



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN PLANTA INMACO, S. A.**

Saider Efraín Lucero Pérez

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN PLANTA INMACO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SAIDER EFRAÍN LUCERO PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

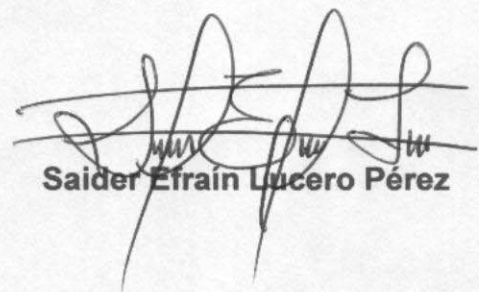
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento de Serrano
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN PLANTA INMACO, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha, 22 de mayo de 2013.



Saider Efraín Lucero Pérez



Guatemala, 10 de septiembre de 2014.
REF.EPS.DOC.964.09.2014.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

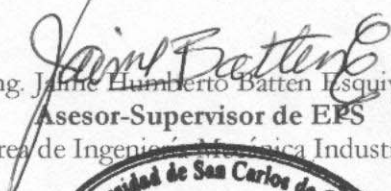
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Saider Efraín Lucero Pérez**, Carné No. **200915166** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN LA PLANTA DE INMACO, S.A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 10 de septiembre de 2014.
REF.EPS.D.498.09.2014

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

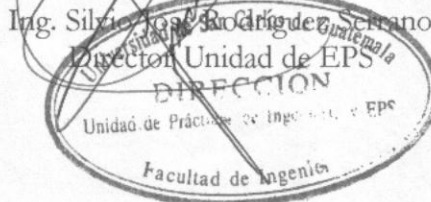
Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN LA PLANTA DE INMACO, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Saider Efraín Lucero Pérez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"



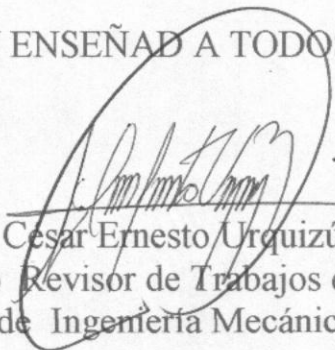
SJRS/ra



REF.REV.EMI.151.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN LA PLANTA DE INMACO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Saider Efraín Lucero Pérez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



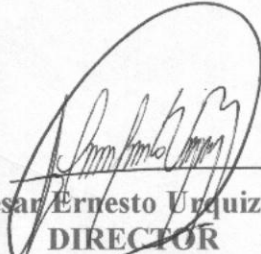
Guatemala, septiembre de 2014.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN LA PLANTA DE INMACO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Saider Efraín Lucero Pérez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala




Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 583.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN LA PLANTA DE INMACO, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Saider Efraín Lucero Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 27 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la salud, entendimiento y fuerza cada día, para permitirme cumplir esta meta.
Mi madre	Hilda Noemí Pérez Molina. Por su amor y apoyo incondicional.
Mi hermana	Dulce Rosario Lucero Pérez. Por brindarme su apoyo.
Mis abuelos	Santos Molina Alvares y Efraín Pérez Muños. Por ser ejemplos de vida, brindarme hogar y apoyarme.
Mis tíos	Víctor Hugo Pérez Molina, Julio César, Simona Molina. Por su apoyo en todo mi ciclo académico y por motivarme a ser una mejor persona cada día.
Mis primos	Alejandro González, Mayra González, Elia González, Oscar López. Por brindarme sus consejos y por su apoyo.
Mi cuñado	José Luis Chupina, por aconsejarme y brindarme su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me formó como profesional y que me mostró las necesidades y bondades de nuestra amada Guatemala.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollar mi profesión.
Mis amigos de la Facultad	Eduardo Golon, Felipe Godoy, Carla Lemus, Iris López, Francisco Leal, Pablo Pasquier, Enrique Valenzuela, por brindarme su apoyo y mostrar siempre un equipo de trabajo.
Ing. Jaime Batten	Por su apoyo profesional y por compartir su conocimiento y experiencia en la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA INMACO.....	1
1.1. Datos generales	1
1.2. Reseña histórica.....	1
1.2.1. El Coloso de INMACO	2
1.3. Misión	2
1.4. Visión.....	3
1.5. Recursos	3
1.5.1. Naturales y físicos	3
1.5.2. Humanos	3
1.6. Estructura organizacional	4
1.7. Actividades actuales.....	6
1.7.1. Servicios	6
1.7.2. Productos.....	6
1.7.2.1. Ladrillos	6
1.7.2.2. Baldosas.....	7
1.7.2.3. Tejas.....	8
1.7.2.4. Fachaletas	9

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN PLANTA INMACO, S. A.	11
2.1.	Situación actual de la empresa	11
2.1.1.	Diagnóstico de la situación actual	11
2.1.1.1.	Árbol de problemas	12
2.1.1.2.	Árbol de objetivos.....	13
2.1.2.	Definición del problema	14
2.1.3.	Tipo de producción.....	15
2.1.4.	Estudio de tiempos.....	15
2.1.4.1.	Tiempos cronometrados.....	16
2.1.5.	Diagramas actuales de la empresa	20
2.1.5.1.	Diagrama de proceso	20
2.1.5.2.	Diagrama de flujo	24
2.1.5.3.	Diagrama de recorrido.....	30
2.1.5.4.	Diagrama bimanual	32
2.1.6.	Metodología de análisis.....	42
2.1.6.1.	Balance de líneas.....	42
2.1.6.1.1.	Diagrama de precedencia.....	44
2.1.6.1.2.	Determinación del ciclo requerido.....	44
2.1.6.1.3.	Número de estaciones ..	45
2.1.6.1.4.	Cálculo de eficiencia	46
2.1.7.	Eficiencia térmica del horno	47
2.1.8.	Área de trabajo.....	47
2.2.	Propuesta de mejora	48
2.2.1.	Metodología de análisis para mejorar el tiempo	48

2.2.2.	Distribución de planta	49
2.2.2.1.	Principios para la distribución de planta	49
2.2.2.2.	Distribución de posición fija	50
2.2.2.3.	Ventajas de la distribución propuesta ..	58
2.2.3.	Demora de secado	58
2.2.4.	Estudio de tiempo mejorado	60
2.2.4.1.	Tiempos cronometrados	60
2.2.4.2.	Tiempos normales	61
2.2.4.3.	Tiempos estándares	64
2.2.4.4.	Tolerancias y suplementos en los trabajadores.....	65
2.2.5.	Diagramas mejorados.....	71
2.2.5.1.	Diagrama de proceso	71
2.2.5.2.	Diagrama de flujo mejorado.....	74
2.2.6.	Balance de líneas	82
2.2.6.1.	Diagrama de precedencia.....	84
2.2.6.2.	Determinación del ciclo requerido.....	85
2.2.6.3.	Número de estaciones.....	86
2.2.6.4.	Asignación de estaciones de trabajo ...	86
2.2.6.5.	Cálculo de eficiencia	87
2.2.7.	Especificación del proceso	88
2.2.7.1.	Área de mezclado.....	88
2.2.7.2.	Área de moldeo	90
2.2.7.3.	Área de secado.....	91
2.2.7.4.	Área de quemado	91
2.2.7.5.	Área de empaquetado	96
2.2.8.	Condiciones del área de trabajo	98
2.3.	Evaluación de costos por implementación.....	102

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN	103
3.1.	Objetivo de la Producción más Limpia	103
3.2.	Establecimientos de alcances deseados.....	103
3.3.	Análisis de la eliminación actual.....	104
3.3.1.	Determinación del costo actual por iluminación	104
3.4.	Determinación de la iluminación necesaria en la planta.....	104
3.4.1.	Cálculo de luxes	105
3.4.2.	Evaluación de iluminación	105
3.4.2.1.	Porcentajes de reflexión	107
3.4.2.2.	Relación de cavidad zonal.....	107
3.4.2.3.	Determinación de reflexión efectiva ...	108
3.4.2.4.	Reflexión efectiva del techo.....	109
3.4.2.5.	Reflexión efectiva de la pared	109
3.4.2.6.	Determinación del coeficiente de utilización (k)	110
3.4.2.7.	Factor de mantenimiento o flujo total	110
3.4.2.8.	Número de lámparas.....	111
3.4.2.9.	Distribución de lámparas	111
3.4.3.	Costos de energía eléctrica.....	112
3.5.	Propuesta de mejora	113
3.5.1.	Ventajas de la iluminación LED.....	113
3.5.2.	Cotización de propuesta de mejora.....	115
3.6.	Ahorro de consumo de energía eléctrica.....	116
3.7.	Material de concientización	117
3.7.1.	Medios visuales.....	118
3.7.1.1.	Cotización de medios visuales	118

4.	FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTOS Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE	121
4.1.	Planificación de la capacitación.....	121
4.1.1.	Objetivo	121
4.1.2.	Establecimiento de alcances deseados.....	121
4.1.3.	Definición de contenido a impartir.....	122
4.1.4.	Definición de personal a impartir la capacitación..	123
4.2.	Programación	123
4.2.1.	Establecer fecha y horario para impartir la capacitación.....	124
4.3.	Metodología de trabajo	124
4.3.1.	Capacitación modelo sistemático	124
4.3.2.	Docencia con participación y retroalimentación....	125
4.4.	Evaluación.....	125
4.4.1.	Resultados.....	127
4.4.2.	Diagnóstico.....	127
4.4.2.1.	Evaluación de alcances logrados	127
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES.....	131
	BIBLIOGRAFÍA.....	133
	ANEXOS.....	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	5
2.	Ladrillo tubular.....	7
3.	Baldosa doble	8
4.	Teja romana INMACO.....	9
5.	Fachaleta lisa doble	9
6.	Árbol de problemas	13
7.	Árbol de objetivos.....	14
8.	Diagrama de operaciones para elaborar fachaletas.....	22
9.	Diagrama de flujo para elaborar fachaletas.....	27
10.	Diagrama de recorrido del proceso de producción actual	31
11.	Micromovimientos	32
12.	Diagrama bimanual de las operaciones	33
13.	Diagrama de procedencia	44
14.	Diagrama de circulación.....	50
15.	Tabla triangular de la relación entre estaciones.....	52
16.	Diagrama de relaciones	54
17.	Distribución propuesta.....	55
18.	Diagrama de operaciones mejorado de fabricación de fachaletas	72
19.	Diagrama de flujo mejorado de la fabricación de fachaletas	78
20.	Comparación del diagrama actual y mejorado	81
21.	Diagrama de precedencia	85
22.	División por estaciones de trabajo	87
23.	Área de moldeo.....	90

24.	Comportamiento térmico del horno.....	92
25.	Instructivo de encendido del horno	93
26.	Instructivo de apagado del horno.....	95
27.	Área de empaquetado	96
28.	Procedimiento de empaquetado	97
29.	Calzado industrial	98
30.	Procedimiento para levantar objetos.....	99
31.	Forma de levantamiento de objetos.....	100
32.	Guantes industriales	100
33.	Tapones con cordón	101
34.	Dimensiones de la planta.....	106
35.	Alturas de la planta	106
36.	Distribución de lámparas	112
37.	Señalización para ahorrar energía.....	119
38.	Cuestionario de capacitación.....	126
39.	Salón de capacitación.....	126

TABLAS

I.	Descripción de los elementos de fabricación de fachaletas	16
II.	Tiempos cronometrados.....	17
III.	Tiempo medio observado.....	18
IV.	Tiempo promedio por fachaleta.....	19
V.	Definición de los elementos del diagrama de flujo	25
VI.	Descripción de los elementos para el diagrama de flujo	26
VII.	División de los elementos por áreas.....	43
VIII.	Áreas de trabajo.....	51
IX.	Relación de estaciones	53
X.	Comparación de distancias	56

XI.	Fachaletas en secadero	59
XII.	Tiempo medio observado	61
XIII.	Factor de calificación.....	63
XIV.	Tiempos normales.....	64
XV.	Suplementos constantes	65
XVI.	Sistema de suplementos variables.....	66
XVII.	Ponderación de los elementos	67
XVIII.	Tiempos estándares.....	68
XIX.	Tiempo promedio por fachaleta.....	69
XX.	Tiempos estándares de las operaciones.....	70
XXI.	Elementos para la fabricación de fachaletas	74
XXII.	Mejora de tiempos de transportes para fabricar fachaletas.....	76
XXIII.	Tiempos de los elementos	77
XXIV.	Elementos para el balance de líneas	82
XXV.	División de los elementos por áreas.....	83
XXVI.	Descripción de áreas de trabajo.....	88
XXVII.	Cantidades de materia prima	89
XXVIII.	Materia prima	89
XXIX.	Costos de instalación	102
XXX.	Variables de cavidad zonal	108
XXXI.	Equivalencia de watts.....	115
XXXII.	Costos de lámparas	116
XXXIII.	Ahorro por implementación de iluminación LED	116
XXXIV.	Uso eficiente del consumo de energía eléctrica	117
XXXV.	Costos de señalización	119
XXXVI.	Programación de capacitación.....	124

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Ciclo
FC	Factor de calificación
°C	Grados Celsius
IC	Inicio más cercano
IL	Inicio más lejano
Kwh	Kilowatt hora
m	Metro
min	Minuto
N	Número de estaciones
s	Segundo
T	Suma de tiempos esperados
TC	Terminación más Cercana
TL	Terminación más Lejana
TMO	Tiempo Medio Observado
TN	Tiempo Normal

GLOSARIO

Calidad	Es el grado en el que un conjunto de características cumple con los requisitos.
Diagrama	Es la representación gráfica de un proceso o refleja relación entre datos.
Eficiencia	Conseguir un objetivo determinado con el mínimo de recursos posibles.
Holgura	Es el tiempo máximo que se puede retrasar un proceso sin que afecte la finalización.
Lumen	Unidad de flujo luminoso del sistema internacional.
Lux	Unidad de intensidad de iluminación del sistema internacional.
Monotonía	Repetir lo mismo, en un largo período de tiempo.
Oxford	Nombre de fachaletas, producidas en la planta.
Productividad	Capacidad del nivel de producción.
Ruta crítica	Es el tiempo más cortó en que se puede completar el proceso.

RESUMEN

Mejorar la eficiencia en los procesos de producción, es una de las tareas más importantes dentro de una empresa, esto garantiza el buen funcionamiento y aprovechamiento de los recursos, activos e instalaciones. Es de este principio que surge la necesidad de implementar un sistema de reorganización y estandarización de los procesos productivos.

De esta manera aumentarán los estándares de producción, mejorando la eficiencia en los procesos y al mismo tiempo integrarlo con la operación y gestión de la organización.

La empresa tiene un problema de producción de fachaletas Oxford, este es un producto especial elaborado artesanalmente. El proceso no posee un alto índice de productividad y esto provoca que la producción sea baja y deficiente, que los costos aumenten, que existan procesos que no son necesarios en la línea, no se cuenta con un manejo adecuado de inventario, tanto para materia prima como para producto terminado. Esto provoca que el proceso de producción sea interrumpido, no aprovechando el tiempo y la mano de obra.

Se ha encontrado una gran cantidad de problemas dentro del área de producción, como índices bajos de productividad, demoras en los procesos y no se cuenta con una línea continua de producción, provocando que la eficiencia de la planta sea baja.

Debido a estos problemas se ha propuesto la creación del proyecto “reorganización y estandarización en la línea de producción de fachaletas

Oxford en planta INMACO, S. A.”, como medio de mitigación de los problemas presentes.

La implementación involucra toda el área de faproes (fábrica de productos especiales), en esta planta se incluye producción y bodegas. Se planea reorganizar y acortar distancias, para mejorar los tiempos del proceso.

El área de producción se beneficiará con la reducción de procesos y de transportes que no son necesarios para la realización de fachaletas, aplicando el teorema “economía en movimiento”.

OBJETIVOS

General

Reorganizar y estandarizar los procesos de producción en la fabricación de fachaletas Oxford, para aumentar la eficiencia, disminuir costos de energía eléctrica y capacitar al personal.

Específicos

1. Aumentar la eficiencia en los procesos de producción actuales en la planta.
2. Presentar propuesta de estandarización en los procesos de producción de fachaletas para disminuir tiempos.
3. Establecer los costos que incurrirá la empresa al implementar las mejoras en el proceso de producción.
4. Contribuir con el medio ambiente, evitando los desperdicios de energía eléctrica y disminuir los costos de consumo.
5. Realizar capacitación a los encargados del área, sobre la reorganización de los procesos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad guatemalteca está creciendo de una manera admirable las construcciones de diferentes índoles, desde simples jardines hasta edificaciones, en todas estas se busca que posean durabilidad, estabilidad y que posean un acabado artístico, es por eso que la empresa INMACO ofrece una gran variedad de productos, para poder colaborar con la construcción y de igual manera ofrece variedad de fachaletas que sirven para darle un toque artístico a las construcciones, para que estas se ajusten a los gustos y preferencias de los clientes.

La empresa se encarga de la producción de diferentes artículos que se utilizan para la construcción, entre los cuales se pueden mencionar los ladrillos, fachaletas, baldosas, tejas entre otros productos, su fin máximo es brindar un servicio de calidad y productos que satisfaga las necesidades de los clientes, garantizando su durabilidad como el retocado artístico que se le puede proporcionar a una construcción.

Actualmente la planta se encuentra en una situación de pérdida, por no poder satisfacer al mercado con la producción de fachaletas Oxford, en búsqueda de una solución a los problemas que se han detectado en la planta se ha propuesto una solución, siendo esta la reorganización de los procesos productivos. Con esto se podrá aumentar la producción y aumentar la eficiencia, que se requiere para poder satisfacer el mercado.

La estandarización en los procesos de producción de fachaletas es una tarea de suma importancia dentro de la planta, porque garantiza una forma eficiente de realizar el trabajo.

Con la reorganización se podrán reducir distancias dentro de los procesos, con esto se disminuirá considerablemente el tiempo de transporte.

En la etapa de investigación, se presentará una propuesta de mejora, para contribuir con el medio ambiente, mediante la disminución del consumo de energía eléctrica que posee la planta actualmente.

La capacitación se realizará a los encargados del área, para que ellos conozcan los nuevos diagramas y las nuevas metodologías a implementar en el área de producción.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA INMACO

1.1. Datos generales

INMACO se especializa en la fabricación y comercialización de productos a base de arcilla, a nivel nacional e internacional, partiendo de las necesidades y satisfacción de sus clientes, brindándoles confianza y calidad en sus productos.

Para la producción y comercialización de los productos, cuenta con personal profesional, capacitado y comprometido con la organización; apoyando con ello al desarrollo económico del país y preocupándose por el bienestar social de sus colaboradores.

1.2. Reseña histórica

INMACO abre sus puertas en 1956, siendo la primera ladrillera al vacío instalada en Centroamérica. La producción diaria inicial era de 5 000 ladrillos utilizando un horno Hoffman. En 1964 se introdujo un segundo horno tipo zigzag. Actualmente se produce un promedio de 100 000 ladrillos diarios.

El portafolio de productos contiene hoy en día tejas, baldosas, fachaletas y adoquines, además de los ladrillos tradicionales. INMACO también tiene alianzas estratégicas comerciales con varias empresas entre las que destacan Tejas El Águila, Onduline, Solpro (hidroprotección) y Cemix. Estas alianzas permiten ampliar la gama de productos y soluciones que INMACO puede presentar a sus clientes.

Los productos de INMACO se comercializan en la región centroamericana principalmente, pero próximamente se exportará también a México, Estados Unidos y República Dominicana.

1.2.1. El Coloso de INMACO

En el 2001 se inicia la construcción de “El Coloso” obra del artista Walter Peter, quien se tomó 4 años para finalizarla. Esta obra surge como idea de uno de los dueños, para reconocer y embellecer la comunidad donde se encuentran ubicadas las instalaciones de INMACO. Representa a un gigante levantando sobre sus hombros una columna, con gran esfuerzo para ubicarla entre dos columnas que ya están erigidas. Representa la llegada del tercer milenio, y es una alegoría, un reconocimiento al trabajo, al esfuerzo de la comunidad y del guatemalteco.

Conmemorando el aniversario de la develación del Coloso en el 2007, se creó el galardón “El Coloso de INMACO”, con el cual la empresa busca reconocer a aquellas personas, empresas o instituciones que con su trabajo y creatividad contribuyen a hacer una realidad la visión de INMACO de “construir el mundo ladrillo a ladrillo”.

1.3. Misión

“Ofrecer una variedad de productos para la construcción, brindando excelencia en diseño y fabricación de materiales de arcilla”.

1.4. Visión

“Llegar a ser la empresa de preferencia en toda Centroamérica y en el Caribe en el 2015, teniendo cobertura de todos los proyectos de construcción, manteniendo un alto grado de calidad y satisfacción para nuestros clientes, cambiando la mentalidad tradicional de construir por sistemas más eficientes”.

1.5. Recursos

Para que INMACO S. A. pueda lograr sus metas diarias, mensuales y anuales, necesita recursos naturales, físicos y humanos, los cuales son de vital importancia para el cumplimiento de las descritas anteriormente.

1.5.1. Naturales y físicos

Actualmente la empresa cuenta con una diversidad de recursos naturales, se pueden mencionar: el terreno y las instalaciones, en donde se realiza el proceso de producción y administración. Cuenta con maquinaria que se utiliza para realizar los diferentes tipos de productos, con hornos de quemado y secado; con una gran gama de producto terminado, como bienes tangibles o activos fijos.

1.5.2. Humanos

Uno de los pilares más importante dentro de una empresa, es el recurso humano, la empresa cuenta con operarios que están en el proceso de producción, carga, descarga y logístico; personal de oficina, que se encargan de la parte administrativa de la empresa, y personal de venta quienes tiene a su

cargo brindar un buen servicio a los clientes en atención, especificándoles las ventajas de los productos de arcilla.

1.6. Estructura organizacional

La empresa cuenta con una estructura organizacional del tipo funcional, agrupando a los empleados por unidades, dependiendo de las competencias individuales, y los recursos que se utilizan para realizar las tareas.

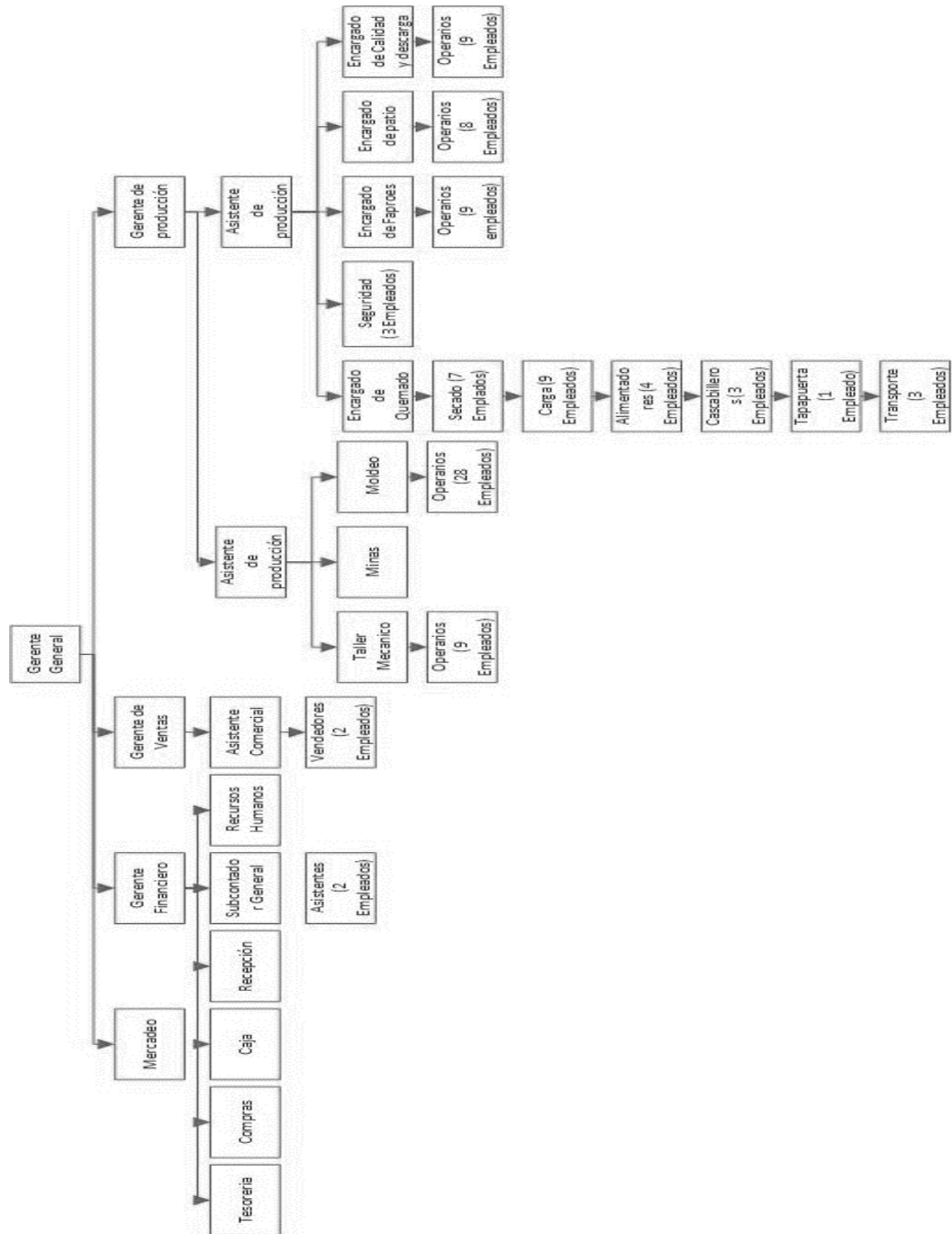
Este tipo de departamentalización genera una clara jerarquía de autoridad. La toma de decisiones rápidas se torna difícil para obtener aprobaciones por los niveles de mando, también suelen presentarse problemas al determinar niveles de responsabilidad y desempeño que tienen los empleados.

