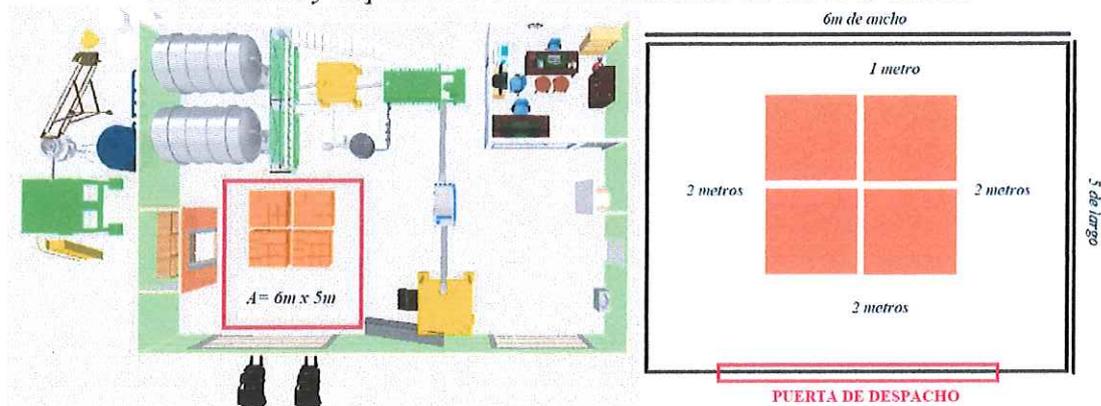
Dentro del área libre está destinada como “pasillos” para el flujo del personal y acceso de herramientas o equipo en caso de mantenimiento de área.

Desde un punto de vista técnico, la reubicación de las áreas propuesta por los autores no obligan a que la producción se detenga o se interrumpa, ya que al mover las oficinas y sector de análisis de harina se lo puede realizar un día sábado que es destinado únicamente a la limpieza de la planta, entonces existiría disponibilidad de las instalaciones para la ejecución de la reubicación.

4.3. Almacenaje de producto terminado

Figura 19

Dimensiones y esquema 3D del almacenamiento de sacos de harina



Fuente: Elaboración propia

Al reubicar las oficinas cerca del sector de análisis de harina queda espacio suficiente (6X5m) para colocar allí el sector de almacenaje de sacos de harina. En la **figura N°19** se muestran las dimensiones del sector de almacenaje, en las partes laterales se ha dejado propuesta dejar 2 metros de ancho para los recorridos y maniobras de los montacargas.

Beneficios:

- Esto brindará facilidad a los vehículos en la carga y descarga de producto.
- Se está utilizando el espacio de manera conveniente. Elimina los obstáculos en las vías de recorrido del personal.
- Salvaguardar la integridad de los trabajadores al prevenir accidentes.

4.4. Implementación de cinta transportadora de sacos en el proceso de ensacado y paletizado

Uno de los principios que mencionan (Niebel & Freivalds, 2009) para el manejo eficiente de los materiales es “*usar equipo mecanizado o automático*” esto da la oportunidad al operario encargado del ensacado y paletizado hacer su trabajo más rápido, con seguridad y menos fatiga laboral en el traslado de los sacos de harina animal.

La cinta transportadora que se ha seleccionado es en base a las necesidades del proceso de paletizado cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

Figura 20
Banda transportadora modelo TCH-10



Fuente: Grupo Victor

Tabla 6
Especificaciones técnicas Banda transportadora modelo TCH-10

Dimensiones	<i>Altura: 1,54 m máxima y 0,82 mínimo Largo: 3,12 m Ancho: 0,98</i>
Material	Acero al carbón y/o acero inoxidable
Motor	$\frac{1}{2}$ HP
Alimentación	Trifásica 220/440 V 60 Hz
Velocidad de la banda	18 m/min

Fuente: Grupo Victor

La banda transportadora es portátil, ya que cuenta con llantas para su movilización de un lugar a otro. En este caso la banda transportadora puede ser cambiada de sitio según las necesidades de la planta. Esto implica una mayor utilización del equipo porque se puede reubicar y adaptar en diferentes instalaciones.

4.4.1. Comparación de tiempos de la situación actual vs propuesta

Situación actual

En la *tabla N°4* se mencionan dos actividades que intervienen en el traslado del saco y el paletizado, dichas actividades tienen un tiempo de duración de 11 segundos y 5 segundos respectivamente; dando un total de 16 segundos.

