



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

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO  
PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA  
MEXICHEM DE GUATEMALA S.A.**

**Alex Estuardo Flores Gordillo**

Asesorado por el Ing. Gabriel Geovanni Navassi Diaz

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO  
PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA  
MEXICHEM DE GUATEMALA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ALEX ESTUARDO FLORES GORDILLO**

ASESORADO POR EL ING. GABRIEL GEOVANNI NAVASSI DIAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

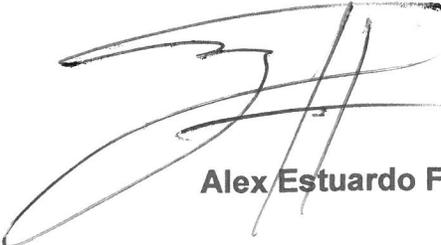


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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:

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO  
PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA  
MEXICHEM DE GUATEMALA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de julio de 2017.



**Alex Estuardo Flores Gordillo**

Guatemala, 09 de julio de 2019

Como asesor del trabajo **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA MEXICHEM DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Alex Estuardo Flores Gordillo**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

Sin otro particular me suscribo atentamente,



Gabriel Geovanni Navassi Diaz  
Ingeniero Industrial  
Col. 10668

Ing. Gabriel Geovanni Navassi Diaz

Ingeniero Industrial

Colegiado No. 10, 668

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.100.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA MEXICHEM DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario Alex Estuardo Flores Gordillo, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*Ing. Danilo González Trejo*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO ACTIVO 6182



Ing. Erwin Danilo González Trejo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2018.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.125.019

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 **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA MEXICHEM DE GUATEMALA S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Alex Estuardo Flores Gordillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas**  
**DIRECTOR**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp



La Decana 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: **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE POLIETILENO PARA ALMACENAJE DE AGUA EN LA LÍNEA DE ROTOMOLDEO DE LA EMPRESA MEXICHEM DE GUATEMALA S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Alex Estuardo Flores Gordillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, Septiembre de 2019

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser mi fortaleza, mi guía y abrir las puertas necesarias para dejar finalizar una etapa de mi vida.
- Mi padre** Julio Flores. Por su gran apoyo incondicional, moral, económico, sus consejos muy sabios los cuales me ayudaron a no caer a lo largo de toda mi carrera.
- Mi madre** Miriam Gordillo. Por su apoyo moral, económico, sus consejos, su fortaleza que me transmitió para levantarme y seguir adelante en las diferentes etapas de mi vida, para no darme por vencido.
- Mis hermanos** Sheila y Kendell Flores. Por tener siempre confianza en mí, apoyándome hasta lo último de mi carrera y darme ánimo en cada etapa de la misma.
- Iván Morales** Por apoyarme en los momentos más duros de la carrera, con sus buenos consejos y apoyo.
- Jorge Dávila** Por el apoyo espiritual para fortalecer mi relación con mi Padre Dios.

**Nelson Lara Calderón**

Por sus consejos, su apoyo en los aspectos académicos, para no darme por vencido en la carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de poder realizar mis estudios a nivel profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Ya que sus docentes compartieron conmigo sus conocimientos para desarrollarme como un profesional y, de esta manera, apoyar a mi país.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Javier Solares, Evi Rivera, Rocío Aguilar, Paola Vásquez. Por motivarme a seguir adelante.
<b>Mis amigos</b>	Fredy Lix, Aury Noriega, Brenda Pur, Melvin Marcos, Darío Lucas. Por apoyarme en las buenas y en las malas.
<b>Ing. Gabriel Navassi</b>	Por ser un amigo y apoyarme con la asesoría de mi tesis.
<b>Edgar Mayen</b>	Por darme un gran apoyo para no desmayar en mi carrera.
<b>Ing. Josué Giovani</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera y una inspiración para no darme por vencido.

**Víctor Herrera**

Por hacerme ver que los obstáculos son oportunidades y darme la fuerza para seguir.

**Mis amigos**

Sergio Vladimir Tomar, Javier Urrutia, Jorge Castro, Edgar Chámale, José Gonzales, Aurora López, María Magaly, Walfre Serech y Keyner Jontay quienes en esta última etapa de mi carrera fueron una parte muy importante para finalizar.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Visión de la empresa.....	1
1.1.2. Misión de la empresa .....	1
1.1.3. Valores.....	2
1.2. Reseña histórica.....	2
1.3. Organigrama de la empresa .....	3
1.3.1. Departamento de distribución y ventas .....	4
1.4. Actividad principal.....	5
1.4.1. Tubo sistemas.....	6
1.4.2. Construsistemas .....	6
1.5. Productos por rotomoldeo.....	7
1.6. Ubicación de la empresa .....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Optimización de recursos. ....	9
2.1.1. Optimización. ....	9
2.1.1.1. Optimización de recursos .....	11
2.1.1.2. Recursos y servicios .....	12

2.2.	Materias primas usadas en rotomoldeo.....	20
2.2.1.	Poliétileno (PE).....	20
2.2.2.	Poliétileno baja densidad (LDPE) .....	21
2.2.3.	Poliétileno espumado (alta densidad) .....	21
2.2.4.	Poliétileno reticulado .....	22
2.2.5.	Polipropileno.....	23
2.2.6.	Poliámidá (Nylon) .....	24
2.2.7.	PVC plastificado .....	25
2.3.	Tipos de rotomoldeo.....	26
2.3.1.	Horno .....	26
2.3.1.1.	Desplazamiento lineal.....	27
2.3.1.2.	Estación simple (CLAM SHELL) .....	27
2.3.1.3.	Giro basculante.....	28
2.3.1.4.	Carrusel.....	29
2.3.2.	Flama Abierta .....	30
2.3.2.1.	Un brazo .....	31
2.3.2.2.	Dos brazos .....	31
2.4.	Tipos de Moldes .....	32
2.4.1.	Lámina negra .....	33
2.4.2.	Acero inoxidable.....	34
2.4.3.	Aluminio fundido.....	35
2.5.	Aplicaciones del rotomoldeo.....	36
2.6.	Ventajas y desventajas del rotomoldeo .....	37
3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN .....	41
3.1.	Análisis del proceso .....	41
3.1.1.	Diagrama de flujo .....	41
3.1.2.	Diagrama de recorrido.....	44
3.1.3.	Diagrama de Ishikawa .....	45

3.2.	Maquinaria.....	45
3.2.1.	Tipos de maquinaria .....	46
3.2.2.	Tiempos de operación.....	48
3.2.3.	Rendimientos por operación .....	48
3.3.	Herramientas .....	50
3.3.1.	Tipos de herramientas .....	50
3.3.2.	Estado actual de las herramientas .....	53
3.4.	Seguridad industrial .....	54
3.5.	Materia prima.....	56
3.5.1.	Preparación de los materiales.....	56
3.5.2.	Cantidades a utilizar .....	57
3.5.3.	Desperdicios de los materiales .....	59
3.5.4.	Costo teórico y real .....	59
3.6.	Análisis de operarios .....	60
3.6.1.	Rendimientos por operación .....	60
3.6.2.	Tiempos de operación.....	61
3.7.	Analizar los sistemas de horarios .....	62
3.7.1.	Personal.....	62
3.7.2.	Maquinaria .....	63
3.7.3.	Curva de eficiencia .....	64
3.8.	Análisis histórico.....	65
3.8.1.	Pérdidas de materia prima .....	65
3.8.2.	Desechos de producción.....	65
4.	PROCESOS DE OPTIMIZACIÓN .....	67
4.1.	Organización del departamento .....	67
4.2.	Descripción del proceso.....	68
4.2.1.	Diagramas de flujo mejorado .....	68
4.2.2.	Diagrama de recorrido mejorado.....	71

4.3.	Identificación de oportunidades de mejora .....	72
4.3.1.	Métodos de trabajo.....	72
4.3.1.1.	Distribución de la maquinaria.....	72
4.3.1.2.	Distribución de los operarios.....	77
4.4.	Actualización de los procedimientos de fabricación.....	78
4.4.1.	Análisis de actividades y reducción de tiempos .....	78
4.4.2.	Definición de las funciones de cada puesto de trabajo .....	82
4.5.	Definición de mejoras del nuevo proceso .....	84
4.5.1.	Minimizar costos de fabricación.....	84
4.5.2.	Optimizar tiempos de fabricación.....	87
4.6.	Sistematización de procesos.....	89
4.6.1.	Pesado de materia prima.....	90
4.6.2.	Cantidad de materia prima por utilizar .....	91
4.6.3.	Desperdicios.....	92
5.	PRUEBA PILOTO.....	95
5.1.	Pruebas del nuevo proceso.....	95
5.1.1.	Interface del proceso antiguo a proceso mejorado .....	95
5.1.2.	Establecimiento de puntos de control del proceso .....	98
5.1.3.	Prueba piloto del nuevo proceso .....	99
5.1.4.	Comparación de tiempos: proceso actual vs. proceso mejorado.....	100
5.2.	Inducción del nuevo proceso al departamento de producción .....	101
5.2.1.	Identificación de responsabilidades .....	102
5.2.2.	Beneficio del nuevo proceso.....	106

6.	PROPUESTA DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA.....	107
6.1.	Análisis de tiempos de retraso por actividad .....	107
6.2.	Gráficos de medición tiempo real y tiempo planeado.....	110
6.3.	Cuadros de control y retroalimentación de actividades.....	113
6.4.	Fijación de niveles de rendimiento y eficiencia del proceso .....	116
6.5.	Implementación continua de mejoras.....	118
6.6.	Encuestas por áreas .....	119
6.7.	Programa permanente de capacitación al personal.....	122
6.8.	Formulario de seguimiento de actividades .....	123
	CONCLUSIONES.....	127
	RECOMENDACIONES.....	129
	BIBLIOGRAFÍA.....	131
	ANEXOS .....	135



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama Mexichem Guatemala, S.A. ....	4
2.	Organigrama Departamento de Distribución .....	5
3.	Mapa de ubicación .....	8
4.	Equipo de rotomoldeo desplazamiento lineal .....	27
5.	Equipo de rotomoldeo de una estación tipo almeja .....	28
6.	Máquina de rotomoldeo de vaivén .....	29
7.	Máquinas tipo torreta o carrusel .....	30
8.	Equipo de rotomoldeo de un brazo .....	31
9.	Equipo de rotomoldeo de dos brazos .....	32
10.	Molde fabricado lámina negra .....	34
11.	Molde acero inoxidable .....	35
12.	Moldes de aluminio .....	36
13.	Rotomoldeados mercado de Estados Unidos .....	37
14.	Diagrama flujo .....	42
15.	Diagrama de flujo de operaciones del proceso de producción .....	43
16.	Diagrama de recorrido .....	44
17.	Diagrama de Ishikawa exceso desperdicios .....	45
18.	Montacargas .....	46
19.	Carrusel .....	47
20.	Pallet truck .....	47
21.	Pistola neumática .....	50
22.	Polipasto .....	51
23.	Guantes de cuero .....	51

24.	Espátula .....	52
25.	Cuchillas .....	52
26.	Barra rígida.....	53
27.	Curva Eficiencia.....	65
28.	Organigrama .....	67
29.	Diagrama del proceso de producción mejorado 1/2.....	69
30.	Diagrama del proceso de producción mejorado 2/2.....	70
31.	Proceso de producción mejorado .....	71
32.	Diagrama de relaciones de actividades .....	73
33.	Relaciones de actividades .....	74
34.	Relaciones de actividades .....	75
35.	Relaciones de actividades .....	75
36.	Relaciones de actividades .....	76
37.	Relaciones de actividades .....	76
38.	Distribución de personal .....	77
39.	Análisis de actividades .....	78
40.	Análisis de actividades .....	79
41.	Análisis de actividades .....	80
42.	Análisis de actividades .....	81
43.	Pesado de materia prima.....	90
44.	Proceso de cocimiento .....	92
45.	Diagrama 80/20 .....	94
46.	Diagrama operaciones mejorado 1 .....	96
47.	Diagrama operaciones mejorado 2.....	97
48.	Diagrama causas y efectos .....	98
49.	Ficha de moldes .....	108
50.	Ficha máquina rotomoldeo .....	109
51.	Ficha molinos para procesar scrap .....	110
52.	Gráfico control P.....	112

53.	Ficha de almacenado de moldes y productos terminados .....	120
54.	Ficha scrap .....	121
55.	Ficha rotomoldeo .....	122
56.	Cronograma capacitaciones.....	123
57.	Formulario de actividades .....	124
58.	Formulario de producción.....	125

## TABLAS

I.	Tiempos de operación.....	48
II.	Fosas y tanques.....	49
III.	Seguridad industrial .....	55
IV.	Tanque de agua .....	57
V.	Fosa séptica/tanque de agua .....	58
VI.	Cajas de registro .....	58
VII.	Rendimientos .....	61
VIII.	Tiempos por operación.....	62
IX.	Demanda normal .....	63
X.	Demanda alta.....	63
XI.	Datos producción .....	64
XII.	Departamentos .....	73
XIII.	Relaciones de actividades.....	73
XIV.	Costo de usar resina .....	85
XV.	Costos por usar resina y scrap .....	86
XVI.	Tabla comparativa de ahorro de usar scrap .....	87
XVII.	Tiempos actuales .....	88
XVIII.	Tiempos nuevos.....	88
XIX.	Comparación de tiempos .....	89
XX.	Desperdicios .....	93

XXI.	Desperdicios semanales.....	93
XXII.	Clasificación desperdicios.....	94
XXIII.	Prueba piloto scrap.....	99
XXIV.	Prueba piloto horneado .....	100
XXV.	Comparación procesos.....	101
XXVI.	Cuestionario según auditoría .....	103
XXVII.	Análisis resultados.....	104
XXVIII.	Calificación .....	104
XXIX.	Área de corte .....	104
XXX.	Área rotomoldeo .....	105
XXXI.	Área scrap .....	105
XXXII.	Área almacenada.....	105
XXXIII.	Calificación .....	106
XXXIV.	Beneficio.....	106
XXXV.	Tabla almacenaje de moldes .....	113
XXXVI.	Tabla máquina rotomoldeo .....	114
XXXVII.	Tabla de máquinas para procesar scrap.....	115
XXXVIII.	Rendimientos de la operación .....	116
XXXIX.	Eficiencias .....	117
XL.	Tabla de mejora continua .....	119

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>ITEM</b>	Además, también y del mismo modo
<b>BPM</b>	Buenas prácticas de manufactura
<b>C.A.</b>	Centro América
<b>CLAM SHELL</b>	Estación simple
<b>MDF</b>	Fibra de densidad media
<b>Hr</b>	Hora
<b>KPI</b>	Indicador clave de rendimiento
<b>BI</b>	Inteligencia de Negocios
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Km</b>	Kilometro
<b>Check list</b>	Lista de control
<b>Lt</b>	Litro
<b>m</b>	Metro
<b>mn</b>	Minutos
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estandarización
<b>PE</b>	Polietileno
<b>LDPE</b>	Polietileno baja densidad
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>”</b>	Pulgadas
<b>Q</b>	Quetzal
<b>OHSAS</b>	Salud Ocupacional y Series de Evaluación de la seguridad

**S A**

Sociedad anónima

## GLOSARIO

<b>Biaxiales</b>	Que tiene dos ejes.
<b>Biodigestor</b>	Contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas.
<b>Comonomero</b>	Mezcla de un monómero con otro diferente.
<b>Diácidos</b>	Acido que contiene dos átomos de hidrógeno acídicos.
<b>Diagrama de flujo</b>	Es la representación gráfica de un proceso.
<b>Diagrama de recorrido</b>	Es un esquema de distribución de una planta a escala.
<b>Electroformado</b>	Proceso por el cual son fabricados artículos por la acumulación de metal, a través del galvanizado.
<b>Elongación</b>	Aumento de la longitud antes de romperse.
<b>Geosintéticos</b>	Los geosintéticos son productos y sistemas, que se utilizan para mejorar las propiedades ingenieriles de los suelos.

<b>Homopolímero</b>	Repetición o variedad de los mismos monómeros.
<b>Inducción</b>	Procedimiento que sirve para el proceso de adaptación de una persona, para transmitir los aspectos organizacionales.
<b>Interface</b>	Es la conexión funcional que proporciona una comunicación, que permite el intercambio de información a distintos niveles.
<b>Manufactura</b>	Producto elaborado con las manos o máquinas.
<b>Materia prima</b>	Sustancia natural o artificial que se transforma industrialmente para crear un producto. Cosa que potencialmente sirve para crear algo.
<b>Mexichen</b>	Empresa dedicada a la industria química y petroquímica.
<b>Monómero</b>	Es una molécula que forma la unidad básica para los polímeros.
<b>Optimizar</b>	Busca la mejor forma de hacer algo, buscando los mejores resultados.
<b>Organigrama</b>	Representación gráfica, de la estructura, de una empresa o institución.

<b>Petroquímica</b>	Ciencia o técnica que estudia los productos químicos del petróleo o del gas natural.
<b>Plastisoles</b>	Es la mezcla de una resina (PVC), un plastificante y aditivos, que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente.
<b>Poliamida</b>	Es un tipo de polímero con enlaces tipo amida, que se pueden encontrar en la naturaleza como la lana o la seda o ser sintéticas como el nailon o el kevlar.
<b>Polietileno</b>	Es de los polímeros más simples que se emplea en la fabricación de embaces, tuberías y recubrimiento de cables.
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo, usado para hacer botellas de agua.
<b>Re ingeniera</b>	Actividad que analiza el funcionamiento y el valor de los procesos en el negocio y hace cambios radicales para mejorar sus resultados.
<b>Retro alimentación</b>	Método en el cual los resultados de una tarea son reintroducidos nuevamente en el sistema para controlarlos y optimizarlos.
<b>Rotomoldeo</b>	Proceso en el cual se introduce un polímero en estado líquido o en polvo dentro de un molde, el cual se hace girar sobre dos ejes.

<b>SCRAP</b>	Desechos o residuos derivados del proceso industrial.
<b>Sistematización</b>	Proceso que busca ordenar elementos, etapas, entre otros. para otorgar jerarquías a dichos elementos.
<b>Stock</b>	Es un inventario de bienes.
<b>Termoplásticos</b>	Material que a temperaturas altas se vuelve deformable o flexible, que se derrite cuando se calienta y se endurece cuando se enfría.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Optimizar el proceso de producción de depósitos de polietileno para el almacenaje de agua en optimización del proceso de producción de depósitos de polietileno para almacenaje de agua en la línea de rotomoldeo de la empresa Mexichem de Guatemala S.A.

### **Específicos**

1. Evaluar y analizar las diferentes etapas del proceso de producción de depósitos de polietileno en la línea de rotomoldeo.
2. Efectuar un estudio de equipos y herramientas utilizadas en la línea de producción y la seguridad industrial necesaria para operarlos.
3. Determinar la cantidad de materia prima utilizada en la producción y comparar el costo teórico con el real por unidad incluyendo desperdicios y reprocesos.
4. Analizar el rendimiento y tiempos de ocio de los operarios y maquinaria en cada turno.
5. Analizar el sistema de horarios del personal y de maquinaria en el proceso de producción y su curva de eficiencia.

6. Realizar un análisis histórico de la producción de los últimos 3 años y determinar las pérdidas en materia prima y desechos de producción.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo muestra la importancia de la optimización en el proceso de rotomoldeo para la fabricación de las diferentes piezas que van desde depósitos para almacenar agua, hasta letrinas o piezas únicas. Proceso en el cual pueden darse deficiencias en la maquinaria, infraestructura, personal y áreas administrativas involucradas lo cual genera pérdidas en la producción, que afectan de manera directa los costos del producto. Por ello, es imperativo realizar los cambios pertinentes para conseguir mejores resultados en la producción, preservando la calidad.

Como objetivo principal se desarrollará el análisis y evaluación de las etapas del proceso de producción en los depósitos de polietileno, los cuales van desde el rendimiento de la maquinaria, equipos y herramientas, la cantidad óptima de operarios, los tiempos de ocio de los operarios y la cantidad de materia prima utilizada.

Al concluir el análisis detallado de cada una de las etapas de la producción, se determinará donde se encuentran las fallas del proceso para solucionarlas y optimizarlo.

El rotomoldeo y los moldes, por su sencillez, son relativamente baratos y permiten realizar a un bajo costo una gran diversidad de productos en una misma máquina, experimentación de materiales y, además, producir piezas complejas que serían imposible de fabricar por medio de otros procesos.

Para tener una perspectiva de la situación actual del proceso de producción se realizó un estudio por medio de las herramientas de diagramas de flujo, diagrama de recorrido y diagrama de Ishikawa para determinar sus tiempos respectivos, formas de los procesos y recorridos. Por medio de esta información se identificaron los problemas que afectan la producción.

También se obtuvo información de las tablas de tiempos, de seguridad industrial, de medidas y pesos de rendimientos, de operación, demanda de personal, datos de producción y curva de eficiencia.

Como resultado de estos análisis se realizó el proceso de optimización que consiste en mejorar, a través de la eficientización, todos los recursos y procesos que intervienen en la fabricación de los productos. Organización del departamento, diagramas de flujo mejorado, diagrama del proceso de producción mejorado, proceso de producción mejorado, identificación de oportunidades de mejora, métodos de trabajo, actualización de los procedimientos de fabricación, definición de las funciones de cada puesto de trabajo, definición de mejoras del nuevo proceso, sistematización de procesos, prueba piloto, beneficio del nuevo proceso.

Como parte de la mejora continua se establecieron fichas de moldes, check list, gráficos de medición de tiempo, cuadros de control, rendimientos, encuestas, formularios de seguimiento.

# **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. La empresa**

La empresa Mexichem, líder en el mercado latinoamericano en la fabricación y comercialización de productos químicos y petroquímicos, inició sus operaciones en Guatemala cuando adquirió la empresa Amanco, en el año 2 009.