El gerente crea departamentos para cada función principal que se debe realizar, reduciendo la duplicidad de recursos en la empresa.

Genera comunicación clara entre superiores y subordinados, pero entre departamentos del mismo nivel es afectada; desarrolla en el personal buenas habilidades para la resolución de problemas en cada ámbito de especialización.

La estructura organizacional de la empresa se representa en el siguiente organigrama que se muestra en la figura 1.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia, planta de INMACO S. A.

1.7. Actividades actuales

Como se mencionó anteriormente, INMACO se dedica a la fabricación y comercialización de productos de arcilla para el sector de la construcción. Teniendo un gran nivel de servicio al cliente y una diversidad de productos.

1.7.1. Servicios

Ofrecen un gran servicio administrativo, proporcionándole al cliente una atención adecuada desde que el cliente visita la empresa hasta que le es entregado el producto, atendiéndolos con gran dedicación y proporcionado todas las especificaciones técnicas de los productos.

1.7.2. Productos

INMACO ofrece una gran variedad de productos a base de arcilla para la construcción, garantizando a los clientes, productos de calidad, durabilidad y confiabilidad, dentro de estos productos se pueden mencionar: ladrillos, baldosas, fachaletas, tejas, otros; tendiendo cada uno de ellos una gran variedad de estilos, formas y tamaños.

1.7.2.1. Ladrillos

Uno de los principales productos que ofrece la empresa es el ladrillo; este está elaborado en un proceso a base de arcilla, se obtiene por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas; también es utilizado en proyectos de construcción, siendo de utilidad para otorgar resultados estéticos y duraderos.

Por las características que este producto brinda: resistencia y durabilidad, existen una diversidad de ladrillos que poseen características únicas, siendo uno de los más utilizados. Como por ejemplo el que se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Ladrillo tubular**

LADRILLO	
tabular [21L]	
	
	ALTO x ANCHO x LARGO
- Dimensiones	6.5 14 29
- Tolerancia Dimensional (mm)	+0.3 -0.3 +0.3
- Tonalidad	ladrillo tradicional
- Textura	lisa
- Peso/unidad (Lbs)	6.4
- Unidades/m ² (con ciza de 1 cm)	45
- Unidades/m ² (sin ciza)	N/A
- Aplicación	mampostería confinada estructural
- Resistencia (kg/cm ²)	110
- Capacidad camión (unidades)	2,496 (10 ton)
- Capacidad plataforma (unidades)	6,864 (20 ton)
- Unidades por tarima	312

Fuente: www.inmaco.com.gt. Consulta: 30 de agosto de 2013.

1.7.2.2. **Baldosas**

Este es un producto que está compuesto por: barro, minerales y agua, esta combinación de materiales hacen que sea duradero. El proceso de producción de baldosas es moldeo, secado y cocción a altas temperaturas, existen diferentes formas de baldosas, hay rectangulares y hexagonales, dependiendo el uso que se les quiera dar por el cliente.

Una de las principales características de este producto, es que le brinda al piso un antideslizante, siendo de gran utilidad en diversos proyectos que así lo

requieran. Una de las baldosas más comercializada de la empresa es la que se describe en la figura 3:

Figura 3. **Baldosa doble**

BALDOSA DOBLE	
[18]	
	ALTO x ANCHO x LARGO
- Dimensiones	5 30 30
- Tolerancia Dimensional (mm)	+0.3 +0.3 +0.3
- Tonalidad	ladrillo tradicional
- Textura	lisa
- Peso/unidad (Lbs)	14
- Unidades/m ² (con ciza de 1 cm)	5.5
- Unidades/m ² (sin ciza)	N/A
- Aplicación	pisos, techos, terrazas españolas
- Resistencia (kg/cm ²)	N/A
- Capacidad camión (unidades)	1.296 (10 ton)
- Capacidad plataforma (unidades)	3.564 (20 ton)
- Unidades por tarima	162

Fuente: www.inmaco.com.gt. Consulta: 30 de agosto de 2013.

1.7.2.3. **Tejas**

Este producto de teja está elaborado a base de arcilla; es utilizado en la construcción. Brinda un acabado artístico, por la composición de sus materiales; es duradero, resistente y ecológico.

Este producto se puede impermeabilizar, dependiendo de las necesidades del cliente, lo cual lo vuelve un repelente contra el agua, y genera un mantenimiento de menor costo.

Existe diferentes tipos de tejas, uno de los más utilizados es el que se muestra en la figura 4.

Figura 4. **Teja romana INMACO**

TEJA ROMANA INMACO			
[39RI]			
- Dimensiones		ALTO x LARGO	
- Tolerancia Dimensional (mm)	±0.3	30 x 45	±0.3
- Tonalidad		ladrillo tradicional	
- Textura		lisa	
- Peso/unidad (Lbs)	7.49		
- Unidades/m ² (con ciza de 1 cm)	9.6		
- Aplicación		techos	
- Resistencia (kg/cm ²)	N/A		
- Capacidad camión (unidades)	1,400 (10 ton)		
- Capacidad plataforma (unidades)	5,000 (20 ton)		
- Unidades por tarima	150		

Fuente: www.inmaco.com.gt. Consulta: 30 de agosto de 2013.

1.7.2.4. **Fachaletas**

Este producto está elaborado a base de arcilla, su fin es brindarle un acabado artístico a las construcciones, la empresa brinda diferentes tipos de fachaletas, producidas por maquinaria y artesanalmente, se muestra en la figura 5, una de las principales:

Figura 5. **Fachaleta lisa doble**

FACHALETA			
lisa doble [34]			
- Dimensiones		ALTO x LARGO	
- Tolerancia Dimensional (mm)	±0.3	6.5 x 23	±0.3
- Tonalidad		ladrillo tradicional	
- Textura		lisa	
- Peso/unidad (Lbs)	2		
- Unidades/m ² (con ciza de 1 cm)	28		
- Unidades/m ² (sin ciza)	33.5		
- Aplicación		muros a la vista	
- Resistencia (kg/cm ²)	N/A		
- Capacidad camión (unidades)	6,916 (10 ton)		
- Capacidad plataforma (unidades)	21,736 (20 ton)		
- Unidades por tarima	988		

Fuente: www.inmaco.com.gt. Consulta: 30 de agosto de 2013.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: REORGANIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FACHALETAS OXFORD EN PLANTA INMACO, S. A.

La estandarización de los procesos de producción de fachaletas Oxford, surge de la necesidad de aumentar la producción para poder abastecer la demanda del mercado y para tener un proceso eficiente, aprovechando los recursos de la planta.

2.1. Situación actual de la empresa

La planta de INMACO produce un producto especial llamado Oxford, este es elaborado artesanalmente, necesitando un proceso especial para producirlas.

Debido a que necesitan mejorar la producción de fachaletas para poder cumplir y satisfacer las necesidades del cliente, se decidió realizar un análisis de las posibles causas que ocasionan el problema central.

2.1.1. Diagnóstico de la situación actual

El área de producción de fachaletas cuenta con 9 colaboradores, siete de ellos se encargan de la producción, los otros son los encargados de la parte administrativa; tanto como el manejo de personal, ventas y control de inventarios.

Actualmente no se cuenta con una producción estándar, debido a que no poseen lineamientos de cómo aumentar la eficiencia en los procesos. Por este

motivo se realizó un estudio; para determinar que ocasiona los retrasos de producción.

Se utilizarán dos herramienta de análisis llamadas “árbol de problemas” y “árbol de objetivos”, estas sirven para visualizar las diferentes causas que provocan el problema y los medios para mitigarlo.

Con el análisis de esta herramienta, se puede proponer un proyecto para poder eliminarlo o disminuirlo el problema central.

2.1.1.1. Árbol de problemas

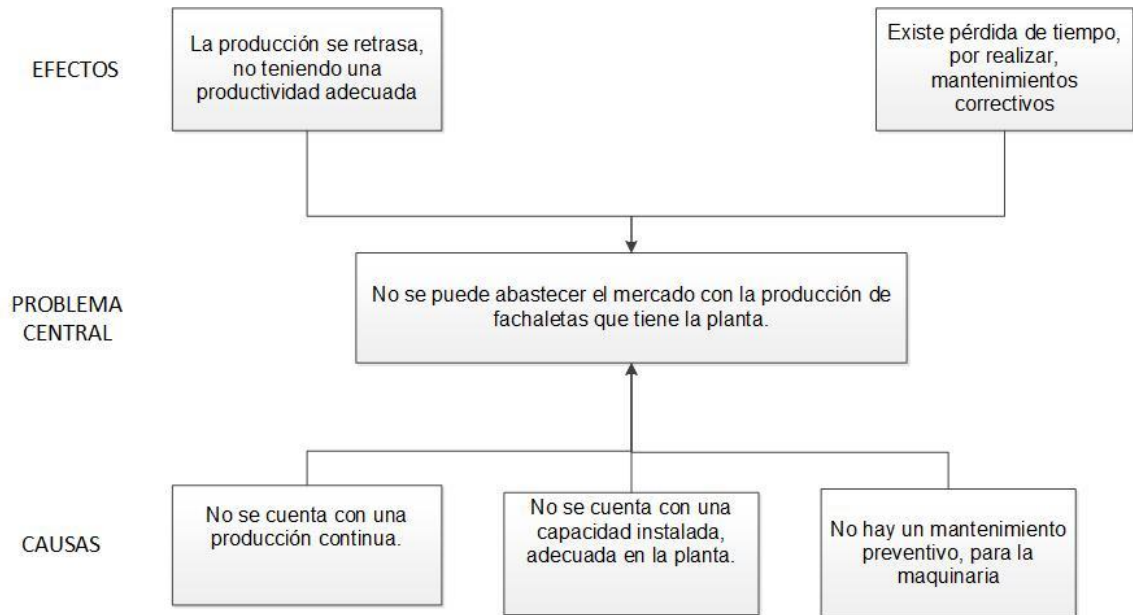
Esta herramienta es útil para detectar las causas y los efectos que ocasionan el problema central.

Para la elaboración, se siguen los siguientes pasos: analizar las causas esenciales y directas del problema; estas son colocadas debajo en forma paralela. Los efectos esenciales y directos que son provocados por el problema, y estos son colocados encima.

Existen diferentes técnicas de evaluación para obtener las causas y los efectos. La técnica que se utilizó fue la realización de entrevistas; esta consiste en recolectar información al hablar y al escuchar, ya sea persona a persona o por teléfono.

Se entrevistó al personal que labora en la planta, tanto a los operarios como a administrativos, aportando cada uno ideas y las diferentes causas que provocan el problema, los resultados se pueden observar en el árbol de problema, este se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. **Árbol de objetivos**

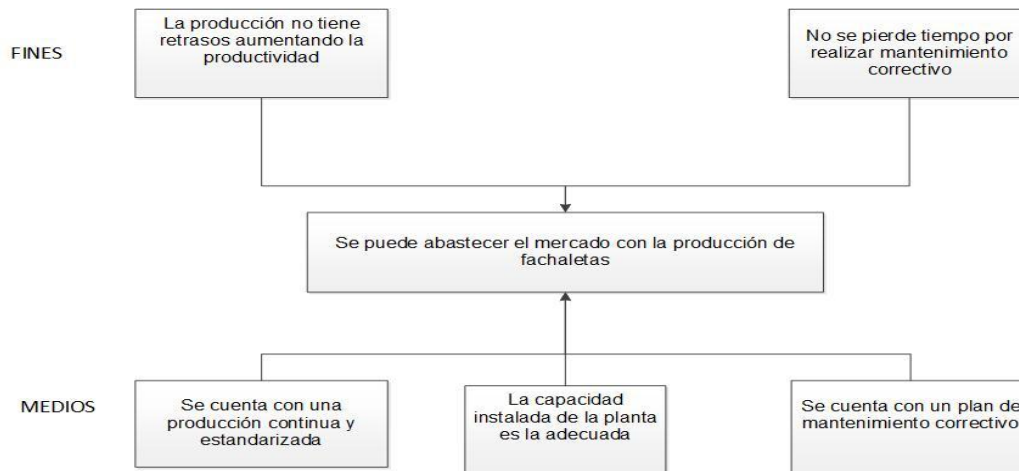
El árbol de problemas es transformado en un árbol de objetivos. Este árbol muestra todo en forma positiva, si se solucionará cada causa del problema central.

Se elabora de la siguiente manera; de arriba hacia abajo se formulan los problemas convirtiéndoles en objetivos, las causas se convierten en medios y los efectos en fines.

Proponiendo solución a cada causa, convirtiéndola en positiva se mitiga el problema, siendo cada una de ellas un proyecto a realizar, se escoge el que

más mejoras otorga; tomando estas consideraciones se realizó el árbol de objetivos, que se muestra en la figura 7.

Figura 7. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Definición del problema

Con la herramienta de análisis (árbol de problemas y de objetivos), se pudo determinar una serie de causas que provocan el problema central, siendo cada una de ellas un proyecto a llevar a cabo; para poder solucionar o mitigarlo.

Verificando cada una de las causas, se escogió con los encargados del área la que tendría mayor impacto para resolver la problemática, siendo esta la reorganización de la línea de producción; para mejorar la eficiencia y los estándares de producción en la planta.

Los beneficios de este análisis serán de gran impacto en la planta. Para que estos resultados se obtengan será necesario cambiar las diferentes

metodologías de realizar el proceso de producción, de esta manera se logrará una implementación adecuada del proyecto. Teniendo estos puntos aclarados, se procede a elaborar los procesos técnicos.

2.1.3. Tipo de producción

Para poder conocer el proceso de fabricación de fachaletas es necesario conocer qué tipo de producción posee la planta.

La planta posee una producción continua; porque se realizan productos homogéneos y la línea se ajusta solo a ese tipo de producto, sin que existan interrupciones por realizar una producción diferente, que no sean fachaletas Oxford.

2.1.4. Estudio de tiempos

En la situación actual, la empresa no cuenta con un estudio de tiempo, ellos solo dejan una cierta cantidad de fachaletas, que deben de realizar los empleados, de esta manera no se aprovecha en su totalidad el tiempo productivo en la planta.

Por lo que se ha realizado un estudio de tiempo, tomando en consideración el tiempo cronometrado de cada fachaleta en la producción actual.

Para poder visualizar un proceso de producción es necesario la realización de un estudio de tiempo, con esto se puede determinar, las operaciones que poseen mayor tiempo, las demoras y los procesos que no son necesarios, que retrasan la producción.

2.1.4.1. Tiempos cronometrados

Para determinar los tiempos cronometrados es necesario conocer el proceso completo de fabricación de fachaletas, para poder tomar un ciclo de cada operación.

El proceso de elaboración de fachaletas se divide en 16 elementos, estos se describen en la tabla I.

Tabla I. **Descripción de los elementos de fabricación de fachaletas**

Elemento	Descripción
E1	Llenar carreta con caolín
E2	Llenar el cernidor con caolín para cernirlo
E3	Llenar carreta con caolín cernido
E4	Moler purulha en el molino
E5	Llenar carreta de purulha molido
E6	Llenar bote con agua
E7	Llenar bote con MnO ₂
E8	Llenar molino y realizar mezcla
E9	Llenar carretón con mezcla
E10	Cernir arena de río en carreta
E11	Moldear fachaletas
E12	Llenar Bancos con fachaletas
E13	Endosar fachaletas en bancos
E14	Colocar fachaletas en el horno
E15	Quemar fachaletas
E16	Entarimar fachaletas quemadas

Fuente: observación en planta INMACO S. A.

Teniendo el proceso de producción definido, se procede a la toma de tiempos cronometrados de cada uno de los elementos. Se tomaron 10 ciclos de cada uno; los tiempos están expresados en minutos, estos se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Tiempos cronometrados**

Elemento	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10
E1	9,73	9,94	10,62	9,42	8,45	11,90	11,87	10,54	9,18	10,77
E2	9,71	10,04	8,34	10,58	9,35	10,56	10,85	8,52	8,36	11,48
E3	1,68	3,83	3,67	2,54	3,75	1,87	0,39	0,93	1,15	1,52
E4	2,67	2,43	2,06	2,25	2,48	2,84	2,74	2,27	2,66	2,45
E5	1,04	1,22	1,97	1,84	1,94	1,05	1,97	1,30	1,33	1,96
E6	2,98	2,67	2,77	2,25	2,11	2,73	2,18	2,00	2,06	2,18
E7	1,36	1,75	1,46	1,46	1,79	1,18	1,14	1,74	1,69	1,27
E8	7,92	70,11	99,62	89,48	79,98	109,18	93,82	92,68	106,82	98,94
E9	23,66	22,11	10,77	14,43	19,17	12,23	23,58	20,34	25,62	12,98
E10	8,81	5,65	8,08	10,81	8,69	6,84	6,03	10,47	10,69	10,97
E11	279,99	249,80	110,45	331,76	19,70	44,24	209,06	341,54	146,65	241,84
E12	59,43	4,07	15,87	47,57	51,01	24,14	24,92	72,52	75,90	8,76
E13	114,03	40,32	84,00	110,83	10,68	99,91	20,08	105,40	70,12	70,17
E14	26,71	40,31	14,82	60,24	55,35	42,20	71,00	25,54	40,74	67,59
E15	158,00	164,00	172,00	180,00	179,00	168,00	169,00	174,00	180,00	156,00
E16	21,86	30,61	14,35	31,11	40,39	24,25	18,13	55,03	27,19	54,66

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los 10 ciclos de los tiempos cronometrados de cada elemento, se determinó el Tiempo Medio Observado (TMO), mediante la siguiente operación matemática.

$$\text{TMO} = \frac{\sum \text{Tiempos cronometrados}}{\text{Cantidad de Tiempos Cronometrados}} \text{ } ^1$$

La toma de tiempo se realizó para la fabricación de 7 bancos que equivalen a 686 fachaletas.

Para tener una visualización de los Tiempos Medios Observados (TMO), se muestra un ejemplo con el elemento E1, quedando de la siguiente manera:

¹GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo, *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. p. 204.

$$\text{TMO}(E1) = (9,73+9,94+10,62+9,42+8,45+11,90+11,87+10,54+9,18+10,77)/(10)$$

$$\text{TMO}(E1) = (102,42)/(10)$$

$$\text{TMO}(E1) = 10,24 \text{ minutos}$$

Se convirtieron en unidades únicas expresadas en minutos; los tiempos medios observados se muestra en la tabla III.

Tabla III. **Tiempo medio observado**

Elemento	Total	TMO (min) =total/10
E1	102,42	10,24
E2	97,79	9,78
E3	21,33	2,13
E4	24,86	2,49
E5	15,62	1,56
E6	23,94	2,39
E7	14,84	1,48
E8	919,57	91,96
E9	184,88	18,49
E10	87,05	8,70
E11	1975,04	197,50
E12	384,19	38,42
E13	725,55	72,55
E14	444,51	44,45
E15	1 700,00	170,00
E16	317,58	31,76
Total		703,90

Fuente: elaboración propia.

Al ponderar los tiempos cronometrados se puede observar el tiempo total que se necesita para elaborar 686 fachaletas, siendo este de 703,90 minutos.

En la tabla IV se muestran los tiempos promedios de cada elemento expresados en segundos.

Tabla IV. **Tiempo promedio por fachaleta**

Elemento	TMO (min)	TMO(min) por fachaleta = TMO/686	TMO(seg) por fachaleta = TMO (min) * 60 seg/1 min
E1	10,24	0,015	0,90
E2	9,78	0,014	0,86
E3	2,13	0,003	0,19
E4	2,49	0,004	0,22
E5	1,56	0,002	0,14
E6	2,39	0,003	0,21
E7	1,48	0,002	0,13
E8	91,96	0,134	8,04
E9	18,49	0,027	1,62
E10	8,7	0,013	0,76
E11	197,5	0,288	17,27
E12	38,42	0,056	3,36
E13	72,55	0,106	6,35
E14	44,45	0,065	3,89
E15	170	0,248	14,87
E16	31,76	0,046	2,78
Total	703,9	1,224	61,59

Fuente: elaboración propia.

Al promediar el tiempo para producir cada fachaleta, da un total de 61,59 segundos.

Teniendo los tiempos promedios de cada elemento, se procede a la elaboración de los diagramas actuales, tales como: diagrama de flujo, proceso,

recorrido y bimanual, para poder tener una mejor visualización del método actual.

2.1.5. Diagramas actuales de la empresa

Para hacer un análisis del método actual es necesario hacer diagramaciones, para tener una mejor visualización y determinar las mejoras que se pueden implementar en el proceso.

Para elaborar cada diagrama es necesario realizar diferentes observaciones en el proceso actual, con esto se determinan las principales fuentes de atraso, y así poder determinar los cambios que se realizarán.

2.1.5.1. Diagrama de proceso

Para tener un análisis del método actual, se debe elaborar el diagrama de proceso, este muestra las secuencias de todas las operaciones e inspecciones, desde que llega la materia prima hasta el producto terminado.

Para elaborar este diagrama se utilizan dos símbolos; un círculo, que representa operación, y un cuadrado que la representa inspección; también se puede dar el caso que exista la combinación de ellos; esto se da cuando se realizan ambas operaciones al mismo tiempo.

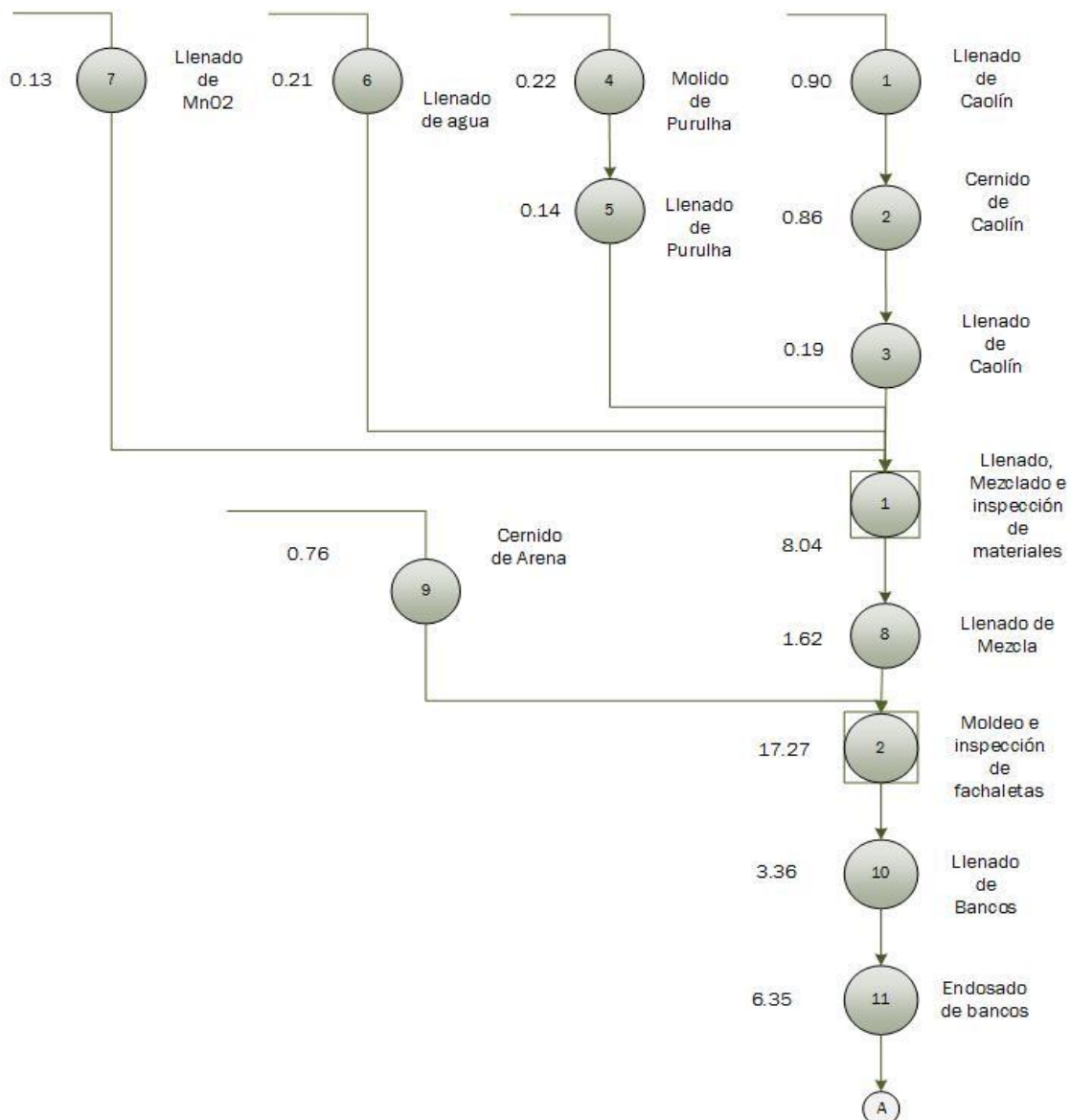
Siendo la operación, todo aquello que modifica un objeto o agrega algo, y la inspección es la que se encarga que el objeto tenga la calidad que se requiere.