Propuesta

Según la ficha técnica de la banda transportadora modelo TCH-10 proporciona los siguientes datos que serán necesarios para encontrar el tiempo de traslado de un saco desde el ensacado hasta el operario.

$$v_{motor} = 18 \frac{m}{min} \rightarrow 0,3 \frac{m}{seg}$$

$$d_{banda} = 3,12m$$

$$t = \frac{3,12m}{0,3m/seg} \rightarrow 10 \text{ seg}$$

$$\text{Tiempo total} = 16 \text{ seg} - 10 \text{ seg} = 6 \text{ seg/saco}$$

Con la implementación de la banda transportadora de sacos existe una disminución de los tiempos de traslado de sacos de 6 segundos por unidad.

4.4.2. Beneficios de la implementación de banda transportadora de sacos

- Este equipo es apropiado para el movimiento o traslado de sacos de una manera rápida y efectiva.
- Puede ser usado para el traslado de sacos a estiba, bodega e inclusive directamente en camiones para su transporte.
- Posee ruedas que permiten mover el equipo y colocarlo en el lugar que se necesite.
- Reduce la distancia recorrida por el operario evitando la fatiga por trasladar el saco sobre sus hombros
- Protege la salud del personal de ensacado y paletizado al minimizar el tiempo de traslado manual de los sacos, desde la tolva de ensacado hasta el sector de almacenaje.
- No requiere de un proceso exigente en la instalación y es fácil de utilizar.

Con la implementación de una banda transportadora se necesita un periodo de aprendizaje y capacitación del operario para que se adapte al nuevo estilo de trabajo, esto reducirá los daños en el producto final y velará por la seguridad y salud del trabajador al disminuir la fatiga y cansancio que estaban sujetos por el traslado de sacos al hombro con la antigua metodología manual.

4.5. Balanceo del proceso de ensacado y paletizado con la utilización de la banda transportadora de sacos y la reubicación del sector de almacenaje.

A continuación se detallan algunas acciones que tendrían como consecuencia la disminución de algunos tiempos de ejecución de las tareas de ensacado y paletizado.

- Como autores hemos decidido unificar o combinar dos tareas en una sola siempre y cuando puedan ser ejecutadas de manera correcta, como es el caso del “cosido de saquillo e identificación”; una vez llenado el saco pasa por banda transportadora a la cosedora y el

operario antes de enviarlo a la banda transportadora 2 puede escribir la identificación en el saco.

- Otra actividad que ha disminuido el tiempo de ejecución del paletizado manual es el “envío de saco por banda transportadora” se estima que demore 10 segundos en llegar al punto final donde el operario recibe el saco y lo coloca en el pallet.

- A. Tomar saquillo
- B. Abrir y sacudir saquillo
- C. Revisión del saquillo
- D. Colocar saquillo en boca de la tolva de harina
- E. Presionar comandos de llenado
- F. Llenado de saquillo automático
- G. Descolgar el saquillo de la tolva
- H. Cosido de saquillo e identificación
- I. Envío de saco por banda transportadora
- J. Paletizado