### **1.1.1. Visión de la empresa**

“Ser la empresa química y petroquímica líder en el mercado latinoamericano que genera valor para sus clientes, proveedores empleados y accionistas; una empresa innovadora y con tecnología de vanguardia, capaz de mantener un crecimiento sostenido en ventas, eficiencia y rentabilidad.”<sup>1</sup>

### **1.1.2. Misión de la empresa**

“Somos una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos químicos y petroquímicos que agregan el valor a nuestras materias primas básicas, sal y fluorita, a través de cadenas productivas eficientes que generan resultados de negocio superiores y que actúan dentro de un marco de responsabilidad empresarial. Con ello apoyamos el ámbito social y ambiental, así como, el cumplimiento de las normas y responsabilidades que lo regulan.

---

<sup>1</sup>Mexichem Guatemala, *Documentación empresarial*. p. 1.

Nos enfocamos en los sectores de mayor potencial de crecimiento y rentabilidad en el mercado latinoamericano, comprometidos con los valores y principios que contribuyan al crecimiento, la eficiencia y rentabilidad de Mexichem a través de la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes y proveedores. Mejoramos e innovamos continuamente la calidad de nuestros procesos, productos y servicios, con el fin de cumplir o superar las expectativas de los accionistas, los empleados y la comunidad.”<sup>2</sup>

### **1.1.3. Valores**

“Nuestros clientes: todos buscamos constantemente anticiparnos a las necesidades de nuestros clientes a través de nuestros productos y servicios con estándares de clase mundial.

Nuestras comunidades: nuestras empresas promueven la responsabilidad social y ambiental en todas nuestras operaciones, e interactuamos de manera ética y responsable con nuestras comunidades.

Nuestros colaboradores: respetamos la individualidad de cada uno, promovemos el trabajo en equipo, fomentamos la sinergia para el logro de metas y brindamos oportunidades de desarrollo y capacitación para los colaboradores.”<sup>3</sup>

## **1.2. Reseña histórica**

“Anteriormente, Amanco se dividía en dos grandes empresas: fábrica Tubovinil en el ramo de tubosistemas y Duralita en el ramo de construsistemas.

---

<sup>2</sup>Mexichem Guatemala, *Documentación empresarial*. p. 2.

<sup>3</sup>Ibíd. p. 3.

Fábrica Tubovinil, S. A. inició en junio de 1 971 con la fabricación de tuberías y accesorios de agua potable, alcantarillado y drenaje, sistemas de riego, ductos eléctricos y telefónicos, plantas de tratamiento y pozos. La Planta de producción se ubica en Km 36,7 carretera 9 Sur Palín, Escuintla Guatemala, hasta hoy en día.

El 25 de julio de 1 945, Duralita, S. A. inicia su etapa de crecimiento ofreciendo láminas onduladas para techos y paredes. Hoy se comercializa una mayor diversidad de productos en este segmento.

En el año 2 001, el Grupo Nueva decide unificar y estandarizar las empresas de la corporación bajo el nombre de Amanco, desde el 2 007 hasta la fecha, Amanco pasó a formar parte de Mexichem, empresa líder en la industria química y petroquímica latinoamericana.

Mexichem ha adquirido a través de los años un reconocimiento especial en el mercado por su alta calidad, garantía y respaldo técnico. Todo este reconocimiento es producto de los estándares y procesos que utilizan y aplican en el momento de la producción, venta y asistencia técnica brindada.”<sup>4</sup>

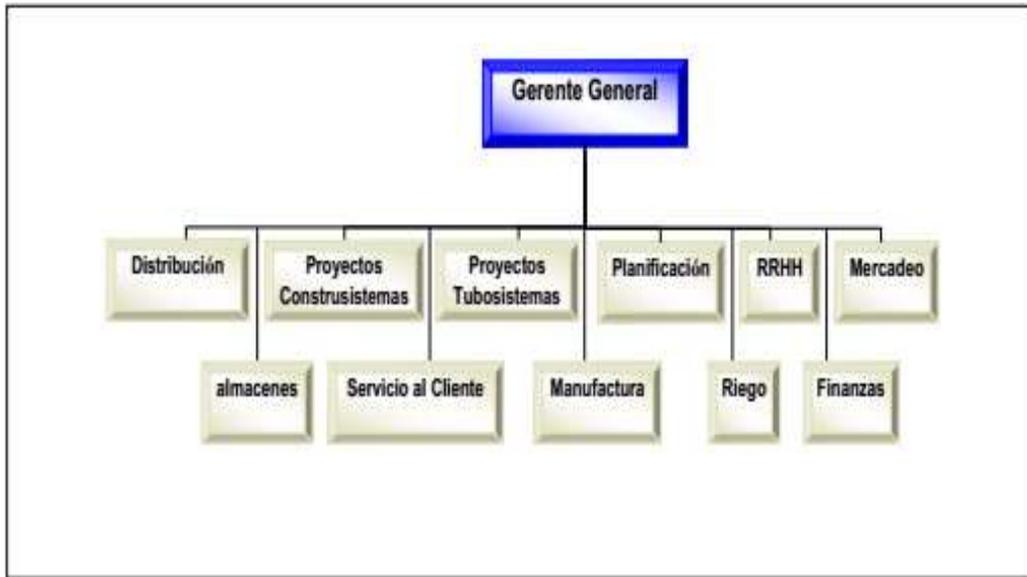
### **1.3. Organigrama de la empresa**

El organigrama de la estructura de la empresa Mexichem Guatemala S.A. representa la posición de las áreas que la integran. Está compuesto por departamentos y representado de forma general. A continuación, se detalla de la siguiente manera:

---

<sup>4</sup>Mexichem Guatemala, *Documentación empresarial*. p. 3.

Figura 1. **Organigrama Mexichem Guatemala, S.A.**

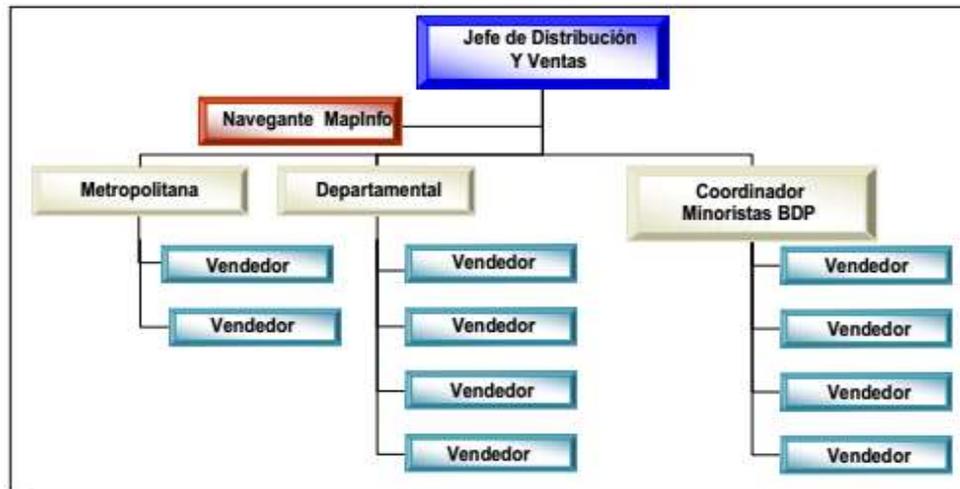


Fuente: Mexichem Guatemala S.A.

### 1.3.1. **Departamento de distribución y ventas**

El organigrama del Departamento de distribución y ventas de la empresa Mexichem Guatemala está estructurado de la siguiente forma.

Figura 2. Organigrama departamento de distribución



Fuente: Mexichem Guatemala.

#### 1.4. Actividad principal

El Departamento de distribución y ventas distribuye los productos que Mexichem ofrece. Garantiza un servicio y productos de calidad para sus clientes. Ello se basa en la norma ISO- 9001, ISO-14,001 y OHSAS 18,001.

Algunos de los clientes que atiende el departamento de distribución y ventas son empresas constructoras, compañías de acueducto y alcantarillado; negocios agrícolas, proyectos de infraestructuras privados y gubernamentales, operadores privados de proyectos hídricos, de telecomunicaciones de gas y aguas residuales; municipalidades y plomeros y constructores privados. En el anexo 1 se muestran los principales proyectos ambientales.

Mexichem atiende a esta gama de clientes por medio de distintos canales de distribución y de ventas directas a algunos clientes estratégicos. Los canales

de ventas son igualmente variados; grandes distribuidores, pequeños y medianos depósitos de materiales de construcción y almacenes de cadena especializados en la construcción. Las ventas a través de los distintos canales dependen de estrategias específicas para cada país, diseñadas con base en la relación costo servicio y en las necesidades y en la satisfacción del consumidor.

#### **1.4.1. Tubosistemas**

Son productos de tubería PVC y su función es conducir agua potable llevando la posibilidad de un mejor nivel de vida a la gente y, con las soluciones de alcantarillado, se asegura la salud para los habitantes de las poblaciones. Además, se lleva el progreso a las comunidades cuando los tubos transportan cables eléctricos y telefónicos, gas, fibra óptica, de esta manera facilitando el acceso de millones de personas a nuevas condiciones de vida.

La planta local de Mexichem Guatemala produce tubería y accesorios de distintas tecnologías y diversidad de líneas de negocios que incluyen: tubería y accesorios para agua potable, agua caliente, alcantarillado y drenaje, sistemas de riego, ductos eléctricos y telefónicos, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas industriales y residuales, canales y bajantes, pozos de visita, depósitos para agua y fosas sépticas, letrinas y geosintéticos.

#### **1.4.2. Construsistemas**

Son productos y soluciones para la industria de la construcción con énfasis en sistemas livianos. Mexichem está ligado a la vivienda. Con sus productos a diseñar y construir soluciones habitacionales haciendo realidad el sueño de muchas familias. Se comercializa láminas planas para

paredes interiores y exteriores y láminas onduladas de la marca antiguamente conocida como Duralita. Además, ofrece bases para techos, cielos decorativos, entrepisos, fachadas, molduras, productos forestales como madera sólida, tableros MDF, tableros de partícula y puertas.

### **1.5. Productos por rotomoldeo**

La línea de productos que se fabrican en rotomoldeo es:

- Biodigestor de 1 200 litros con un peso de 43,6 Kg
- Cajas Domiciliares para edificaciones de 23, 70 y 90 litros
  - Las cajas de 23 litros se usan para:
    - Registro sanitario
    - Registro pluvial
    - Registro para válvulas
    - Caja suidero
  - Las cajas de 70 y 90 litros
    - Trampas de grasa
    - Registro sifónico
- Depósitos para agua de 1 000 litros
- Fosa séptica 1 000 litros<sup>5</sup>

### **1.6. Ubicación de la empresa**

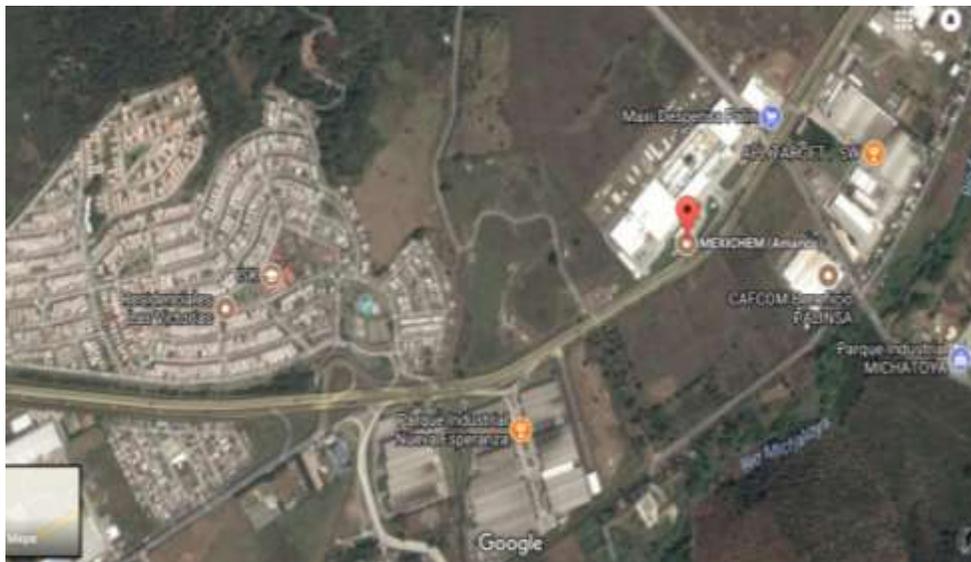
Los productos de Mexichem se comercializan en 29 países de las Américas y el Caribe, cuenta con 18 plantas de producción en 13 países del continente y con más de 7 000 colaboradores.

---

<sup>5</sup> Mexichem Guatemala, *Fichas técnicas de Biodigestor, cajas, depósitos y fosas séptica*. p. 1.

Actualmente, en Guatemala, la empresa Mexichem Guatemala S.A. se encuentra ubicada en el Km 36,7 Carretera 9 Sur Palín, Escuintla, Guatemala, C.A., como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3. **Mapa de Ubicación**



Fuente: <https://www.google.com.gt/maps> [Consulta en octubre de 2017].

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Optimización de Recursos**

La optimización de un recurso se refiere a utilizarlo de manera eficaz, es decir que los recursos proporcionados para un fin determinado de utilicen de la mejor manera.

#### **2.1.1. Optimización**

Según BPM LATAM optimizar es encontrar el mínimo o el máximo de una función respecto a ciertas restricciones. Sin duda, alcanzar el mínimo o máximo es obtener la "mejor" solución entre otras soluciones factibles. Ahora bien, el mejor proceso debe ajustar el flujo de tareas, entradas y salidas de manera que entregue la mejor calidad al menor costo y en el menor tiempo. Sin embargo, si se desea aumentar la calidad de un producto o servicio, siempre se incurre en inversión de tecnología y personas, pero a la vez se reducen los tiempos y, en el peor caso, aumentarlos lo cual depende de otros factores, tales como, correcta elección de la tecnología, capacitación de las personas, estrategias de gestión.

Alternativamente, si se quieren reducir los costos asociados al producto o servicio muchas veces las empresas disminuyen los tiempos, pero a la vez disminuye la calidad. De este modo, si se desea reducir los tiempos asociados al producto o servicio una vez más incurrimos en costos y reducción de la calidad. Finalmente, la flexibilidad de un proceso está asociada a cuán rápido

se ajusta a los cambios y dinamismo de la empresa y del entorno los cuales podemos dividir en factores internos y externos.

Los factores internos son medidas e iniciativas de la empresa para realizar cambios a un proceso para mejorar su desempeño tomando en cuenta las variables de costo, tiempo, calidad y flexibilidad. Los factores externos son factores que provienen desde el entorno de la empresa y se identifican por medio de Inteligencia de Negocios (o business intelligence, BI), área de márketing, área de finanzas (principalmente, factores de desempeño económico) y desde nuevos estándares o normativas legales. De esta manera, los factores externos influyen directamente en los internos.

Por lo tanto, la optimización de procesos debe considerar los factores internos y externos de una organización para luego llevarla a cabo.

La siguiente no es una receta, pero sirve como un primer paso para optimizar procesos dentro de una organización:

- Cuando utilice el término "optimización" debe dejar en claro las limitaciones de encontrar el mejor proceso y que en la práctica sólo encuentra el que mejor se ajuste a la realidad de cada empresa que se ve afectada por factores internos y externos.
- Identifique el proceso que quiere optimizar. El proceso es aquel identificado a partir de la estrategia de negocios de la empresa.
- Identifique los factores internos y externos que afectan la decisión de optimizar un proceso, con el dueño del proceso y dueños de tareas y

áreas específicas dentro de la empresa. No olvide que muchos procesos son transversales a la organización.

- Identifique la variable que quiere "mejorar" dentro de un proceso: tiempo, costo o calidad.
- Aplique reingeniería, buenas prácticas o rediseño del proceso.
- Simule su nuevo proceso interactivamente hasta encontrar el que mejor se ajuste a sus requerimientos.
- Defina medidas de rendimiento de su nuevo proceso (KPI) y monitóreelos.
- Gestione el cambio del proceso con el dueño del proceso y áreas transversales afectadas.
- Gestione el conocimiento generado y actualizado en la organización a partir de los cambios realizados al proceso optimizado (o mejorado).
- Monitoree el nuevo proceso e identifique si la ejecución del mismo corresponde al definido y publicado a las partes involucradas.<sup>6</sup>

#### **2.1.1.1. Optimización de recursos**

Son los componentes necesarios para realizar una actividad. La optimización de los mismos podría ser definida como la mejor manera de

---

<sup>6</sup> *BPM LATAM*. <http://blog.bpm-latam.org/2008/06/optimizacin-de-procesos-parte-i.html>. Consulta: noviembre de 2017.

ejercer una actividad con el mínimo de recursos, su objeto utilizar los recursos que dispongamos para utilizarlo correctamente y con mayor eficacia.

### **2.1.1.2. Recursos y Servicios**

- “Recursos, son todos aquellos elementos que se requieren para que una empresa pueda lograr sus objetivos.”<sup>7</sup>

#### **2.1.1.2.1. Los recursos naturales.**

“El desarrollo sustentable está en el centro de las compañías. En los últimos años se comenzaron a visualizar los límites del planeta: que sus recursos no son infinitos y los efectos del cambio climático se manifiestan en cada rincón de la Tierra, conduciendo a un cambio de paradigma, que lleva a producir más con menos, a aprovechar lo que el ambiente nos provee. Es ahí donde muchas empresas entienden los beneficios económicos, sociales y ambientales como una forma más sustentable de hacer negocios.

La responsabilidad social empresarial y la sustentabilidad como potenciales agentes de cambio alcanzaron un punto de inflexión, no sólo para las corporaciones sino también para los consumidores que ayudan a impulsar los procesos de innovación y transformación.”<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> LUYO, José. <https://es.slideshare.net/pepelucholuyoluyo/14-va-semana-rh-rf-rm-rt-re>. Consulta: noviembre de 2017.

<sup>8</sup> *Revista Ambito Empresas y recursos naturales*. <http://www.ambito.com/808669-empresas-y-recursos-naturales>. Consulta: noviembre de 2017.

### **2.1.1.2.2. Recursos humanos.**

“Son trascendentales para la existencia de cualquier grupo social; son un factor primordial en la marcha de una empresa, de ello depende el manejo y funcionamiento de los demás recursos.

Según la función que desempeñen en el nivel jerárquico pueden ser:

- Obreros
- Oficinistas
- Supervisores
- Técnicos
- Ejecutivos
- Directores

Como concepto, se refiere al conjunto de empleados y colaboradores que trabajan en una empresa u organización. La administración de recursos humanos consiste en la planeación, organización, desarrollo y coordinación de quienes laboran ahí. Con este nombre también se denomina al departamento, a la persona o área administrativa que se encarga de seleccionar a los trabajadores.

Es indispensable que este cuente con un área que se preocupe desde la selección, capacitación y desarrollo, compensaciones, el bienestar y promover el desarrollo profesional de cada uno de sus trabajadores en un buen ambiente de trabajo. <sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> LUYO, José. <https://es.slideshare.net/pepelucholuyoluyo/14-va-semana-rh-rf-rm-rt-re>. Consulta: noviembre de 2017.

### 2.1.1.2.3. Recursos necesarios

Para que funcione un proceso productivo son necesarios recursos que funcionen de manera normal y con un costo que debe estar bien especificado en el plan estratégico, los cuales se clasifican en humanos, físicos, técnicos y financieros.

- Físicos: “son los básicos para la producción de bienes y prestación de servicios, se dividen en dos grupos:
  - Recursos de transformación: son los que se utilizan para la producción de otros recursos, unos se utilizan de forma directa, como máquinas, herramientas, equipos. Otros intervienen de forma indirecta como terrenos, edificios, muebles, vehículos, infraestructura en general.
  - Recursos de utilización: son los procesados por los recursos de transformación, unos forman parte del producto como materias primas, materiales que no son transformados, pero forman parte esencial del producto. Otros sirven de apoyo para las actividades de las empresas como: combustibles, elementos de aseo, papelería, entre otros.
- Técnicos: al conjunto de técnicas, procesos, procedimientos, métodos y sistemas que son utilizados por la empresa en las diferentes actividades relacionadas con la producción de bienes o servicios, le damos el nombre de recursos tecnológicos. La tecnología se refiere al conocimiento acerca de la forma de llevar a cabo o ejecutar determinadas tareas o actividades, no se limita a las máquinas o

equipos. La tecnología aplicada influye de manera decisiva en el comportamiento y utilización de otros recursos de la organización, es un determinante de:

- La cantidad y calidad de los recursos humanos que requiere la empresa.
- La estructura organizativa y de algunos procedimientos organizacionales adoptados por la empresa.
- La planeación del trabajo individual y de grupo.
- Financieros: los recursos financieros garantizan los medios para la consecución de los demás recursos de la empresa y se refieren al dinero en diferentes formas como el efectivo, capital, ingresos, egresos, créditos, inversiones y, en general, a la disponibilidad de dinero que tiene la empresa para atender sus compromisos.
- Para el funcionamiento de la empresa se necesita:
  - Adquirir activos fijos: terrenos, edificios, maquinaria y equipo, vehículos, muebles y enseres, entre otros.
  - Cancelar materias primas, combustibles y energía indispensables en el proceso de producción.
  - Pagar sueldos, salarios y prestaciones a sus empleados.