Para la construcción de este diagrama se debe de comenzar con el título, en él se especifica el área, método, analista, producto, fecha, donde inicia, dónde finaliza y el número de hojas, los elementos del proceso, al finalizar se realiza un resumen para indicar la cantidad, de operaciones e inspecciones, y el tiempo total de cada una de ellas.

El diagrama de proceso de fabricación de fachaletas se muestra en la figura 8.

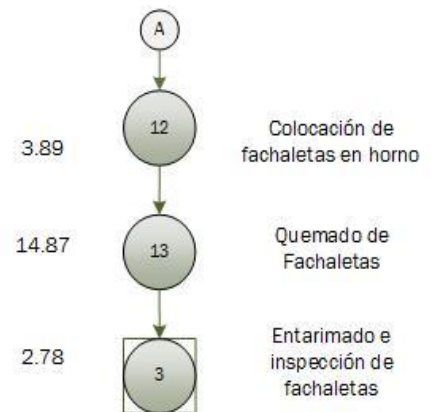
Figura 8. Diagrama de operaciones para elaborar fachaletas

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Abril-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Actual</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 1 de 2</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>

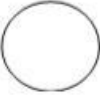



Continuación de la figura 8.

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Abril-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Actual</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 2 de 2</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>



Resumen

Símbolos	Actividad	Cantidad	Tiempo (segundos)
	Operación	13	33.50
	Operación/Inspección	3	28.09
Total		16	61.59

Fuente: elaboración propia.

Al terminar la elaboración del diagrama de proceso de la operación, se determina la cantidad de operaciones, inspecciones, actividades combinadas y el tiempo total de cada una.

El resumen del diagrama muestra que el proceso cuenta con 13 operaciones y con 3 actividades combinadas, siendo estas operaciones e inspecciones. Las actividades combinadas demuestran que el operario está manipulando el producto e inspeccionándolo al mismo tiempo, para asegurar que las fachaletas cumplen con cierto grado de calidad, se observa que no tenga grietas y que posean las características deseadas, tales como alto, largo y ancho.

Dentro de las actividades combinadas, también se observa que la mezcla de los materiales posea la consistencia adecuada para el moldeo de las fachaletas.

El tiempo del resumen del diagrama de proceso para la fabricación de fachaletas, de las operaciones y las actividades combinadas, es de 61,59 segundos por fachaleta.







2.1.5.2. Diagrama de flujo

Este permite tener una mejor visualización del método actual, debido que posee más elementos que el diagrama de proceso, esto hace que el proceso sea completo.

Para la elaboración de este diagrama, es necesario tener cada elemento definido, y el tiempo que necesita cada uno de ellos. Este consta de diferentes

figuras, que representan distintas operaciones, las cuales se describen en la tabla V.

Tabla V. **Definición de los elementos del diagrama de flujo**

Símbolo	Actividad	Definición
	Proceso	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo.
	Inspección	Ocurre cuando un objeto o un grupo de ellos, son examinados para su identificación, o para comprobar la calidad.
	Transporte	Ocurre cuando un objeto o un grupo de objetos son movidos de un lugar a otro.
	Demora	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retrasa el siguiente paso planeado
	Almacenaje	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos.
	Actividad Combinada	Se presenta, cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo.

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto, *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Segunda edición, p. 42-43.

Para la elaboración del diagrama de flujo se agregan transportes, demoras, almacenajes, operaciones, inspecciones y las actividades combinadas, los elementos se muestran en la tabla VI, teniendo los elementos definidos se elabora el diagrama de flujo que se muestra en la figura 9.

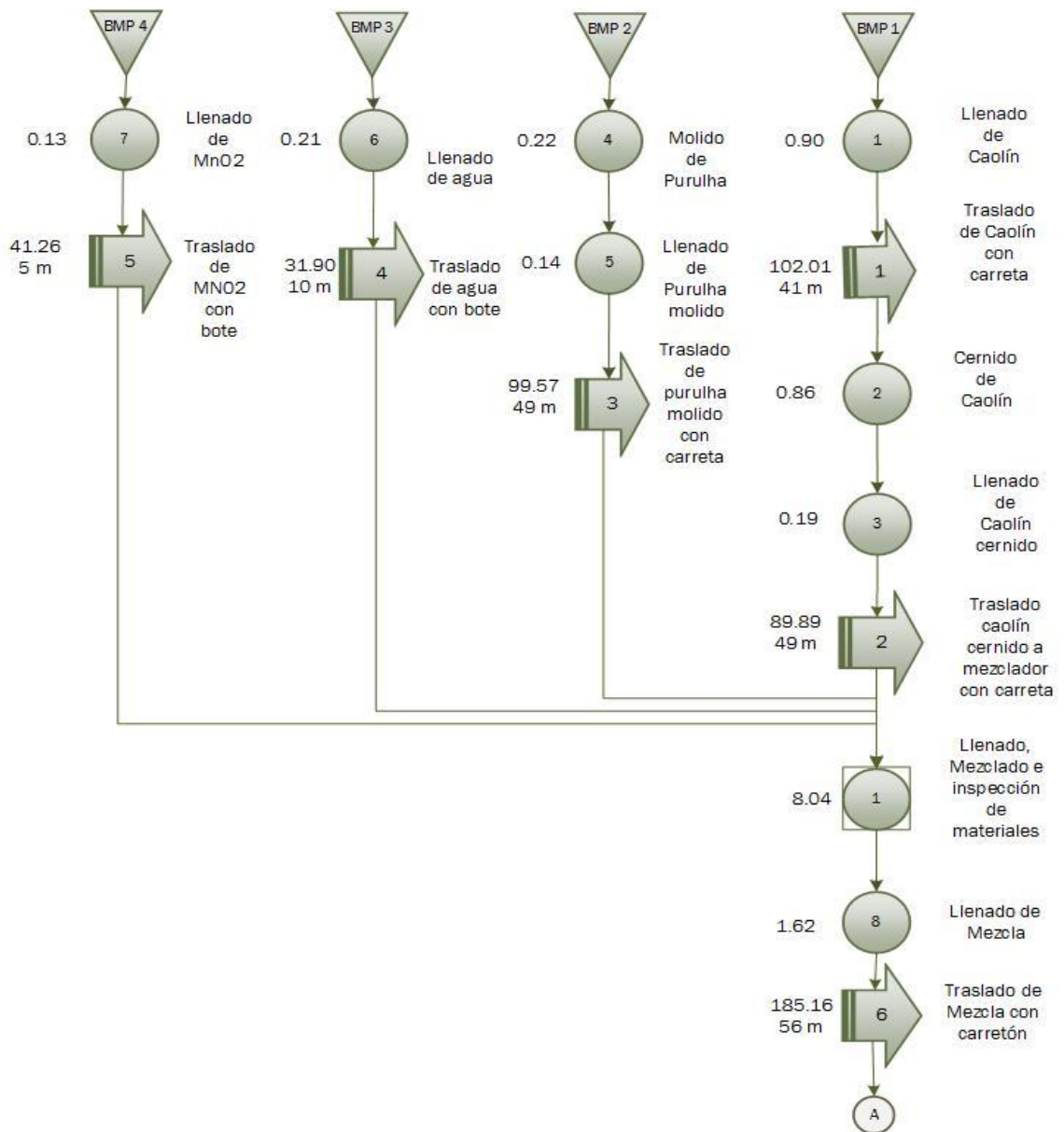
Tabla VI. Descripción de los elementos para el diagrama de flujo

Descripción	Distancia (m)	Tiempo (seg)
Llenar carreta con caolín		0,90
Trasladar la carreta con caolín al cernidor	41 m	102,01
Llenar el cernidor con caolín para cernirlo		0,86
Llenar carreta con caolín cernido		0,19
Trasladar carreta con caolín a BMP 1	41 m	89,89
Moler purulha en el molino		0,22
Llenar carreta de purulha molido		0,14
Traslado de purulha a BMP1	49 m	99,57
Llenar bote con agua		0,21
Trasladar bote a mezclado	10 m	31,9
Llenar bote con MnO ₂		0,13
Trasladar bote a mezclado	5 m	41,26
Llenar molino y realizar mezcla		8,04
Llenar carretón con mezcla		1,62
Trasladar mezcla a moldeo	56 m	185,16
Cernir arena de río en carreta		0,76
Trasladar carreta a moldeo	40 m	118,16
Trasladar bancos a moldeo	35 m	78,2
Moldear fachaletas		17,27
Llenar bancos con fachaletas		3,36
Endosar las fachaletas en bancos		6,35
Trasladar los bancos para secarse	30 m	110,78
Secar fachaletas en bancos		7 días
Trasladar bancos secos al horno	15 m	86.17
Colocar fachaletas en el horno		3.89
Quemar fachaletas		14.87
Entarimar fachaletas quemadas		2.78

Fuente: elaboración propia, observación en planta.

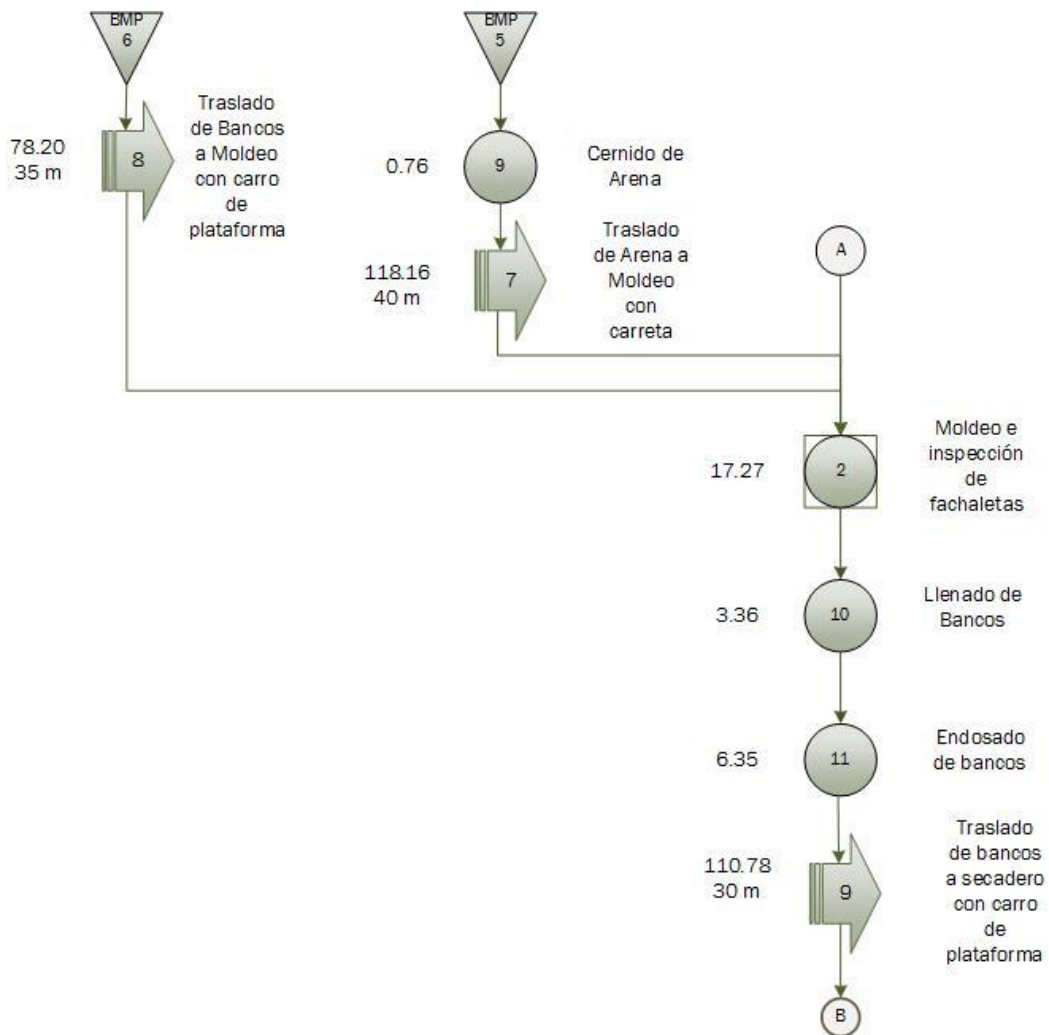
Figura 9. Diagrama de flujo para elaborar fachaletas

Empresa: INMACO S.A.	Fecha: Abril-2013
Departamento: Faproes	Método: Actual
Analista: Saider Lucero	Hoja 1 de 3
Producto: Fachaleta	Inicio: BMP
	Fin: BPT



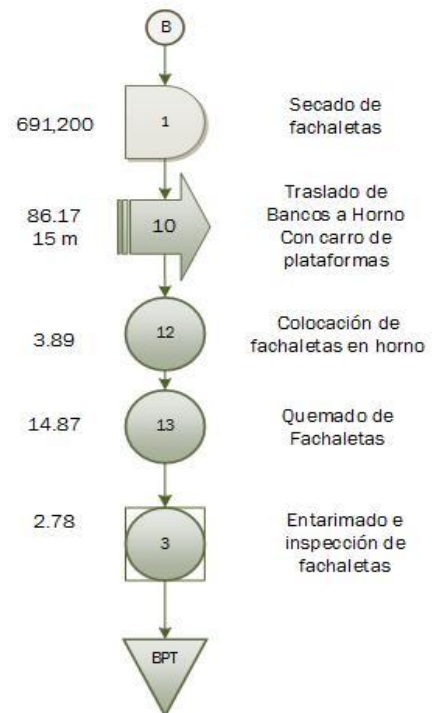
Continuación de la figura 9.

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Abril-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Actual</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 2 de 3</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>



Continuación de la figura 9.

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Abril-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Actual</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 3 de 3</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>



Resumen

Símbolos	Actividad	Cantidad	Tiempo (segundos)
	Operación	13	33.50
	Transporte	10	943.10 seg. 322 metros
	Demora	1	691,200
	Operación/Inspección	3	28.09
Total		27	692,204.69 seg.

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar el diagrama de flujo de la operación, se realiza un resumen en el que se muestra la cantidad de operaciones, inspecciones, transportes, almacenajes, demoras, actividades combinadas, los tiempos de cada una de ellas y las distancias de los transportes.

El resumen del diagrama de flujo muestra todo el proceso de la elaboración de fachaletas, los principales retrasos se da en la cantidad de transporte por las grandes distancias que existen y la demora inevitable que se da cuando las fachaletas se dejan a la intemperie para secarse.

El tiempo total que se necesita para la elaboración de una fachaleta es de 692 204,69 segundos, que equivalen a 7 días y 1 004,69 segundos, este tiempo es considerable, debido que las fachaletas tienen una demora por secado de 7 días, en el cual permanecen a la intemperie para que pierdan humedad, y las distancias de transporte son demasiado grande y es necesario acortarlas.

Se puede observar que las operaciones en el proceso no interrumpen la elaboración del producto, pero el secado y las distancias de transporte son los factores que afecta considerablemente el flujo del proceso, reduciendo estos dos factores, el tiempo disminuye.

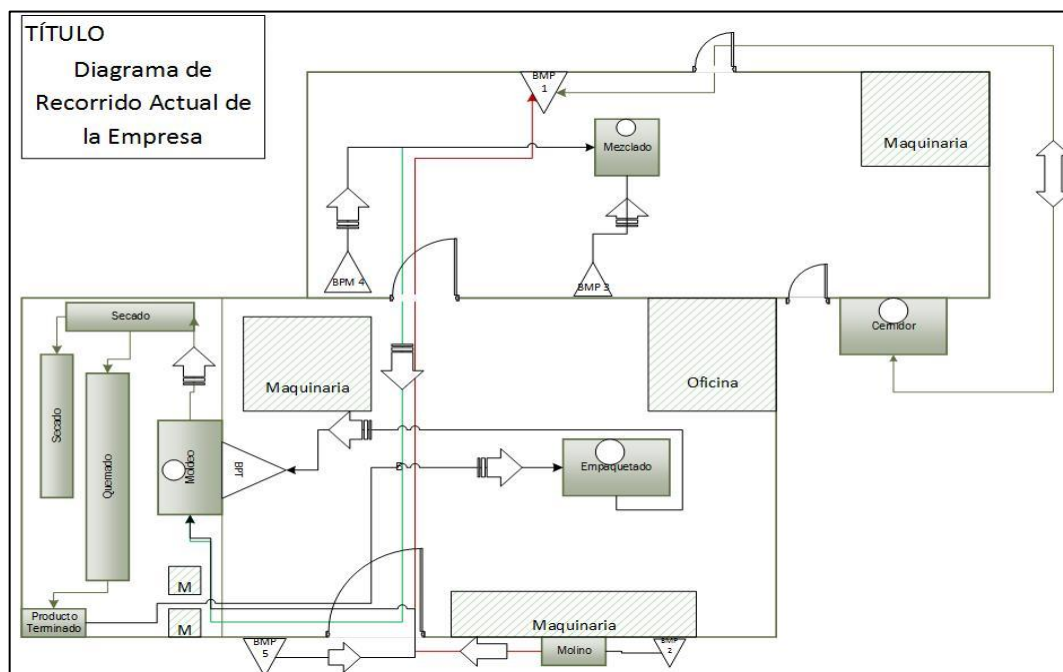
2.1.5.3. Diagrama de recorrido

Aunque el diagrama de flujo de la operación muestra todas las operaciones detalladas del proceso de manufactura, es necesario la realización de un plano de la planta, para poder generar un nuevo método para disminuir las distancias que hay entre cada elemento.

Se realizó el diagrama de recorrido actual de la empresa. Para conocer cómo está el proceso, verificar si las estaciones de trabajo están correctamente posicionadas y si poseen una línea sin interrupciones.

En el siguiente diagrama se describe cada proceso, transporte, y las áreas que están ocupadas con maquinaria que no están en funcionamiento, y espacios que no son aprovechados, el diagrama de la planta se muestra en la figura 10.

Figura 10. Diagrama de recorrido del proceso de producción actual



Fuente: elaboración propia, con programa Visio 2007.

En el diagrama se observa que el proceso tiene distancias muy grandes, interrupciones en el flujo del proceso, por lo que es necesario realizar una distribución de planta.

2.1.5.4. Diagrama bimanual

Para el análisis del método actual es necesario verificar: si existe ineficiencia en las operaciones, este diagrama estudia 3 áreas: uso del cuerpo, arreglo del área de trabajo y diseño de herramientas y equipo.

Se deben verificar los movimientos de ambas manos, que las dos inicien y terminen juntas al momento de realizar una operación, verificando que no existan tiempo muertos y demoras que no son necesarias, se deben evitar los movimientos en zigzag, es imprescindible que se encuentren los materiales para realizar las operaciones lo más cercano posible de la estación del trabajo.

Existe una diversidad de eventos para representar las operaciones también conocidos como *therblings* o micromovimientos, estos se muestran en la figura 11.

Figura 11. Micromovimientos

MOVIMIENTO	SÍMBOLO	
<i>Productivos</i>		
Alcanzar	A	Mover la mano hacia un destino o lugar general.
Mover	M	Transportar un objeto a un destino.
Coger	C	Conseguir suficiente control sobre un objeto con los dedos de la mano.
Posicionar	P	Alinear, orientar y montar un objeto en otro.
Desmontar	D	Romper el contacto entre dos objetos.
Soltar	SC	Abandonar el control que los dedos de la mano ejercen sobre un objeto.
Examinar	E	Identificar o inspeccionar un objeto empleando cualquier sentido.
Hacer	H	Efectuar total o parcialmente los fines de la operación.
<i>Retardantes</i>		
Cambiar dirección	CD	Cambiar la línea o plano a través del cual se realiza un A o un M.
Posición previa	PP	Preparar el objeto transportado para el elemento básico siguiente.
Buscar	B	Localizar cualquier objeto.
Seleccionar	SE	Escoger entre varios objetos.
Planear	PL	Retraso o vacilación para decidir el método a seguir
Retraso nivelador	RN	Una parte del cuerpo se retrasa por la lentitud de la obra con la que debe realizar una operación simultánea.
<i>Improductivos</i>		
Sostener	S	Mantener con la mano un control estético sobre un objeto mientras se ejecuta un trabajo en él.
Retraso evitable	RE	Atribuible a la desidia o pereza del trabajador.
Retraso inevitable	RI	Atribuible al método.
Retraso por fatiga	F	Descanso para vencer la fatiga.

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed p. 88.

El diagrama bimanual de cada elemento se muestra en la figura 12.

Figura 12. Diagrama bimanual de las operaciones

Empresa	INMACO S.A.			Método	Actual	Hoja	1 de 1
Operación	Llenar carreta con caolín			Analista	Saider Lucero		
Representación gráfica							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover pala	➡	Mover Posicionar	2	2	Mover Posicionar	➡	Mover pala
Llenar carreta	○	usar	6	6	usar	○	llenar carreta
Posicionar pala	➡	mover posicionar soltar	2	2	mover posicionar soltar	➡	Posicionar pala
Tiempo Total (Segundos)			11	11	Tiempo Total (Segundos)		

Empresa	INMACO S.A.			Método	Actual	Hoja	1 de 1
Operación	Llenar cernidor con caolín			Analista	Saider Lucero		
Representación gráfica							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover pala	➡	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	➡	Mover pala
Llenar cernidor	○	usar	6	6	usar	○	llenar cernidor
Posicionar pala	➡	mover posicionar soltar	2	2	mover posicionar soltar	➡	Posicionar pala
Tiempo Total (Segundos)			10	10	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar carreta con caolín cernido		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover pala	⇒	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	⇒	Mover pala
Llenar carreta	○	usar	5	5	usar	○	Llenar carreta
Posicionar pala	⇒	mover posicionar soltar	2	2	mover posicionar soltar	⇒	Posicionar pala
Tiempo Total (Segundos)			9	9	Tiempo Total (Segundos)		

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar molino con purulha		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover pala	⇒	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	⇒	Mover pala
Llenar molino	○	usar	5	5	usar	○	Llenar molino
Posicionar pala	⇒	mover posicionar soltar	2	2	mover posicionar soltar	⇒	Posicionar pala
Tiempo Total (Segundos)			9	9	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar carreta con purulha molido		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover pala	⇒	Mover Posicionar	1	1	Alcanzar Tomar	⇒	Mover pala
Llenar carreta	○	usar	5	5	usar	○	Llenar carreta
Posicionar pala	⇒	mover posicionar soltar	2	2	mover posicionar soltar	⇒	Posicionar pala
Tiempo Total (Segundos)			9	9	Tiempo Total (Segundos)		




































Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar bote con agua		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar bote	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover bote	⇒	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	⇒	Mover pala
Sostener bote	D	Sostener sostener sostener	3	3	Alcanzar Tomar usar	○	Abrir llave del chorro
Llenar bote	D	Sostener sostener sostener	12	12	Sostener sostener sostener	D	Llenar bote
Sostener bote	D	Sostener	3	3	usar	○	Cerrar llave del chorro
Tiempo Total (Segundos)			20	20	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar bote con MnO2		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar bote	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar bote
Mover bote	⇒	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	⇒	Mover bote
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
Mover pala	⇒	Mover Posicionar	1	1	Alcanzar Tomar	⇒	Mover pala
Llenar bote	○	usar	4	4	usar	○	Llenar bote
Posicionar pala	⇒	mover posicionar soltar	2	2	mover posicionar soltar	⇒	Posicionar pala
Tiempo Total (Segundos)			10	10	Tiempo Total (Segundos)		

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar carretón con mezcla		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar mezcla	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar mezcla
Mover mezcla	⇒	Mover Posicionar	1	1	Alcanzar Tomar	⇒	Mover mezcla
Llenar carretón	○	usar	1	1	usar	○	Llenar carretón
Tiempo Total (Segundos)			3	3	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar molino con materia prima		Analista	Saider Lucero			
Representación gráfica <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Caolín</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Mesclador</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Purulha</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Agua</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>MnO2</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Operario</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Pala</p>  </div> </div>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar pala		Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar		Tomar pala
mover pala		Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar		mover pala
Llenar con caolín		usar	10	10	Usar		Llenar con caolín
mover pala		Mover Posicionar	2	2	Mover Posicionar		mover pala
Llenar con purulha		usar	13	13	Usar		Llenar con purulha
posicionar pala		Mover Posicionar Soltar	1	1	Mover Posicionar Soltar		posicionar pala
Tomar bote con agua		Alcanzar Tomar	5	5	Alcanzar Tomar		Tomar bote con agua
Mover bote con agua		Mover Posicionar	3	3	Mover Posicionar		Mover bote con agua
Llenar con agua		usar	9	9	Usar		Llenar con agua
Posicionar bote		Mover Posicionar Soltar	2	2	Mover Posicionar Soltar		Posicionar bote
Tomar bote con MnO2		Alcanzar Tomar	5	5	Alcanzar Tomar		Tomar bote con MnO2
Mover bote de MnO2		Alcanzar Tomar	3	3	Alcanzar Tomar		Tomar bote con MnO2
Llenar con MnO2		usar	10	10	Usar		Llenar con MnO2
Posicionar bote		Mover Posicionar Soltar	2	2	Mover Posicionar Soltar		Posicionar bote
Tiempo Total (Segundos)			67	67	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 2	
Operación	Moldeo de Fachaletas		Analista	Saider Lucero			
Representación gráfica							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Colocar tablas	○	Alcanzar Tomar Mover Posicionar Soltar	2	2	Alcanzar Tomar Mover Posicionar Soltar	○	Colocar tablas
Colocar Moldes	○	Alcanzar Tomar Mover Posicionar Soltar	1	1	Alcanzar Tomar Mover Posicionar Soltar	○	Tomar Moldes
Tomar mezcla	○	Tomar mover usar	4	4	Tomar Mover usar	○	Tomar mezcla
Colocar arena	○	Mover Usar Posicionar	2	2	Mover Usar Posicionar	○	Colocar arena
Hacer fisura	○	Limpiar usar Posicionar	3	3	Sostener usar Posicionar	○	Hacer fisura
Posicionar primera fachaleta	○	Tomar Colocar Usar	6	6	Tomar Colocar Usar	○	Posicionar primera fachaleta
Tomar mezcla	○	Alcanzar Tomar Usar	4	4	Alcanzar Tomar Usar	○	Tomar mezcla
Colocar arena	○	Mover Usar Colocar	3	3	Mover Usar colocar	○	Colocar arena
Hacer fisura	○	Limpiar usar Posicionar	3	3	Sostener usar Posicionar	○	Hacer fisura