Actividades ejecutadas en el ensacado

4.5.1. Descripción de actividades y precedencias del proceso de ensacado y paletizado

Tabla 7
Tiempo de actividades en proceso de ensacado

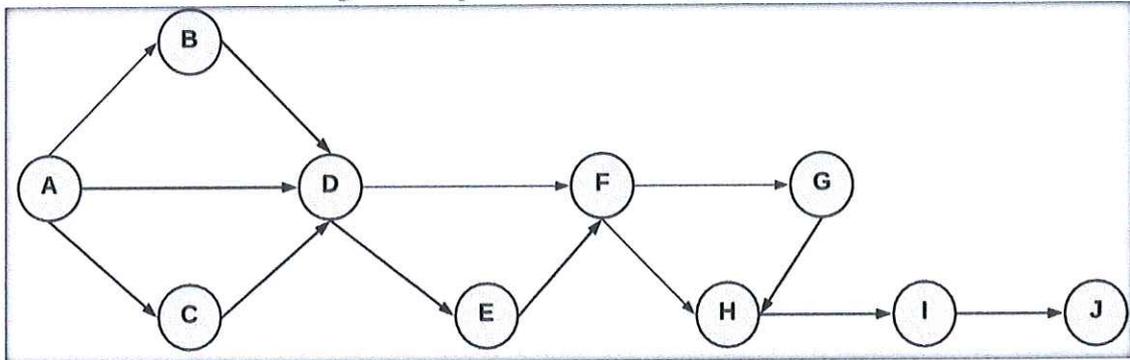
Tareas	Descripción	Tiempo (s)	Precedencia
A	Tomar saquillo	5	-
B	Abrir y sacudir saquillo	7	A
C	Revisión del saquillo	9	A
D	Colocar saquillo en boca de la tolva de harina	6	A-B-C
E	Presionar comandos de llenado	4	D
F	Llenado de saquillo automático	10	D-E
G	Descolgar el saquillo de la tolva	5	F
H	Cosido de saquillo e identificación	12	F-G
I	Envío de saco por banda transportadora	10	H
J	Paletizado	2	I
TOTAL		70 s	

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Diagrama de Precedencia

Figura 21

Diagrama de precedencias de la propuesta



Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Tiempo de ciclo

Al implementar la banda transportadora, que permite trasladar los sacos de manera eficiente, la empresa ha decidido bajar el tiempo disponible de 30 minutos a 25 minutos (por turno) para ejecutar el ensacado y paletizado, manejando las mismas 100 unidades de sacos que deben obtenerse.

$$C = \frac{1500 \text{ seg}}{100 \text{ u}} = 15 \text{ seg/u}$$

4.5.4. Cálculo del número mínimo de estaciones

El número mínimo de estaciones de trabajo que se puede subdividir la cadena de ensacado es:

$$MT = \frac{\sum ti}{C}$$
$$MT = \frac{70 \text{ seg}}{15 \text{ seg/u}} = 5 \text{ estaciones}$$

4.5.5. Tiempo ocioso

Tiempo total ocioso de la línea será:

$$to = nc - \sum ti$$
$$to = 5(15 \text{ seg/u}) - 70 \text{ seg}$$
$$to = 75 \text{ seg} - 70 \text{ seg}$$
$$to = 5 \text{ segundos}$$

4.5.6. Eficiencia y retraso de la línea

La eficiencia de la línea:

$$E = 100\% \frac{\sum ti}{nc}$$

$$E = 100 \left(\frac{70 \text{ seg}}{5(15)} \right) = 93,33 \%$$

Retraso de la línea:

$$R = 100\% - 93,33\% = 6,67\%$$

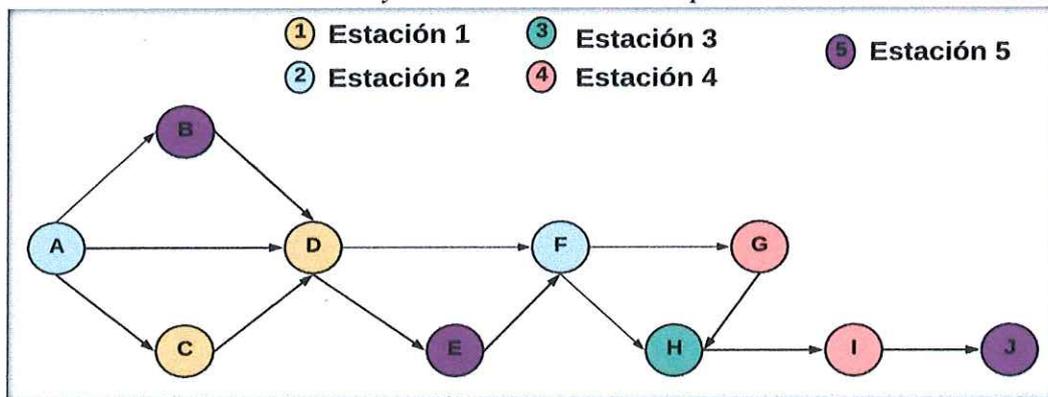
4.5.7. Asignación de tareas a estaciones de trabajo

Tabla 8
Balaceo de actividades en estaciones de trabajo

ESTACIÓN	TAREA	TIEMPOS	TAREA ASIGNADA	To ESTACIÓN
1	A-B-C-D-E	5 7 9 6 4	C D	15-9=6 6-6=0
2	A-B-E-F	5 7 4 10	A F	15-10=5 5-5=0
3	B-E-G-H	7 4 5 12	H	15-12=3
4	B-E-G-I	7 4 5 10	G I	15-10=5 5-5=0
5	B-E-J	7 4 2	B E J	15-7=8 8-4=4 4-2=2
TOTAL TIEMPO OCIOSO				5 segundos