- Cancelar alquileres, servicios públicos, impuestos, reparaciones, servicios de mantenimiento, entre otros.
- Financiar los créditos otorgados a sus clientes o usuarios.
- El dinero que requiere la empresa para iniciar sus operaciones o ampliar su capacidad de producción, puede provenir de fuentes variadas entre las cuales citamos:
  - Patrimonio personal del dueño de la empresa.
  - Aportes personales de varios individuos o familias que se asocian para constituir o ampliar la empresa.
  - Emisión de acciones por parte de la empresa para ofrecerlas al público, las cuales se negocian a través de una bolsa de valores, la empresa efectúa sus operaciones independientemente de las actividades de los propietarios de las acciones.
  - Aportes procedentes del estado, departamentos o municipios, estas entidades se asocian con particulares para constituir o refinanciar la empresa, o facilitan los fondos en calidad de préstamo.
  - Suscripción de acciones a favor de una empresa cooperativa, efectuada por socios de la misma.
  - Préstamos recibidos de entidades financieras, organismos del estado o personas naturales.

Para el funcionamiento normal de la empresa es necesario asignar los recursos financieros indispensables para la actividad productiva, para el pago de sus obligaciones como (salarios, impuestos, servicios, entre otros), por lo que debe recibir los ingresos necesarios que satisfagan esto y además produzcan la utilidad esperada.

La empresa se crea con el fin de obtener la mayor utilidad al capital invertido, si la empresa produce perjuicios o no produce la utilidad mínima lleva a la venta o liquidación de la misma.

También se habla de liquidez que es la capacidad de convertir activos a efectivo y a la disponibilidad de fondos para satisfacer sus necesidades.”<sup>10</sup>

#### **2.1.1.2.4. Recursos y capacidades de la empresa**

La teoría de recursos y capacidades centra su análisis en los recursos y capacidades interno que posee la empresa, con el objetivo de conseguir ventajas competitivas sostenibles que generan rentas empresariales duraderas.

El objetivo de esta teoría es la creación de valor, para ello, los recursos deberán ser escasos, valiosos, difícilmente imitables y limitadamente sustituibles, de manera que sea posible la obtención de ventajas competitivas debidas a los recursos y capacidades internos de las organizaciones.

La teoría de recursos y capacidades busca conocer las causas de las diferencias en los rendimientos de las empresas, basándose en sus recursos y

---

<sup>10</sup> *Recursos básicos de empresa*. <http://reginadetrejo.blogspot.com/2008/08/recursos-basicos-de-empresa.html>. Consulta: noviembre de 2017.

capacidades internos. Dado que este trabajo pretende conocer la influencia de la formación en los resultados de las empresas, consideramos que la teoría de recursos y capacidades parece una teoría adecuada para explicar el objeto de nuestro estudio, por este motivo hemos elegido dicha teoría como fundamento de nuestro trabajo.<sup>11</sup>

#### **2.1.1.2.5. Tipos de recursos de la empresa**

Buscar los recursos y categorizarlos es muy sencillo, estos se dividen por lo general en dos categorías: tangibles e intangibles. Si a lo mejor el talento humano es uno de los más importantes de los recursos lo incluimos en la de los intangibles ya que es difícil medir igualitariamente desempeño, talento y conocimientos del recurso humano de la empresa.

Los tangibles son fácil de reconocer pues se cuantifican y se pueden palpar. Hay un sin número de recursos tangibles tales como los físicos, como instalaciones o fábricas de manufacturación y recursos minerales, aunque también se consideran los financieros, tecnológicos y organizacionales como su sistema de monitoreo o control de la empresa.

Entre los recursos intangibles está el talento humano y su capital más importante que es el intelectual, este no tiene existencia física, así como las marcas, la reputación y la imagen de la empresa. Por eso, las bondades en

---

<sup>11</sup> *La generación de capital humano a través de la formación*. <http://biblioteca.ucm.es/tesis/cee/ucm-t28090.pdf>. Consulta: noviembre de 2017.

habilidades y conocimiento están presentes en el capital humano y su marca en las etiquetas o logo de sus productos.<sup>12</sup>

#### **2.1.1.2.6. Administración de los recursos y capacidades**

Los recursos y capacidades se deprecian como otros activos si se les administra con poco interés, un cambio ambiental puede contribuir a destruir el valor de activos estratégicos clave y transformar recursos y capacidades. Algunos recursos pierden influencia cuando se registran cambios súbitos en la tecnología, preferencias del cliente, canales de distribución u otros canales competitivos, por eso, es necesario tener una planeación financiera y la estimación del costo de los recursos y capacidades.

La planeación es el primer proceso de la administración porque establece por anticipado la clase de negocio que se desea. De esta manera se ajustan, de forma permanente, los recursos y capacidades de la empresa y se dispone de los recursos financieros para crecer, cuando desarrolla estrategia basadas en la investigación y el desarrollo para la innovación, el desarrollo de nuevos productos, la internacionalización, las adquisiciones y fusiones, la compra de nuevas tecnologías, la exposición de operaciones, el desarrollo, compra de sistemas de información, entre otras.

---

<sup>12</sup> Plan estratégico para la optimización de los recursos y servicios de f & y s.a. Compustar. <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1190/1/T-UTEQ-0189.pdf>. Consulta: noviembre de 2017.

### **2.1.1.2.7. Niveles de productos y servicios**

Cuando se diseña un determinado producto, primero se debe determinar cuál es la necesidad del cliente y por qué lo busca, qué obtiene cuando lo compra, ejemplo cuando alguien adquiere un teléfono celular de la marca BlackBerry, está comprando algo más que un teléfono móvil, para enviar correos o una agenda personalizada, está comprando independencia y conectividad en cualquier momento sea en movimiento o no.

## **2.2. Materias primas usadas en rotomoldeo**

Las materias primas utilizadas para rotomoldeo son: polietileno, polietileno de baja densidad, polietileno espumado, polietileno reticulado, polipropileno, poliamida y el pvc.

### **2.2.1. Polietileno (PE)**

“Son termoplásticos semicristalinos. Se destacan en general por una buena resistencia química, alta tenacidad y elongación en la rotura, así como buenas propiedades de aislamiento eléctrico. Pueden ser procesados en prácticamente todos los procesos usuales, son económicos y por ello, han encontrado una amplia aplicación. Hoy se han convertido en el grupo de plásticos más importante desde el punto de vista cuantitativo”.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> GÓMEZ, María. *Uso de polímeros en la fabricación de productos plásticos*. p. 6

### **2.2.2. Polietileno baja densidad (LDPE)**

“El polietileno de baja densidad es un homopolímero muy ramificado que tiene por unidad monomérica el etileno. Las cadenas moleculares de este polímero son cadenas carbono hidrógeno. Esta estructura ramificada causa la baja densidad de este material plástico.

Tiene altas propiedades de permeabilidad a gases, buena barrera a vapor de agua, así como baja absorción de agua.

Con respecto a sus propiedades mecánicas, estas dependen del grado de polimerización y la configuración molecular. Presenta buena elongación ante la aplicación de fuerzas de tensión de 350 – 700 %. La resistencia al impacto es muy buena. Es un excelente aislante eléctrico.”<sup>14</sup>

La naturaleza no polar del polietileno le otorga propiedades de gran resistencia a los ataques de sustancias químicas, a temperaturas menores de 60° C resiste a la mayoría de los solventes inorgánicos, ácidos débiles, bases y sales en cualquier concentración. Pero a temperaturas mayores es soluble en solventes orgánicos alifáticos, los aromáticos y clorados. Es un material atóxico y puede estar en contacto directo con los alimentos.

### **2.2.3. Polietileno espumado (alta densidad)**

El polietileno de alta densidad puede ser espumado, por medio de un agente espumante como la azodicarbonamida, se puede activar con humo negro o absorbedor ultravioleta para resistir el envejecimiento. Además del uso de antimicrobianos en determinadas aplicaciones.

---

<sup>14</sup> ORTEGA, Sandra. *Diseño de piezas plásticas rotomoldeadas*. p. 20

El polietileno de alta densidad tiene una estructura lineal con pocas ramificaciones, estas ramificaciones son muy cortas. La cantidad de estas ramificaciones depende del comonomero (propileno, butano, exeno) incorporado.

Los polímeros de etileno considerados de alta densidad son el HDPE (polietileno de alta densidad), polietileno de alto peso molecular, polietileno de ultra alto peso molecular.

La rigidez, dureza y resistencia a la tensión de los polietilenos se incrementa con la densidad. La mayor presencia de cristales eleva la resistencia a la tensión. Es un material muy tenaz, demuestra alta resistencia a los impactos a bajas temperaturas. Es un excelente aislante eléctrico.

La principal aplicación del polietileno de alta densidad en el proceso de rotomoldeo es la manufactura de contenedores de gran tamaño. Otras aplicaciones son tolvas, bebederos para el sector ganadero, muebles para el jardín, juegos de jardín para niños, para señalización en el sector de tránsito, macetas, entre otros.<sup>15</sup>

#### **2.2.4. Polietileno reticulado**

“El polietileno (aparte del polietileno reticulado), generalmente, se puede disolver a temperaturas elevadas en hidrocarburos aromáticos, o en disolventes clorados.

---

<sup>15</sup> ORTEGA, Sandra. *Diseño de piezas plásticas rotomoldeadas*. p. 21

El polietileno es uno de los productos de consumo masivo. Es muy utilizado en la industria del envasado de alimentos en forma de film, bolsas, botellas, vasos, botes, entre otros.

El polietileno, particularmente el polietileno de alta densidad, a menudo se utiliza en sistemas de tuberías de la facilidad de montaje y a su resistencia al impacto. El polietileno es procesado por todos los métodos de conformación de termoplásticos conocidos como son: inyección, extrusión, soplado, rotomoldeo, termoformado, entre otros. Un caso particular es el del UHMWPE, que, debido a su elevada dureza y difícil procesabilidad, tiene que ser extruido en planchas y barras, para finalmente ser procesado mediante algún proceso de mecanizado como el torneado y el fresado, aunque actualmente están apareciendo grados que son procesables por inyección.”<sup>16</sup>

### **2.2.5. Polipropileno**

“Polipropileno: El polipropileno se produce desde hace más de veinte años, pero su aplicación data de los últimos diez, debido a la falta de producción directa pues siempre fue un subproducto de las refinerías o de la desintegración del etano o etileno.

Posee una alta cristalinidad, por lo que sus cadenas quedan bien empaquetadas y producen resinas de alta calidad.

El polipropileno se utiliza para elaborar bolsas de freezer y microondas ya que tienen una buena resistencia térmica y eléctrica además de baja absorción

---

<sup>16</sup> MARTÍNEZ, Antonio. *Tesis doctoral modelado y verificación experimental del comportamiento a tracción de probetas bimaterial termoplásticas*. p. 31.

de humedad. Otras propiedades importantes son su dureza, resistencia a la abrasión e impacto, transparencia, y que no es tóxico.

Asimismo, se usa para fabricar carcazas, juguetes, valijas, jeringas, baterías, tapicería, ropa interior y ropa deportiva, alfombras, cables, selladores, partes automotrices y suelas de zapatos.

El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, entre otros), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. (El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión/ termoformado).<sup>17</sup>

#### **2.2.6. Poliamida(nailon)**

“Familia de termoplásticos industriales semicristalinos generalmente sintetizados a partir de aminas y ácidos alifáticos en cadena lineal. Cada nylon particular se describe por uno o dos números (por ejemplo, nylon 6 o 6/6), cada número indica la cantidad de átomos de carbón en los monómeros aminados y ácidos. Si solo hay un número, el monómero es un aminoácido. Si hay dos números, los monómeros son diaminas y diácidos. El primer número se refiere a la diamina y el segundo al di ácido. Las poliamidas usadas en el proceso de rotomoldeo son la poliamida 6, poliamida 11 y la poliamida 12.

---

<sup>17</sup> COLOMO, Adriana. *Mejora y estandarización del proceso de producción, en una empresa productora de envases plásticos*. p. 5.

La poliamida 6 tiene un grado de cristalización del 60 %, se caracteriza por una excelente tenacidad, bajo coeficiente de fricción y alta resistencia a la abrasión. Pero una de las desventajas es la absorción y el desprendimiento de humedad. El uso de plastificantes reduce el esfuerzo a la tensión y la rigidez, pero dependiendo de la cantidad incrementa el porcentaje de elongación, puede reforzarse en un porcentaje de 10 a 45 % con fibra de vidrio aumentando las propiedades mecánicas y se disminuye la absorción de humedad.

La poliamida 11 semicristalina es más elástica y tenaz que la poliamida 12, debido al número impar de átomos de carbono en su cadena principal. La temperatura de fusión es de 180 a 190 °C, procesándose en un perfil de temperaturas de 200 y 270 °C. Presenta una contracción lineal de 0,012 %. Es la poliamida de menor densidad 1,04 – 1,06 g/cm<sup>3</sup>, absorbe muy poca humedad, tiene buena estabilidad dimensional.

Poliamida semicristalina que cuenta con alta tenacidad, resistencia a la tensión y resistencia química como todas las poliamidas, pero se distingue por su gran estabilidad dimensional y baja densidad esta es de 1,02 g/cm<sup>3</sup>. Absorbe una menor cantidad de agua que la PA 6, teniendo un mejor comportamiento mecánico y eléctrico. Tiene una alta tenacidad a bajas temperaturas.”<sup>18</sup>

### **2.2.7. PVC plastificado**

“Los sistemas líquidos empleados en molde rotacional son fundamentalmente plastisoles de PVC y en ocasiones resinas reactivas como poliuretanos, poliamidas, poliésteres, epoxis, siliconas y sistemas de urea formaldehído. En el caso del empleo de sistemas líquidos la reproducción de

---

<sup>18</sup> ORTEGA, Sandra. Diseño De Piezas Plásticas Rotomoldeadas. p.27.

detalles y el acabado superficial suele ser mucho mejor que en el caso del rotomoldeo de polvos, sin bien existen problemas asociados al empleo de sistemas líquidos, sobre todo en lo que se refiere a la distribución de espesores del material en el molde.

Las formulaciones que contienen además otros aditivos como pigmentos o estabilizantes térmicos que se emplean para la producción de muñecas, balones de playa y otros productos.”<sup>19</sup>

### **2.3. Tipos de rotomoldeo**

Para la fabricación de depósitos por rotomoldeo se pueden emplear hornos por desplazamiento lineal, estación simple (clam shell), giro basculante y carrusel, se pueden también fabricar por flama abierta que hay de diferentes tipos que son: de un brazo, dos brazos.

#### **2.3.1. Horno**

Se emplean hornos convencionales de gases, en donde el aire que rodea el molde es calentado y transfiere el calor por convección al molde. Estos hornos son los más populares. No obstante, presentan el inconveniente de que la corriente de aire no siempre trasfiere el calor de igual manera hacia toda la geometría del molde, por lo que ciertas zonas reciben mayor transferencia de calor que otras, especialmente cuando existen áreas de difícil acceso que crean zonas de aire encerrando y con dificultada de fluir.

---

<sup>19</sup> M. Beltrán y A. Marcilla. *Tema 7. Molde Rotacional*. p 278

### 2.3.1.1. Desplazamiento lineal

El equipo de rotomoldeo de desplazamiento lineal a diferencia de los otros se mueve por unos carriles, este posee un solo brazo que se desplaza al horno en la etapa de calentamiento, y luego se desplaza afuera para el enfriamiento y desmolde por flujo de aire proveniente de ventiladores. Ver figura 4.

Figura 4. **Equipo de rotomoldeo desplazamiento lineal**



Fuente: VARONA, Raiko. *Diseño de una Máquina de rotomoldeo*. p. 14.

### 2.3.1.2. Estación simple (CLAM SHELL)

Esta máquina cuenta con un único brazo portador de un único molde, que se introduce en un horno tipo almeja o “clam shell” para el calentamiento del material. Ver figura 5.

Estas máquinas presentan la particularidad de que todo el proceso ocurre en la misma cámara, que sirve como horno (por medio de calentadores externos y la conducción del calor a través del aire), y como cámara de enfriamiento con circulación de aire frío y aspersores de agua. Estas máquinas requieren bajo nivel de inversión inicial, poco espacio y mano de obra mínima, y permiten la fabricación de productos de buena calidad, pero requieren de una mayor duración del ciclo y mayores gastos en consumo de energía y servicios industriales, debido a que debe acondicionarse el mismo recinto para calentamiento y enfriamiento. Son útiles para fabricar productos que necesiten un control de proceso riguroso, para producciones de bajos volúmenes y especialmente para el desarrollo de prototipos y actividades de investigación y desarrollo.

Figura 5. **Equipo de rotomoldeo de una estación tipo almeja**



Fuente: VARONA, Raiko. *Diseño de una Máquina de rotomoldeo*. p. 13.

### **2.3.1.3. Giro basculante**

Las máquinas de rotomoldeo deben de ser capaces de hacer girar el molde en torno a dos ejes perpendiculares, las máquinas de giro basculante o vaivén se denominan de tipo “rock and roll”. Estas máquinas producen un giro completo alrededor de uno de los ejes, mientras que, simultáneamente, el

sistema se coloca sobre otro eje perpendicular que hace que el molde gire hasta 45°, provocando el movimiento de vaivén, la cual podemos apreciar en la figura 6.

Figura 6. **Máquina de rotomoldeo de vaivén**



Fuente: VARONA CARRIÓN, Raiko. *Diseño de una Máquina de rotomoldeo*. p. 11

#### **2.3.1.4. Carrusel**

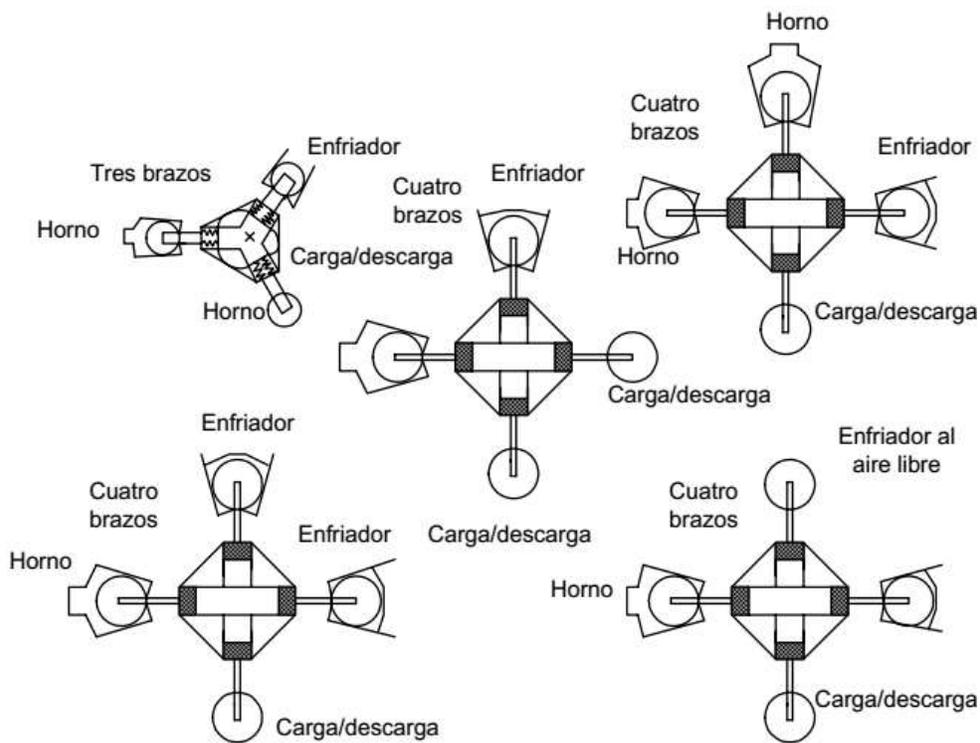
La máquina tipo carrusel o torreta, fueron introducidas al mercado en la segunda mitad del siglo pasado. Constan de tres estaciones separadas físicamente, a diferencia de las máquinas verticales. Para la selección de esta máquina es necesario que las duraciones de los ciclos de calentamiento y enfriamiento sean similares, que la disponibilidad de espacio no sea crítica y que se necesiten altos niveles de producción.

Entre sus características podemos mencionar que son muy efectivas, de alto rendimiento y bajo costo de mantenimiento.

Si la duración de uno de los ciclos (carga/descarga, calentamiento y enfriamiento), es muy superior a la de los otros dos, se acostumbra a emplear un brazo adicional y duplicar la etapa de mayor duración, con el objetivo de

incrementar la efectividad del proceso. A continuación, se ilustran en la figura 7 las máquinas tipos carrusel.

Figura 7. Máquinas tipo torreta o carrusel



Fuente: MANRIQUE, Max. *Diseño de moldes para el proceso de rotomoldeo de Materiales plásticos*. p. 73

### 2.3.2. Flama abierta

En el rotomoldeo por flama abierta, el calentamiento se realiza por mecheros que rodean al molde al “aire libre”. Esto provoca que la mayor parte del calor se disipe al medio ambiente. Por otro lado, estas máquinas no pueden hacer giros biaxiales al mismo tiempo. Están sometidas a realizar giros de 360

grados y el siguiente giro lo tienen en aproximadamente 45 grados. Por ello, no se pueden realizar piezas complejas por el método de llama abierta. En el método por horneado, el molde se introduce en un horno cerrado en donde se hace girar. Este último método permite un mejor control de los parámetros de temperatura.

### **2.3.2.1. Un brazo**

En este tipo de máquinas el calentamiento se realiza mediante varios sopletes y no existe un horno, de manera que las pérdidas de calor son mayores haciendo que el ciclo de producción sea más largo, en este tipo de maquinaria únicamente cuenta con un brazo. Ver figura 8.

Figura 8. **Equipo de rotomoldeo de un brazo**



Fuente: CACUANGO, Danny. *Diseño y simulación de un roto moldeador con un diámetro de horno de 2 400mm y brazos centrados rectos con capacidad máxima de 1 000 kg.* p. 44

### **2.3.2.2. Dos brazos**

En este tipo de máquinas, igual que las de un brazo, su calentamiento se realiza mediante varios sopletes y no existe un horno, de manera que las

pérdidas de calor son mayores y el ciclo de producción se prolonga más, pero en lugar de que sea un brazo, utiliza dos brazos de manera simultánea para optimizar el proceso. Ver figura 9.