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	2 de 2	
Operación	Moldeo de Fachaletas		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Posicionar primera fachaleta	○	Tomar Posicionar Usar	6	6	Tomar Posicionar Usar	○	Posicionar primera fachaleta
Tomar cortador	○	Tomar Sostener Posicionar	1	1	Demora Limpiar Posicionar	○	Tomar cortador
Cortar fachaletas	○	Usar Mover Posicionar Soltar	1	1	Usar Mover Posicionar Soltar	○	Cortar fachaletas
Quitar mezcla sobrante	○	Tomar Usar Posicionar Soltar	4	4	Tomar Usar Posicionar Soltar	○	Quitar mezcla sobrante
Quitar Molde	○	Limpiar Tomar Usar Posicionar Soltar	2	2	Limpiar Tomar Usar Posicionar Soltar	○	Quitar Molde
Colocar tablas	○	Tomar Mover Posicionar Soltar	3	3	Tomar Mover Posicionar Soltar	○	Colocar tablas
Tiempo Total (Segundos)			45	45	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Cernir arena		Analista	Saider Lucero			
Representación gráfica							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar cernidor	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar cernidor
Mover cernidor a carreta	➡	Mover Posicionar soltar	1	1	Mover Posicionar	➡	Mover cernidor a carreta
Tomar pala	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar pala
mover pala	➡	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	➡	mover pala
Llenar con arena	○	usar	2	2	usar	○	Llenar con arena
posicionar pala	○	Mover Posicionar Soltar	1	1	Mover Posicionar Soltar	○	posicionar pala
Cernir arena	○	Alcanzar Tomar usar	2	2	Alcanzar Tomar usar	○	Cernir arena
Posicionar cernidor	➡	Mover Posicionar Soltar	1	1	Mover Posicionar Soltar	➡	Posicionar cernidor
Tiempo Total (Segundos)			10	10	Tiempo Total (Segundos)		


Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar bancos con fachaletas		Analista	Saider Lucero			
Representación gráfica							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar tabla	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar tabla
Mover tabla	➡	Mover Posicionar	1	1	Alcanzar Tomar	➡	Mover tabla
Colocar tabla	○	Posicionar soltar	2	2	Posicionar soltar	○	Colocar tabla
Tiempo Total (Segundos)			4	4	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Endosar fachaletas		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar tabla	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar tabla con fachaleta
Mover tabla	⇒	Mover Posicionar	1	1	Mover Posicionar	⇒	Mover tabla
sostener tabla	D	Sostengo	2	2	Posicionar Soltar	○	Colocar fachaleta
sostener tabla	D	Sostengo	2	2	Mover Posicionar	○	Colocar tabla
Colocar tabla en banco	⇒	Mover Posicionar Soltar	1	1	Demora Demora Demora	⇒	Espera
Tiempo Total (Segundos)			7	7	Espera		

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Llenar molino con purulha		Analista	Saider Lucero			
<p>Representación gráfica</p>							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar tabla	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar tabla
Mover tabla	⇒	Mover Posicionar	1	1	Alcanzar Tomar	⇒	Mover tabla
Colocar fachaleta	○	Tomar posicionar soltar	1	1	Tomar posicionar soltar	○	Colocar fachaleta
Tiempo Total (Segundos)			3	3	Tiempo Total (Segundos)		

Continuación de la figura 12.

Empresa	INMACO S.A.		Método	Actual	Hoja	1 de 1	
Operación	Entarimado de fachaleta		Analista	Saider Lucero			
Representación gráfica 							
Mano Izquierda				Mano Derecha			
Elemento	Símbolo	Therblings	Tiempo	Tiempo	Therblings	Símbolo	Elemento
Tomar fachaleta	○	Alcanzar Tomar	1	1	Alcanzar Tomar	○	Tomar fachaleta
Mover fachaleta	⇒	Mover Posicionar	2	2	Alcanzar Tomar	⇒	Mover fachaleta
Colocar fachaleta	○	posicionar soltar	2	2	posicionar soltar	○	Colocar fachaleta
Tiempo Total (Segundos)			5	5	Tiempo Total (Segundos)		

Fuente: elaboración propia, con programa de VISIO 2010.

Al realizar el diagrama de micromovimientos se determinó que el proceso de moldeo de fachaleta es eficiente, porque no existen movimientos que no son necesarios; las dos manos trabajan juntas cumpliendo con la teoría, “economía en movimiento”.

2.1.6. Metodología de análisis

Se enfoca en un balance de líneas para poder visualizar el flujo de las operaciones del proceso de micromovimientos, a través de fachaletas y de división de elementos por áreas.

2.1.6.1. Balance de líneas

Para determinar un flujo continuo en la línea de producción y el aprovechamiento adecuado de los recursos, que tiene la planta se planea dividir el proceso por estaciones, mediante un estudio de balance de líneas; para estandarizar el proceso.

Para el análisis del balance de líneas se analizan las 16 operaciones del proceso, de igual manera se determinan la precedencia, tiempo esperado, tiempo parcial y tiempo acumulado de cada uno de ellos, donde:

- T: tiempo cronometrado, es el tiempo empleado que requiere cada operación.
- Tiempo parcial: es el tiempo conjunto de cada área, que se implementara.
- Tiempo acumulado: es la suma del tiempo parcial de cada área.

En la tabla VII, se tiene una visualización de estos elementos.

Tabla VII. **División de los elementos por áreas**

Tarea	Tarea precedente	T(Seg)	Tiempo parcial	Tiempo acumulado
E1	-	0,90		
E2	E1	0,86		
E3	E2	0,19		
E4	-	0,22		
E5	E4	0,14		
E6	-	0,21		
E7	-	0,13		
E8	E3,E5,E6,E7	8,04		
E9	E8	1,62	<u>12,31</u>	<u>12,31</u>
E10	-	0,76		
E11	E9,E10	17,27	<u>18,03</u>	<u>30,34</u>
E12	E11	3,36		
E13	E12	6,35		
E14	E13	3,89		
E15	E14	14,87		
E16	E15	2,78	<u>31,25</u>	<u>61,59</u>

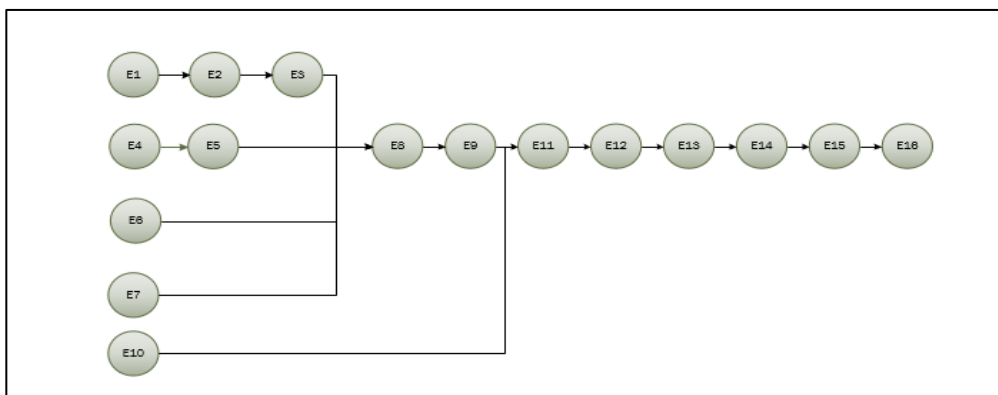
Fuente: elaboración propia.

La tabla VII muestra las posibles agrupaciones de estaciones que se pueden plantear. El tiempo parcial es la suma de las operaciones por cada estación, y el tiempo acumulado es la suma de cada tiempo parcial.

2.1.6.1.1. Diagrama de precedencia

Con los elementos definidos, sus predecesores y los tiempos que necesitan cada uno de ellos se procede a armar los diagramas de precedencia, para poder tener una relación entre las operaciones. El diagrama de precedencias se muestra en la siguiente figura.

Figura 13. Diagrama de precedencia



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft VISIO 2010.

2.1.6.1.2. Determinación del ciclo requerido

El ciclo demanda que se utilice cierta expresión matemática para determinar el ritmo que se tendría que tener para poder cumplir con la demanda diaria. Se calcula de la siguiente manera.

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción diaria requerida (en unidades)}}^2$$

El ciclo de la empresa quedaría de la siguiente manera, siendo el tiempo de producción una jornada diurna normal (8 horas), expresado en segundos y el requerimiento de producción de 1 000 fachaletas, este volumen de producción es requerimiento de la gerencia de producción, el ciclo quedaría:

$$C = \frac{8 * 60 * 60}{1 000} = 28,80 \frac{s}{\text{unidad}}$$

El resultado muestra que se requiere 28,80 segundos para producir cada fachaleta.

2.1.6.1.3. Número de estaciones

Al obtener el ciclo requerido se debe determinar el número de estaciones necesarias para poder cumplir con la producción. Se determina con la siguiente ecuación matemática:

$$N = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo}}^2$$

El número de estaciones quedaría de la siguiente manera, la suma del tiempo acumulado que se muestra en la tabla VII, da un total de 61,59 segundos, quedando de la siguiente manera:

$$N = \frac{61,59}{28,80} = 2,14 \text{ estaciones}$$

²GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*, Ingeniería de métodos y medición del trabajo, 2a ed, p. 421

Al observar el resultado muestra que se necesitan 2,14 estaciones, la regla matemática establece que si es menor de 0,5 se redondea al número inferior, pero en este caso provocaría ineficiencias, por lo que se redondea al número mayor, quedando en 3 estaciones.

2.1.6.1.4. Cálculo de eficiencia

Al obtener el ciclo requerido y el número de estaciones es necesario determinar la eficiencia del equilibrio de la estación, utilizando la siguiente expresión matemática:

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Número de estaciones de trabajo (N)X Tiempo de ciclo (C)}}^2$$

Tendido en consideración lo anterior, se procede a calcular la eficiencia de la línea, donde la suma del tiempo de las tareas se muestra en la tabla VII, siendo de 61,59, segundos el tiempo del ciclo es de 28,80 segundos y el número de estaciones es 3, la eficiencia de la planta quedaría de la siguiente manera.

$$E = \frac{61,59}{(3)(28,80)} = 0,7128 * 100 = 71,28 \%$$

Aplicando el método del balance de línea, se definen 3 estaciones, quedando con una eficiencia actual del 71,28 por ciento.

2.1.7. Eficiencia térmica del horno

Este indicador es el que se encarga de medir la cantidad de energía que es aprovechada por el horno, qué tanta se desperdicia por pérdida del calor; se obtiene mediante la siguiente relación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{E_{\text{ent}} - \text{Perd}}{E_{\text{ent}}} * 100$$

La energía de entrada se determinó con un termómetro infrarrojo para conocer el calor interno de horno, la temperatura interna fue de 1 149,9 grados Celsius. La pérdida de energía es la que está afuera del horno, siendo esta de 291,9 grados Celsius, teniendo estos datos se procede a calcular la eficiencia térmica del horno, la cual se muestra a continuación.

$$\text{Eficiencia} = \frac{1\ 149,9 - 291,9}{11\ 149,9} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = 75 \%$$

La eficiencia actual del horno es de 75 y 25 por ciento de pérdida de calor, que no es aprovechada.

2.1.8. Área de trabajo

Uno de los factores que afecta el rendimiento de los empleados en una planta, es la forma de realizar sus tareas; si no cuentan con instrucciones de cómo realizarlas podrían tener lesiones o ineficiencia para operar.

Se realizó un estudio en la planta para poder determinar si la forma de operar de los empleados es la adecuada; se detectaron los siguientes hallazgos:

- Los empleados no utilizan calzado adecuado. Al momento de transportar: materia prima, mezcla o producto terminado.
- No utilizan una postura adecuada al colocar paquetes en el suelo.
- Se observa que en el suelo no está uniforme y que pueden haber objetos que pueden provocar una lesión.
- Al momento de manipular el horno no cuentan con una protección adecuada; en los brazos, ojos y en las manos.
- No cuentan con un soporte en los pies, cuando están realizando el moldeo, esto provoca cansancio por no tener un amortiguador adecuado.
- No cuentan con protección auditiva al momento de manipular el horno.

2.2. Propuesta de mejora

Para lograr las metas propuestas, a continuación se presentará la metodología de análisis para mejorar el tiempo de distribución de planta, así como la mejora de la circulación en el área de trabajo.

2.2.1. Metodología de análisis para mejorar el tiempo

Para realizar las mejoras en la planta se plantean diversas herramientas que ayudarán a la reorganización y estandarización de las operaciones del proceso.

Las herramientas que se utilizarán son: la distribución de planta, balance de líneas y rediseño de los diagramas de proceso y flujo.

2.2.2. Distribución de planta

El objetivo de una distribución de planta es reducir los costos de fabricación, tiempo y transporte en las operaciones.

La distribución de planta brinda mejoras en el proceso, tales como: incremento en la seguridad de los operarios, incremento en la producción, disminución de retrasos, aprovechamiento del área de la planta y aumento de la calidad del producto.

2.2.2.1. Principios para la distribución de planta

Para que una distribución de planta sea ordenada y eficaz, siempre se deben de tomar en cuenta los principios de la distribución de planta, los cuales se muestran a continuación.

- Principio de la integridad global: se debe integrar de la mejor forma a los hombres y maquinaria.
- Principio de distancia mínima a mover: se debe minimizar en lo posible los movimientos de los elementos entre operaciones.
- Principio de flujo: se debe lograr que la interrupción entre los movimientos de los elementos entre operaciones sea mínima.
- Principio de espacio: se debe usar el espacio de la forma más eficiente posible, tanto en lo horizontal como en lo vertical para evitar todos los movimientos innecesarios.
- Principio de satisfacción y seguridad: la distribución debe satisfacer y ofrecer seguridad al trabajador.
- Principio de flexibilidad: la distribución debe diseñarse para poder ajustarse o regularse a cotos bajos.⁴

Estos principios son necesarios para garantizar que la distribución de planta sea lo más eficiente, y que genere los resultados esperados.

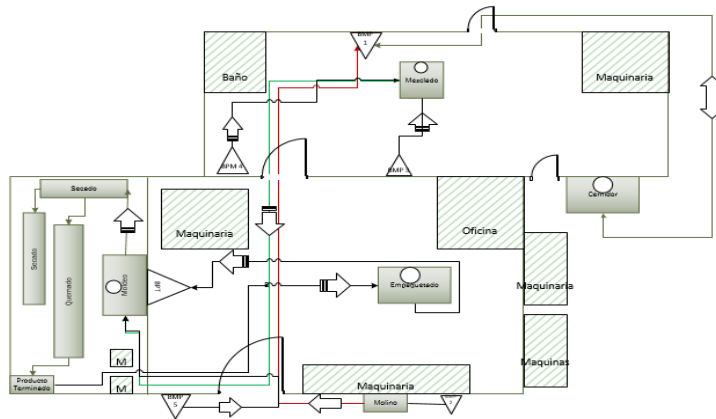
Para realizar una distribución en planta existen diferentes métodos, el que cumple con las características del proceso es el de distribución de posición fija.

2.2.2.2. Distribución de posición fija

Esta distribución se establece cuando hombres, materiales y equipo se llevan al lugar y allí la estructura final toma la forma de un producto terminado.

Para poder realizar la distribución de planta es necesario tener la visualización de cada área de trabajo; estas se muestran en la figura 14.

Figura 14. Diagrama de circulación



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

En la figura 14 se muestra la distribución de planta actual, existen estaciones que son inmóviles, debido que son propias de las instalaciones, y maquinaria que se utilizaban para otros procesos, por órdenes del dueño estas

no se pueden mover ni eliminar. En la tabla VIII se muestra la descripción de las áreas de trabajo.

Tabla VIII. **Áreas de trabajo**

Número	Descripción
1	Bodega de Materia prima
2	Cernidor
3	Molino
4	Chorro de agua
5	Bodega de MnO ₂
6	Mezclador
7	Bodega de bancos
8	Moldeo
9	Secado
10	Horno
11	Bodega de producto terminado
12	Empaque

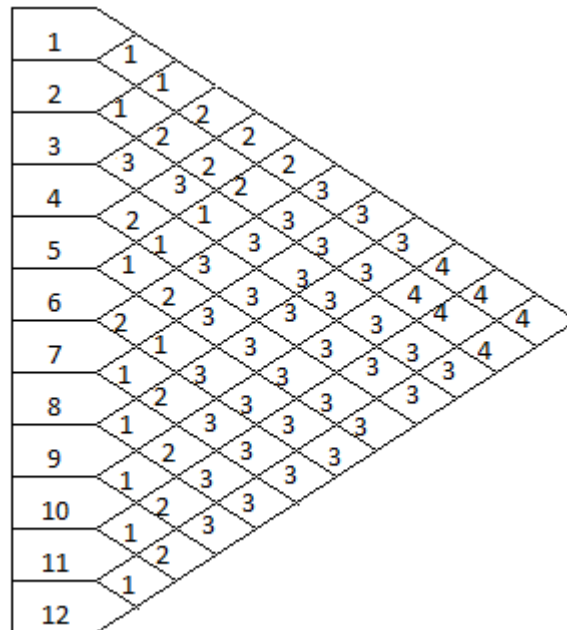
Fuente: elaboración propia, observación en planta.

Teniendo en consideración que existen espacios inmuebles, se realiza el siguiente estudio, el cual es la distribución por posición fija, utilizando el Método de Layout. Este parte de 4 criterios de relación entre cada estación para garantizar el buen funcionamiento de la planta, estos criterios son:

- Cercanía indispensable
- Cercanía deseada
- Cercanía no deseada
- No cercanía

Con estas características se relacionan cada una de las estaciones, ponderando la relación que hay entre cada una de ellas, para esto se utiliza una tabla triángulo; la cual se muestra en la figura 15.

Figura 15. **Tabla triangular de la relación entre estaciones**



Fuente: elaboración propia.

La figura 15 muestra la relación e importancia que tienen cada una de las estaciones con respecto a las demás.

Teniendo la relación y la cercanía que necesita una estación con respecto a la otra, se vierte la información en una tabla para realizar la distribución de planta, la cual se muestra en la tabla IX.

Tabla IX. Relación de estaciones

		Estaciones											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Relación	1	2 3	1 3	1 2 6	6	6	3 4 5	8	6 7 9	8 10	9 11	10 12	11
	2	4 5 6	4 5 6		5	1 2 4 7	1 2 7	6 5 9	1 2 3 4 5 10	7 11	8 12	9	10
	3	7 8 9	7 8 9	4 5 6 7 8 9 10 11 12	3 7 8 9 10 11 12	3 8 9 10 11 12	9 10 11 12	1 2 3 4 10 11 12	11 12	1 2 3 4 5 6 12	3 4 5 6 7	3 4 5 6 7 8	3 4 5 6 7 8 9
	4	10 11 12	10 11 12									1 2	1 2

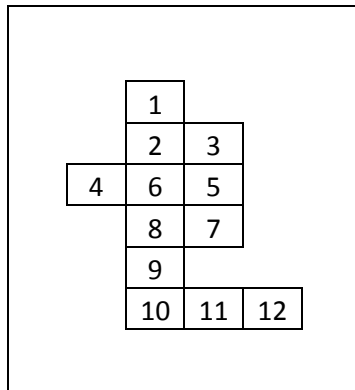
Fuente: elaboración propia.

En la tabla IX se muestra la relación que tiene una actividad con respecto a las demás, se observa la cercanía que se requiere, con esto se realiza el diagrama de relaciones siguiendo el criterio:

- El que tenga mayor cantidad de relaciones valuadas con 1 se selecciona primero. Si hubiera más de uno, la regla a aplicar se basa en las siguientes decisiones jerárquicas: la mayor cantidad de relaciones 2, la mayor cantidad de relaciones 3, la menor cantidad de relaciones 4, y por último, al azar. Por ejemplo, las áreas 2 y 3 empatan con la mayor cantidad de relaciones 1. Se selecciona la 2, ya que tiene mayor cantidad de relaciones con otros departamentos. El departamento seleccionado se ubica en el centro de la distribución.

Teniendo el criterio a considerar se realiza el diagrama de relaciones para poder proponer la distribución adecuada, el diagrama se muestra en la figura 16.

Figura 16. **Diagrama de relaciones**

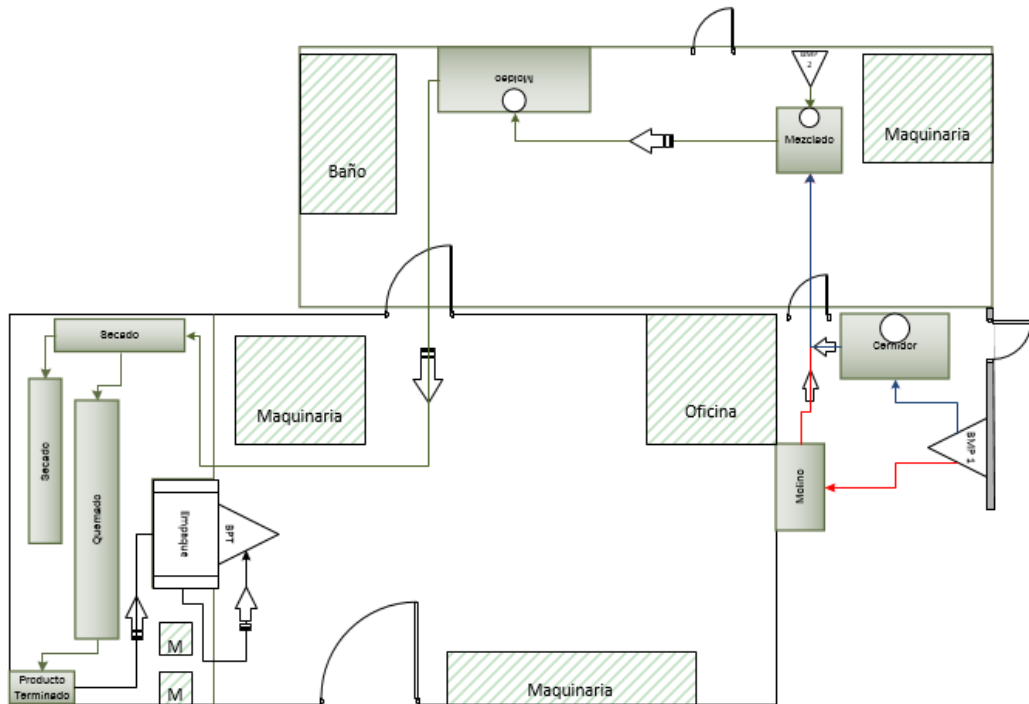


Fuente: elaboración propia.

En la figura 16 se muestra cómo deben quedar las estaciones para garantizar la menor distancia entre cada una de ellas.

Teniendo la importancia entre cada una de las estación y las características del lugar de trabajo de la planta, se propone una nueva distribución de planta, la cual se muestra en la en la figura 17.

Figura 17. **Distribución propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

En la figura 17 se muestra la propuesta de la distribución de planta, esto garantiza que la distancia entre cada estación disminuirá drásticamente.

Se realizó un cuadro comparativo que muestra la distancia actual con respecto a la propuesta, las comparaciones se observan en la tabla X.

Tabla X. **Comparación de distancias**

Área	Distancia actual (m)	Distancia propuesta (m)
1 a 2	41	1
1 a 3	1	1
2 a 6	41	11,7
3 a 6	49	10,9
4 a 6	10	1
5 a 6	5	1
6 a 8	56	7,4
7 a 8	35	1
8 a 9	26.5	31,3
9 a 10	30	29,4
10 a 11	1	1
11 a 12	50	10
Total	319	106,70

Fuente: elaboración propia.

En la tabla X se muestra la diferencia que existe entre la distancia actual y propuesta de cada área, se puede observar que las distancias son menores, esto provoca que el tiempo de transporte disminuya y que el proceso tenga un flujo continuo.

Se pueden observar que en las nuevas distancias son eliminados transportes, debido que la regla establece que para que se considere transporte, la distancia debe ser mayor a 1,5 metros.

Para lograr la nueva distribución de planta es necesario realizar ciertos cambios en la misma, cumpliendo con las ponderaciones que debe tener cada estación con las demás, los cambios son los siguientes.