Fuente: Elaboración propia

Figura 22
Actividades y duración de la línea de producción



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

5.1. Evaluación económica

La planta de harina animal tiene una propuesta de inversión la cual está destinada al mejoramiento de las instalaciones de la planta. Esta propuesta está enfocada a solucionar el problema del almacenaje de producto terminado (bodega) y optimizar el proceso de ensacado. Para obtener los flujos netos de caja, se relacionó los ingresos y egresos anuales de la empresa. A continuación se expondrá una evaluación económica mediante los criterios de Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno para el proyecto de inversión para ver si a la empresa le conviene o no invertir en la propuesta.

5.2. Situación propuesta

La descripción de esta propuesta de inversión es de un proyecto de reubicación de oficinas, sector de análisis de harina (calidad) y almacenaje de sacos de la planta que permiten tener una mejor utilización del espacio físico de la planta sin necesidad de expandir las instalaciones. La inversión incluye también la adquisición de equipo mecanizado para estiba, que es una banda transportadora de sacos y la creación de una nueva puerta de acceso exclusivo para el almacenaje de sacos.

La inversión está presupuestada en \$ 14000, (**Ver Anexo 2**), la Tasa mínima aceptable de rendimiento de la empresa es del 15% anual a 3 años de duración de la inversión.

Es importante señalar que al final de los tres años que dura la inversión, existirá un valor de salvamento que equivale el 20% de la inversión inicial, pero por motivo de análisis se ha decidido obviar el dato para los cálculos.

Tabla 9
Flujos de caja obtenidos mediante las ventas

FLUJOS NETO DE CAJA	
INVERSIÓN	\$14.000
AÑO 1	\$ 23.040
AÑO 2	\$ 23.040
AÑO 3	\$ 23.040

Fuente: Elaboración propia

5.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = \left[\frac{FNC_1}{(1+i)^1} + \frac{FNC_2}{(1+i)^2} + \dots \right] - I_0$$

$$VAN = \left[\frac{\$23.040}{(1+0,15)^1} + \frac{\$23.040}{(1+0,15)^2} + \frac{\$23.040}{(1+0,15)^3} \right] - \$14.000$$

$$VAN = [\$20.034,78 + \$17.421,55 + \$15.149,17] - \$14.000$$

$$VAN = \$52.605,5 - \$14.000$$

$$VAN = \$38.605,5$$

Resultados

5.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$VAN = \frac{FNC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FNC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FNC_3}{(1+TIR)^3} - I_0$$

$$0 = \frac{\$23.040}{(1+TIR)^1} + \frac{\$23.040}{(1+TIR)^2} + \frac{\$23.040}{(1+TIR)^3} - \$14.000$$

Probamos con: $i = 10\%$

$$0 = \frac{\$23.040}{(1+0,10)^1} + \frac{\$23.040}{(1+0,10)^2} + \frac{\$23.040}{(1+0,10)^3} - \$14.000$$

$$\$20.945,45 + \$19.041,32 + \$17.310,29 - \$14.000 = 0$$

$$\$57.297,06 - \$14.000 = \$43.297,06$$

(¡Precio demasiado alto!)

Probamos con: $i = 20\%$

$$0 = \frac{\$23.040}{(1+0,20)^1} + \frac{\$23.040}{(1+0,20)^2} + \frac{\$23.040}{(1+0,20)^3} - \$14.000$$

$$\$19.200 + \$16.000 + \$13.333,33 - \$14.000 = 0$$

$$\$48.533,33 - \$14.000 = \$34.533,33$$

(¡Precio demasiado bajo!!)