Figura 9. **Equipo de rotomoldeo de dos brazos**



Fuente: CARRIÓN, Raiko. *Diseño de una máquina de rotomoldeo*. p. 12

#### **2.4. Tipos de moldes**

Los moldes juegan un papel fundamental y en cada proceso se utiliza un molde con características particulares. El molde de inyección es diferente al de

rotomoldeo o al de termoformado o cualquier otro proceso. Es necesario identificar sus características para lograr productos con calidad.

Los moldes para el rotacional son más económicos. En la construcción se utilizan varios tipos de metales. Los más prácticos para la producción de artículos pequeños o de tamaño mediano con cavidades múltiples, son los moldes de fusión de aluminio. El costo varía según la calidad o los detalles que requiera el producto acabado, cantidad de material, tipo de plástico que se utiliza y temperatura de operación utilizada en el proceso.

Los moldes de níquel electro formado se utilizan para el moldeo de pequeños artículos de PVC y tienen la ventaja de una buena reproducción de la superficie, sin los problemas de porosidad que a menudo se encuentran con los moldes en fusión de aluminio.

#### **2.4.1. Lámina negra**

Son moldes fabricados en acero de calidad soldable de bajo espesor 1,9 mm usualmente. Las principales ventajas es que su bajo costo y la facilidad de conformación, las desventajas son su baja productividad y durabilidad, se corroe con facilidad por lo cual solo debe ser enfriado con aire, su baja calidad en el acabado superficial, sus geometrías son limitadas. Ver figura 10.

Figura 10. **Molde fabricado lámina negra**



Fuente: VILLARROEL, Leonardo. *Introducción a la fabricación de lanchas de polietileno construidas por rotomoldeo*. p. 33

#### **2.4.2. Acero inoxidable**

El molde de acero inoxidable es ideal para cuando se necesita dar un acabado superficial al artículo y súper fino para piezas especiales, es ideal para producciones medianas que no requieren complejidad de formas, en la figura 11 podemos ver un molde de acero inoxidable.

Entre sus ventajas más relevantes están que el molde puede ser enfriado por agua, buena calidad de acabado superficial, durabilidad del molde entre 3 a 5 veces uno de lámina negra.

Sus principales desventajas son el costo del material y la mano de obra especializada.

Figura 11. **Molde acero inoxidable**



Fuente: VILLARROEL, Leonardo. *Introducción a la fabricación de lanchas de polietileno construidas por rotomoldeo*. p. 34

### **2.4.3. Aluminio fundido**

Son los más utilizados para piezas de configuraciones complejas, debido a que el aluminio es un material barato, más fácil de conseguir y de fabricar, para moldes de mediano y gran tamaño, en la figura 12 podemos apreciar un molde de aluminio fundido.

El espesor de la pared del molde varía de 6 a 4,5 mm para máquinas de aire caliente y más de 12 mm cuando se utilizan máquinas de sales fundidas.

Sus principales ventajas están que presenta una larga vida útil, se pueden producir varios idénticos, variedad de acabados superficiales, bajo peso y se pueden producir formas complejas.

Entre sus principales desventajas están su costo inicial alto, se requiere de un molde inicial en cera, madera o poliestireno.

Figura 12. **Moldes de aluminio**



Fuente: VILLARROEL, Leonardo. *Introducción a la fabricación de lanchas de polietileno construidas por rotomoldeo*. p. 34

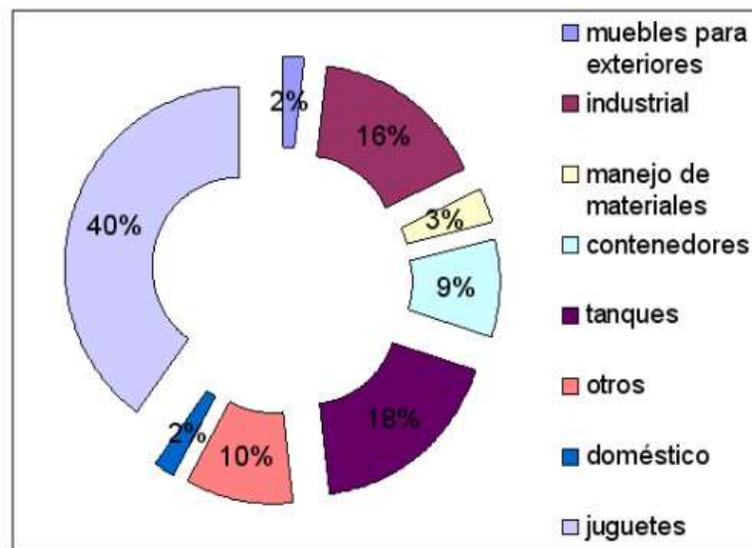
## 2.5. **Aplicaciones del rotomoldeo**

El rotomoldeo tiene un campo de aplicación muy grande en los sectores del juguete, transporte, agricultura, tráfico, entre otros. El porcentaje de estas aplicaciones varía de acuerdo con el lugar. Por ejemplo, en los Estados Unidos en el sector del juguete se aplica ampliamente, pues cuenta con un porcentaje del 40 %. En cambio, en el mercado europeo este sector solo cuenta con el 5 %, ver figura 13.

Esto refleja la gran diversificación del proceso y su amplio campo de aplicación. A pesar de que es un proceso del que muy pocos moldeadores

hacen uso de él, ha tenido un gran crecimiento y va a continuar en ascenso por todas las ventajas que ofrece.

Figura 13. **Rotomoldeados mercado de Estados Unidos**



Fuente: ORTEGA, Sandra. *Diseño de piezas plásticas rotomoldeadas*. p. 13

## 2.6. **Ventajas y desventajas del rotomoldeo**

- Ventajas
  - Las máquinas y moldes por ser simples son relativamente baratos, ya que el rotomoldeo, al no ser a presión, no se necesita obligar a que el material fluya, lo que contribuye a que no se necesiten moldes excesivamente resistentes.

- Se pueden realizar una gran diversidad tipos de productos huecos, artículos grandes, con facilidad para modificar el espesor, dobles capas y otros.
- Debido a su bajo costo, este proceso permite la experimentación con diversos materiales.
- Las geometrías de los moldes son sencillas y los costos son económicos. Esto se debe a que en el proceso de rotomoldeo no se usan presiones elevadas las cuales provocan que los moldes deban de tener altas resistencias.
- Este proceso permite que haya una distribución uniforme del material dentro del molde, garantizando un espesor de pared uniforme.
- Las piezas fabricadas están libres de costuras, y juntas; además de que la rotación biaxial garantiza isotropía en las propiedades mecánicas de la pieza.
- Existe la posibilidad de producir piezas complejas que, a través de otros procesos, son imposibles de fabricar, o que son necesarias varias piezas para conformar la pieza final.
- Es posible que de forma simultánea sean manufacturadas en una misma máquina piezas de diferentes tamaños y hasta de diferentes materiales.

- Con un mismo molde se pueden obtener piezas de diferentes espesores, esto se consigue con verter al molde una cantidad diferente de material plástico.
- Desventajas
  - El costo de los materiales es relativamente alto debido al proceso al cual debe ser sometido.
  - Los ciclos de producción son largos por el calentamiento, de una temperatura ambiente hasta llegar a una temperatura alta, finalizando con el ciclo de enfriamiento.
  - Las nervaduras sólidas son difíciles de moldear pues el espesor de pared tiende a ser uniforme en toda la pieza.
  - Otro inconveniente radica en la limitación de la materia prima, pero actualmente se hace mucha investigación para obtener más materiales que puedan ser rotomoldeados. El factor principal para que un material sea rotomoldeado es que debe de tener un amplio rango de temperaturas de procesamiento, debido al largo tiempo en la etapa de calentamiento.



### **3. SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN**

#### **3.1. Análisis del proceso**

Se realizará un análisis del proceso actual de la producción de los depósitos de polietileno en la línea de rotomoldeo, para ello se usarán las siguientes herramientas: diagramas de flujo, diagrama de recorrido y diagrama de Ishikawa. Con cada herramienta se ve el proceso actual con sus tiempos respectivos, la forma como se desarrolla el proceso o el recorrido y, por último, se ven los problemas que afectan la producción de los depósitos.

##### **3.1.1. Diagrama de flujo**

A continuación, se presenta la figura 14 y 15 con el diagrama del flujo, paso a paso el proceso actual de la producción de los depósitos y sus respectivos tiempos.

Este proceso muestra la fabricación de depósitos de agua de forma general cuando se aplica a otros productos los tiempos y algunos procesos cambian.

Los tiempos estipulados en el diagrama son un promedio de varios tiempos tomados en cada proceso.

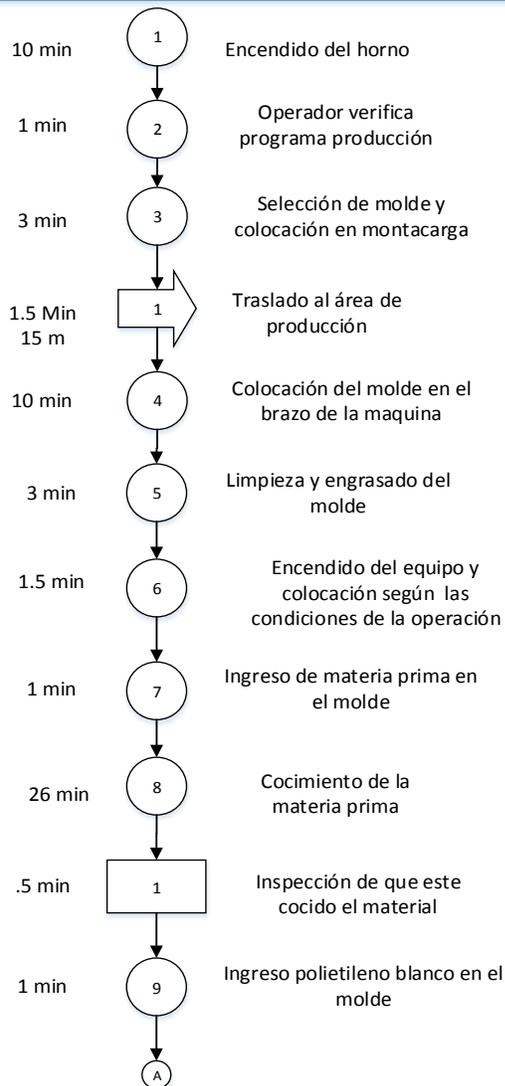
Figura 14. Diagrama flujo

Diagrama flujo de operaciones del proceso de producción depósitos

Area: producción  
 Analista: Alex Flores  
 Empresa: Mexichem

Metodo: operaciones de proceso  
 Proceso: producción depósitos

Fecha: agosto de 2017  
 Hoja: 1/2  
 Versión: 1

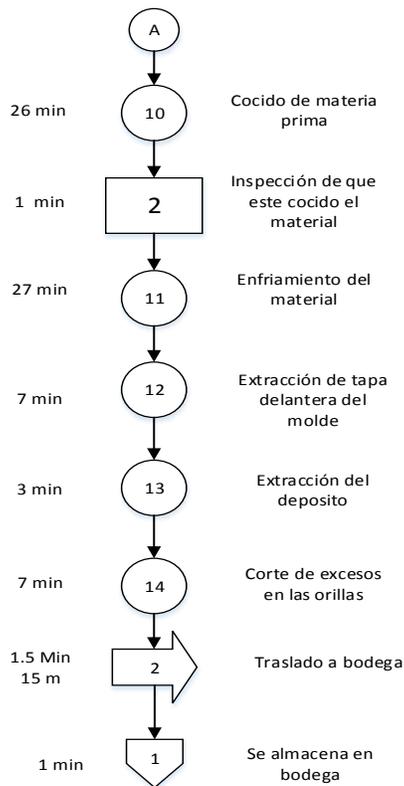


Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

Figura 15. Diagrama de flujo de operaciones del proceso de producción

Diagrama flujo de operaciones del proceso de producción depósitos

Area: producción Analista: Alex Flores Empresa: Mexichem	Metodo: operaciones de proceso Proceso: producción depósitos	Fecha: agosto de 2017 Hoja: 2/2 Versión: 1
--	---	--



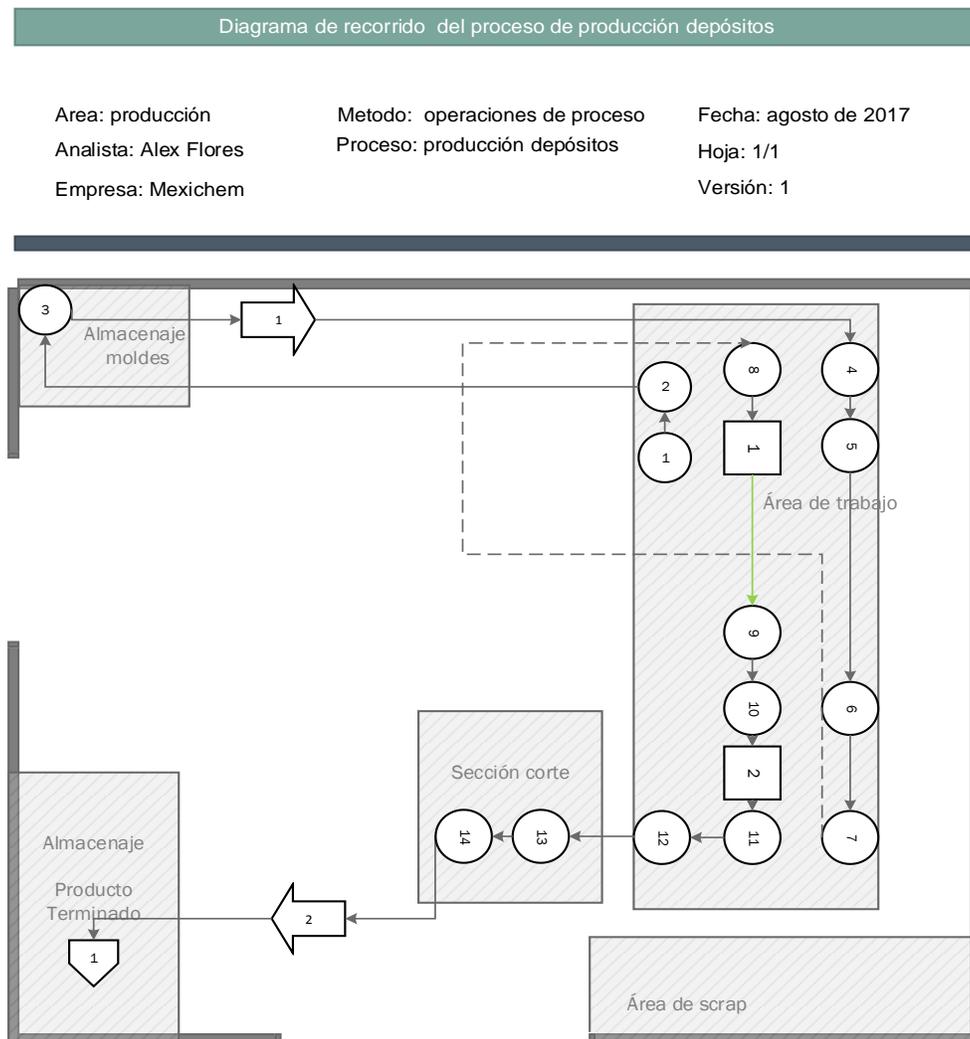
Resumen				
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (mi)	Distancia (m)
○	Operación	14	126.5	
➔	Transporte	2	3	30
□	Inspección	2	1.5	
⬠	Almacenamiento	1	1	
Total		19	132	30

Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

### 3.1.2. Diagrama de recorrido

A continuación, se muestra en la figura 16 el diagrama de recorrido del proceso de la producción de depósitos.

Figura 16. Diagrama de recorrido

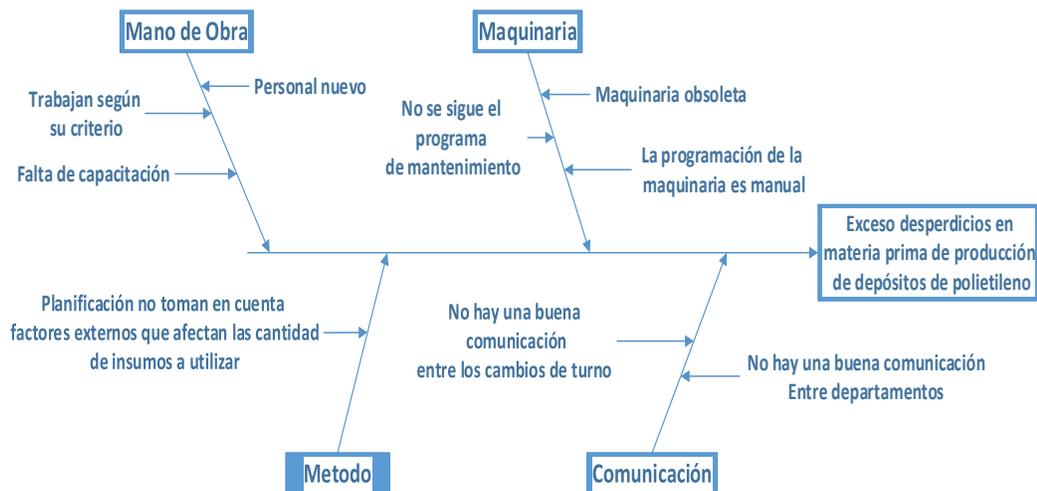


Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

### 3.1.3. Diagrama de Ishikawa

En la figura 17, se muestran los 4 principales problemas que afectan, actualmente, la producción de depósitos de polietileno, los cuales producen un exceso de desperdicios en la materia prima de producción de depósitos de polietileno.

Figura 17. Diagrama de Ishikawa exceso desperdicios



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

### 3.2. Maquinaria

En este punto, se revisarán varios aspectos que se deben de tomar en cuenta en la maquinaria, desde los tipos de esta, tiempos de operación y sus rendimientos para evaluar si es necesario mejorar los mantenimientos o cambiarla.

### 3.2.1. Tipos de maquinaria

Se usan varias maquinarias para el proceso de rotomoldeo, las cuales se mencionan a continuación:

- Montacargas: se emplea para la transportación de la materia prima y de los moldes.

Figura 18. **Montacargas**



Fuente:<http://diteca.com/equipo/montacargas-komatsu-fd25t-17/> [Consulta en octubre de 2017]

- Carrusel de 4 brazos: máquina que cuenta con 4 brazos independientes, los cuales son controlados de forma automática, por un panel de control. Según el producto que se fabricará, se programan los tiempos que pasará en la cámara de calentamiento o el horno, la cámara de enfriamiento y una sección de descarga.

Figura 19. **Carrusel**



Fuente:<http://www.bigjoemexico.com/imgs> [Consulta en octubre de 2017]

- Pallet truck: este también es utilizado para mover la materia prima o pallet.

Figura 20. **Pallet truck**



Fuente:[http://www.bigjoemexico.com/imgs/productos\\_big/P50.jpg](http://www.bigjoemexico.com/imgs/productos_big/P50.jpg) [Consulta en octubre de 2017]

### 3.2.2. Tiempos de operación

Se muestran los tiempos de la maquinaria para la producción de productos por rotomoldeo.

Tabla I. **Tiempos de operación**

Proceso	Descripción	Tiempo (minutos)
Preparación del horno	En este proceso se enciende el horno.	15
Cocimiento de la materia prima	Se ingresa la materia prima en el molde, para luego ser cocida en el horno según los parámetros requeridos.	54
Enfriamiento	Luego de cocido se pasa a la sección de enfriamiento por medio de aire y agua.	50
	TOTAL	119

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### 3.2.3. Rendimientos por operación

Los rendimientos de la operación varían según el producto que se elabore. A continuación, se muestran los rendimientos de diferentes productos. En el anexo 2 se muestra el precio y la instalación de las fosas y tanques.

Tabla II. **Fosas y tanques**

Producto	Horno	Enfriamiento Aire	Enfriamiento Agua	Enfriamiento Aire
	Minutos	min.	min.	min.
Tapadera Fosa/Depósito	27±2	10±2	5±3	10±2
Fosa séptica 1 000 litros	27±2	10±2	5±3	10±2
Tanque horizontal de agua 1 200 litros	27±2	10±2	5±3	10±2
Tapadera Fosa/Depósito 1 200 - 1 350	27±2	10±2	5±3	10±2
Fosa séptica 1 200 litros	27±2	10±2	5±3	10±2
Tanque vertical 1 000 litros	27±2	10±2	5±3	10±2
Tanque de agua 1 350 litros	27±2	10±2	5±3	10±2
Tanque biodigestor vertical 1 300 litros	27±2	10±2	5±3	10±2
Canasta p/fosa séptica horizontal/vertical	27±2	10±2	5±3	10±2

Fuente: Amanco.

### 3.3. Herramientas

A continuación, se mencionarán las herramientas utilizadas para el proceso de rotomoldeo y el estado actual de cada una de ellas.

#### 3.3.1. Tipos de herramientas

Entre las herramientas están la pistola neumática, polipasto, guantes de cuero, espátula, cuchillas, barra rígida, las cuales son indispensables para la fabricación de los productos.