- Movilizar la maquinaria que se encuentra a la par del cernidor a otro lugar, que no entorpezca el proceso.
- Construir un muro de ladrillo a la par del cernidor con una puerta con dimensiones de 1 metro de ancho x 2,5 metros de alto, para poder colocar materia prima, que garantice la cercanía a la maquinaria para que no se humedezca, y tener acceso disponible.
- Cambiar las bodegas de materia prima a la par del cernidor, donde se construya el muro.
- Unificar la bodega de materia prima con caolín, purulha, barro y arena de río.
- Cambiar de lugar el molino, ubicándolo a la par del cernidor, garantizando un flujo continuo y acortar distancias de transportes.
- Cambiar de lugar el Área de Mezclado para acortar distancias de transportes para el caolín cernido y purulha.
- Cambiar de lugar el Área de Moldeo, colocándolo más cerca al Área de Mezclado.
- Cambiar de lugar la bodega de dióxido de manganeso (MnO₂), colocándolo más cerca del área de mezclado.
- Colocar un chorro a la par del dióxido de manganeso, esto eliminaría el transporte de agua para mezclado.
- Cambiar de lugar el empaquetado por donde se encuentra el horno, para disminuir considerablemente el transporte y optimizando el tiempo.

Con estas modificaciones se puede realizar la distribución de planta. Con estas implementaciones se tendrán las siguientes ventajas.

2.2.2.3. Ventajas de la distribución propuesta

Para garantizar un flujo continuo en el proceso de producción de fachaletas es necesario que se mencionen las ventajas de la distribución propuesta anteriormente.

- Acortar distancias entre cada estación para disminuir transportes
- Eliminar transportes que no son necesarios dentro del proyecto
- Aumentar el volumen de producción de fachaletas
- Disminuir los tiempos de ocio y los tiempos muertos en los procesos
- Poder realizar una planificación adecuada de producción

2.2.3. Demora de secado

En los procesos productivos es necesario identificar las demoras que retrasan el flujo de la producción. En el caso de la producción de fachaletas la demora se da al momento de secarlas, este tiempo es el que tiene más duración y se tiene que disminuir.


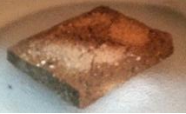


Las fachaletas necesitan ser secadas antes de introducirlas al horno, de no ser así sufren choques térmicos provocando grietas en el producto.

La empresa cuenta con secaderos, estos funcionan a base de quema de basura, provocando aire caliente que es extraído por turbinas para ser distribuido en túneles, la temperatura del secado es de 100 grados Celsius, induciendo que el producto tenga un proceso de secado más rápido. Estos secaderos son utilizados para secar ladrillos y fachaletas.

Para disminuir la demora se propone introducir las fachaletas a secaderos, esto reduciría considerablemente el tiempo de secado,

Se realizaron pruebas del comportamiento y el tiempo que tardan las fachaletas en secarse, los resultados se muestran en la tabla XI.

Tabla XI. **Fachaletas en secadero**

Día	Observación	Imagen
1	Las fachaletas sufren fisuras, por introducirlas directamente al secadero, por lo que se debe dejar un día a la intemperie para introducirlas al siguiente día.	
2	Las fachaletas poseen aún un cierto grado de humedad provocando fisuras al introducirlas al horno.	
3	Las fachaletas tienen las condiciones adecuadas para introducirlas al horno.	
4	Las fachaletas sufren fisuras por dejarlas un tiempo mayor al requerido.	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se muestran las pruebas y las observaciones que experimentaban las fachaletas al ser introducidas al secadero, para demostrar si resistían ser quemadas se introducían al horno y se observaba el comportamiento, siendo el idóneo de 3 días.

En lo actual se dejan secar las fachaletas a la intemperie, esto provoca un tiempo de secado de 7 días, introduciéndolas a los secaderos se logra disminuir la demora a 3 días.

2.2.4. Estudio de tiempo mejorado

La empresa en la situación actual no contaba con un estudio de tiempo, por lo que se cronometra la duración de cada elemento.

Sin embargo, en el tiempo cronometrado no se toman en consideración factores que afectan directa e indirectamente la operación; para determinar estas variables es necesario conocer el tiempo normal y el tiempo estándar de las operaciones.

2.2.4.1. Tiempos cronometrados

En el estudio actual se realizaron 10 ciclos de cada elemento, y se determinó el tiempo medio observado para producir 686 fachaletas, esta medida es la que normalmente se realiza en una jornada diurna normal.

En la tabla XII se muestra el tiempo medio observado de cada elemento del proceso de producción.

Tabla XII. **Tiempo medio observado**

Elemento	Descripción	TMO(min)
E1	Llenar el cernidor con caolín para cernirlo	9,78
E2	Llenar carreta con caolín cernido	2,13
E3	Moler purulha en el molino	2,49
E4	Llenar carreta de purulha molido	1,56
E5	Llenar mezclador con agua	2,39
E6	Llenar mezclador con MnO ₂	1,48
E7	Llenar molino y realizar mezcla	91,96
E8	Llenar carretón con mezcla	18,49
E9	Cernir arena de río en carreta	8,70
E10	Moldear fachaletas	197,50
E11	Llenar Bancos con fachaletas	38,42
E12	Endosar fachaletas en bancos	72,55
E13	Colocar fachaletas en el horno	44,45
E14	Quemar fachaletas	170,00
E15	Entarimar fachaletas quemadas	31,76
Total		693,66

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Tiempos normales

Calculado el Tiempo Medio Observado (TMO) se determinan los tiempos normales para obtener datos más precisos.

Para determinar estos tiempos se incluyen ciertos factores que provocan retrasos en la producción, estos son provocados por el operario que interviene en el proceso, con esto se pueden obtener datos más reales que se emplean en cada elemento.

Para calcular el Tiempo Normal (TN) de los procedimientos, se realiza con la multiplicación del Tiempo Medio Observado (TMO) y el Factor de Calificación (FC) de cada elemento, expresándose por medio de la siguiente forma algebraica:

$$TN = (TMO) (FC)$$

Existen varios métodos para determinar el Factor de Calificación; para este estudio de tiempos se eligió el Método de Calificación por Factores de Nivelación, Sistema Westinghouse; el cual evalúa 4 factores de trabajo, los cuales son:

- **Habilidad:** es la eficiencia para seguir un método, no sujeto a variación por voluntad del operador.
- **Esfuerzo:** es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
- **Condiciones:** son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor), que afectan únicamente al operario y no aquellas que afectan la operación.
- **Consistencia:** son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante e inconstante.

Con estos puntos aclarados, se procedió a calificar cada elemento, en donde intervienen los colaboradores, cuando es maquinaria, se debe ponderar con 0.

Las ponderaciones se obtuvieron por tablas, estas se adjuntan en el anexo. Para obtener el Factor de Calificación es mediante la siguiente expresión

matemática; $FC = (1+total)$. Las ponderaciones a cada proceso se encuentran en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Factor de calificación**

Elemento	TMO (min)	Factores de nivelación				Total	FC=(1 + total)
		Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia		
E1	9,78	0	0,05	-0,03	0,01	0,03	1,03
E2	2,13	0,03	-0,04	-0,03	0,01	-0,03	0,97
E3	2,49	0,03	0,02	0	0	0,05	1,05
E4	1,56	-0,05	0,02	-0,03	0,01	-0,05	0,95
E5	2,39	0,03	-0,04	-0,03	0,01	-0,03	0,97
E6	1,48	0,03	-0,04	-0,03	0,01	-0,03	0,97
E7	91,96	-0,05	-0,04	0,02	0,01	-0,06	0,94
E8	18,49	0	0,02	0,02	0,01	0,05	1,05
E9	8,7	0,03	0,05	-0,03	-0,02	0,03	1,03
E10	197,5	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16	1,16
E11	38,42	0,08	0,05	0,02	0,01	0,16	1,16
E12	72,55	0,03	0,05	0,02	0,01	0,11	1,11
E13	44,45	0,11	0,05	-0,03	0,01	0,14	1,14
E14	170	0	0	0	0	0	1
E15	31,76	0,03	0,02	-0,03	0,01	0,03	1,03

Fuente: elaboración propia.

Al obtener el Factor de Calificación de cada elemento, se procede a calcular el tiempo normal, el cual se muestra en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Tiempos normales**

Elemento	TMO (min)	FC	TN (min)=TMO(FC)
E1	9,78	1,03	10,07
E2	2,13	0,97	2,07
E3	2,49	1,05	2,61
E4	1,56	0,95	1,48
E5	2,39	0,97	2,32
E6	1,48	0,97	1,44
E7	91,96	0,94	86,44
E8	18,49	1,05	19,41
E9	8,7	1,03	8,97
E10	197,5	1,16	229,1
E11	38,42	1,16	44,57
E12	72,55	1,11	80,54
E13	44,45	1,14	50,67
E14	170	1	170,00
E15	31,76	1,03	32,71
	693,66		742,40

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el estudio de tiempos normales se observa que el tiempo total del proceso aumenta a 742,40 minutos por los factores que se le agregaron a cada elemento.

2.2.4.3. Tiempos estándares

Este estudio de tiempos toman en cuenta la tolerancia y los suplementos que poseen los empleados, estos dependen si son hombres o mujeres y las condiciones de trabajo.

2.2.4.4. Tolerancias y suplementos en los trabajadores

Dentro del estudio de tiempos se deben de tomar en cuenta factores que no están en el proceso, pero son propios de los empleados que hacen que el tiempo en la operación tenga retrasos, existen 2 tipos de factores: constantes y variables.

En los factores se debe tomar en cuenta si el operario es hombre o mujer; para asignarle una calificación distinta, en la planta todos los operarios son hombres. Los porcentajes de los suplementos se describen en las tablas XV y XVI.

Tabla XV. **Suplementos constantes**

Suplemento Constante	Porcentaje de ajuste
Suplemento por necesidades personales- C1	0,05
Suplemento por fatiga- C2	0,04

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*, Ingeniería de métodos y medición del trabajo, 2a ed, p. 228.

Tabla XVI. Sistema de suplementos variables

Instituto de Administración Científica de las Empresas Curso de "Técnicas de organización" Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.			
1. Suplementos constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplementos base por fatiga		4	4
2. Suplementos variables			
	Hombres	Mujeres	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda	0	1	
Incómoda (Inclinado)	2	3	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5	0	1	
5	1	2	
7.5	2	3	
10	3	4	
12.5	4	6	
15	5	8	
17.5	7	10	
20	9	13	
22.5	11	16	
25	13	20 (máx)	
30	17	—	
33.5	22	—	
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	
Bastante por debajo	2	2	
Absolutamente insuficiente	5	5	
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)			
Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de – Suplemento			
Kata (milicalorías/cm ² /segundo)			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	
F. Concentración intensa	Hombres	Mujeres	
Trabajos de cierta precisión	0	0	
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2	
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5	
G. Ruido.			
Continuo	0	0	
Intermitente y fuerte	2	2	
Intermitente y muy fuerte	5	5	
Estridente y fuerte			
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo	1	1	
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4	
Muy complejo	8	8	
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono	0	0	
Trabajo bastante monótono	1	1	
Trabajo muy monótono	4	4	
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido	0	0	
Trabajo aburrido	2	1	
Trabajo muy aburrido	5	2	

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Segunda edición, p. 228.

Para determinar los factores variables se necesita realizar una ponderación de cada elemento, para obtener los tiempos estándares.

Teniendo esto en consideración se procede a ponderar cada elemento, la ponderación se muestra en la tabla XVII:

Tabla XVII. **Ponderación de los elementos**

	Necesidades Personales	Fatiga	Trabajo de pie	Postura anormal	Levantamiento de pesos	Intensidad de Luz	Calidad del aire	Tensión Visual	Tensión auditiva	Tensión Mental	Monotonía mental	Monotonía física	% de ponderación
Elemento	C1	C2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
E1	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16
E2	0,05	0,04	0,02	0,02	0,07	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,23
E3	0	0,04	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,09
E4	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16
E5	0,05	0,04	0,02	0,02	0,07	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,23
E6	0,05	0,04	0,02	0,02	0,07	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,23
E7	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16
E8	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16
E9	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16
E10	0,05	0,04	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,14
E11	0,05	0,04	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,14
E12	0,05	0,04	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,14
E13	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16
E14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E15	0,05	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,16

Fuente: elaboración propia.

En el elemento E14 las ponderaciones quedan todas en cero, dado que el proceso es por horno; en el estudio de tiempos no tiene ponderación cuando es por maquinaria.

La cantidad obtenida de la calificación se suma o se resta al 100 por ciento, dependiendo del signo que se obtiene. Este se multiplica con el tiempo normal para obtener el tiempo esperado de los elementos, quedando expresado en la siguiente expresión matemática.

$$TE = TN \times (1 \pm \% \text{ de valoración})$$

El cálculo se muestra en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Tiempos estándares**

Elemento	TN	% de valoración	(1+% valoración)	TE(min)=TNx(1+% valoración)
E1	10,07	0,16	1,16	11,68
E2	2,07	0,23	1,23	2,55
E3	2,61	0,09	1,09	2,85
E4	1,48	0,16	1,16	1,72
E5	2,32	0,23	1,23	2,86
E6	1,44	0,23	1,23	1,77
E7	86,44	0,16	1,16	100,27
E8	19,41	0,16	1,16	22,52
E9	8,97	0,16	1,16	10,40
E10	229,10	0,14	1,14	261,18
E11	44,57	0,14	1,14	50,81
E12	80,54	0,14	1,14	91,81
E13	50,67	0,16	1,16	58,78
E14	170,00	0	1	170,00
E15	32,71	0,16	1,16	37,94
Total	742,20			827,14

Fuente: elaboración propia.

Determinado el tiempo estándar de fabricación de las fachaletas siendo este de 827,14 minutos.

Se determinó el tiempo promedio para producir cada fachaleta, debido que todo el estudio se realizó para 686 fachaletas.

Para tener una visualización de las operaciones para determinar el tiempo por fachaleta, se procede a determinar el tiempo esperado para el elemento E1, quedando de la siguiente manera:

$$TE (E1) = 11,68 \text{ min} / 686 \text{ fachaletas}$$

$$TE (E1) = 0,017 \text{ min por fachaleta}$$

$$TE (E1) = 0,017 \text{ min} \times (60 \text{ seg} / 1 \text{ min})$$

$$TE (E1) = 1,02 \text{ segundos} \times \text{fachaleta}$$

Los tiempos estándares de los elementos del proceso se muestran en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Tiempo promedio por fachaleta**

Elemento	TE(min)	TE(min) por fachaleta = TE/686	TE(seg) por fachaleta = TE * 60
E1	11,68	0,017	1,02
E2	2,55	0,004	0,22
E3	2,85	0,004	0,25
E4	1,72	0,003	0,15
E5	2,86	0,004	0,25
E6	1,77	0,003	0,15
E7	100,27	0,146	8,77
E8	22,52	0,033	1,97
E9	10,40	0,015	0,91
E10	261,18	0,381	22,84
E11	50,81	0,074	4,44
E12	91,81	0,134	8,03
E13	58,78	0,086	5,14

Continuación de la tabla XIX.

E14	170,00	0,248	14,87
E15	37,94	0,055	3,32
Total	827,14	1,207	72,33

Fuente: elaboración propia.

Al promediar el tiempo para producir cada fachaleta da un total de 72,33 segundos. Teniendo los tiempos promedios de cada elemento se procede a la elaboración de los diagramas actuales, tales como: diagrama de flujo, proceso, recorrido y bimanual, para poder tener una mejor visualización del método actual.

En los tiempos estándares se toman en consideración todos aquellos factores que afectan directa e indirectamente el proceso, estos son obligaciones que el patrono tiene con los empleados, dado que lo establece el Código de Trabajo, tales como los tiempos de refacción, las idas al sanitario los permisos y otros.

Tabla XX. **Tiempos estándares de las operaciones**

Elemento	Descripción	TE(seg)
E1	Llenar el cernidor con caolín para cernirlo	1,02
E2	Llenar carreta con caolín cernido	0,22
E3	Moler purulha en el molino	0,25
E4	Llenar carreta de Purulha molido	0,15
E5	Llenar mezclador con Agua	0,25
E6	Llenar mezclador con MnO ₂	0,15
E7	Llenar molino y realizar mezcla	8,77
E8	Llenar carretón con mezcla	1,97
E9	Cernir arena de río en carreta	0,91
E10	Moldear fachaletas	22,84
E11	Llenar Bancos con fachaletas	4,44
E12	Endosar fachaletas en bancos	8,03

Continuación de la tabla XX.

E13	Colocar fachaletas en el horno	5,14
E14	Quemar fachaletas	14,87
E15	Entarimar fachaletas quemadas	3,32
Total		72,33

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XX se muestran las operaciones del proceso debido a la distribución de planta se eliminó la operación de llenado de carreta con caolín, esta fue eliminada porque la materia prima se colocó a la par del cernidor. En las mejoras implementadas, las operaciones disminuyeron de 16 a 15 elementos, por la cercanía en que se encuentran las estaciones.

Tendiendo definidos los tiempos estándares de cada operación se procede a realizar los diagramas mejorados.

2.2.5. Diagramas mejorados

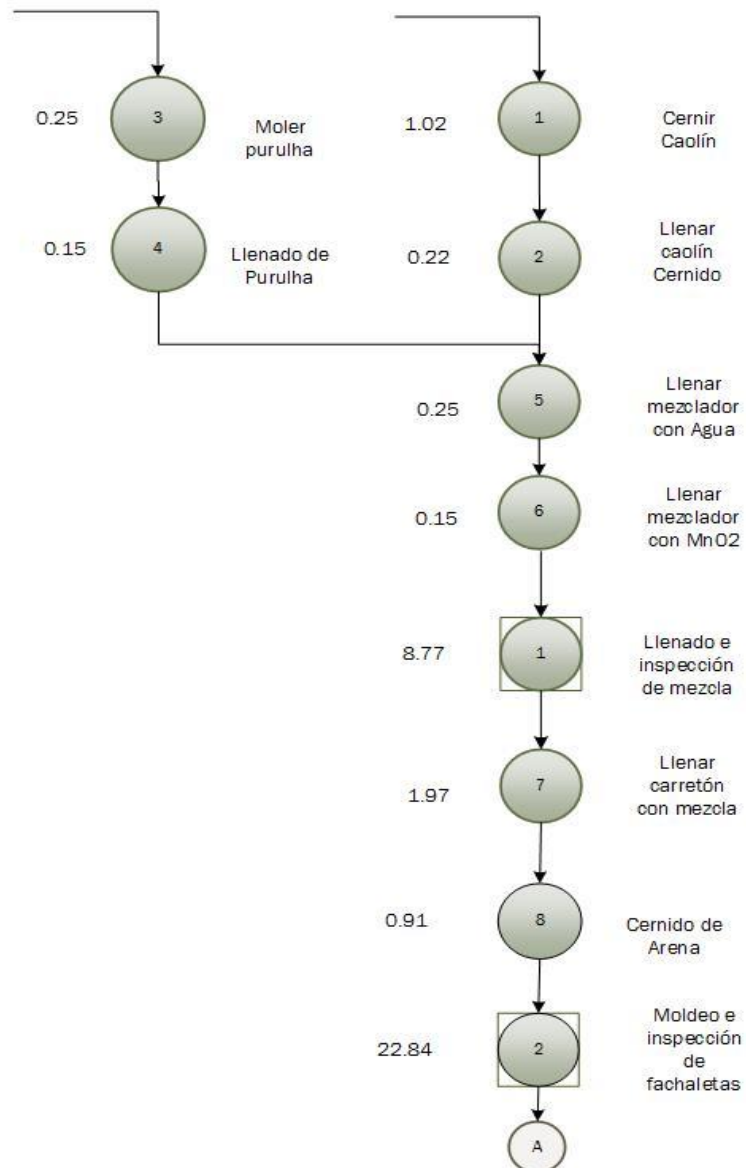
Realizada las mejoras con la distribución de planta; acortando distancias, eliminando procesos y transportes no necesarios, disminuyendo la demora de la forma descrita anteriormente. Se elaboraron los nuevos diagramas para poder visualizar las mejoras.

2.2.5.1. Diagrama de proceso

Se realizó el diagrama de proceso con las mejoras implementadas por la distribución de planta, para visualizar como disminuyeron las operaciones y los tiempos de producción, el diagrama de proceso de fachaletas mejorado se muestra en la figura 18.

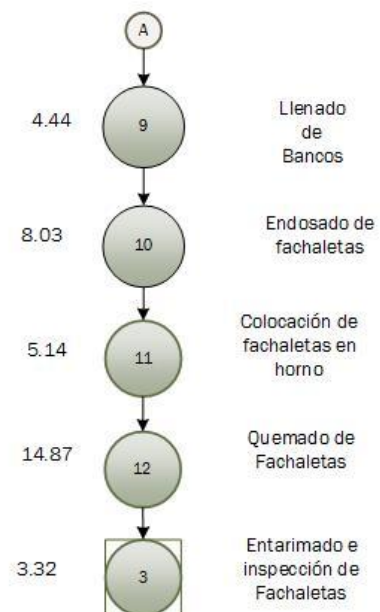
Figura 18. Diagrama de operaciones mejorado de fabricación de fachaletas

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Mayo-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Mejorado</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 1 de 2</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>

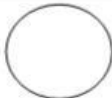



Continuación de la figura 18.

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Mayo-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Mejorado</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 2 de 2</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>



Resumen

Símbolos	Actividad	Cantidad	Tiempo (segundos)
	Operación	12	37.40
	Operación/Inspección	3	34.93
Total		15	72.33

Fuente: elaboración propia.

Las mejoras del diagrama *versus* el diagrama actual es la disminución de tiempos, en el diagrama de proceso actual daba como resultado una cantidad de 61,59 segundos y el mejorado una cantidad de 72,33 segundos.

El tiempo aumento debido a que se tomaron todos los factores externos de las operaciones, pero son necesarias para poder tener un tiempo más preciso.

2.2.5.2. Diagrama de flujo mejorado

Tomando en consideración la implementación de las mejoras, se procedió a elaborar el diagrama de flujo para tener una mejor visualización de las mejoras en el proceso, distancias y en el tiempo quedando los siguientes elementos que se muestran en la tabla XXI.

Tabla XXI. **Elementos para la fabricación de fachaletas**

Elemento	Proceso	Distancia actual (m)	Distancia mejorada (m)
E1	Cernir caolín		
E2	Llenado de caolín cernido la carreta		
E3	Trasladar caolín a mezclado	41	11,7
E4	Moler purulha		
E5	Llenar carreta de purulha molido		
E6	Traslado de purulha a mezclado	49	10,9
E7	Llenar mezclador con agua		
E8	Llenar mezclador con MnO ₂		
E9	Llenar molino y realizar mezcla		
E10	Llenar carretón con mezcla		
E11	Trasladar mezcla a moldeo	56	7,4
E12	Cernir arena de río en carreta		
E13	Trasladar carreta a moldeo	40	21,1
E14	Moldear fachaletas		
E15	Llenar bancos con fachaletas		

Continuación de la tabla XXI.

E16	Endosar las fachaletas en bancos		
E17	Trasladar los bancos para secarse	26.5	31.3
E18	Secar fachaletas en bancos		
E19	Trasladar bancos secos al horno	30	29.4
E20	Colocar fachaletas en el horno		
E21	Quemar fachaletas		
E22	Entarimar fachaletas quemadas		

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los nuevos tiempos se realizó una ponderación en las distancias que se reducirán para obtener el tiempo de transporte, y la implementación de secaderos para la demora, y las operaciones quedan con el mismo tiempo estándar.