0,10	{	X	{	0,10	\$57.297,06	}	-	\$14.000	}	\$43.297,06	-	\$8.763,73
			{	IRR	\$48.533,33	}						
				0,20								
				X	\$43.297,06							
				0,10	=	\$8.763,73						

$$x = \frac{(\$43.297,06) * (0,10)}{(\$8.763,73)}$$

$$x = 0,49,40$$

$$TIR = 49,40\%$$

5.3. *Análisis de resultados*

Tabla 10
Resultados evaluación económica

PROPUESTA	
VAN	\$38.605,5
TIR	49,40%

Fuente: Elaboración propia

Los criterios del VAN y TIR avalan la propuesta. Considerando que la Tasa mínima aceptable de rendimiento de la empresa es del 15% anual, mediante esta propuesta la empresa tiene un 49,40% esto significa que la propuesta no va a tener pérdidas económicas sino más bien, generará utilidades.

Otro punto a considerar es que esta propuesta se podrá aprovechar durante un largo periodo de tiempo, por motivos de cálculos, el periodo escogido para la evaluación económica fue de 3 años. En cuanto al VAN, se obtuvo un valor positivo, esto ayuda a los directivos de la empresa a conocer que la propuesta es viable.

CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio, el cual consistió en analizar y buscar una oportunidad de mejora para el proceso de ensacado y paletizado de la empresa productora de harina animal, basado en el método “Equilibrado de cadena” que permitió conocer el tiempo de ciclo, tiempos ociosos y la eficiencia de la situación actual y propuesta; se establecen a continuación una serie de conclusiones basados en los objetivos planteados de la investigación:

- Primero se comenzó con el análisis de la situación actual de la empresa, en cuanto a la distribución en planta, ha sido posible conocer y describir los principales procesos que intervienen en la producción de harina animal, a su vez sirvió para determinar que el proceso de ensacado y paletizado presentaba dificultades tanto por su ubicación en la planta como en la manera de trabajar de los operarios de dicho proceso.
- En el desarrollo del proceso de ensacado y paletizado se identificó las tareas y tiempos de ejecución para la aplicación del método “Equilibrado de cadena” arrojando una eficiencia del 90% en la situación actual; en base a este resultado se propuso una reubicación, que es viable, del sector de almacenaje, oficinas y sector de análisis de harina que permite aprovechar mejor el espacio físico sin olvidar la prioridad de cercanía de los procesos, esto requiere la construcción de una nueva puerta de acceso de uso único para el almacenaje de sacos. Realizando nuevamente el “Equilibrado de cadena” con las mejoras establecidas la eficiencia aumentó a 93,33%.
- Además es necesario implementar una banda transportadora de sacos para el paletizado del producto terminado, el cual permite disminuir las distancias recorridas y el tiempo empleado por el operario desde el ensacado al paletizado y a su vez se encarga de mejorar la seguridad de los trabajadores al minimizar la fatiga laboral. Esto a su vez genera mayor capacidad de producción siempre y cuando la empresa decida aumentar la producción de harina animal.
- La evaluación económica de la propuesta de mejora es netamente viable, está avalada por el criterio del VAN y TIR

Es importante considerar que todas las empresas son distintas y que la propuesta de reubicación es una oportunidad de mejora basada en las necesidades de la planta, muchas veces una redistribución puede estar sujeta a limitaciones, ya sean técnicas o económicas, en este caso la reubicación de tres sectores de la planta es viable técnica y económicamente y no interrumpirá el proceso.

RECOMENDACIONES

Como autores del estudio, hemos pensando en una serie de observaciones adicionales que deberían considerarse para la mejora continua del proceso de ensacado y paletizado

Partiendo de la evaluación financiera, se recomienda a los directivos de la empresa implementar la propuesta de mejora, porque optimiza los tiempos de ejecución de tareas y vela por la integridad de los trabajadores.

Los directivos de la empresa deben estar comprometidos con la mejora continua del proceso por esta razón deben tener iniciativa y participación en lo concerniente a propuestas de mejora, seleccionando según la rentabilidad y viabilidad.

Mediante la distribución en planta propuesta es posible minimizar tiempos de ejecución de tareas, por esta razón se debe ubicar los puestos de trabajo y el equipo según lo planteado.

Es importante capacitar a los operarios para que hagan buen uso del equipo mecanizado que se va a instalar en el proceso de paletizado porque ellos son los que tendrán contacto directo con el equipo, y en caso de falla deberán comunicar al jefe inmediato. Como también deben ser capacitados los operadores de los montacargas para que conozcan por qué áreas pueden circular.