Figura 21. **Pistola neumática**



Fuente:<http://www.wurth.es/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/0/7/07037800.jpg>[Consulta en octubre de 2017]

Figura 22. **Polipasto**



Fuente: <http://www.agequipos.com/wp-content/uploads/2015/11/polipasto-MANUALES.png>  
[Consulta en octubre de 2017]

Figura 23. **Guantes de cuero**



Fuente: [https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1\\_K9JOVXXXaHaFXXq6xXFXXG/Weldas-10-2170-split-cow-leather-welding-font-b-gloves-b-font-font-b-high-b.jpg](https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1_K9JOVXXXaHaFXXq6xXFXXG/Weldas-10-2170-split-cow-leather-welding-font-b-gloves-b-font-font-b-high-b.jpg)[Consulta en octubre de 2017]

Figura 24. **Espátula**



Fuente: <https://laga.com/contents/media/4600025g.jpg> [Consulta en octubre de 2017]

Figura 25. **Cuchillas**



Fuente: <http://www.paginasamarillas.com.pe/dbimages/F93452/IMG874956.JPG> [Consulta en octubre de 2017]

Figura 26. **Barra rígida**



Fuente:<http://www.encyclopedia.cat/sites/default/files/media/FOTO/alcaprem.jpg>[Consulta en octubre de 2017]

### **3.3.2. Estado actual de las herramientas**

Las herramientas, por el uso frecuente, el mal uso y en algunas ocasiones por la falta de mantenimiento no están en óptimas condiciones.

- Pistola neumática: el uso de esta herramienta es constante, por lo que los mantenimientos son quincenales. Actualmente, se encuentran en buenas condiciones.
- Montacargas: máquina de uso constante, la programación de los mantenimientos es mensual. La máquina, actualmente, se encuentra en buenas condiciones.

- Polipasto: herramienta de uso constante, los mantenimientos son programados quincenalmente. Esta herramienta actualmente ésta en buenas condiciones.
- Guantes de cuero: herramienta de uso constante, no renovable por lo que se recomienda tener cambios cada 3 meses, hay veces que se dañan antes de lo estimado, pero se cuenta con un stock para estas emergencias.
- Espátula: se cuenta con un stock por lo que siempre se están renovando según se requiera ya sea por pérdidas de filo o que se quiebren.
- Cuchillas: herramienta de uso constante, no renovable, las cuales se cambian según los requerimientos de los empleados.
- Barra rígida: herramienta de uso constante, cambio de esta anualmente, se cuenta con dos más en caso de algún daño en la herramienta.
- Montacargas mecánico: herramienta en muy buen estado esta es de uso constante, por su uso se recomienda realizar mantenimientos mensualmente.

### **3.4. Seguridad industrial**

La empresa cuenta con sus normas de seguridad industrial las cuales se detallan en la tabla II. En el anexo 3 se muestra el acuerdo Gubernativo número 229 – 2 014.

Tabla III. Seguridad industrial

1.SEGURIDAD INDUSTRIAL			
Código	CUIDADOS DE SEGURIDAD 	EQUIPO DE PROTECCIÓN 	PROGRAMAS DE CONTROL
CS1	No realizar movimientos o cargar peso que pueda ocasionar sobreesfuerzos musculares o golpes contusos	Cinturón lumbar, casco y botas de seguridad	PST Arranque de equipo de rotomoldeo
CS2	Antes de arrancar revise cuidadosamente existencia de fugas en tanques de gas para evitar riesgo de incendio	Gafas	
CS3	Antes de arrancar la mezcladora de tambores, verifique que no haya ninguna persona dentro del perímetro de rotación para evitar el riesgo de golpes contusos		
CS4	Tener cuidado al cargar material y descargar molde para evitar caídas y quemaduras	Guantes, casco, botas de seguridad	PST Carga material y descarga de producto
CS5	Verificar que no hallan personas en el perímetro de rotación de la máquina para evitar quemaduras y golpes contusos	Casco, botas de seguridad	PST Operación de equipo de rotomoldeo
CS6	Operar correctamente los equipos portátiles de corte para evitar lesiones	Gafas, mascarilla	PST Corte y acabado de piezas
CS7	Operar correctamente los equipos de reproceso, principalmente el molino cuidando de operarlo correctamente para evitar lesiones	Gafas, mascarilla, guantes,	PST Reproceso de scrap

Fuente: Amanco.

### **3.5. Materia prima**

Para verificar la eficiencia de la materia prima se analizará desde su preparación, cantidades que utilizan, los desperdicios que tienen y sus costos.

#### **3.5.1. Preparación de los materiales**

- El Operador de rotomoldeo verifica el programa de producción de rotomoldeo.
- Si fuera necesario realiza el cambio de moldes de los productos a fabricar.
- Enciende el equipo y coloca las condiciones de operación (precalentamiento) según los parámetros de control rotomoldeo para el producto a fabricar.
- Se preparan las materias primas e insumos a utilizar para el producto que se fabricará.
- Para productos de color azul coloca polietileno y colorante en los contenedores de mezclado, para cada 80 kilos de polietileno se agregarán 365 gramos de colorante azul.
- El mezclado se realiza por 45 minutos, estas condiciones pueden variar dependiendo del tipo material usado, PE pulverizado local o polietileno pulverizado por proveedor.

- Luego de mezclado el material, debe transportarse en carretas al área de pesaje.

### 3.5.2. Cantidades por utilizar

A continuación, se muestran diferentes líneas de productos y las diferentes cantidades a utilizar según sea el producto.

Tabla IV. **Tanque de agua**

PRODUCTO	Carga de Polietileno	Carga de Espumante	Peso del producto Terminado
	Kg.	KG	Kg.
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " NE	6,00±0,010	3,50±0,010	9,3
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " BG	4,50±0,010	3,50±0,010	9,3
TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 ½ " NE	6,00±0,010	5,5±0,010	14,3
TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " BG	6,50±1,00	5,5±1,00	14,3
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " NE	7,5±0,010	7,00±0,010	18,8
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " BG	9,00±0,010	7,00±0,010	18,8
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " NE	16,00±1,00	14,00±1,00	41,8
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " BG	19,00±0,010	19,00±0,010	41,8

Fuente: Amanco.

Tabla V. **Fosa séptica/tanque de agua**

PRODUCTO	Carga de Polietileno	Carga de Espumante	Peso del producto Terminado
	Kg.	KG	Kg.
Tapadera fosa/depósito	2,00±0,010	na.	2,000±0,100
Fosa séptica 1 000 litros	17±0,010	11,00±1,010	27,200±0,200
Tanque horizontal de Agua 1 200 litros	17±0,010	11,00±1,010	27,260±0,200
Tapadera fosa/depósito 1 200 - 1 350	3,00±0,010	na.	3,00±0,100
Fosa séptica 1 200 litros	18±0,010	17,00±0,010	33,900±0,300
Tanque vertical 1 000 litros	11,25±0,010	7,50±0,010	18,340±0,200
Tanque de agua 1 350 litros	18±0,010	17,00±0,010	33,800±0,200
Tanque biodigestor vertical 1 300 litros	18,9±0,010	17,85±0,010	33,600±0,040
Canasta p/fosa séptica horizontal/vertical	3,83±0,010	na	3,580±0,040

Fuente: Amanco.

Tabla VI. **Cajas de registro**

PRODUCTO	Carga de Polietileno	Carga de Espumante	Peso del producto Terminado
	Kg.	KG	Kg.
Tapadera caja de Registro 23 lt	1,500±0,010	na.	1,50±0,010
Caja de Registro 23 Litros	4,00±0,010	na.	2,00±0,030
Tapadera de Trampa de Grasa 70-90 Lts	3,50±0,010	na.	3,50±0,010
Trampa de Grasa 70 Litros	11,50±0,040	na.	5,75±0,010
Trampa de Grasa 90 litros	14,200±0,040	na.	7,10±0,010

Fuente: Amanco.

### **3.5.3. Desperdicios de los materiales**

Cualquier empresa genera desperdicios, y en todas ellas es necesario minimizarlos.

A través de los años la empresa ha generado gran cantidad de desperdicios, los cuales se reprocesan, pero implica costos elevados de la actividad misma y de tiempo. Dichos desperdicios se originan en el proceso de cocción del tanque por diferentes fallas en el horno, falta de antiadherente y otros. Además, la empresa posee un departamento de control de calidad, el cual, al finalizar cada turno verifica que las unidades no presenten rajaduras, orificios o superficies más delgadas. Si se genera una imperfección, el producto será desechado, para ser reprocesado. El porcentaje actual de scrap del proceso es de alrededor de 13 % mensual.

### **3.5.4. Costo teórico y real**

El método de valuación de los inventarios es el de costo estándar, el cual es un costo presupuestado, que integra los dos grandes rubros: el costo del material y el costo de operación. El costo del material está dado por la suma de costos de la materia prima que se aplica al producto, incluyendo los aditivos. El costo de la operación está compuesto de los siguientes elementos:

- Consumo de agua
- Costo de arrendamiento
- Depreciación
- Costo de energía eléctrica
- Costo de gas licuado
- Impuestos y derechos

- Inflación
- Mano de obra directa
- Mano de obra indirecta
- Mano de obra de mantenimiento
- Seguros
- Gastos diversos

A cada rubro mencionado anteriormente se le asigna un presupuesto, simulando una operación en condiciones normales.

El costo real del producto es la integración de los costos de las materias primas y aditivos utilizados, incluyendo el scrap y el sobrepeso, que no considera el estándar y reportados a través de órdenes de producción.

El costo de la operación se mide bajo los mismos rubros mencionados anteriormente; con la variante que cada rubro cambiará de acuerdo con la demanda mensual de producción; es decir, a mayor demanda, el costo de operación es más bajo y viceversa.

### **3.6. Análisis de operarios**

Al realizar el análisis de estudio en los operarios se realizará evaluando los rendimientos, los tiempos, por operación.

#### **3.6.1. Rendimientos por operación**

Los rendimientos de la operación son con base a las fallas que se dan anualmente.

Tabla VII. **Rendimientos**

Proceso	Descripción	Rendimientos
Preparación del horno	En este proceso, se enciende el horno y se verifica el programa de producción.	78 %
Armado y traslado de moldes a la máquina	Antes de la programación se selecciona el molde que se utilizará, se arma en el carrusel.	95 %
Preparación y cocimiento de la materia prima	Antes de la limpieza y engrasado del molde se programa la maquinaria, se ingresa la materia prima en el molde, para luego ser cocida en el horno, según los parámetros requeridos.	68 %
Enfriamiento, extracción y almacenamiento de la materia prima	Luego de cocido se pasa a la sección de enfriamiento por medio de aire y agua, luego, se extrae del molde y se cortan los excesos que presenta. A continuación, se traslada al área de almacenamiento.	70 %

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### 3.6.2. **Tiempos de operación**

Se muestran en la tabla VII los tiempos por operación y una breve descripción de los pasos.

Tabla VIII. **Tiempos por operación**

Proceso	Tiempo (minutos)
Preparación del horno	26
Armado y traslado de moldes a la máquina	16,5
Preparación y cocimiento de la materia prima	44,5
Enfriamiento, extracción y almacenamiento de la materia prima	39,5
	126,5

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### **3.7. Analizar los sistemas de horarios**

El análisis de los sistemas de horarios servirá para saber la eficiencia actual en la línea de rotomoldeo.

#### **3.7.1. Personal**

Los turnos del personal, que se muestran a continuación, varían según la demanda del trabajo.

Tabla IX. **Demanda normal**

	Lunes a jueves		viernes	
<b>Turno</b>	<b>Horario</b>			
Diurno	8:00	18:00	8:00	12:00
Nocturno	18:00	3:00		

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla X. **Demanda alta**

	Lunes a domingo	
<b>Turno</b>	<b>HORARIO</b>	
Diurno	6:00	18:00
Nocturno	18:00	6:00

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Podemos ver la cantidad de horas extras que hacen y cómo, el cansancio, la monotonía y el tedio pueden provocar una producción deficiente.

### 3.7.2. **Maquinaria**

La maquinaria se acopla a los horarios de la producción, que serían los mismos que se muestran en las tablas VIII y IX, con la variante de que, si sufre algún desperfecto, se dará un paro por mantenimiento forzado adicional al mantenimiento planificado.

### 3.7.3. Curva de eficiencia

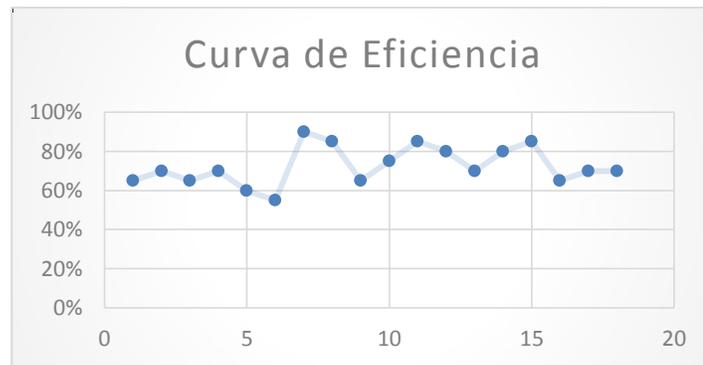
A continuación, se muestran la eficiencia de la eficiencia real versus la teórica.

Tabla XI. Datos producción

Eficiencia Teórica (Capacidad máxima máquina)	Eficiencia real (Producción real por día)	Curva de Eficiencia
20	13	65 %
20	14	70 %
20	13	65 %
20	14	70 %
20	12	60 %
20	11	55 %
20	18	90 %
20	17	85 %
20	13	65 %
20	15	75 %
20	17	85 %
20	16	80 %
20	14	70 %
20	16	80 %
20	17	85 %
20	13	65 %
20	14	70 %
20	14	70 %

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 27. **Curva eficiencia**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### **3.8. Análisis histórico**

Debido a la confiabilidad de los datos se dará un % promedio en las pérdidas y desechos de la materia prima.

#### **3.8.1. Pérdidas de materia prima**

Las pérdidas de la materia prima se reflejan en los reprocesos de esta, los cuales van desde el molido de la materia prima hasta su fabricación, el porcentaje de pérdidas es de 11 %+2 mensual en el año 2017.

#### **3.8.2. Desechos de producción**

Estos son desechos que ya no se pueden reutilizar los cuales deben ser desechados por completo. El porcentaje por mes es de 2 %, en el año 2017. Por temas medioambientales, los mismos van a un área de desechos inservibles, para su posterior tratamiento a través del proceso fuera de la empresa.



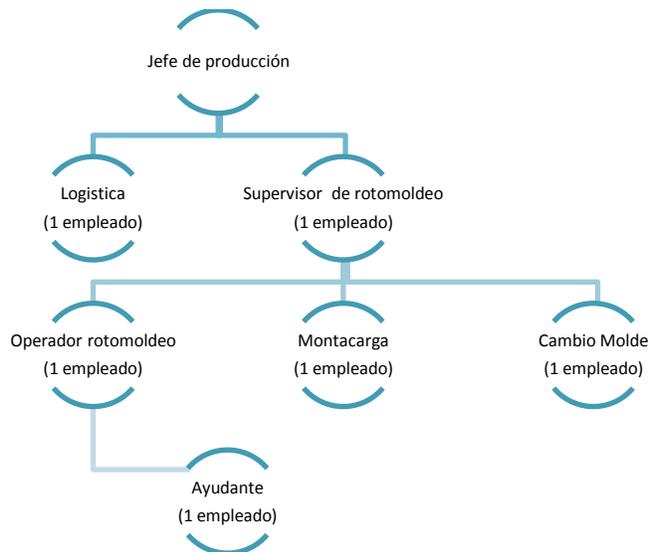
## 4. PROCESOS DE OPTIMIZACIÓN

El proceso de optimización consiste en mejorar, asignando todos los recursos que intervienen en la fabricación del producto. Para optimizar al máximo los recursos de la empresa, se analizarán varios puntos que intervienen en la fabricación del producto.

### 4.1. Organización del departamento

La organización del departamento de rotomoldeo se presenta a continuación:

Figura 28. Organigrama



Fuente: elaboración propia, con Word 2013.

## **4.2. Descripción del proceso**

Según lo visto en el capítulo 3 se plasmaron los procesos actuales usando el diagrama de flujo y el diagrama de recorrido en la sección 3.1.1 y 3.1.2 en los cuales se pudieron verificar deficiencias del proceso, estas mejoras se muestran a continuación.

### **4.2.1. Diagramas de flujo mejorado**

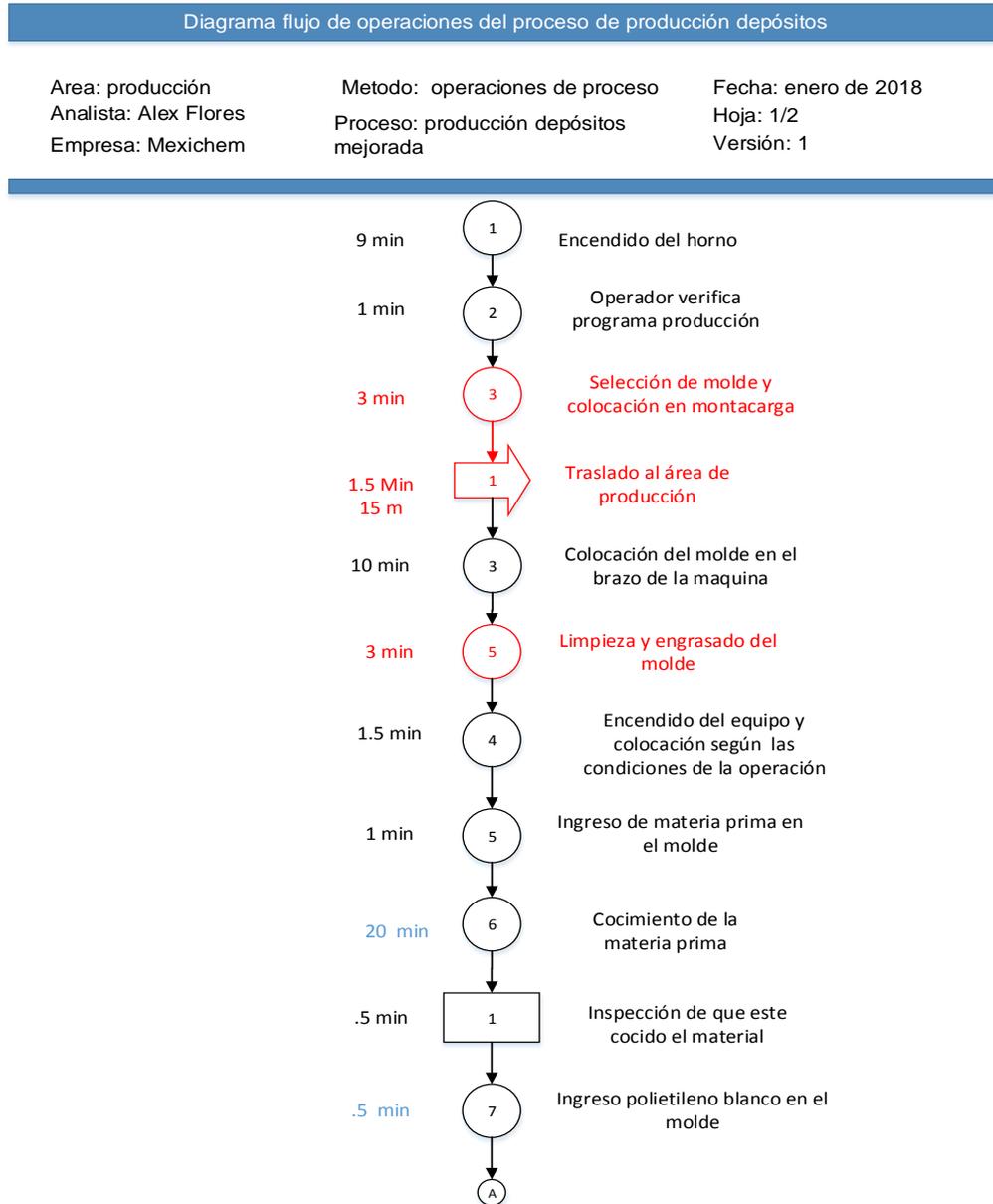
Después de haber realizado un análisis previo del flujo de trabajo, se identifican los cuellos de botella en el proceso y se tratan de disminuir.

Se muestran en color rojo los procesos que se pueden mejorar y un análisis de cómo mejoraron los tiempos de respuesta.

Se observa que, en las figuras 29 y 30 se marcaron en rojo los procesos que se pueden adelantar un día antes de iniciar la producción para ahorrar tiempo, y los procesos marcados en azul se disminuyeron los tiempos por la inducción que se impartió a los trabajadores, logrando de esta manera optimizar los tiempos en un 59 %.

A continuación, se muestran, en las figuras 29 y 30, los diagramas con sus mejoras respectivas.