Para la interpretación de la disminución de tiempo en los transportes, se realizará un ejemplo utilizando las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$\% \text{ mejorado} = (D_m / D_o) * 100$$

Donde:

% mejorado = es el porcentaje, que representa la distancia mejorada

D_m = distancia mejorada

D_o = distancia inicial o actual

$$t_m = t_o * \% \text{ mejorado}$$

Donde:

t_m = tiempo mejorado

t_o = tiempo inicial

Teniendo las ecuaciones definidas se procede a realizar un ejemplo de los nuevos tiempos de transportes; el ejemplo será para el traslado de caolín al mezclador, se poseen las siguientes variables:

$$D_o = 41 \text{ m} \quad D_m = 11,7 \text{ m}$$

$$t_o = 89,99 \text{ s}$$

$$\% \text{ mejorado} = (11,7 \text{ m}/41 \text{ m}) * 100 = 28,54 \%$$

$$t_m = 89,99 \text{ s} * 28,54\% = 25,65 \text{ s}$$

El tiempo mejorado para el ejemplo es de 25,65 segundos, el resto de tiempos mejorados de transporte se muestra en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Mejora de tiempos de transportes para fabricar fachaletas**

Proceso	Distancia actual (m)	Distancia mejorada (m)	% mejorado	Tiempo inicial (seg)	Tiempo mejorado (seg)
Trasladar caolín a mezclado	41	11,7	29%	89,89	25,65
Traslado de purulha a mezclado	49	10,9	22%	99,57	22,15
Trasladar mezcla a moldeo	56	7,4	13%	185,16	24,47
Trasladar carreta a moldeo	40	21,1	53%	118,16	62,33
Trasladar los bancos para secarse	26,5	31,3	118%	110,78	130,84
Trasladar bancos secos al horno	30	29,4	98%	86,17	84,45

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos de las operaciones y las inspecciones quedaron con el mismo tiempo estándar determinado en el estudio de tiempo actual, dado que no se alteraron y se implementó colocar las fachaletas en secaderos para reducir la demora, los tiempos se muestran en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Tiempos de los elementos**

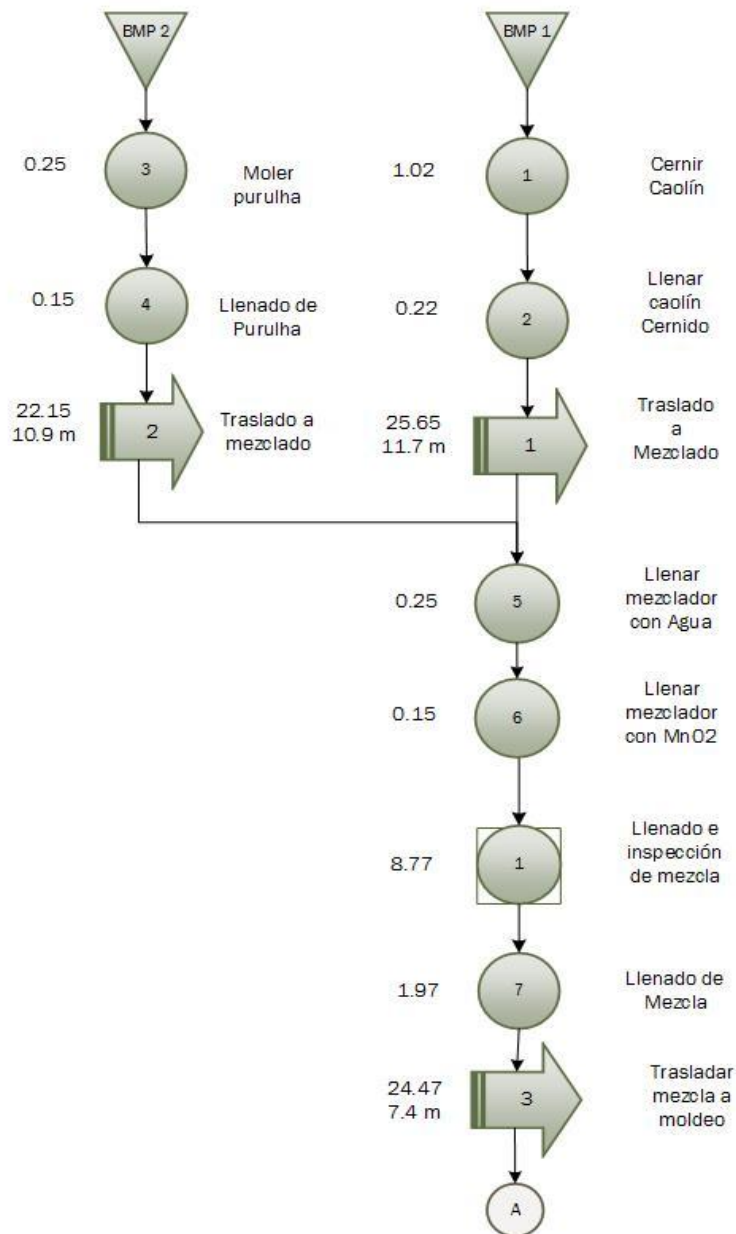
Elemento	Proceso	Tiempo (seg)
E1	Cernir caolín	1,02
E2	Llenado de caolín cernido la carreta	0,22
E3	Trasladar caolín a mezclado	25,65
E4	Moler purulha	0,25
E5	Llenar carreta de purulha molido	0,15
E6	Traslado de purulha a mezclado	22,15
E7	Llenar mezclador con agua	0,25
E8	Llenar mezclador con MnO ₂	0,15
E9	Llenar molino y realizar mezcla	8,77
E10	Llenar carretón con mezcla	1,97
E11	Trasladar mezcla a moldeo	24,47
E12	Cernir arena de río en carreta	0,91
E13	Trasladar carreta a moldeo	62,33
E14	Moldear fachaletas	22,84
E15	Llenar Bancos con fachaletas	4,44
E16	Endosar las fachaletas en bancos	8,03
E17	Trasladar los bancos para secarse	130,84
E18	Secar fachaletas en bancos	3 días
E19	Trasladar bancos secos al horno	84,45
E20	Colocar fachaletas en el horno	5,14
E21	Quemar fachaletas	14,87
E22	Entarimar fachaletas quemadas	3,32

Fuente: elaboración propia.

Teniendo definidos los tiempos mejorados de cada operación del proceso, se procede a la construcción del diagrama de flujo, en este diagrama se incluyen los subprocesos que se mostrarán más adelante, el diagrama de flujo se muestra en la figura 19.

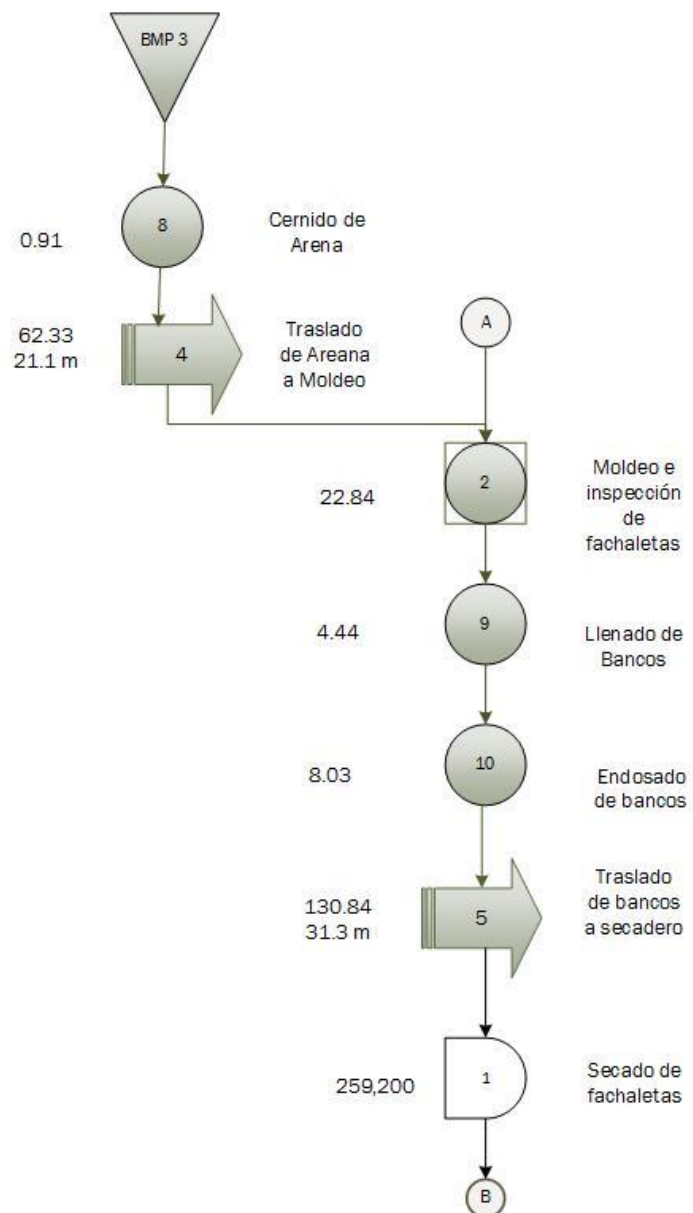
Figura 19. Diagrama de flujo mejorado de la fabricación de fachaletas

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Mayo-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Mejorado</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 1 de 3</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>



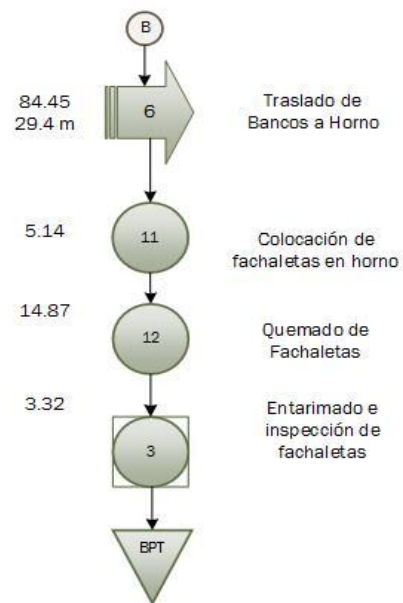
Continuación de la figura 19.

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Mayo-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Mejorado</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 2 de 3</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>



Continuación de la figura 19.

<i>Empresa: INMACO S.A.</i>	<i>Fecha: Mayo-2013</i>
<i>Departamento: Faproes</i>	<i>Método: Mejorado</i>
<i>Analista: Saider Lucero</i>	<i>Hoja 3 de 3</i>
<i>Producto: Fachaleta</i>	<i>Inicio: BMP</i>
	<i>Fin: BPT</i>







Resumen





Símbolos	Actividad	Cantidad	Tiempo (segundos)
	Operación	12	37.40
	Transporte	6	349.88 111.8 m
	Demora	1	259,200
	Operación/Inspección	3	34.93
Tiempo Total		22	259,622.21 seg.

Fuente: elaboración propia.

El tiempo del diagrama de flujo mejorado es de 259 622,21 segundos, equivalente a 3 días y 422,21 segundos. Para tener una mejor visualización de las mejoras que tiene el nuevo diagrama se realizó una tabla comparativa, la cual se muestra en figura 20.

Figura 20. **Comparación del diagrama actual y mejorado**

Resumen actual			
Símbolos	Actividad	Cantidad	Tiempo (segundos)
	Operación	13	33,50
	Transporte	10	943,10 s 322 metros
	Demora	1	691 200
	Operación/Inspección	3	28,09
Total		27	692 204,69

Resumen Mejorado			
Símbolos	Actividad	Cantidad	Tiempo (segundos)
	Operación	12	37,40
	Transporte	6	949,88 s 111,8 metros
	Demora	1	259,200
	Operación/Inspección	3	34,93
Total		22	259 622,21 s

Fuente: elaboración propia.

En esta comparación de los resúmenes muestra claramente las mejoras, tanto en el tiempo como en las distancias que se redujeron, por la distribución de planta que se planteó.

La distancia disminuye de 322 a 111,8 metros, el tiempo disminuye considerablemente tanto en el transporte como en la demora de secado.

2.2.6. Balance de líneas

Para determinar un flujo continuo en la línea de producción y el aprovechamiento adecuado de los recursos que tiene la planta se planea dividir el proceso por estaciones, mediante un estudio de balance de líneas; para estandarizar el proceso.

Realizando la distribución de planta se cambiaron algunos aspectos para disminuir los tiempos de transportes, acortando distancia y reduciendo tiempos de operaciones, para poder optimizar y aplicar economía en movimiento, creando una línea continua con un flujo constante de procesos.

Para el análisis del balance de líneas se analizan las operaciones del proceso, las cuales se describen en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Elementos para el balance de líneas**

Elemento	Descripción	TE(seg)
E1	Llenar el cernidor con caolín para cernirlo	1,02
E2	Llenar carreta con caolín cernido	0,22
E3	Moler purulha en el molino	0,25
E4	Llenar carreta de Purulha molido	0,15
E5	Llenar mezclador con agua	0,25

Continuación de la tabla XXIV.

E6	Llenar mezclador con MnO ₂	0,15
E7	Llenar molino y realizar mezcla	8,77
E8	Llenar carretón con mezcla	1,97
E9	Cernir arena de río en carreta	0,91
E10	Moldear fachaletas	22,84
E11	Llenar bancos con fachaletas	4,44
E12	Endosar fachaletas en bancos	8,03
E13	Colocar fachaletas en el horno	5,14
E14	Quemar fachaletas	14,87
E15	Entarimar fachaletas quemadas	3,32

Fuente: elaboración propia.

De cada operación se analizó: su precedencia, tiempo esperado, tiempo parcial y el tiempo acumulado, donde:

- Te: tiempo esperado: es el tiempo empleado para producir fachaletas
- Tiempo parcial: es el tiempo conjunto de cada área, que se implementará
- Tiempo acumulado: es la suma del tiempo parcial

En la tabla XXV se muestra el tiempo, la precedencia el tiempo parcial y el tiempo acumulado.

Tabla XXV. **División de los elementos por áreas**

Tarea	Tarea Precedente	TE (Seg)	Tiempo Parcial	Tiempo Acumulado
E1	-	1,02		
E2	E1	0,22		

Continuación de la tabla XXV.

E3	E2	0,25		
E4	-	0,15		
E5	E4	0,25		
E6	-	0,15		
E7	-	8,77		
E8	E3,E5,E6,E7	1,97		
E9	-	0,91	<u>12,78</u>	<u>12,78</u>
E10	E8,E9	22,84		
E11	E10	4,44	<u>23,75</u>	<u>36,53</u>
E12	E11	8,03		
E13	E12	5,14		
E14	E13	14,87		
E15	E14	3,32	<u>35,8</u>	<u>72,33</u>

Fuente: elaboración propia.

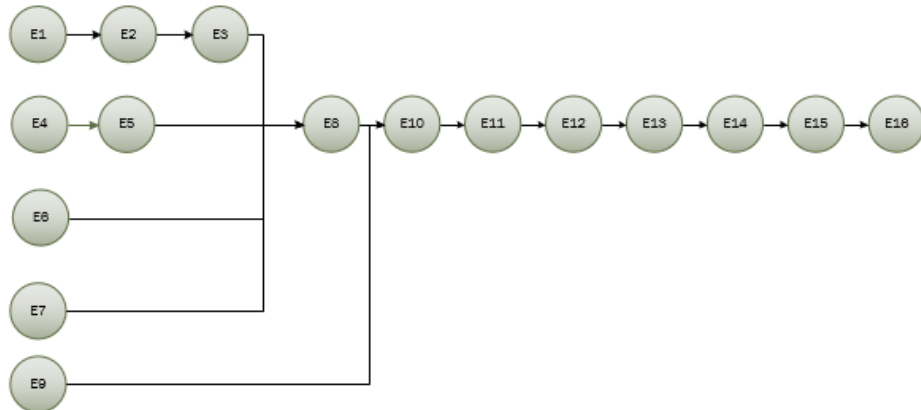
La tabla XXV se muestra la posible división de estaciones, el tiempo parcial muestra la suma de cada estación parcial y el tiempo acumulado es la suma de cada tiempo parcial.

2.2.6.1. Diagrama de precedencia

Con los elementos definidos, sus predecesores, y los tiempo que necesitan cada uno de ellos, se procede armar los diagramas de redes para poder tener una relación entre las tareas, y proponer la nueva división de cada estación.

El nuevo diagrama de precedencias se muestra en la siguiente figura 21.

Figura 21. Diagrama de precedencia



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2. Determinación del ciclo requerido

Es necesario tratar de predecir el ciclo requerido, este determina el ritmo que se tendría que tener para poder cumplir con la demanda diaria. Se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción diaria requerida (en unidades)}}$$

El ciclo de la empresa quedaría de la siguiente manera, siendo el tiempo de producción una jornada diurna normal (8 horas), expresado en segundos y el requerimiento de producción de 1 000 fachaletas, que es requerimiento del dueño de la empresa, para poder satisfacer la demanda del mercado:

$$C = \frac{8 * 60 * 60}{1\ 000} = 28,80 \frac{s}{\text{unidad}}$$

El ciclo requerido es de 28,88 segundos por unidad.

2.2.6.3. Número de estaciones

Para determinar el número de estaciones requeridas para poder cumplir con la producción, se determina con la siguiente ecuación matemática:

$$N = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo}}$$

El número de estaciones quedaría de la siguiente manera, la suma de tiempos acumulados que se muestra en la tabla XXII, dando un total de 72,33 segundos, el número de estaciones quedaría:

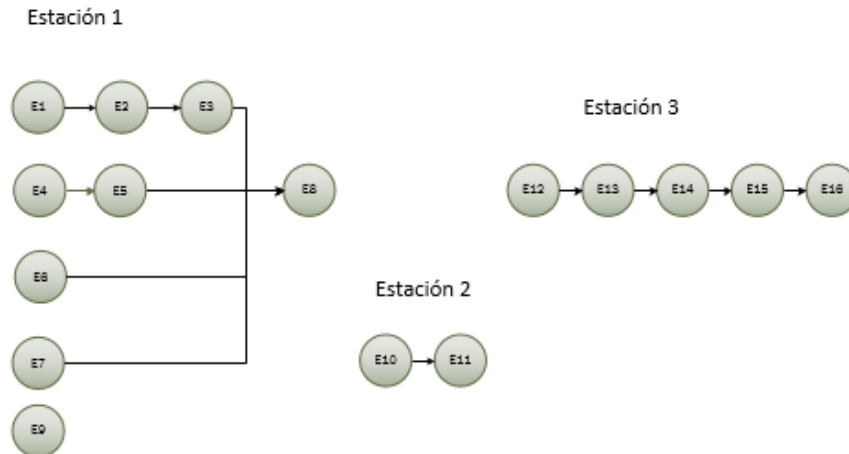
$$N = \frac{72,33}{28,80} = 2,51 = 3 \text{ estaciones}$$

El número de estaciones da como resultado 2,51, se necesita un número entero, se aproxima al mayor, quedando 3 estaciones.

2.2.6.4. Asignación de estaciones de trabajo

Para determinar el número de estaciones teóricas, se debe de seleccionar el método para realizar la ponderación, para este estudio se seleccionó con base al tiempo más largo, esta ponderación se muestra en la tabla XXV, quedando como se muestra en la figura 22.

Figura 22. **División por estaciones de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

La figura 22, muestra los elementos que tendrá cada estación.

2.2.6.5. **Cálculo de eficiencia**

Es de gran importancia predecir la eficiencia de producción, así como de los trabajadores para determinar la eficiencia, del equilibrio de la estación se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Número de estaciones de trabajo (N) X Tiemmpo de ciclo (C)}}$$

Tendido en consideración lo anterior, se procede a calcular la eficiencia de cada línea, donde la suma de las tareas se muestra en la tabla XXIII y es de 72,33, el número de estaciones que se determinó es 3, y el tiempo de ciclo es de 28,80, con estos datos la eficiencia quedaría:

$$E = \frac{72,33}{(3)(28,80)} = 0,8372 * 100 = 83,72 \%$$

Aplicando el Método del Balance de Línea, se definen 3 estaciones, quedando con una eficiencia de 83,72 por ciento; la eficiencia aumenta en la línea con respecto a la actual que era de 71,28 por ciento.

2.2.7. Especificación del proceso

El proceso esta dividido en mezclado, moldeo, secado, quemado y empaquetado, en la tabla XXVI se describe más a fondo el proceso que el producto sigue.

Tabla XXVI. Descripción de áreas de trabajo

Definición	Descripción
Mezclado	Preparación de materia prima y de mezclado.
Moldeo	Moldeo y realización de fachaletas.
Secado	Manipulación y proceso de secado.
Quemado	Preparación y proceso de quemado.
Empaquetado	Empaquetado de producto terminado.

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.1. Área de mezclado

En esta área se realiza el proceso de cernido o molido de materia prima, el transporte y el mezclado. Cada fachaleta cuenta con diferentes materias primas, estas están representadas en la tabla XXVII.





Tabla XXVII. **Cantidades de materia prima**

Tipos de Fachaletas							
Roja		Negra		Caolín		Bórax	
Materiales	Mezcla	Materiales	Mezcla	Materiales	Mezcla	Materiales	Mezcla
Caolín	12 Bote	Purulha	1 Bote	Purulha	1 bote	Purulha	1 bote
Barro	3 Botes	Bióxido	1/2 Bote	Caolín	15 Botes	Caolín	15 Botes
Agua	2 Botes	Caolín	15 Botes	Agua	2 botes	Agua	2 botes
		Agua	2 Botes			Bórax	

Fuente: elaboración propia.

Estos porcentajes de materia prima son introducidos en una mezcladora, el operario va introduciéndola hasta lograr una textura adecuada, al terminar la mezcla se vacía en un carretón y es transportada a la siguiente estación, siendo esta la estación de moldeo; las materias primas se muestran en la tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Materia prima**

Material	Ilustración
Caolín	
Barro	
Purulha	
Talpetate	

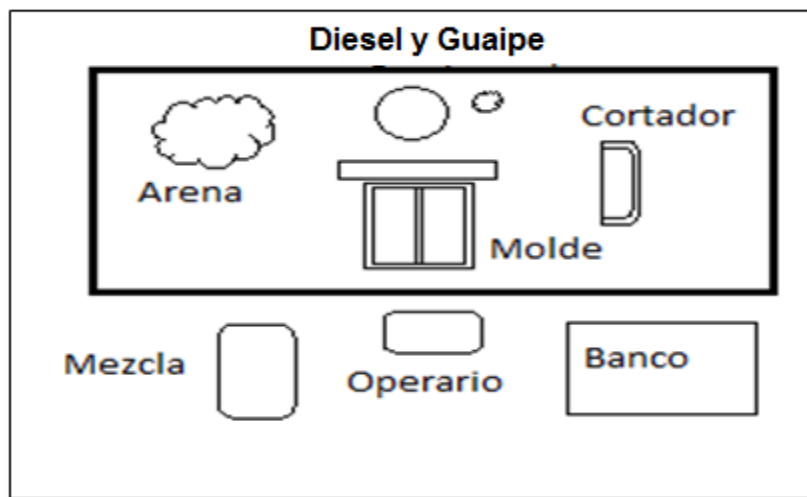
Fuente: observación en planta INMACO, S. A.

2.2.7.2. Área de moldeo

En esta área se cierce arena de río, es transportada a la estación de moldeo; los bancos son transportados a donde se realiza el moldeo, se llenan, se endosan las fachaletas y se transportan al área de secado.

La estación de moldeo está compuesta por el operario de cada área, los materiales siendo estos: diésel, guaípe, molde, cortador, arena de río, mezcla y bancos, se muestra en la figura 23.

Figura 23. Área de moldeo



Fuente: observación en planta INMACO, S. A.

Después de realizar el molde de la fachaleta se endosan las fachaletas en los bancos, se trasladan a la par del horno para que sequen a la intemperie o son introducidas en secaderos.

2.2.7.3. Área de secado

En esta estación se realiza el proceso de secado, siendo la operación que tiene mayor duración, para disminuir este tiempo se propone introducir los bancos a los secaderos artesanales; con esto se reduce el tiempo de 7 días que es el tiempo en la intemperie, a 3 días en los secaderos.

La función de los secaderos posee un fogón, en el cual se quema basura en la parte de arriba, posee una turbina que extrae el aire caliente, distribuyéndolo en túneles, en donde se colocan los bancos con fachaletas.

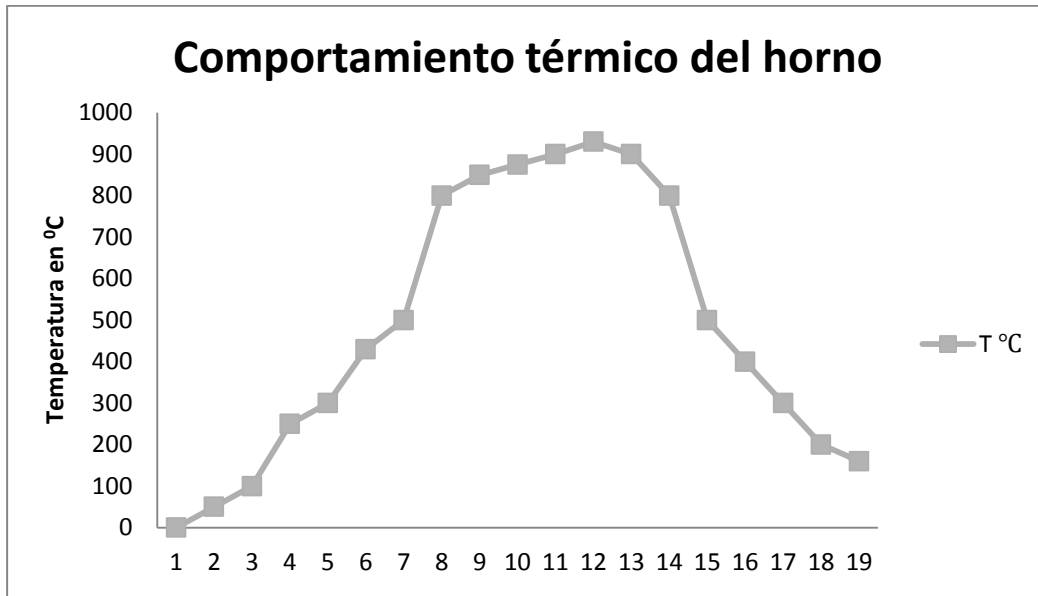
Cuando la fachaleta cumple el tiempo de 3 días de secado es llevada al horno para que sufra el proceso de quemado.

2.2.7.4. Área de quemado

En esta estación se realiza el proceso de quemado, este consiste en colocar la fachaleta en el horno para ser quemadas, saliendo ya quemada se coloca en tarimas, y se traslada a la estación de empaque.

El horno es de combustión de gas y energía eléctrica; cuenta con quemadores y con ventiladores, esto garantiza que las fachaletas no sufran choques térmicos, si existiera provocaría ruptura, la temperatura de quemado, esta entre 850 y 950 grados Celsius. El comportamiento térmico del horno se muestra en la figura 24.



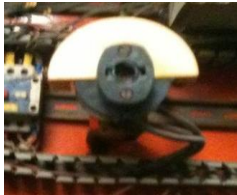


Figura 24. Comportamiento térmico del horno









Fuente: observación en planta INMACO, S. A.

El encendido del horno es un subproceso para encenderlo, se debe de seguir el instructivo que se muestra en la figura 25.