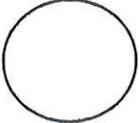
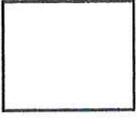
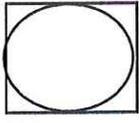
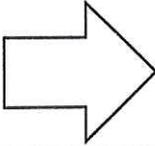
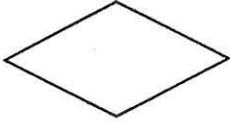
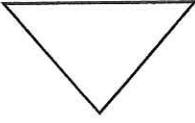
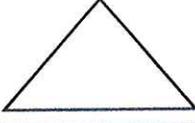
Con los planos en 3D de la situación propuesta del layout de la planta, se pueden establecer normas de seguridad para beneficio del personal como por ejemplo rutas de evacuación ante una emergencia.

La empresa debe ser competitiva, por este motivo, es importante implementar algunas estrategias que permitan disminuir costes de producción siempre y cuando sea viable.

ANEXOS

Anexo 1

Simbología para diagrama de flujo

SIMBOLO	REPRESENTA
	Operaciones. Fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección y medición. Representa el hecho de verificar la calidad y cantidad de los insumos y producto.
	Operación o inspección. Indica la verificación o supervisión durante las fases del proceso, método o procedimiento de sus componentes.
	Transporte. Indica el movimiento de personas, material o equipo.
	Demora. Indica retraso en el desarrollo del proceso, método o procedimiento.
	Decisión. Representa el hecho de efectuar una selección o decidir una alternativa específica de acción.
	Entrada de bienes. Productos o material que ingresan al proceso.
	Almacenamiento. Deposito o resguardo de información o productos.

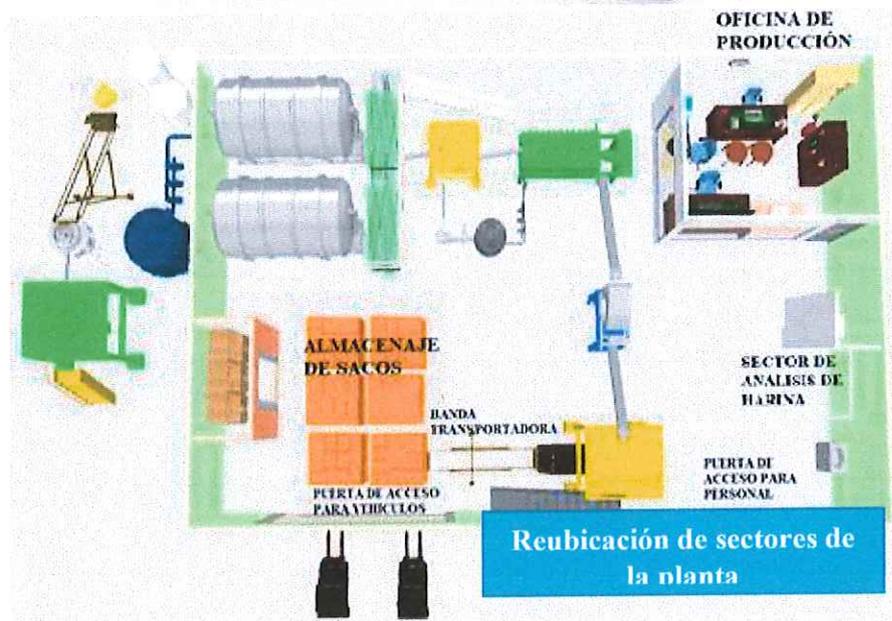
Fuente: ISO 9001

Anexo 2

Detalle de costos de la situación propuesta

COSTOS-PROPUESTA			
Descripción	Cant.	Precio	Total
Banda transportadora	1	\$8.500	\$ 8.000,00
Puerta para Anden	1	\$3.500	\$ 3.000,00
Contratación obreros	4	\$250	\$ 1000,00
Subtotal			\$ 12.500,00
Impuestos (12%)			\$ 1.500,00
TOTAL (INVERSIÓN)			\$ 14.000,00

Banda transportadora de sacos



INGRESOS POR VENTA		
Cantidad	Precio	Total
72000 sacos/año	\$ 12,50	\$900.000
Total		\$900.000/año

Costos variables

MATERIA PRIMA		
Cantidad	Precio	Total
7.200 ton/año	\$ 99,3/ton	\$715.000 ton/año
Total		\$715.000/año