Figura 29. Diagrama del proceso de producción mejorado 1/2

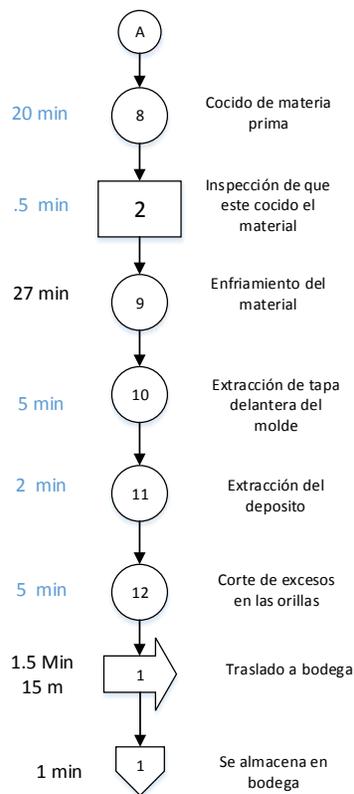


Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

Figura 30. Diagrama del proceso de producción mejorado 2/2

Diagrama flujo de operaciones del proceso de producción depósitos

Area: producción                      Metodo: operaciones de proceso                      Fecha: enero de 2018  
 Analista: Alex Flores                      Proceso: producción depósitos                      Hoja: 2/2  
 Empresa: Mexichem                      mejorada                      Versión: 1



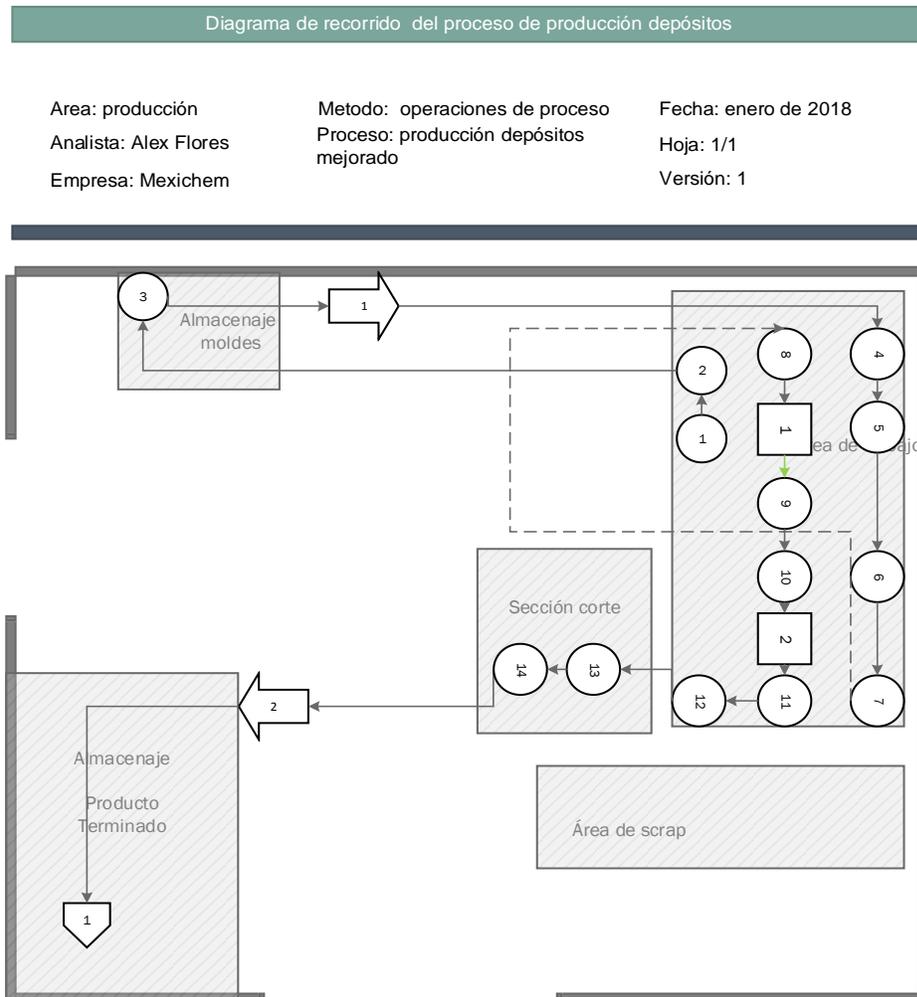
Resumen				
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (mi)	Distancia (m)
○	Operación	12	74.5	
➔	Transporte	1	1.5	15
□	Inspección	2	1.5	
⬇	Almacenamiento	1	1	
	<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>78.5</b>	<b>15</b>

Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

#### 4.2.2. Diagrama de recorrido mejorado

Antes de un análisis de cómo estaba el recorrido y las actividades de la planta, se mejoró la distribución de estas dando un seguimiento de prioridad a cada una.

Figura 31. Proceso de producción mejorado



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

Usando como herramienta el diagrama de distribución de actividades se obtuvo una mejor distribución de la planta, como se muestra en la figura 31, con lo que se consigue optimizar más los tiempos.

### **4.3. Identificación de oportunidades de mejora**

Las oportunidades de mejora son esenciales para optimizar los procesos administrativos y los productivos. La forma de optimizar es identificando las áreas afectadas y dar prioridad al área crítica. Luego, se estudian las causas del mal funcionamiento y se analizan las alternativas para encontrar la mejor solución.

#### **4.3.1. Métodos de trabajo**

Los métodos de trabajo para optimizar las áreas más afectas del proceso son: distribución de maquinaria y distribución de personal.

Con estas herramientas se podrán ver las causas que las afectan.

##### **4.3.1.1. Distribución de la maquinaria**

Para determinar la mejor forma de distribuir la maquinaria en el área asignada, se utilizará el diagrama de relaciones de actividades, para mejorar el flujo de trabajo.

Tabla XII. **Departamentos**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>ÁREA (metros)</b>
AM	Almacenaje moldes	8X8
AR	Área rotomoldeo	20X8
SC	Sección de corte	10X8
AS	Área de Scrap	9X11
APT	Almacenaje producto ter	20X8

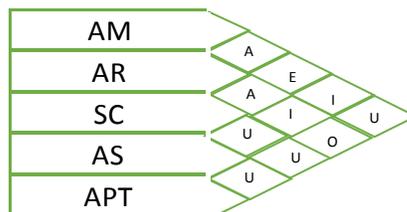
Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XIII. **Relaciones de actividades**

<b>Tipo relación</b>	<b>Definición</b>
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente necesaria
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 32. **Diagrama de relaciones de actividades**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 33. **Relaciones de actividades**

A	Ar	A	sc, am	A	Ar
E	Sc	E		E	Am
I	As	I	as	I	
O		O	apt	O	
U	Apt	U		U	as,apt
Almacenaje moldes		Área rotomoldeo		Sección de corte	
AM		AR		SC	

A		A	
E		E	
I	ar,am	I	
O		O	ar
U	apt,sc	U	apt,sc,am
Área de scrap		Almacenaje producto Ter	
AS		APT	

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

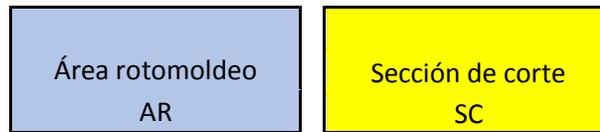
En la plantilla AM con la plantilla AR su tipo es A

En la plantilla SC con la plantilla AR su tipo es A

En la plantilla AS con la plantilla AR su tipo es I

En la plantilla APT con la plantilla AR su tipo es O

Figura 34. **Relaciones de actividades**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

En la plantilla AM con la plantilla AR su tipo es A

En la plantilla AS con la plantilla AR su tipo es I

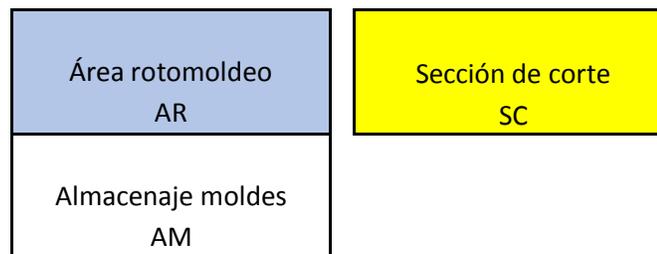
En la plantilla APT con la plantilla AR su tipo es O

En la plantilla AM con la plantilla SC su tipo es E

En la plantilla AS con la plantilla SC su tipo es U

En la plantilla APT con la plantilla SC su tipo es U

Figura 35. **Relaciones de actividades**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

En la plantilla AS con la plantilla AM su tipo es I

En la plantilla AS con la plantilla AR su tipo es I

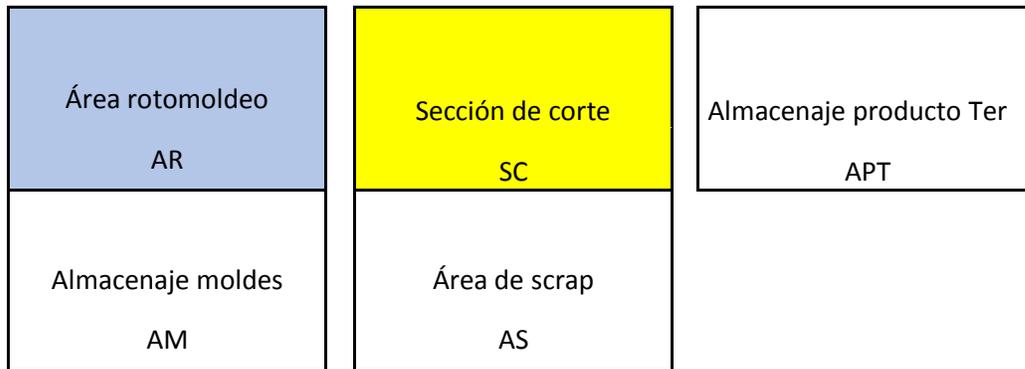
En la plantilla AS con la plantilla SC su tipo es U

En la plantilla APT con la plantilla SC su tipo es U

En la plantilla APT con la plantilla AM su tipo es U

En la plantilla APT con la plantilla AR su tipo es O

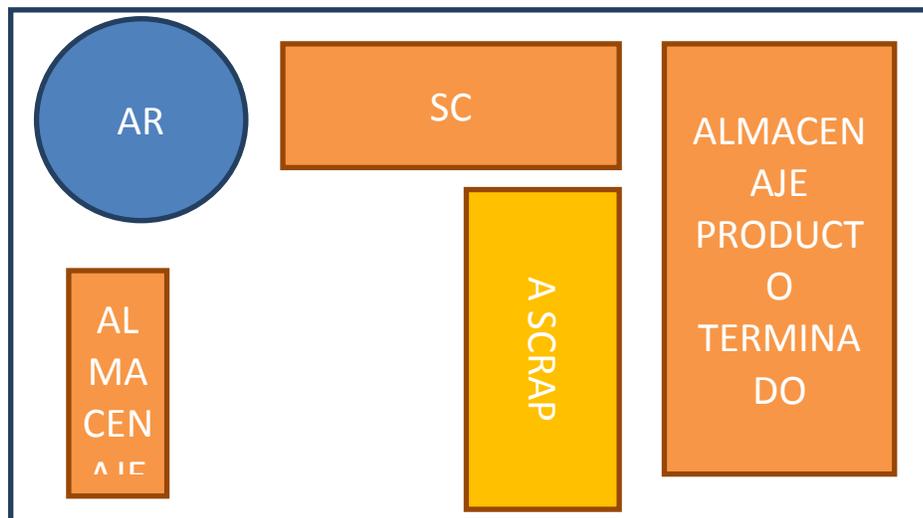
Figura 36. **Relaciones de actividades**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Con base en la relación de las actividades se obtiene la siguiente distribución según se muestra en la figura 37.

Figura 37. **Relaciones de actividades**

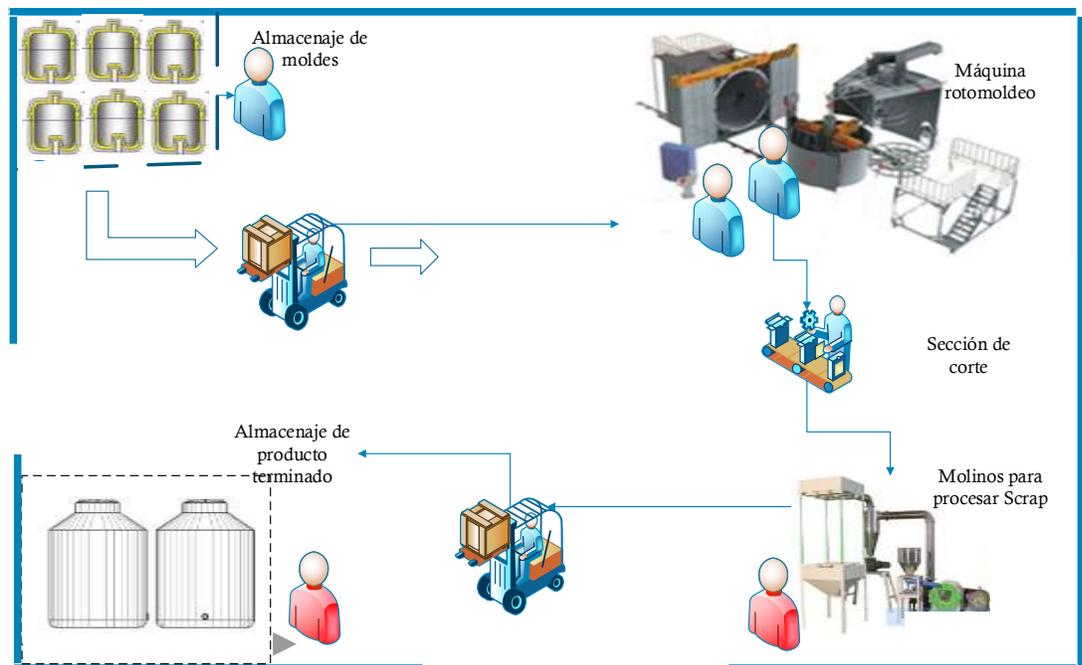


Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### 4.3.1.2. Distribución de los operarios

En la siguiente figura se presenta la distribución del personal, según la distribución del departamento.

Figura 38. Distribución de personal



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

En el área de la máquina de rotomoldeo están el ayudante y el operario, por lo que el ayudante se podría emplear en el área de los molinos para procesar scrap cuando sea requerido. El montacarguista puede llevar un control diario de la cantidad de producto que se almacena en la bodega para mejorar la distribución de los operarios y eliminar a dos marcados en rojo.

#### 4.4. Actualización de los procedimientos de fabricación

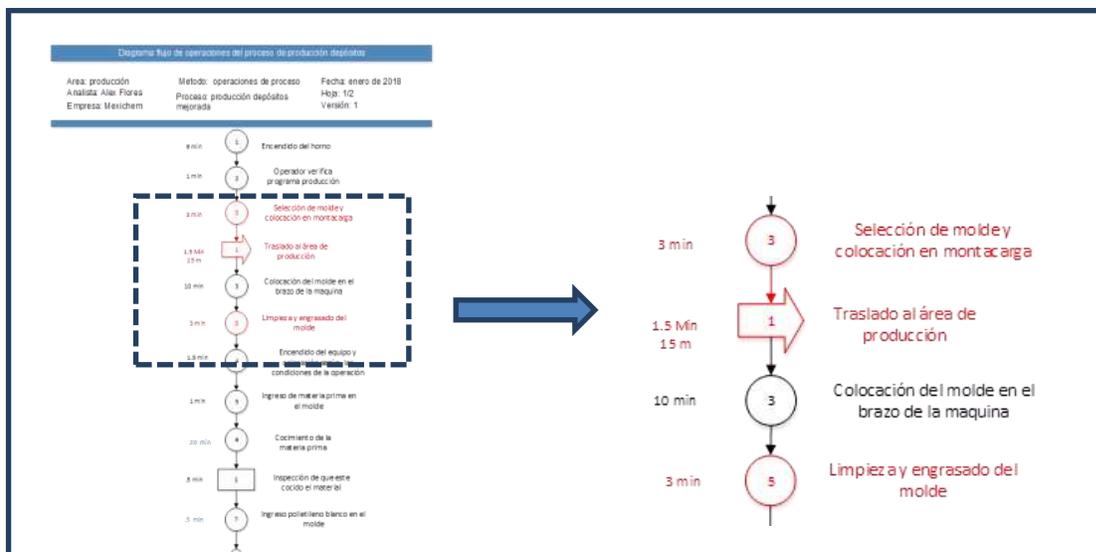
Los procedimientos definidos en el capítulo anterior permiten ver cada área involucrada en el proceso de rotomoldeo, procedimientos que darán metódicamente una cronología secuencial de un conjunto de labores y actividades programadas en orden lógico y en un tiempo definido.

Con lo recopilado en el capítulo anterior, se realizará un análisis de actividades con el objetivo de poder reducir los tiempos de cada proceso y definir de forma clara las funciones de cada puesto de trabajo.

##### 4.4.1. Análisis de actividades y reducción de tiempos

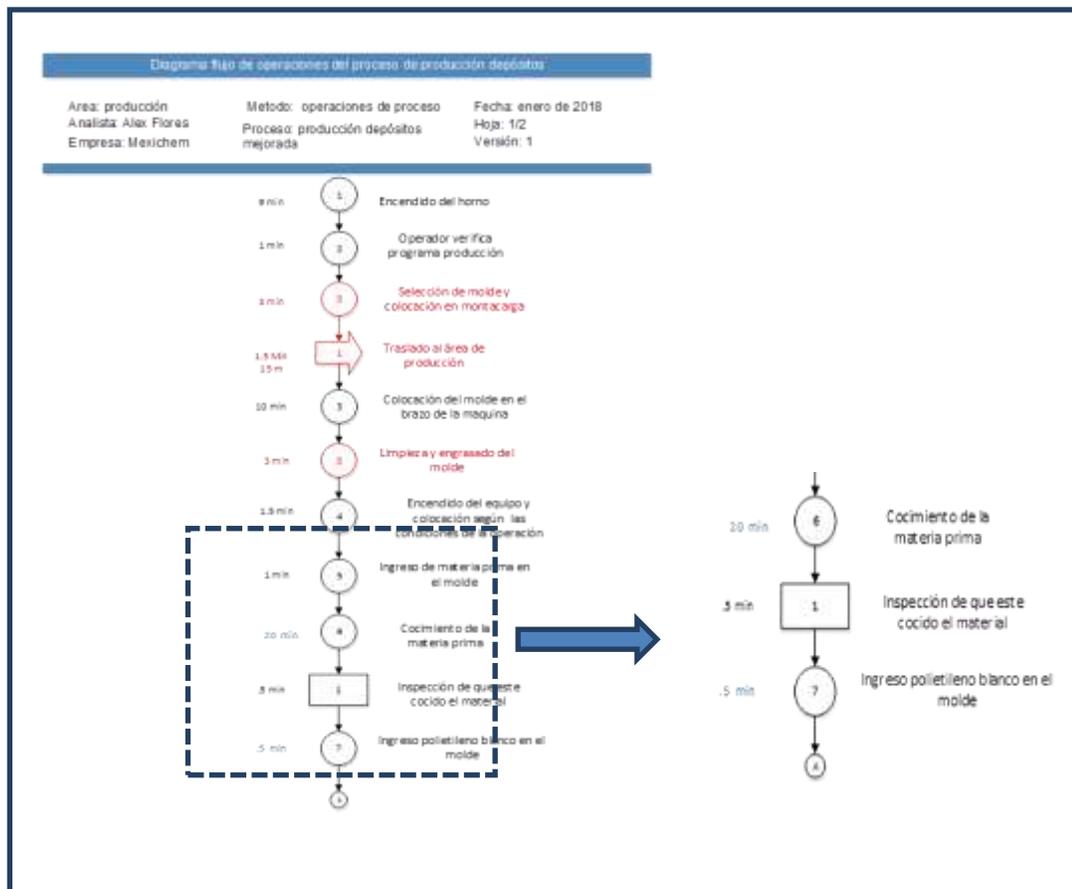
A continuación, se muestra las actividades que se pueden mejorar en cada proceso.

Figura 39. Análisis de actividades



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

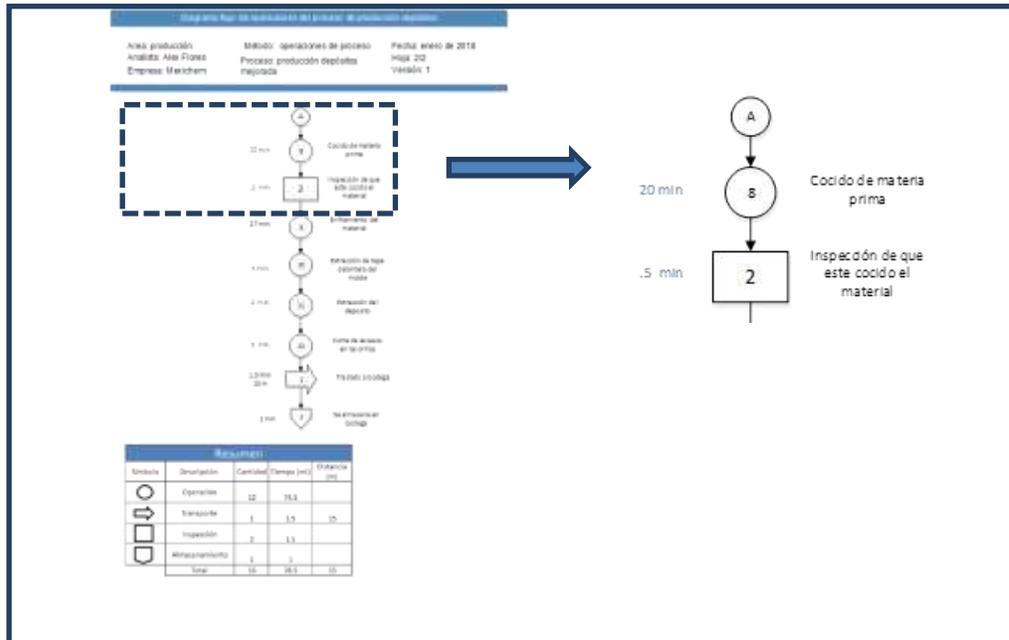
Figura 40. Análisis de actividades



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

- Cocimiento de la materia prima: se logró reducir 6 minutos el cocimiento para la fabricación de tinacos de agua ya que mediante pruebas se ajustó el cocimiento de estos tiempos.
- Inducción al personal: se mejoraron los tiempos del ingreso del polietileno blanco en el molde, logrado disminuir .5 minutos.