Figura 25. Instructivo de encendido del horno

Empresa: INMACO S. A. Procedimiento: encendido de horno Hoja: 1 de 2 Puesto: encargado de área		
No.	Descripción	Ilustración
1	Abrir llave del contenedor de gas	
2	Liberar gas del contenedor para que llegue y se distribuya en los quemadores del horno	
3	Encender horno, para pasarle corriente a los diferentes motores	
4	Encender el motor de la chimenea, y los motores para los enfriadores	
5	Encender motor de los enfriadores que están antes de los quemadores	


Continuación de la figura 25.

Empresa: INMACO S. A. Procedimiento: encendido de horno Hoja: 2 de 2 Puesto: encargado de área		
		
5	Encender motor, que se encarga de la rotación de los cilindros del horno	
6	Encender las llaves de gas y de aire de los quemadores	
7	Liberar aire de los enfriadores, que están antes y después de los quemadores.	
8	Encender los 8 quemadores del horno.	
9	Esperar que el horno llegue a la temperatura requerida para quemar las fachaletas, y esta oscila entre los 800 y 900 °C	

Fuente: elaboración propia.

Para el apagado del horno se sigue el instructivo que se muestra en la figura 26.

Figura 26. **Instructivo de apagado del horno**

Empresa: INMACO S. A. Procedimiento: apagado del horno Hoja: 1 de 1 Puesto: encargado de área		
No.	Descripción	
1	Esperar que pase la última fachaleta por las llamas	
2	Cerrar las llaves del cilindro de gas	
3	Esperar que salga la última fachaleta del horno, para que termine de salir todo el gas que está en las mangueras	
4	Cerrar las llaves de gas del horno	
5	Esperar que horno se enfríe y que saque todo el aire caliente para no provocar un sobrecalentamiento	
6	Apagar los interruptores de aire de los enfriadores	
7	Apagar los interruptores del horno	
8	Desconectar el horno	

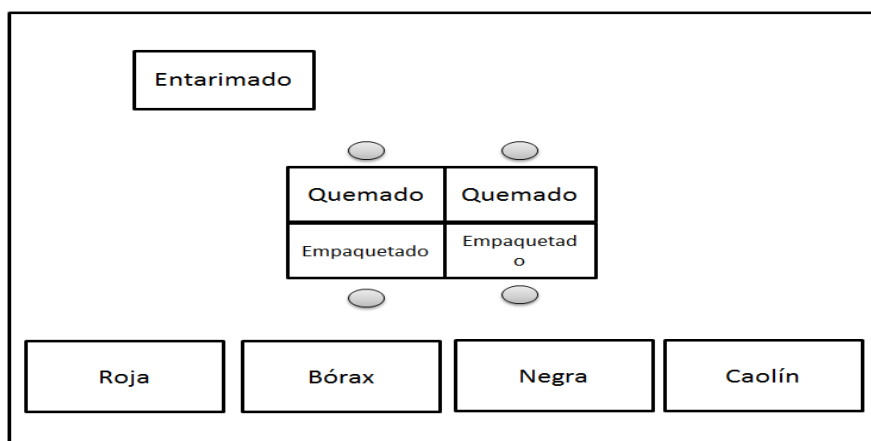
Fuente: elaboración propia.

2.2.7.5. Área de empaquetado

En esta estación se encargan de realizar los paquetes, quemarlos, entarimarlos y trasladarlos a la bodega de producto terminado.

Se ilustra el área de empaquetado, quedando esta con 4 operarios; 2 operarios se encargan de empaquetar las fachaletas y los otros de 2 de quemar los paquetes y de entarimarlos, realizando una cantidad promedio de 200 paquetes en una jornada diurna normal, el área de empaquetado se muestra en la figura 27.


Figura 27. Área de empaquetado



Fuente: elaboración propia, observación en planta INMACO, S. A.

Para poder realizar el empaquetado se sigue el procedimiento que se muestra en la figura 28.

Figura 28. **Procedimiento de empaquetado**

<p>Empresa: INMACO S. A. Procedimiento: empaquetado Hoja: 1 de 1 Puesto: operarios</p>		
No.	Descripción	
1	Trasladar tarimas de fachaletas al área de empaquetado	
2	Cortar nailon de 75 cm x 7 cm	
3	Cortar fieltro de 25 cm x 25 cm	
4	Colocar nailon en la mesa	
5	Colocar 14 fachaletas, 7 de cada color	
6	Colocar fieltro sobre las fachaletas	
7	Colocar 14 fachaletas, 7 de cada color, diferentes de las que ya se han colocado	
8	Colocar fieltro sobre las fachaletas	
9	Doblar el nailon sobre las fachaletas y el fieltro	
10	Poner grapas a los paquetes	
11	Quemar paquetes, con pistola de aire caliente	
12	Colocar paquetes en tarimas	

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Condiciones del área de trabajo

Se propone para el traslado de materia prima, que las personas encargadas del transporte, utilicen el calzado adecuado, tales como botas industriales con punta de acero; este tipo de calzado protege a los empleados de objetos y de accidentes a los que estén expuestos, el calzado a utilizar se muestra en la figura 29.

Figura 29. **Calzado industrial**




Fuente: [http://es.scribd.com / doc / 58568895 / CATALOGO-DE-CALZADOS-INDUSTRIALES](http://es.scribd.com/doc/58568895/CATALOGO-DE-CALZADOS-INDUSTRIALES).

Consulta: 20 de enero de 2014.

En la capacitación se impartirá todo el equipo de trabajo involucrado en la elaboración de fachaletas, tanto los que participan en el transporte de la materia prima y los que se encargan de la preparación de la mezcla, las formas correctas en la que deben levantar objetos, sean pesados o no.

La forma correcta de levantar objetos se muestra en el procedimiento que se muestra en la figura 30.

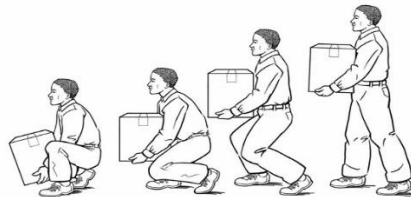
Figura 30. **Procedimiento para levantar objetos**

<p>Empresa: INMACO S. A.</p> <p>Procedimiento: levantamiento de objetos</p> <p>Hoja: 1 de 1</p> <p>Puesto: operarios</p>		
No.	Descripción	
1	Colóquese de manera que tenga los pies cercanos a la base del objeto a levantar.	
2	Sitúese directamente de cara al objeto. Doble las rodillas y haga cuclillas sobre el objeto a levantar. En esta posición, la espalda recibe la potencia de izar adicional que le brindan las piernas y los brazos.	
3	Colóquese cerca del objeto, porque la columna vertebral debe funcionar como una columna de apoyo, y estando cerca del objeto recibe menos esfuerzo.	
4	Gire el objeto hasta tener el eje longitudinal vertical para que el centro de gravedad esté lo más alto posible sobre el suelo.	
5	Aún de cuclillas, los pies y las piernas deben estar apuntando a la carga, con la espalda recta, el trabajador debe sujetar la carga con ambos brazos y pararse lentamente, haciendo la fuerza con los músculos de las piernas. Si no se levanta lentamente, no se está levantando de manera segura.	

Fuente: <http://www.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=426>. Consulta: 20 de enero de 2014.

En la figura 31, se muestra gráficamente el levantamiento de objetos.

Figura 31. **Forma de levantamiento de objetos**



Fuente: <http://www.sanar.org/prevencion/prevenir-efectos-largo-plazo-de-levantar-pesos>.
 Consulta: 20 de enero de 2014.

Para el proceso llevado a cabo dentro de la planta, se propone el uso de una vestimenta adecuada para la manipulación de los objetos y que además las proteja del fuego, debido que el horno trabaja a grandes temperaturas, esto provocaría quemaduras graves al existir un accidente, el equipo que se propone son guantes industriales, estos protegerán tanto las manos como el antebrazo de los operarios que manipulan el horno, los guantes a utilizar se muestran en la figura 32.

Figura 32. **Guantes industriales**

 <p>TEMP-COOK 476</p>	Protección térmica higiénica para altas temperaturas 100% estanco	9 11 12	45 cm	Nitrilo / Protección térmica tejida / relieve antideslizante	 4443 A,JKL 111 X2XXXX CAT 3
---	---	------------	-------	--	---

Fuente: http://www.mapapro.es/fileadmin/user_upload/CATALOGO_MAPA_PROFESSIONNEL.pdf. Consulta: 20 de enero de 2014.

Se determinó que el ruido, que provoca el horno cuando está en funcionamiento supera los 90 decibeles, por lo que es indispensable que los operarios utilicen protección auditiva, para proteger sus oídos.



El tipo de protección que se propone son tapones con cordón como los que se muestran en la figura 33, estos se utilizan para disminuir el nivel de decibeles, estos se utilizaran en las áreas de quemado, cernido y mezclado, dado que en estas áreas supera los 90 decibeles permitidos.

Figura 33. Tapones con cordón

Tapones NOISE BLOCKER QUATTRO

Características:

- ❖ Para uso confortable durante toda la jornada
- ❖ Mango robusto que facilita una inserción y un ajuste adecuados
- ❖ Disponibles con cordón desprendible
- ❖ NRR 25 dB
- ❖ Cuádruple Barrera Contra Ruido
- ❖ Reutilizable
- ❖ Premoldeado
- ❖ Polímero suave y muy confortable
- ❖ Higiénicos y lavables
- ❖ Unitalla
- ❖ Evaluado en laboratorios independientes y acreditados en Alemania y USA
- ❖ Cumplen la Norma NMX-S-053-SCFI-2000
- ❖ Cumplen la Norma ANSI S3.19-1974

NoiseBlock Quattro	NRR:25									
Frecuencia(Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	
Atenuación Real en el Oído (dB)	29.4	30.8	31.8	32.1	33.1	37.8	36.8	39.5	39.5	
Desviación Estándar (dB)	4.3	4.0	3.9	3.3	2.6	3.6	3.3	4.5	2.8	

Fuente: <http://www.comaudi.com/equipos-poteccion-personal-productos.shtml>.

Consulta: 20 de enero de 2014.

2.3. Evaluación de costos por implementación

Para la implementación de las mejoras en la planta, la empresa incurrirá en los siguientes costos, tales como: construcción de pared, instalación de chorro, tubería, personal a implementar, botas industriales, guantes industriales, otros.

Tabla XXIX. Costos de instalación

Descripción	Cantidad	Costo	Total
Construcción de Pared	18 m2	Q 92,15	Q 1 658,70
Instalación de chorro	1	Q 30,00	Q 30,00
Tubería	5	Q 40,00	Q 200,00
Personal a implementar	2	Q 500,00	Q 1 000,00
Botas Industriales	9	Q 400,00	Q 3 600,00
Guante Industriales	9	Q 25,00	Q 225,00
Tapones con cordón	9	Q 20,00	Q 180,00
Total			Q 6 893,70

Fuente elaboración propia.

El costo total de implementación será de Q 6 893,70, pero la planta con la implementación del proyecto será beneficiada con la disminución del costo de mano de obra en el producto, por lo que la inversión tendrá un retorno.

El equipo de seguridad que se debe comprar es de 9 juegos, para que cada empleado posea protección.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

3.1. Objetivo de la Producción más Limpia

Elaborar medidas diseñadas para incrementar la eficiencia energética, disminuyendo emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y crear un manejo adecuado de los dispositivos que consumen energía eléctrica para la protección medio ambiental y obtener un ahorro económico para la empresa.

3.2. Establecimientos de alcances deseados

Una de las mejoras que pretende alcanzar la empresa es en el área de iluminación, debido a los altos costos que conlleva los pagos de la misma, además pretende incluir muchas mejoras, entre las cuales se tienen:

- Análisis de la iluminación actual de la empresa
- Propuesta de mejora
 - Implementación de mecanismos tecnológicos
 - Ventajas de iluminación LED
 - Costo de implementación
 - Material de concientización
 - Material escrito
 - Medios visuales
 - Costos de medios visuales
- Determinar el ahorro que obtendrá la empresa

3.3. Análisis de la eliminación actual

La planta cuenta con 10 lámparas, estas poseen 4 candelas de 70 watts cada una, dando un total de 280 watts.

Se observó que la iluminación actual es deficiente, por lo que se recomienda un análisis para determinar la cantidad de iluminación necesaria que necesita la planta.

3.3.1. Determinación del costo actual por iluminación

La planta cuenta con 10 lámparas de 280 watts cada una, lo que equivale a 2,80 kilowatts por hora, el costo por kilowatt por hora en la empresa por facturación es de Q 1,15, generando un costo total de:

$$\text{Costo} = 2,80 \text{ kwh} * 1,15 \frac{\text{Q}}{\text{kwh}} = \text{Q } 3,22 \text{ por hora}$$
$$\text{Costo mensual} = \text{Q } \frac{3,22}{\text{h}} * 8\text{h} * 30 \text{ dias} = \text{Q } 772,80 \text{ por mes}$$

El costo mensual actual de la empresa en una jornada diurna normal, es de Q 772,80 por mes.

3.4. Determinación de la iluminación necesaria en la planta

Para determinar las mejoras en la iluminación, se debe de realizar una evaluación con la cantidad de luxes que posee la empresa y las lámparas que están utilizando, para poder saber si la planta cuenta con una iluminación adecuada.

3.4.1. Cálculo de luxes

Para determinar el cálculo de luxes se utilizó una herramienta conocida como luxómetro, este indica la cantidad de luxes que posee una lámpara.

Con un luxómetro se determinó la cantidad de luxes de la planta siendo de 250 luxes, por el tipo de operaciones que se realizan dentro de la planta es necesario la realización de un estudio para determinar la cantidad de luxes necesarios y la cantidad de lámparas a implementar.

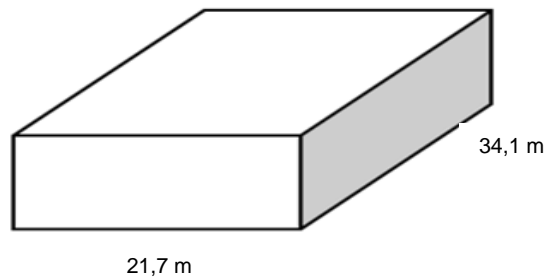
3.4.2. Evaluación de iluminación

Los requisitos mínimos de iluminación, deben ser calculados para poderle brindar al empleado una iluminación adecuada, que se ajuste a sus necesidades.

Para el cálculo, se tomó en cuenta toda el área de la planta, pero se va a disminuir lámparas, en los lugares que no es necesaria tanta iluminación. Tomando en cuenta lo anterior, las dimensiones necesarias se muestran a continuación:

El área a utilizar es de (21,7 m) x (34,1 m), dando un área total = 740 metros cuadrados, en la figura 34 se muestran las dimensiones.

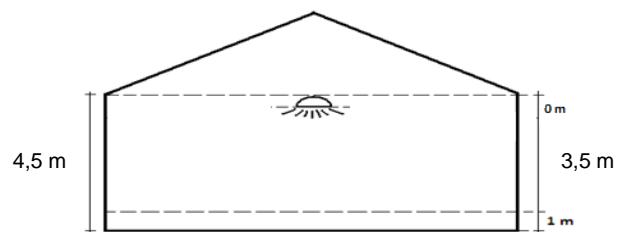
Figura 34. **Dimensiones de la planta**



Fuente: medición de la planta, INMACO, S. A.

Teniendo el área de la planta, se determinan las alturas, en donde se instalaran las lámparas, el lugar del trabajo, y la diferencia que esta entre ellas, quedando como se muestra en la figura 35:

Figura 35. **Alturas de la planta**



Fuente: observación en planta, INMACO, S. A.

Para las actividades de la planta de producción, se considera según tablas que se encuentran en los anexos figura 5, un nivel de luz tipo D, que abarca lectura de originales y fotocopias buenas, trabajo sencillo de inspección o de banco. Este nivel toma en cuenta el rango de:

200 lux - 300 lux - 500 lux

3.4.2.1. Porcentajes de reflexión

Se determinaron según tablas que se encuentran en los anexos en la figura 2, los porcentajes de reflexión de 3 factores, los cuales son; techo, pared y suelo, siendo estos:

Techo:

Lámina medio \longrightarrow $P_c = 0,3 = 30 \%$

Pared:

Sin pintura (ladrillo) medio \longrightarrow $P_a = 0,3 = 30 \%$

Suelo:

Cemento medio \longrightarrow $P_p = 0,3 = 30 \%$

Con los datos anteriores, el promedio es de 30 por ciento, con este dato se escoge como iluminación adecuada la intermedia de la sección D la que corresponde a 300 lux.

3.4.2.2. Relación de cavidad zonal

Este método como su nombre sugiere divide el local en cavidades individuales. Para determinar los índices de cavidad zonal de los 3 aspectos se utiliza la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{5 * H_c * (L + H)}{L * H}$$

Donde:

Tabla XXX. **Variables de cavidad zonal**

Variable	Descripción
Rc	Es el índice de Relación de Cavidad.
Hc	Es la altura que se va a evaluar.
Hcc	Altura que representa en donde se colocara la lámpara.
Hca	Altura de la pared, que se determina mediante la diferencia en la altura total menos la altura de la lámpara y del piso
Hcp	Altura en donde se realizan las operaciones.
L	Es e largo del lugar que se analizara.
H	Es el ancho del lugar que se analizara.

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de planta*, edición 2008, cap. 3. p. 39-40.

Relación de cavidad del cielo o techo:

$$R_{CC} = \frac{5 * H_{cc} * (L + H)}{L * H} = \frac{5 * 0 * (34,1 + 21,7)}{34,1 * 21,7} = 0$$

Relación de cavidad de la pared:

$$R_{CA} = \frac{5 * H_{ca} * (L + H)}{L * H} = \frac{5 * 3,5 * (34,1 + 21,7)}{34,1 * 21,7} = 1,32$$

Relación de cavidad del suelo:

$$R_{CP} = \frac{5 * H_{ca} * (L + H)}{L * H} = \frac{5 * 1 * (34,1 + 21,7)}{34,1 * 21,7} = 0,38$$

3.4.2.3. **Determinación de reflexión efectiva**

Son las condiciones positivas que los diferentes lugares como el suelo, pared y techo, sirven para determinar la reflexión efectiva de las áreas, se utiliza una tabla que se adjuntara en los anexos figura 3.

3.4.2.4. Reflexión efectiva del techo

Para determinar la reflexión efectiva del techo se utilizan los siguientes parámetros. Con estos indicadores se busca el porcentaje de reflexión y es según tablas que se encuentran en los anexos figura 3.

$$R_{cc} = 0$$

$$P_c = 30 \%$$

$$P_a = 30 \%$$

Con esto se obtiene:

$$P_{cc} = 30 \%$$

3.4.2.5. Reflexión efectiva de la pared

Para determinar la reflexión efectiva de pared se utilizan los siguientes parámetros. Con estos indicadores se busca el porcentaje de reflexión y es según tablas que se encuentran en los anexos figura 3.

$$R_{ca} = 1,32$$

$$P_a = 30 \%$$

$$P_p = 30 \%$$

Con esto se obtiene:

$$23\%$$

3.4.2.6. Determinación del coeficiente de utilización (k)

Es el valor que representa la demanda de luz utilizada durante un lapso. Para determinar el coeficiente de utilización se usan los siguientes parámetros.

$$Rca = 1,32$$

$$Pcc = 30 \%$$

$$Pp = 30 \%$$

Como la lámpara está empotrada al techo, se busca en la sección última de la tabla (que se encuentra en los anexos figura 4), sin embargo, en esta sección los valores están en blanco, lo que indica que se toman los valores de la sección anterior o sea la de $Pcc = 10$ dando un valor de $K = 0,87$

3.4.2.7. Factor de mantenimiento o flujo total

Existen 2 factores que se deben de tomar en cuenta, cuando se evalúa el mantenimiento, es el nivel de suciedad o de limpieza que se maneja en la planta, dado que la planta es de manufactura de procesos naturales, el ambiente es sucio, por esta se determinó que el factor de mantenimiento es:

$$K' = 0,6$$

Por lo tanto el flujo de iluminación necesaria es total es:

$$\Phi = \frac{E \cdot Area}{K'K} \quad 11$$

Ya que el promedio de reflexión es de 30 por ciento, se utiliza un nivel de iluminación igual a 300 lux, especificado esto, se procede a calcular el flujo de iluminación, el cual es:

$$\phi = \frac{300 * (34,1 * 21,7)}{0,6 * 0,87} = 425,270 \text{ lumenes}$$

3.4.2.8. Número de lámparas

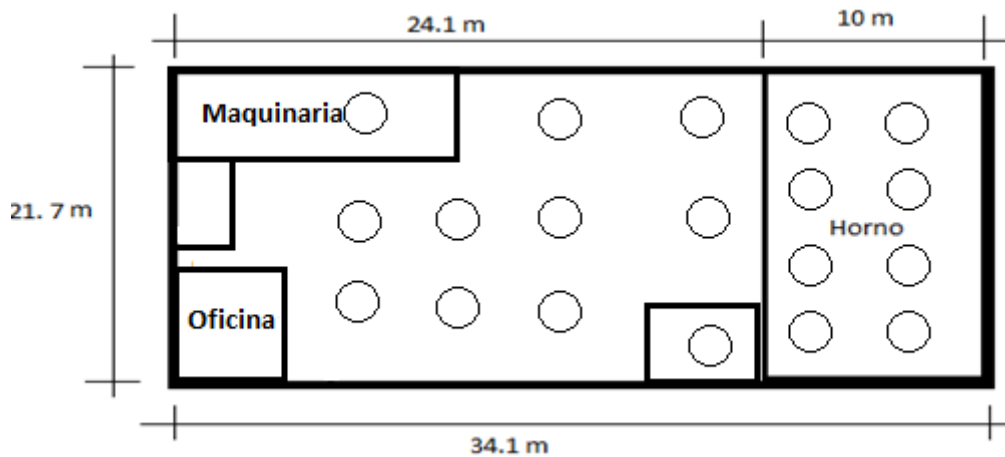
Con lo anterior se puede calcular el número de lámparas necesarias para la planta, sabiendo que se utilizaran lámparas con potencia de 280 watts, las cuales tienen una producción total de luz de 22 400 lúmenes.

$$\# \text{ lamparas} = \frac{425 \ 270 \text{ lumenes}}{22 \ 400 \text{ lumenes}} = 18,99 \cong 19 \text{ lámparas}$$

3.4.2.9. Distribución de lámparas

Calculado el número de lámparas necesarias, para proporcionar una iluminación adecuada, se procede a distribuir las lámparas, enfocándolas en donde se necesita más iluminación, quedando como se muestra en la figura 36.

Figura 36. **Distribución de lámparas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Visio 2007.

Al realizar la distribución de las lámparas, se recomienda colocar varios interruptores. Para que se enciendan solo las lámparas del área que se van a utilizar.

3.4.3. **Costos de energía eléctrica**

Para determinar el costo de energía eléctrica con la iluminación adecuada generó el siguiente resultado.

La planta contará con lámparas de 4 candelas, cada una de ellas tiene 70 watts, dando una cantidad total de 280 watts por cada una.

Se utilizaran 19 lámparas dando una cantidad de 5 320 watts por hora, el costo de kilowatts por hora de la empresa por facturación es de Q 1,15; generando un costo total de:

$$\text{consumo} = \frac{5\,320\text{watts}}{1\,000} = 5,32 \text{ Kwh}$$

$$\text{Costo} = 5,32\text{kwh} * 1,15 \frac{\text{Q}}{\text{kwh}} = \text{Q } 6,12 \text{ por hora}$$

El consumo en el que incurre la planta es de Q 6,12 por hora. Trabajando en una jornada diurna normal el costo por mes es de:

$$\text{Q } 6,12 / \text{hora} * 8 \text{ horas} * 30 \text{ días} = \text{Q } 1\,468,80 \text{ por mes}$$

Al colocar las 19 lámparas se garantiza una iluminación óptima, el costo por consumo sería de Q 1 468,80 mensual.

3.5. Propuesta de mejora

En la propuesta de mejora, se le presenta un análisis a la empresa de la implementación de iluminación LED y un manejo adecuado de los dispositivos eléctricos.

3.5.1. Ventajas de la iluminación LED

Para la implementación de una iluminación adecuada, se realizó un estudio, con la nueva tecnología LED, analizado las principales ventajas que tienen.

El descubrimiento de la iluminación LED ha venido a ofrecer una eficiencia máxima a un consumo mínimo y promete ser la sustitución futura de todo tipo de iluminación.

Los grandes beneficios que presentan son:

- Bajo consumo de electricidad. El ahorro en el consumo de electricidad oscila entre el 70 y el 95 por ciento, dependiendo de la iluminación con la cual se compara.
- Alta duración. Los LED tienen una duración de más de 70 000 horas.
- Color. La iluminación LED ofrece 16 millones de colores.
- Ahorro cable. Una instalación con iluminación LED puede hacerse con un cable de un calibre mucho menor al normal. En lugar de usar calibre 12 para iluminación se puede usar calibre 22. Otro beneficio es que no desgasta el cable eléctrico a diferencia de las demás tecnologías.
- Luz fría. Una bombilla incandescente o ahorradora utiliza solamente el 10 por ciento de cada vatio para iluminar, el resto se va en calor, mientras la iluminación LED utiliza 90 por ciento para iluminar y solamente el 10 por ciento de calor. La iluminación LED no calienta, a diferencia de todos los demás. Beneficios directos de esto: no desperdicia la energía en calor, calienta menos las áreas iluminadas (esto puede traducirse a ahorros en aire acondicionado y ambientes más frescos) y elimina peligros de quemaduras al tacto.
- Menos desperdicio de iluminación. La iluminación LED no tiene pérdidas por la reflexión, todos los demás sistemas de iluminación necesitan de reflectores para concentrar la luz al lugar donde se quiere iluminar, lo que supone perder un 60 por ciento de efectividad, mientras que el LED no precisa estos sistemas y la luz puede ser dirigida a la zona que se requiere iluminar con una eficiencia del 90 por ciento.
- Diseño. Por tener tanta durabilidad, color y otras ventajas permite utilizar la luz con más variedad de diseño y formas de instalación.
- LEDS de alta potencia. Pueden tener una duración de hasta 100 000 horas, ya que no tienen filamentos, este hecho hace que no se fundan como lo hacen las bombillas tradicionales. Estos dispositivos de estado sólido son muy resistentes a los golpes.