INSUMOS			
Descripción	Cantidad	Precio	Total
Conservantes de harina	360 saco/año	\$15 /saco	\$ 5.400
Empaque	72.000 sacos/año	\$ 0,15 /saco	\$ 10.800
Hilo	1.440 hilo/año	\$ 3,33	\$ 4.800
Generación de vapor		\$ 4.500 /mes	\$ 5.4000
TOTAL			\$ 750.00/año

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barón, D., & Zapata, L. (2012). *PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN UNA EMPRESA DEL SECTOR TEXTIL*. UNIVERSIDAD ICESI. Retrieved from https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/75757/1/propuesta_redistribucion_planta.pdf
- Carrillo, D., & Naula, M. (2010). "DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA PROALIM EN BASE AL ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS DE TRABAJO." Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/963/1/85T00170.pdf>
- Chelech, A. (2017). *Mejoramiento de la Línea de Producción de la empresa AquaChile*. Universidad Austral de Chile. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/bpmfcic516m/doc/bpmfcic516m.pdf>
- Decreto Ejecutivo, 2393. (1986). Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.
- Ejeh, J. O., Liu, S., & Papageorgiou, L. G. (2018). Optimal multi-floor process plant layout with production sections. *Chemical Engineering Research and Design*, 137, 488–501. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.07.018>
- Escalante, M., Santos, I., Rojas, L. B., & Velásquez, C. L. (2012). Aprovechamiento de desechos orgánicos. *Avances En Química*, 7(3), 181–186.
- Fuente García, D., & Fernández Quesada, I. (2005). *Distribución en planta* (Primera Edición). Universidad de Oviedo: Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo.
- Gerlach, G., Bueno DaSilva, V., Almedia, L., Amaral Adamy, A. P., & Garlet, E. (2017). Propuesta de mejora de layout como factor para optimizar el proceso productivo organizacional. *ADM. UFSM*, 10, 41–55. <https://doi.org/10.5902/19834659>
- González, C. (2008). *DESARROLLO DE UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS, EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA*. Universidad de San Carlos de Guatemala . Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1896_IN.pdf
- Herns, F. (2009). Strategic Facility Planning. *MCB University Press*, 48(5), 176–181. <https://doi.org/10.1108/00438029910279394>
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & González Ruiz, A. C. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Pearson Educación. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=B6LAqCoPSeoC&hl=es&source=gbs_navlink_s_s
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones, procesos y cadena de valor*. (L. M. Cruz Castillo, Ed.) (8va Edición). México: Pearson Educación.
- López, M., Martínez, G., Quirós, A., & Sosa, J. (2011). BALANCEO DE LÍNEAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA. *Revista El Buzón de Pacioli*, (11), 1–22. Retrieved from www.itson.mx/pacioli

- Martins, Vitor; Freitas, F. (2014). Planejamento sistemático de layout (PSL): análise do layout de uma empresa produtora de pneus recapados. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 55(48), 311–327.
- Masood, S. (2006). Line balancing and simulation of an automated production transfer line. *Assembly Automation*, 26(1), 69–74. <https://doi.org/10.1108/01445150610645684>
- Murther, R. (1970). *Distribución en Planta*. (McGraw Hill Book Company, Ed.) (Segunda Edición). New York. Retrieved from <http://hpcinc.com/wp-content/uploads/2016/07/Spanish-PPL.pdf>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo* (Undécima E). Alfaomega.
- Pérez Gosende, P. A. (2016). Evaluación De La Distribución Espacial De Plantas Industriales Mediante Un Índice De Desempeño. *Revista de Administração de Empresas*, 56(5), 533–546. <https://doi.org/10.1590/s0034-759020160507>
- Serpell, A., & Alarcón, L. (2015). *Planificación y control de proyectos*. (Ediciones UC, Ed.) (Cuarta Edición). Santiago de Chile. Retrieved from https://books.google.es/books?id=-e1TDwAAQBAJ&dq=diagrama+de+precedencia&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management* (Sixth Edition). England: Pearson. Retrieved from www.pearson-books.com
- Tabucanon, M., & Changli, W. (1993). Balancing Method for a Semiautomatic Production Line. *Integrated Manufacturing Systems*, 4(1), 4–10. <https://doi.org/10.1108/09576069310023793>
- Yang, T. (2010). Planificación de disposición sistemática: un estudio sobre instalaciones de fabricación de obleas semiconductoras. *International Journal Of Operations Production Managment*, 20(11), 1359–1371.