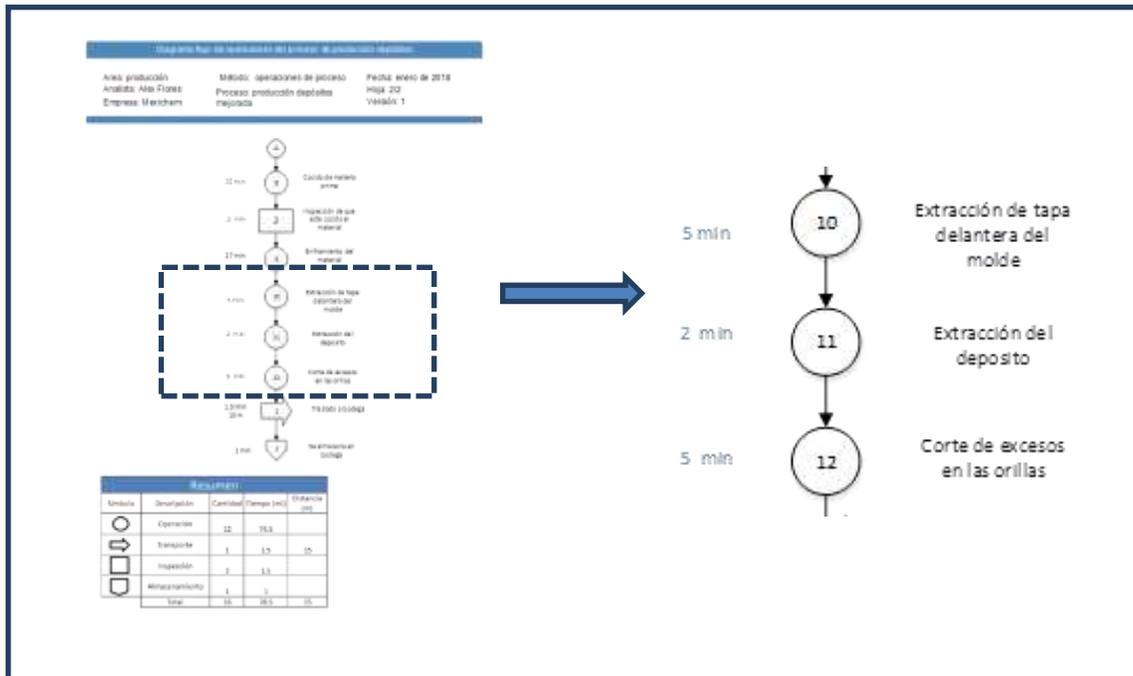
Figura 41. **Análisis de actividades**



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

- Cocimiento de la materia prima: se logró reducir 6 minutos el cocimiento para la fabricación de tinacos de agua ya que mediante pruebas se ajustó el cocimiento de estos tiempos.
- Inspección de que este cocido el material: mediante una inducción al personal desde cómo ingresar la materia prima se logró disminuir los tiempos a 0,5 minutos.

Figura 42. Análisis de actividades



Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

- Extracción de tapa delantera del molde: la evaluación del proceso evidenció que el personal enfrentaba algunos contratiempos en el desempeño de su labor. Por ello, se programaron inducciones con las cuales se disminuyeron los tiempos en 2 minutos.
- Extracción del depósito: la evaluación del proceso evidenció que el personal enfrentaba algunos contratiempos en el desempeño de su labor. Por ello, se programaron inducciones con las cuales se disminuyeron los tiempos en 1 minuto.
- Corte de excesos en las orillas: la evaluación del proceso evidenció que el personal enfrentaba algunos contratiempos en el desempeño de su

labor. Por ello, se programaron inducciones con las cuales se disminuyeron los tiempos en 2 minutos.

#### **4.4.2. Definición de las funciones de cada puesto de trabajo**

- Jefe de producción:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: Gerente de Producción  
Puestos que le reportan: jefe extrusión, supervisor de mezclado, jefe taller cambio de moldes, Jefe Taller Accesorios Manuales.  
Programar la producción y administrar la mejora continua de los indicadores de gestión de los procesos productivos a su cargo, apoyando la gestión y administración efectiva.  
Supervisar al personal de producción, planificar las jornadas de trabajo velando por la optimización de los recursos.  
Velar porque todas las actividades productivas se ejecuten en forma eficiente, ordenada, y segura.
- Supervisor rotomoldeo:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: jefe de proyectos y otros procesos productivos  
Puestos que le reportan: Operador rotomoldeo  
Velar y garantizar el desarrollo de todas las actividades que se realizan en las áreas de rotomoldeo.
- Operador rotomoldeo:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: Supervisor rotomoldeo  
Puestos que le reportan: ninguno

Colaborar en todas las tareas que le sean asignadas en los procesos de rotomoldeo, para mantener actualizado el proceso.

- Ayudante:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: Supervisor rotomoldeo  
Puestos que le reportan: ninguno  
Apoya al operador con el del proceso de armado del tanque, y de la mezcla del material molido con los pigmentos necesarios y con reprocesar el scrap para ser reutilizado.
- Responsable de logística rotomoldeo:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: jefe de proyectos y otros procesos productivos, jefe ventas  
Puestos que le reportan: jefe producción.  
Interactúa entre administración y ventas. Coordina el envío de productos como de recepción de materia prima u otros insumos.
- Montacarguista:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: Supervisor rotomoldeo.  
Puestos que le reportan: ninguno  
Encargados de manejar los vehículos, coordinar la carga de sus camiones, entregar y controlar que los productos lleguen a destino de cada departamento de la empresa.
- Cambio de moldes:  
Dirección: manufactura  
Reporta a: Supervisor rotomoldeo.

Puestos que le reportan: ninguno

Velan por el buen mantenimiento de los moldes, almacenaje y entrega de los moldes según la programación de trabajo.

#### **4.5. Definición de mejoras del nuevo proceso**

La mejora continua pretende una mejora que abarca desde servicios, procesos y en los productos para dar una satisfacción al mercado. Para ello, se identifican los procesos que pueden ser mejorados para hacerlos más eficientes y eficaces, minimizar costos de fabricación y optimizar los tiempos de fabricación.

##### **4.5.1. Minimizar costos de fabricación**

En la siguiente tabla se muestra el costo de la fabricación de los tanques para almacenar agua, sin utilizar scrap para su fabricación.

Los costos de la materia prima son:

- El costo de la resina es de Q 10,50.
- El costo del scrap es de Q.0,05.

En la tabla XIV se muestra el costo de utilizar una resina, según el producto que se esté fabricando sin utilizar scrap que, como se ve es un poco alto. En la tabla XV se muestra el costo de utilizar scrap. El costo es relativamente barato, pero no es posible utilizar únicamente scrap, por lo cual se combina el scrap con la resina para ahorrar. En la tabla XVI se muestran los resultados.

Tabla XIV. Costo de usar resina

PRODUCTO	CANTIDAD RESINA KG	CANTIDAD SCRAP/KG	CANTIDAD MATERIA TOTAL KG	COSTO RESINA/Kg	COSTO SCRAP /Kg	PRECIO COSTO
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 1/2" NE	9,50	0	9,5	Q 99,75	Q -	Q 99,75
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 1/2" BG	9,50	0	9,5	Q 99,75	Q -	Q 99,75
TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 1/2" NE	11,50	0	11,5	Q 120,75	Q -	Q 120,75
TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 1/2" BG	11,50	0	11,5	Q 120,75	Q -	Q 120,75
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 1/2" NE	14,50	0	14,5	Q 152,25	Q -	Q 152,25
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 1/2" BG	16,00	0	16	Q 168,00	Q -	Q 168,00
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	30,00	0	30	Q 315,00	Q -	Q 315,00
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" BG	30,00	0	30	Q 315,00	Q -	Q 315,00

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

En la siguiente tabla se muestran los costos de utilizar resina y scrap para la fabricación de tanques para almacenar agua.

Tabla XV. **Costos por usar resina y scrap**

PRODUCTO	CANTIDAD RESINA KG	CANTIDAD SCRAP/KG	TOTAL KG	COSTO resina/Kg	COSTO SCRAP /Kg	PRECIO COSTO
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 1/2" NE	6,18	3,33	9,5	Q 64,84	Q 0,17	Q 65,00
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 1/2" BG	6,18	3,33	9,5	Q 64,84	Q 0,17	Q 65,00
TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 1/2" NE	7,48	4,03	11,5	Q 78,49	Q 0,20	Q 78,69
TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 1/2" BG	7,48	4,03	11,5	Q 78,49	Q 0,20	Q 78,69
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 1/2" NE	9,43	5,08	14,5	Q 98,96	Q 0,25	Q 99,22
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 1/2" BG	10,40	5,60	16	Q 109,20	Q 0,28	Q 109,48
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	19,50	10,50	30	Q 204,75	Q 0,53	Q 205,28
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" BG	19,50	10,50	30	Q 204,75	Q 0,53	Q 205,28

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

En la siguiente tabla, se resume el ahorro que se obtiene al utilizar el scrap para la fabricación de tanques. Por eso, es vital procesar los productos que salen con defectos para obtener un ahorro significativo, como se muestra a continuación.

Tabla XVI. **Tabla comparativa de ahorro de usar scrap**

PRODUCTO	USANDO SCRAP/RESINA	USANDO SOLO RESINA	AHORRO /TANQUE
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " NE	Q 65,00	Q 99,75	Q 34,75
TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " BG	Q 65,00	Q 99,75	Q 34,75
TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 ½ " NE	Q 78,69	Q 120,75	Q 42,06
TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " BG	Q 78,69	Q 120,75	Q 42,06
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " NE	Q 99,22	Q 152,25	Q 53,03
TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 1/2" BG	Q 109,48	Q 168,00	Q 58,52
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	Q 205,28	Q 315,00	Q 109,73
TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" BG	Q 205,28	Q 315,00	Q 109,73

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

#### 4.5.2. **Optimizar tiempos de fabricación**

A continuación, se muestran los tiempos actuales en la fabricación de tanques de agua comparados con los tiempos mejorados en 8 corridas y en la cual se ven los ajustes que se deben de realizar para que el producto salga en buenas condiciones.

Tabla XVII. **Tiempos actuales**

No	PRODUCTO	TIEMPOS ACTUALES			
		Horneado (minutos) ±2	Enfriamiento (minutos) ±2	Diámetro	ALTO
1	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " NE	14	20	0,90	0,94
2	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " BG	14	20	0,90	0,94
3	TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 ½ " NE	15	20	1,06	1,10
4	TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " BG	15	20	1,06	1,10
5	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " NE	17	25	1,10	1,44
6	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " BG	17	25	1,10	1,44
7	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	1,58	1,62
8	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" BG	26	30	1,58	1,62

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XVIII. **Tiempos nuevos**

No	PRODUCTO	TIEMPOS NUEVOS			
		Horneado (minutos) ±1	Enfriamiento (minutos) ±1	Diámetro	ALTO
1	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " NE	12	18	0,90	0,94
2	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " BG	12	18	0,90	0,94
3	TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 ½ " NE	13	18	1,06	1,10
4	TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " BG	13	18	1,06	1,10
5	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " NE	15	23	1,10	1,44
6	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " BG	15	23	1,10	1,44
7	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " NE	23	27	1,58	1,62
8	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " BG	23	27	1,58	1,62

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XIX. Comparación de tiempos

No	Fecha	Producto	TIEMPOS ACTUALES		TIEMPOS PRUEBA		Resultado Prueba	Observaciones
			Horneado (minutos)	Enfriamiento (minutos)	Horneado (minutos)	Enfriamiento (minutos)		
1		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	27	29	NO PASO	SE QUEMO
2		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	26	30	NO PASO	Se detectó que algunas muestras se pegaban al molde
3		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	25,50	29,00	NO PASO	Se detectó que algunas muestras se pegaban al molde
4		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	25,00	28,00	NO PASO	Algunas partes se quemaron
5		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	24,00	28,00	NO PASO	Disminuyeron las partes quemadas
6		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	23,50	28,00	NO PASO	El producto se pegó al molde
7		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	23,00	28,00	PASO	La pieza salió en buenas condiciones
8		TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 1/2" NE	26	30	23,00	27,00	PASO	La pieza salió en muy buena condiciones

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Como se ve, en la octava corrida se logró optimizar el tiempo de horneado en un 12 % y el del enfriado en un 10 %.

#### 4.6. Sistematización de procesos

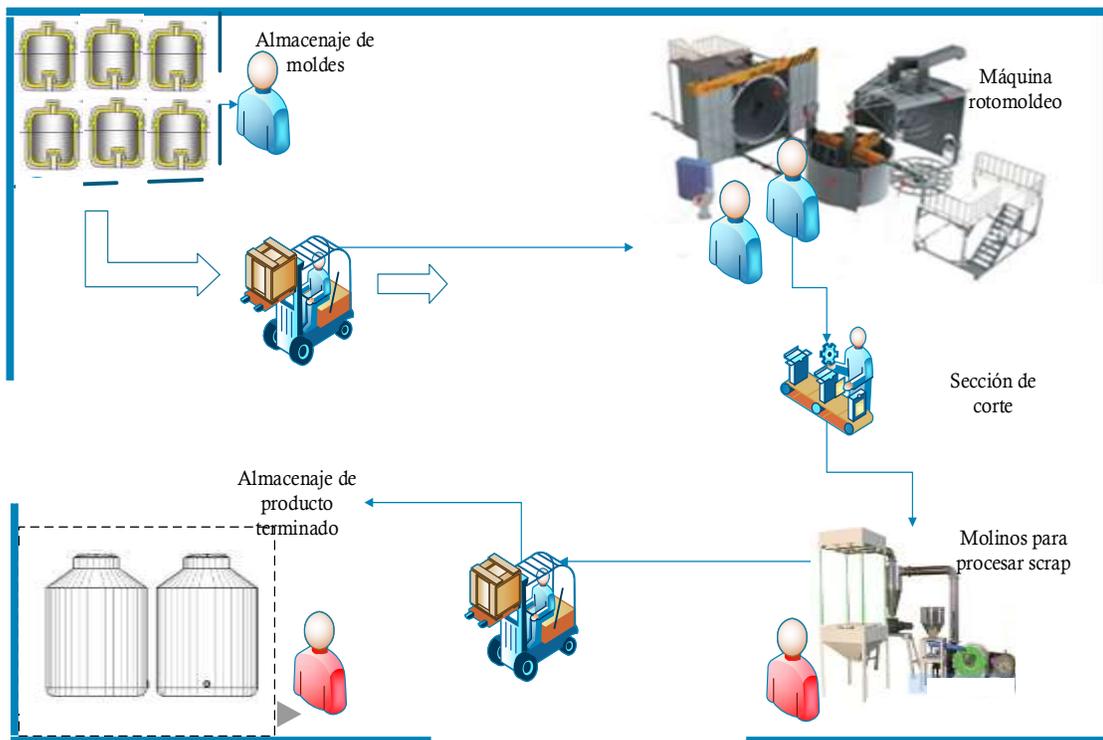
Es importante poder conocer a fondo los tiempos por cada proceso, la manera en que se ejecutan las actividades, los recursos que utilizamos con la finalidad de poder maximizar nuestros recursos y ser más eficientes.

#### 4.6.1. Pesado de materia prima

El pesado de la materia prima varía según la programación de trabajo y el tipo de producto, el cual lleva un proceso pasando por el área de almacenaje hasta que se entrega el producto según la programación que se tenga.

A continuación, se muestra la forma en que se realiza el pesado de la materia prima.

Figura 43. Pesado de materia prima



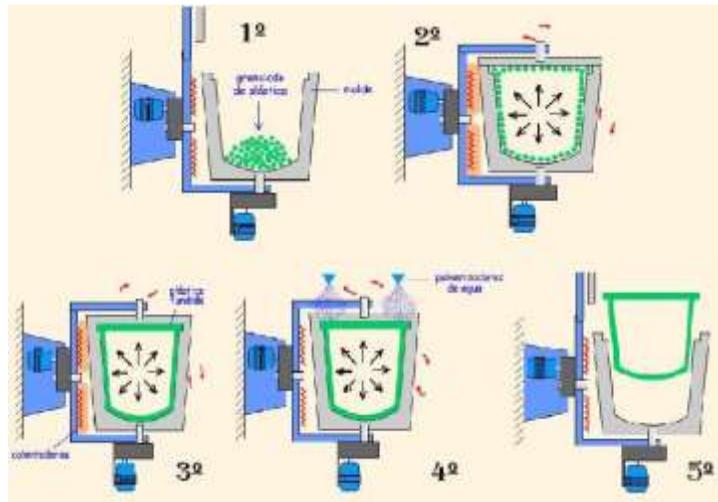
Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

- **Recepción de la materia:** Viene embazada en dos presentaciones:  
el pigmento en cajas de cartón, con un peso de 20 kg.  
el polietileno en costales, con un peso de 20 kg.  
A continuación, se almacenan en la bodega central.
- **Entrega de mercadería:**  
El operador gestiona a la bodega central, la recepción de la materia prima a utilizar, envase a la planificación que lleva el área de producción de rotomoldeo. Bodega central pesa la materia prima que entregara al operador.
- **Mezcla y preparación del producto:**  
El operador procede a mezclar 50 % de pigmento y 50 % de polietileno en la máquina moto reductora, por un tiempo de treinta minutos, al finalizar el tiempo se verifica que este uniforme la mezcla, para poder ser utilizada en la fabricación de los productos.

#### **4.6.2. Cantidad de materia prima a utilizar**

Para saber cuánta materia prima se debe usar en el proceso, se debe tomar en cuenta su cocimiento, según se aprecia en la figura 44 que ilustra desde que entra en forma de grano. Luego, se expande según la temperatura programada, después inicia el secado con aire y agua y, por último, se retira del molde. Los tiempos correctos en este proceso son importantes para evitar que la materia prima se queme, no salga bien cocida o no se expanda en el molde.

Figura 44. **Proceso de cocimiento**



Fuente:[https://www.google.com.gt/search?q=cocimiento+de+materia+prima+rotomoldeo&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi7lq7NueDaAhXrqFkKHSA0B9gQ\\_AUICigB&biw=1120&bih=538#imgdii=-FOZI--Ry1hEuM:&imgrc=CX2kF5L6iWW39M](https://www.google.com.gt/search?q=cocimiento+de+materia+prima+rotomoldeo&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi7lq7NueDaAhXrqFkKHSA0B9gQ_AUICigB&biw=1120&bih=538#imgdii=-FOZI--Ry1hEuM:&imgrc=CX2kF5L6iWW39M). [Consulta en diciembre de 2017]

### 4.6.3. **Desperdicios**

Se define desperdicio a cualquier ineficiencia en el mal uso de la maquinaria, materia prima, trabajo. El desperdicio evidencia el uso inadecuado de los recursos en ejecución y trabajos innecesarios que generan costos adicionales.

Existen diferentes tipos de desperdicios, los cuales son:

- Desperdicio normal: es el que se da normalmente en un proceso de producción.

- Desperdicio anormal: en este se dan pérdidas que se podrían evitar.

A continuación, se muestra una tabla que incluye los tipos de desperdicios que genera la empresa.

Tabla XX. **Desperdicios**

Clasificación de desperdicios	Porcentaje / mensual	Meta alcanzar	Descripción
Sobreproducción	0,2 %	0,1 %	Cantidad mayor requerida antes de tiempo
Sustitución	0,5 %	0,4 %	Se compra más caro
Tiempo de espera	0,3 %	0,2 %	Tiempos muertos
Procesamiento	0,2 %	0,2 %	Tecnología
Inventarios	1,0 %	0,7 %	Robo de la bodega
Movimientos	0,5 %	0,3 %	Uso inadecuado de equipo por parte de los trabajadores
Productos defectuosos	0,5 %	0,3 %	
<b>TOTAL</b>	<b>3,2 %</b>	<b>2,2 %</b>	

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXI. **Desperdicios semanales**

Clasificación de desperdicios	Frecuencia	Porcentaje / mensual	Frecuencia acumulada
Inventarios	10	29,4 %	29,4 %
Movimientos	6	17,6 %	47,1 %
Productos defectuosos	6	17,6 %	64,7 %
Sustitución	5	14,7 %	79,4 %
Tiempo de espera	3	8,8 %	88,2 %
Sobre producción	2	5,9 %	94,1 %
Procesamiento	2	5,9 %	100,0 %
<b>Total</b>	<b>34</b>		

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXII. **Clasificación desperdicios**

Clasificación de desperdicios	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Inventarios	10	29,4 %
Movimientos	6	47,1 %
Productos defectuosos	6	64,7 %
Sustitución	5	79,4 %
Tiempo de espera	3	88,2 %
Sobre producción	2	94,1 %
Procesamiento	2	100,0 %

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 45. **Diagrama 80/20**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

## **5. PRUEBA PILOTO**

Por medio de los datos recopilados se estableció el proceso requerido para optimizar los procesos anteriores y generar mejoras en cada actividad, uso de recursos, los recursos financieros necesarios para implementar los nuevos procesos que permitan cumplir con los objetivos esperados.