- Reciclable. Los materiales con que están hechas las bombillas LED son de estado sólido, a diferencia de los demás, por lo mismo los LED son reciclables, presentando beneficios claros como protección del medio ambiente.
- La luz ultravioleta, con LED también tiene el potencial de revolucionar la purificación del agua, ya que el ultravioleta profundo que emite el LED mata bacteria y virus sin necesidad de químicos. Y por su duración y tamaño son una clara mejor opción.
- La energía renovable tiene la desventaja de que su producción es baja y costosa, el beneficio de la tecnología LED es que por su bajo consumo funciona muy bien con este tipo de generación renovable.³

Todos estos beneficios son posibles si el LED es de suprema calidad y la lámpara es capaz de disipar el calor.

3.5.2. Cotización de propuesta de mejora

Para la implementación del equipo, se necesita saber el equivalente en watts de la iluminación LED con las incandescentes de 280 watts que tiene actualmente la planta.

Tabla XXXI. **Equivalencia de watts**

Iluminación	Watts	Lúmenes	Lumen Requeridos	Watts por lámpara = Lúmenes requeridos / Lumen
Incandescente	1	80	22 400	280
LED	1	389	22 400	58

Fuente: elaboración propia.

³ Fuente: <http://www.nomas-watios.com/26-tubos-led>. Consulta junio de 2013.

La tabla XXXI muestra la equivalencia de watts, por lo que se remplazaran con lámparas LEDS de 58 watts. Esta disminución de watts se da porque las lámparas LEDS, con una cantidad menor de watts brinda más lúmenes, el costo de las lámparas se muestran en la tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Costos de lámparas**

Descripción	Cantidad	Costo	Total
Lámparas Led de 24 watts	38	Q 573,46	Q 21 791,48
Lámparas Led de 10 watts	19	Q 287,00	Q 5 453,10
Total			Q 27 244,58

Fuente: <http://www.nomas-watios.com/26-tubos-led>. Consulta: 30 de mayo de 2014.

El costo por implementación LED es de Q 27 244,58.

3.6. Ahorro de consumo de energía eléctrica

La empresa al implementar iluminación LED, reducirá el consumo de kilowatts por hora, por lo que tendrá un ahorro significativo, asimismo al tener un manejo adecuado de los dispositivos que consumen energía eléctrica se reducirá considerablemente el consumo, el ahorro que tendrá la planta se describe en la siguiente tabla.

Tabla XXXIII. **Ahorro por implementación de iluminación LED**

	Consumo actual (kwh)	Cobro por facturación	Costo por hora	costo por día	costo por mes	Ahorro
Iluminación Actual	2,8	Q 1,15	Q 3,22	Q 25,76	Q 772,80	Q 469,20
Iluminación Óptima	5,32	Q 1,15	Q 6,12	Q 48,96	Q 1 468,32	Q 1 1164,72
Iluminación LED	1,10	Q 1,15	Q 1,27	Q 10,12	Q 303,60	

Fuente: elaboración propia.

El ahorro que generará la iluminación LED es de Q 1 164,72 al mes, esto se logra si se coloca el número óptimo de lámparas. Mientras que si solo se remplazaran las lámparas actuales seria de Q 469,20, pero la planta no tendría una iluminación adecuada.

El retorno de la inversión seria en 5 605,88 horas equivalente a 700 días equivalente a 24 meses, el retorno estaría proyectado a 2 años, después de ese tiempo la empresa estaría generando ganancias y teniendo una iluminación adecuada.

3.7. Material de concientización

La Producción más Limpia se enfoca en el manejo eficiente de la energía eléctrica, y la forma como se utilizan los diferentes dispositivos eléctricos que tiene la planta.

En la tabla XXXIV se muestra como se utilizará el consumo de la energía eléctrica eficientemente.

Tabla XXXIV. **Uso eficiente del consumo de energía eléctrica**

Medio	Pasos a seguir
Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • Material en cada interruptor, en donde señale que se deberá apagar las lámparas cuando no están siendo utilizadas.
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener las ventanas limpias y abiertas, para aprovechar tanto la luz natural como la ventilación.
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener limpias las lámparas, para que se aproveche la iluminación y no exista pérdida de energía.
	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar las conexiones de las lámparas para garantizar el buen funcionamiento de ellas.

Continuación de la tabla XXXIV.

Equipo de oficina	<ul style="list-style-type: none">• Material que indique que desconecten el equipo electrónico, cuando este no está en funcionamiento, tales como microondas, pistolas de aire, maquinaria, entre otros.
	<ul style="list-style-type: none">• Material en cada equipo electrónico, indicando que se debe desconectar cada uno de ellos, dado que aunque permanezcan apagados siguen consumiendo energía por dispositivos internos.
Microondas	<ul style="list-style-type: none">• Material indicando, que el microondas debe de estar siempre limpio, para que consuma menos energía eléctrica.• Usar el microondas, según las normas del fabricante.

Fuente: elaboración propia.

Estas medidas las deben conocer tanto a nivel operativo como administrativo para garantizar que se utilice de una forma eficiente la energía eléctrica.

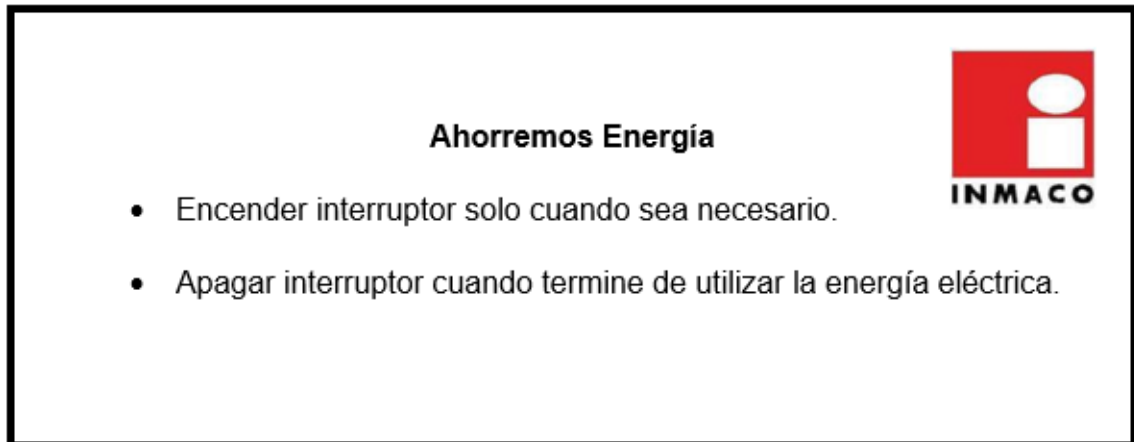
3.7.1. Medios visuales

Para los medios visuales se colocaran en cada uno de los interruptores y equipo electrónico, material que ayude al empleado a que se comprometa con las nuevas normas en la planta.

3.7.1.1. Cotización de medios visuales

En la figura 37 se muestra la señalización que se colocará en cada interruptor para que este a la vista de los operarios. Serán de vital importancia que sean tomados en cuenta en la planta para lograr los objetivos trazados.

Figura 37. **Señalización para ahorrar energía**



Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXXV se muestran los costos en los que la empresa incurrirá, para implementar las señalizaciones:

Tabla XXXV. **Costos de señalización**

Descripción	Cantidad	Costo	Total
Papel fotográfico	20 hojas	4	Q. 80,00
Impresión	3 Cada hoja	20	Q. 60,00
Total			Q. 140,00

Fuente: elaboración propia.

Para colocar las señalizaciones, la empresa incurrirá en un costo de Q 140,00.

Teniendo los medios visuales en lugares adecuados, se logrará un manejo adecuado de los consumos de energía eléctrica y al implementar tecnología LED, se tendrá un ahorro económico y reducción del dióxido de carbono (CO₂).

4. FASE DE DOCENCIA: CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE DIAGRAMAS DE PROCEDIMIENTOS Y CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE

4.1. Planificación de la capacitación

El programa de capacitación requiere de una planificación adecuada para que esta se realice de la mejor manera posible, esta incluye los siguientes aspectos:

4.1.1. Objetivo

Capacitar al personal para que conozca el nuevo proceso y la nueva forma de operar en la planta, y con esto se espera lograr el cuidado del medio ambiente que rodea a la empresa.

4.1.2. Establecimiento de alcances deseados

Se desea alcanzar las metas propuestas anteriormente y para ello se ha desarrollado una serie de elementos, los cuales la docencia y el personal deberán realizar durante el proceso de capacitación.

- Determinación del contenido de la capacitación.
- Selección del método de capacitación y tecnología.
- Definir los recursos necesarios para implementar la capacitación, cómo tipo de capacitador, recursos audiovisuales, otros.
- Definición del número de personas y el tiempo disponible.

- Grado de habilidad conocimiento y tipo de actitudes.
- Características personales de conducta.

4.1.3. Definición de contenido a impartir

En el programa de EPS, se les mostró a los empleados las nuevas áreas de bodega, y de la forma cómo se va a distribuir los procesos. La finalidad de esto es:

- Que el personal sepa en donde se colocarán los diferentes productos, para que ellos tengan un control adecuado de como colocar la producción y los productos importados.
- Que el personal tenga más control del inventario que se maneja.
- Que el personal se familiarice con los nuevos procesos, y las mejoras que se realizaran en la planta.

Contenido de la capacitación:

- Trasmisión de la información: incremento de los conocimientos de los empleados y la información de los requerimientos de la empresa y de los clientes.
- Desarrollo de habilidades: mejorar las habilidades y destrezas de los empleados encargados del proceso de manufactura.
- Desarrollo de actitudes: modificar las conductas de los empleados y de las malas actitudes y mejorarlas en actitudes positivas.
- Desarrollo de conceptos: ayudar a los operarios, para que ellos puedan pensar en términos y estrategias que le ayuden s a realizar su trabajo de una forma más eficiente.

Dentro del contenido que se les mostró a los empleados.

- La interpretación de los nuevos diagramas
- La importancia del equipo de protección
- La importancia del ahorro energético
- Las mejoras que implementarán en el la planta
- Las consecuencias ergonómicas

4.1.4. Definición de personal a impartir la capacitación

El personal a impartir la capacitación, fue el personal encargado del área, y a los operadores.

Al personal encargado del área se les mostró las nuevas mejoras y los beneficios que tendrá la planta al implementar los cambios.

A los colaboradores se les enseñó las nuevas distribuciones en las plantas, el equipo de seguridad correspondiente a cada labor que realizan.

4.2. Programación

Para la programación de la capacitación se realizó en períodos que no retrasaran las labores de cada uno de ellos.

Mientras que al personal encargado del área se programó el día para realizar la presentación.

4.2.1. Establecer fecha y horario para impartir la capacitación

Es de suma importancia establecer fechas de la presentación de las mejoras de la planta y pasar por escrito a cada departamento el calendario para que no haya una ruptura de información en el proceso de capacitación.

Tabla XXXVI. **Programación de capacitación**

Tema	Capacitador	Fecha	Hora	Recurso Humano
Reorganización en la línea de fabricación de fachaletas.	Saider Efraín Lucero Pérez	06/09/2013	14:30 a 17:00 horas	Encargados de la planta, (gerente de producción y asistente)

Fuente: elaboración propia.

Se les impartió la capacitación a los encargados, debido a que ellos serán los que se van a asegurar que los operarios realicen las nuevas metodologías en la planta,

4.3. Metodología de trabajo

Para la reorganización se llevarán a cabo capacitaciones con modelos sistemáticos, en la cual la docencia tendrá participación y retroalimentación por parte del capacitador.

4.3.1. Capacitación modelo sistemático

La metodología a implementar estará enfocada en un modelo sistemático de capacitación y este estará en 4 áreas, las cuales son: insumos, proceso u operación, productos y retroalimentación.

- Insumos (entradas): educandos, recursos de la organización, información, conocimientos, otros.
- Proceso u operación: procesos de enseñanza, aprendizaje individual, programa de capacitación, otros.
- Productos (salidas): personal capacitado, competencias, conocimientos
- Retroalimentación: evaluación de los conocimientos y resultados de la evaluación y mejoras en el proceso.

4.3.2. Docencia con participación y retroalimentación

El personal encargado del área, que presentó las nuevas metodologías que se implementarán en la planta, siendo ellos profesionales, agregaron su participación en cada una de las mejoras.

4.4. Evaluación

Con la evaluación se determinó si los alcances planteados fueron logrados al momento de realizar la presentación al personal y a los encargados. La técnica que se utilizó fue realizar preguntas escritas y orales al personal que recibió la capacitación, para determinar el nivel de comprensión de los temas. El cuestionario que se impartió se muestra en la figura 38.

Figura 38. **Cuestionario de capacitación**

Tema: _____

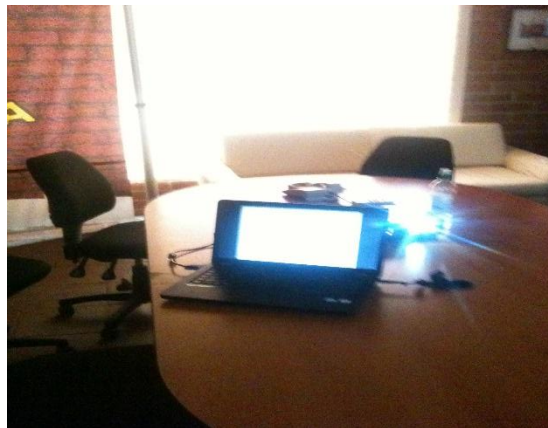
Instrucciones: Responda a lo que se le pregunta.

1. El tema expuesto fue de su agrado:
2. Considera que es de importancia este tipo de capacitaciones:
3. Los temas expuestos son aplicables en la planta:
4. Cree que es necesario, que se realice esta capacitación periódicamente:
5. Se comprendió los temas expuestos:

Fuente: elaboración propia.

En la figura 39 se muestra el salón de capacitación de la empresa junto con el equipo que se utilizó para exponer.

Figura 39. **Salón de capacitación**



Fuente: instalaciones en oficina, INMACO, S. A.

4.4.1. Resultados

Al realizar la evaluación a los encargados de planta se pudo observar los siguientes resultados, a los cuales se le pueden tomar como positivos sí y solo sí cumplen con los siguientes puntos descritos.

- El tema expuesto si fue de su agrado
- Que si estuvieron de acuerdo con la capacitación
- Que las metodologías propuestas son aplicables a la planta
- Que si es necesario realizar capacitaciones periódicamente
- Los temas expuestos si fueron comprendidos

4.4.2. Diagnóstico

Para el diagnóstico se realizó una prueba en la que se midió el grado de comprensión de las nuevas mejoras, realizando preguntas verbales para medir si el personal de la capacitación comprendió los beneficios y los cambios a implementar.

4.4.2.1. Evaluación de alcances logrados

Los alcances logrados con la capacitación a los encargados y a los colaboradores se describen como positivos, ya que fueron aceptados tanto por los encargados así como por lo colaboradores.

- Concientizar al empleado que el trabajo que realiza es de suma importancia para la empresa.
- Que los empleados conozcan las ventajas de la implementación de cada una de las nuevas metodologías.

- Que al utilizar equipo de seguridad pueden reducir de una gran manera las enfermedades ocupacionales.
- Que sepan interpretar adecuadamente los nuevos diagramas técnicos, de encendido y apagado del horno.

CONCLUSIONES

1. Al crear estándares y lineamientos en el proceso, se garantiza el adecuado aprovechamiento de los recursos y el área de la planta, esto se logra con la distribución propuesta.
2. La reorganización en la planta, garantiza un flujo continuo en el proceso de producción, reduciendo tiempo y distancias de transporte.
3. Las mejoras en el proceso tendrá un costo por implementación, pero se garantiza disminución en el costo de mano de obra, mejor uso de los recursos de la planta y ahorro energético, esto provoca que la inversión tendrá retorno en un determinado tiempo.
4. La iluminación LED es amigable con el medio ambiente generando ahorro eléctrico y disminución de dióxido de carbono en la planta para aprovechar de una mejor manera los recursos.
5. Con la capacitación se garantiza que los encargados del área tendrán conocimiento de los cambios que se realizaran en la planta y las metodologías que tendrá el proceso, para que de esta manera puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos.

RECOMENDACIONES

1. Al encargado de planta revisar los tiempos de producción del proceso semanalmente, teniéndolos como estándares para planificar y controlar la producción.
2. Al encargado del área, que se debe de evaluar semestralmente: los manuales del proceso, para verificar el cumplimiento de cada uno de ellos.
3. Al encargado de la planta revisar el estado de las lámparas mensualmente para mantenerlas en óptimas condiciones, y poder aprovechar su mayor rendimiento.
4. Al encargado de planta verificar periódicamente que los operarios están respetando las señalizaciones del ahorro energético para que el manejo de los recursos sea el adecuado.
5. Al encargado de planta verificar que los operarios, utilicen el equipo de seguridad, para evitar accidentes y daños que puedan ocasionar accidentes mayores.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Administración, un enfoque basado en competencias* Don Hellriegel, Susan E. Jackson, John W. Slocum, Jr. International Thompson editores, 10 ed. 2005. p. 56
2. FREIVALDS, Niebel, *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*, 11 ed. 2009. p. 98.
3. GARCÍA CRIOLLO, Roberto, *Estudio del trabajo, Ingeniería de Métodos y Medición del trabajo*. 20 ed. México: McGraw-Hill.2005 p. 125.
4. Plan de capacitación. [en línea].
<http://www.eoi.es/blogs/mintecon/2013/05/14/modelo-de-un-plan-de-capacitacion-2/> [Consultado: 25 de agosto de 2013]
5. Producción más Limpia. [en línea].
https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_04/4-Textbook.pdf. [Consultado: 20 de agosto de 2013].
6. TORRES, Sergio, *Ingeniería de Plantas*, USAC. 2008, Facultad de Ingeniería. Editorial Imprenta Universitaria. p. 78.

ANEXOS

Anexo 1. Toma de temperaturas en horno



Fuente: instalaciones de planta

Anexo 2. Gato hidráulico palletjack



Fuente: <http://chihuahua-juarez.nexolocal.com.mx/p55962824-gato-hidraulico-palletjack-patin-lagarto-tarimas-2-ton-daa>. Consulta: 15 de agosto de 2014.

Anexo 3. Tablas de Factores de nivelación sistema Westinghouse

Tabla A
Destreza o habilidad

+0.15	A1	Extrema
+0.13	A2	Extrema
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente

+0.06	A	Ideales
+0.04	B	Excelentes
+0.02	C	Buenas
0.00	D	Regulares
-0.03	E	Aceptables
-0.07	F	Deficientes

Tabla C
Condiciones

Tabla B
Esfuerzo (o empeño)

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Deficiente
-0.17	F2	Deficiente

Tabla D
Consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Regular
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Deficiente

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*, 2a ed. p. 213, 214.

Anexo 4. Porcentaje de reflexión

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de planta*. Edición 2008, cap. 3 p. 39.

Anexo 5. Tabla de factores de cavidad zonal

TABLA DE REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE CIELO O PISO EN %.

Refl. efectiva Blanco o claro % Refl. pared	90			80			70			50			30			10					
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.1	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.2	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.3	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.4	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.5	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.6	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.7	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.8	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0.9	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.0	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.1	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.2	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.3	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.4	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.5	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.6	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.7	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.8	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
1.9	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.0	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.1	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.2	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.3	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.4	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.5	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.6	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.7	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.8	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
2.9	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.0	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.1	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.2	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.3	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.4	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.5	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.6	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.7	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.8	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
3.9	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.0	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.1	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.2	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.3	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.4	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.5	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.6	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.7	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.8	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
4.9	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
5.0	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Edición 2008, cap. 3 p. 41.

Anexo 6. Tabla del factor k

Deflectancia

Distribución típica	Pcc	Coeficientes de utilización, método cavidad zonal, Pcp = 20																	
		80		70		50		30		10									
Pp	RCA	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10		
	1	.86	.84	.82	.79	.84	.81	.79	.77	.77	.75	.74	.73	.72	.71	.70	.69	.68	
	2	.81	.77	.73	.70	.79	.75	.71	.69	.71	.69	.66	.66	.68	.66	.64	.65	.63	.62
	3	.76	.70	.66	.62	.74	.69	.65	.61	.66	.63	.60	.63	.61	.58	.61	.59	.57	.57
	4	.71	.64	.59	.56	.69	.63	.59	.55	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.56	.54	.51	.51
	5	.67	.59	.54	.50	.65	.58	.53	.49	.56	.52	.49	.54	.50	.48	.52	.49	.47	.47
	6	.63	.55	.49	.45	.61	.54	.49	.45	.52	.47	.44	.50	.46	.44	.49	.45	.43	.43
	7	.59	.50	.45	.41	.57	.49	.44	.41	.48	.43	.40	.46	.42	.39	.45	.41	.39	.39
	8	.55	.46	.41	.37	.54	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.35	.35
	9	.51	.43	.37	.34	.50	.42	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.35	.33	.38	.35	.32	.32
	10	.47	.38	.32	.29	.46	.37	.32	.29	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27	.27
	1	.73	.70	.68	.66	.71	.68	.67	.65	.66	.64	.63	.63	.62	.61	.61	.60	.59	
	2	.67	.63	.59	.56	.66	.62	.58	.56	.59	.57	.54	.57	.55	.53	.55	.54	.52	.52
	3	.62	.57	.52	.49	.61	.56	.52	.48	.54	.50	.47	.52	.49	.47	.51	.48	.46	.46
	4	.58	.51	.46	.43	.57	.50	.46	.42	.49	.45	.42	.47	.44	.41	.46	.44	.41	.41
	5	.53	.46	.41	.37	.52	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.36	.36
	6	.50	.42	.36	.33	.48	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.32
	7	.46	.38	.32	.29	.45	.37	.32	.29	.36	.32	.28	.35	.31	.28	.34	.31	.28	.28
	8	.42	.34	.29	.25	.41	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.24	.24
	9	.39	.31	.25	.22	.38	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.29	.24	.21	.28	.24	.21	.21
	10	.36	.28	.23	.19	.36	.27	.23	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.25	.22	.19	.19
	1	.98	.96	.95	.95	.98	.96	.95	.95	.92	.91	.90	.92	.91	.87	.86	.85	.85	
	2	.94	.91	.89	.89	.94	.91	.89	.89	.89	.87	.86	.89	.87	.85	.83	.82	.80	.80
	3	.90	.87	.85	.85	.90	.87	.85	.85	.87	.85	.83	.87	.84	.81	.80	.79	.78	.78
	4	.87	.83	.81	.81	.87	.83	.81	.81	.84	.81	.78	.84	.81	.78	.77	.75	.75	.75
	5	.83	.80	.77	.77	.83	.80	.77	.77	.81	.78	.76	.81	.77	.75	.74	.72	.70	.70
	6	.81	.77	.75	.75	.81	.77	.75	.75	.79	.76	.74	.79	.75	.73	.71	.69	.68	.68
	7	.78	.74	.72	.72	.78	.74	.72	.72	.76	.73	.71	.76	.72	.70	.68	.66	.66	.66
	8	.75	.72	.69	.69	.75	.72	.69	.69	.74	.71	.69	.74	.70	.68	.66	.64	.64	.64
	9	.73	.69	.67	.67	.73	.69	.67	.67	.72	.69	.67	.72	.68	.66	.64	.62	.62	.62
	10	.70	.67	.64	.64	.70	.67	.64	.64	.69	.66	.64	.69	.66	.64	.62	.60	.59	.59

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Edición 2008, cap. 3 p. 42.

Anexo 7. **Tabla de nivel de iluminación**

A	20 – 30 – 50	Áreas públicas, alrededores oscuros
B	50 – 75 – 100	Áreas de orientación, corta permanencia
C	100 - 150 – 200	Trabajos de gran contraste o tamaño. Trabajos ocasionales simples.
D	200 – 300 – 500	Lectura de originales y fotocopias buenas. Trabajo sencillo de inspección o de banco.
E	500 – 750 - 1 000	Trabajos de contraste medio o tamaño pequeño. Lectura a lápiz, fotocopias pobres, trabajo moderadamente difíciles desmontables o en banco.
F	1 000 – 1 500 - 2 000	Trabajos de poco contraste o de muy pequeño tamaño, ensamblaje, inspección o de banco.
G	2 000 – 3 000 – 5 000	Lo mismo durante periodos prolongados. Trabajo muy difícil de ensamblaje, inspección o de banco.
H	5 000 – 7 500 – 10 000	Trabajos muy exigentes y prolongados
I	10 000 – 15 000 - 20 000	Trabajos muy especiales, salas de cirugía.

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Edición 2008, cap. 3 p. 38.