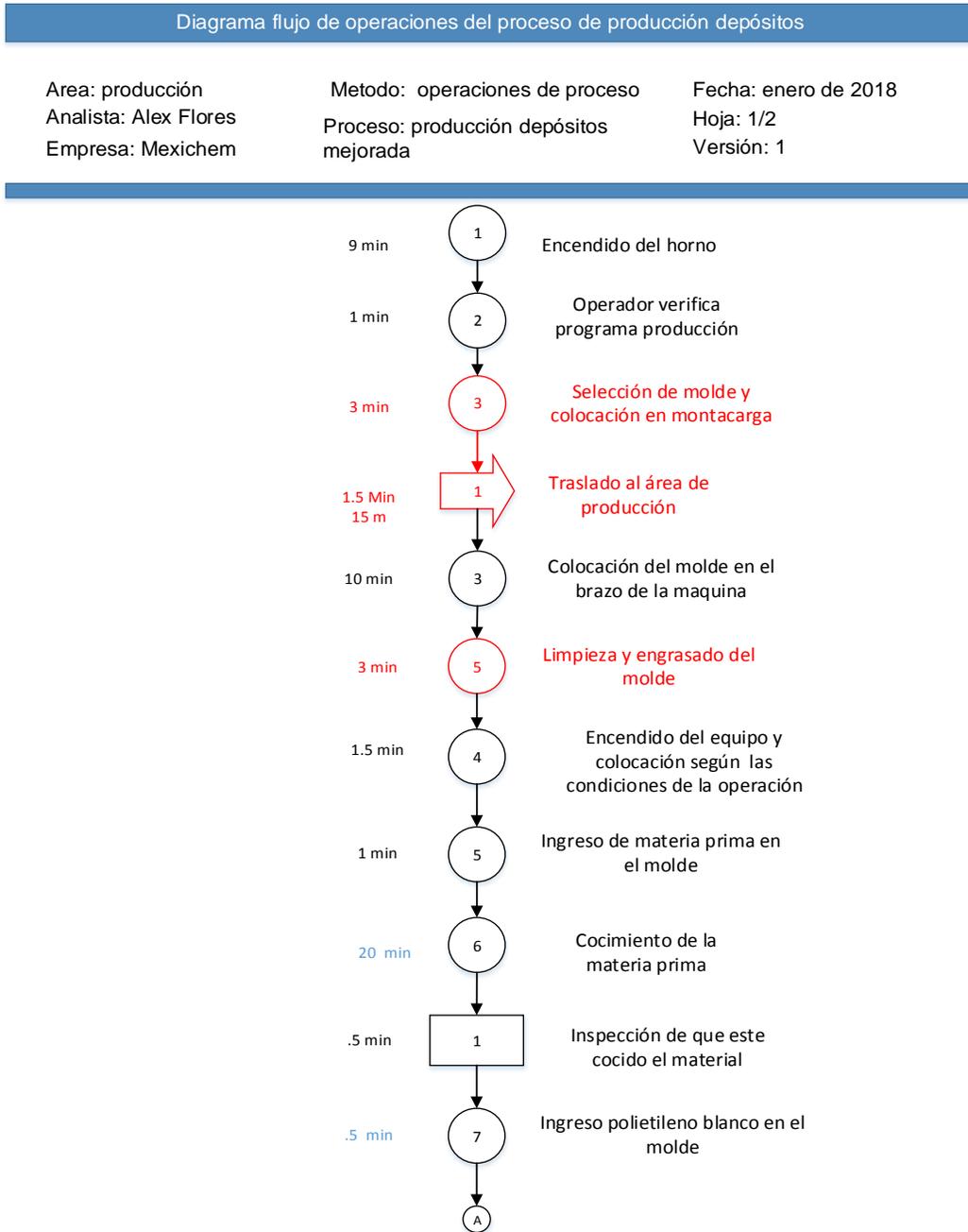
### **5.1. Pruebas del nuevo proceso**

El objetivo de las pruebas del nuevo proceso es promover mejoras en los procesos implementados mediante la búsqueda de los errores y las mejoras correspondientes para cada proceso. De esta forma las operaciones serán más eficientes y se alcanzarán los objetivos de la empresa. Es necesario promover un plan básico donde se puedan seguir paso a paso cada uno de las actividades.

#### **5.1.1. Interface del proceso antiguo a proceso mejorado**

Se desarrollará la nueva elaboración del sistema nuevo para optimizar la producción. A continuación, se presenta el diagrama de flujo de los procesos mejorados. Con color rojo se marcaron los cambios realizados al antiguo proceso.

Figura 46. Diagrama operaciones mejorado 1

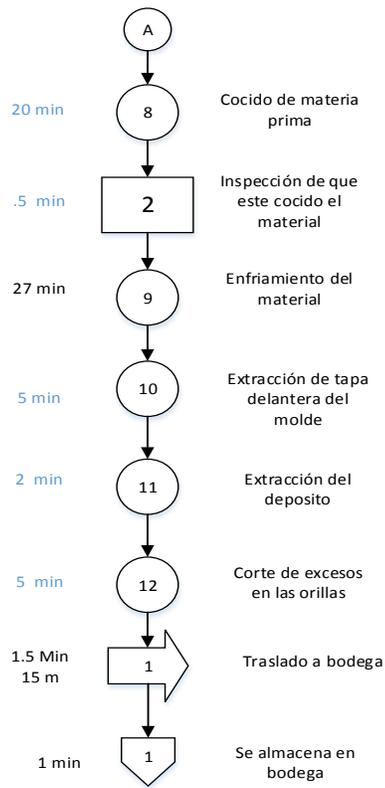


Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

Figura 47. Diagrama operaciones mejorado 2

Diagrama flujo de operaciones del proceso de producción depósitos

Area: producción	Metodo: operaciones de proceso	Fecha: enero de 2018
Analista: Alex Flores	Proceso: producción depósitos mejorada	Hoja: 2/2
Empresa: Mexichem		Versión: 1



Resumen				
Símbolo	Descripción	Cantidad	Tiempo (mi)	Distancia (m)
○	Operación	12	74.5	
➡	Transporte	1	1.5	15
□	Inspección	2	1.5	
◩	Almacenamiento	1	1	
	Total	16	78.5	15

Fuente: elaboración propia, con Visio 2013.

### 5.1.2. Establecimiento de puntos de control del proceso

Por medio de un diagrama de causa y efecto se definió el problema raíz, las causas y efectos y la manera que se atacará cada causa.

Figura 48. Diagrama causas y efectos



Fuente: elaboración propia, con PowerPoint 2016

El objetivo de establecer un sistema de control es identificar los puntos críticos de la producción. De esta manera se solucionarán los problemas y se cumplirán las metas de producción con la mejor calidad y con los menores costos.

- Los puntos de control se más críticos
- En la fase de la utilización de la materia prima
- En la fase de colocado de los moldes

### 5.1.3. Prueba piloto del nuevo proceso

A continuación, se presenta una tabla en donde se ve la corrida de ocho tanques de agua.

Tabla XXIII. Prueba piloto scrap

No	PRODUCTO	CANTIDAD RESINA KG	CANTIDAD SCRAP/KG	CANTIDAD MATERIA TOTAL KG	COSTO RESINA/Kg	COSTO SCRAP /Kg	PRECIO COSTO
1	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " NE	6,18	3,33	9,5	Q 64,84	Q 0,17	Q 65,00
2	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " BG	6,18	3,33	9,5	Q 64,84	Q 0,17	Q 65,00
3	TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " NE	7,48	4,03	11,5	Q 78,49	Q 0,20	Q 78,69
4	TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " BG	7,48	4,03	11,5	Q 78,49	Q 0,20	Q 78,69
5	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " NE	9,43	5,08	14,5	Q 98,96	Q 0,25	Q 99,22
6	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " BG	10,40	5,60	16	Q 109,20	Q 0,28	Q 109,48
7	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " NE	19,50	10,50	30	Q 204,75	Q 0,53	Q 205,28
8	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " BG	19,50	10,50	30	Q 204,75	Q 0,53	Q 205,28

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXIV. **Prueba piloto horneado**

N o	Producto	Hornead o (minutos ) ±1	Enfriamient o (minutos) ±1	Diámetr o	ALT O
1	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ "	12	18	0,90	0,94
2	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ "	12	18	0,90	0,94
3	TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 ½ " NE	13	18	1,06	1,10
4	TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ "	13	18	1,06	1,10
5	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ "	15	23	1,10	1,44
6	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ "	15	23	1,10	1,44
7	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ "	23	27	1,58	1,62
8	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ "	23	27	1,58	1,62

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

#### 5.1.4. **Comparación de tiempos: proceso actual vs. proceso mejorado**

Se muestra en la tabla XXV la comparación de los tiempos actuales en comparación con los nuevos, en los cuales se tiene el % de ahorro de tiempo.

Tabla XXV. Comparación procesos

N o	Producto	TIEMPOS ACTUALES		TIEMPOS NUEVOS		Diámetr o	ALT O
		Hornead o (minutos ) ±2	Enfriamient o (minutos) ±2	Hornead o (minutos ) ±1	Enfriamient o (minutos) ±1		
1	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " NE	14	20	12	18	0,90	0,94
2	TANQUE P/AGUA V 450 L C/CONE 1 ½ " BG	14	20	12	18	0,90	0,94
3	TANQUE P/AGUA V 750L C/CONE 1 ½ " NE	15	20	13	18	1,06	1,10
4	TANQUE P/AGUA V 750 L C/CONE 1 ½ " BG	15	20	13	18	1,06	1,10
5	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " NE	17	25	15	23	1,10	1,44
6	TANQUE P/AGUA V 1 100 L C/CONE 1 ½ " BG	17	25	15	23	1,10	1,44
7	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " NE	26	30	23	27	1,58	1,62
8	TANQUE P/AGUA V 2 500 L C/CONE 1 ½ " BG	26	30	23	27	1,58	1,62

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

## 5.2. Inducción del nuevo proceso al departamento de producción

Uno de los objetivos generales de llevar un buen control de inducción es que el empleado se identifique con sus tareas, como un sistema dinámico de interacciones y externas como parte de un buen desempeño para poder lograr los objetivos de la empresa.

Esto se logrará, primero dando una inducción general del proceso, políticas generales de la empresa.

Dando una inducción especificación con la finalidad de mejorar los aspectos de sus tareas y la importancia que juegan.

Y por último, realizar una evaluación de las inducciones para poder tomar decisiones con base en estas evaluaciones.

#### **5.2.1. Identificación de responsabilidades**

Para identificar la metodología de la inducción en las responsabilidades adquiridas por cada área, es necesario conocer la situación actual del área de producción de rotomoldeo, mediante la obtención de información de los colaboradores. Esta documentación se lleva como soporte de inducción y capacitación de cada colaborador y procedimientos para conocer cómo se está implementado y qué efectos produce en las personas. El objetivo es verificar si se está cumpliendo con el objetivo de suplir las necesidades de inducción y capacitación en el puesto de trabajo y en la planta para obtener mejoras en los procesos productivos y personas seguras y capacitadas en sus labores.

Para identificar se aplicarán auditorías y evaluaciones de conocimiento por medio de un programa de capacitación periódico, el cual debe ser aprobado. Este programa incluirá la evaluación de las áreas de peligro, las supervisiones y las guías de inspección.

A continuación, se muestran los resultados de la auditoría.

Tabla XXVI. Cuestionario según auditoría

No	VERIFICACIÓN	Si	No	DESCRIPCIÓN
1	Existe un procedimiento de selección e inducción de personal	X		
2	El departamento cuenta con un organigrama		X	El personal desconoce del organigrama.
3	El establecimiento dispone de suficiente personal calificado, para la correcta fabricación de productos por rotomoldeo	X		
4	¿Cuenta con perfiles de cargo y funciones definidas para el personal de acuerdo con el organigrama vigente?		X	Hay funciones que no están bien definidas, por lo que la carga de trabajo no está bien balanceada, afectando la producción.
5	¿El personal cuenta con la acreditación de estudios según el perfil de cargo?	X		
6	En los perfiles de cargo, se define la suplencia del cargo		X	La suplencia para un operario de producción es otro operario, pero cada operario que suple al otro tiene su forma de trabajo, afectando la producción
7	Todo el personal involucrado en los procesos de fabricación y control de calidad debe recibir capacitación y entrenamiento inicial y continuo para garantizar y mantener los estándares de calidad		X	No se identifica un seguimiento continuo al personal, no hay evidencias de evaluaciones específicas de trabajo, y no se lleva los reportes del procedimiento.
8	¿Existe un procedimiento general de capacitación?		X	No todos los empleados del área conocen el proceso adecuadamente, porque no se evidencia las evaluaciones de acuerdo con lo que especifica el procedimiento
9	¿Existe un programa de capacitación para el personal?		X	Se cuenta con el programa, pero no se da cumplimiento a las fechas establecidas.
10	¿El personal nuevo recibe una capacitación adecuada a las responsabilidades que se le asigna?		X	El personal nuevo no recibe una capacitación formal ya que quien le da la inducción es el mismo operador que ya labora en la empresa.
11	¿Se encuentran calificados quienes realizan capacitación?	X		
12	¿Cuentan con los registros de capacitación de personal (asistencia, evaluaciones, y seguimiento de las capacitaciones realizadas)?		X	No existe un control sobre la asistencia
13	¿Se cumple el programa de capacitación?		X	No se cumple de acuerdo con las fechas programadas.
14	¿En los registros de entrenamiento se evidencia que el personal contratado es calificado para los servicios que presta?	X		Existe un perfil que se debe cumplir al momento de ingresar.

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXVII. **Análisis resultados**

HALLAZGO	PREVENTIVO	CORRECTIVO
Ítem 1,3,5,11,14	X	
Ítem 2,4,6,7,8,9,10,12,13		X

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Las evaluaciones de conocimientos por área, esta técnica nos permitirá diagnosticar que tanto saben de su trabajo.

La escala de calificación se muestra a continuación:

Tabla XXVIII. **Calificación**

ESCALA	DESCRIPCIÓN
1	Deficiente
2	Insuficiente
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXIX. **Área de corte**

ÁREA CORTE	
OPERARIO	CALIFICACIÓN
1	2,4
Promedio	2,4

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXX. **Área rotomoldeo**

ÁREA ROTOMOLDEO	
OPERARIO	CALIFICACIÓN
1	4
2	2

Promedio	3
----------	---

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXXI. **Área scrap**

ÁREA SCRAP	
OPERARIO	CALIFICACIÓN
1	3

Promedio	3
----------	---

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016

Tabla XXXII. **Área almacenada**

ÁREA ALMACENADO	
OPERARIO	CALIFICACIÓN
1	4
2	4

Promedio	4
----------	---

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXXIII. **Calificación**

ÁREA	CALIFICACIÓN
Área corte	2,4
Área rotomoldeo	3
Área scrap	3
Área almacenado	4

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Las áreas que requieren una inducción para mejorar la producción son la de corte, rotomoldeo y scrap.

### 5.2.2. **Beneficio del nuevo proceso**

Los beneficios obtenidos se muestran a continuación, que van desde la mejora de tiempos, calidad, optimización de recursos y mejoras de dinero.

Tabla XXXIV. **Beneficio**

Tiempo horneado	12 %
Tiempo de enfriamiento	10 %
Tiempos de proceso	59 %
Numero procesos disminuido	3
Costos por tanques de agua usando scrap	35 %

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Al mejorar esto se disminuyen la cantidad de unidades defectuosos y por ende la cantidad de scrap.

## **6. PROPUESTA DE SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

### **6.1. Análisis de tiempos de retraso por actividad**

En el capítulo anterior se determinaron cuáles son las actividades que más retrasos afectan la productividad de la empresa.

Para tener un mejor control de las actividades se creó un check list, que se muestra a continuación, por cada área.

Figura 49. **Ficha de moldes**

	
<b>MOLDES</b>	
	Tipo Molde: _____
	Capacidad: _____
Materiales de fabricación	_____
Presentan daños los moldes	_____
Tiempo de respuesta en reparar los moldes	_____
Fecha del último mantenimiento	_____
Fecha de la última capacitación	_____

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 50. **Ficha máquina rotomoldeo**

	
<b>MAQUINA ROTOMOLDEO</b>	
	Modelo _____
	Marca _____
	Serie _____
Fecha del último mantenimiento	_____
Fecha del próximo mantenimiento	_____
Fecha de la última capacitación	_____
Repuestos usados	_____
Técnico encargado	_____

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 51. **Ficha molinos para procesar scrap**

	
<b>MOLINOS PARA PROCESAR SCRAP</b>	
	Modelo _____
	Marca _____
	Serie _____
Fecha del último mantenimiento	_____
Fecha del próximo mantenimiento	_____
Fecha de la última capacitación	_____
Repuestos usados	_____
Técnico encargado	_____

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

## 6.2. **Gráficos de medición tiempo real y tiempo planeado**

Para llevar un control de las unidades no conformes se planteó que se tomaran muestras de la misma cantidad, para determinar las unidades no conformes.

Planteado lo anterior, se recomienda utilizar los gráficos P ya que se determinará el porcentaje de unidades no conformes encontradas en la muestra. El grafico nP se utilizará para saber el número de unidades no conformes.

Para calcular la gráfica nP se usarán las siguientes formulas:

$$p = \frac{\text{Número total de elementos disconformes en todos los grupos}}{\text{Número total de elementos en todos los grupos}}$$

Línea central =  $np$  , donde  $n$  = el tamaño del subgrupo común

$$UCL = np + 3\sqrt{np(1-p)}$$

$$LCL = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

Para calcular la gráfica P se aplicarán las siguientes formulas:

$$LCL = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$UCL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

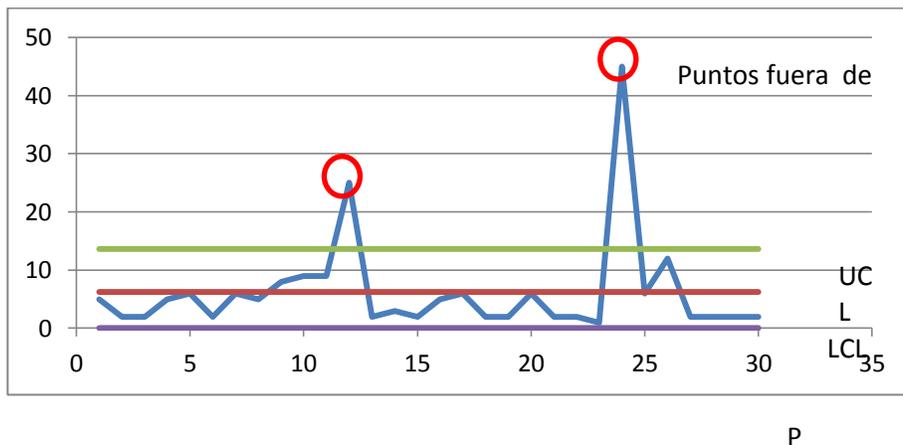
$n = \frac{\text{Número total de elementos en consideración}}{\text{Número total de subgrupos}}$

Donde LCL es el límite inferior  
 UCL es el límite superior

Con base en estas graficas se verificarán los puntos fuera de control para analizar la causa de la falla. Luego, se tomarán medidas para mejorar el proceso y ajustar los tiempos reales a los tiempos teóricos.

La gráfica quedaría, aproximadamente, como se muestra a continuación:

Figura 52. **Gráfico control P**



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### 6.3. Cuadros de control y retroalimentación de actividades

Se muestran a continuación los check list por cada área del proceso de rotomoldeo.

Tabla XXXV. **Tabla almacenaje de moldes**



ALMACENAJE DE MOLDES

Encargado: \_\_\_\_\_

		SI	NO
1	Cuenta con un cronograma de actividades		
2	Esta informado de quien es su jefe		
3	Cuando fue la última inducción		
4	En cuanto tiempo despacha un molde		
5	Cuenta con el equipo de seguridad		
6	Botas con punta de acero		
7	Casco		
8	Guantes		
9	Gafas		
10	Qué tipo de control lleva para los moldes		
11	Respetan sus tiempos de comida		

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXXVI. **Tabla máquina rotomoldeo**



Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_

		SI	NO
1	Cuenta con un cronograma de actividades		
2	Cuando fue la última inducción		
3	Cuando fue el último mantenimiento		
4	Funciona bien la máquina		
5	Tiempo en terminar un producto		
6	Cuenta con el equipo de seguridad		
7	Botas con punta de acero		
8	Casco		
9	Guantes		
10	Gafas		
11	Producción del día		
12	Accidentes durante el día		
13	Cantidad de material		
14	Producción defectuosa		
15	Tiempo de la producción		

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXXVII. **Tabla de máquinas para procesar scrap**



MAQUINARIA PARA PROCESAR SCRAP

Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_

		SI	NO
1	Cuenta con un cronograma de actividades		
2	Cuando fue la última inducción		
3	Cuando fue el último mantenimiento		
4	Funciona bien la máquina		
5	Tiempo en terminar un producto		
6	Cuenta con el equipo de seguridad		
7	Botas con punta de acero		
8	Casco		
9	Guantes		
10	Gafas		
11	Producción del día		
12	Accidentes durante el día		
13	Cantidad de material		
14	Producción defectuosa		
15	Tiempo de la producción		

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

#### 6.4. Fijación de niveles de rendimiento y eficiencia del proceso

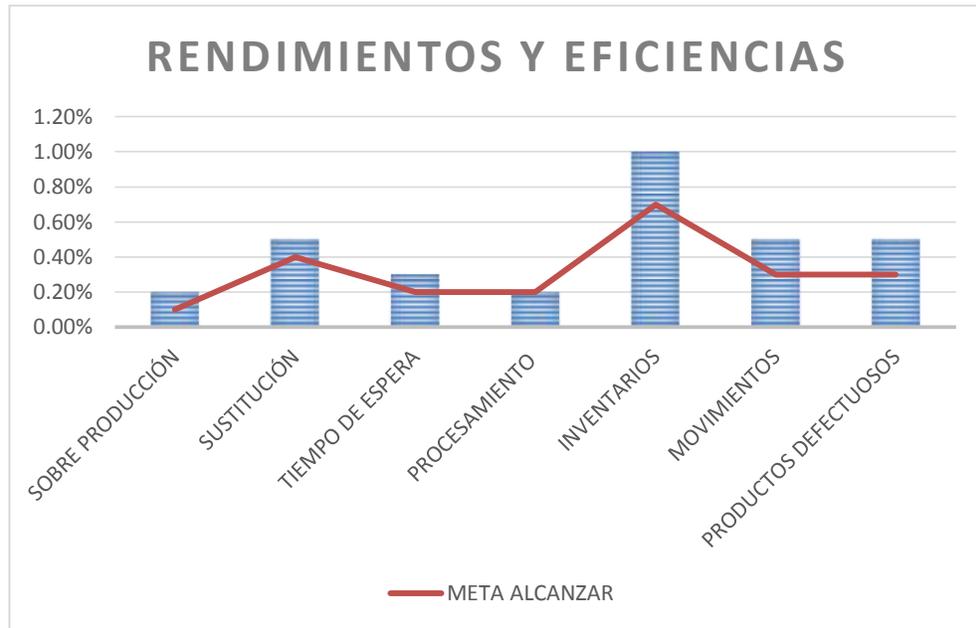
Para fijar los niveles de rendimiento es necesario tener la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y obtener el máximo beneficio, si se implementan las mejoras sugeridas en los capítulos anteriores se obtendrán los siguientes rendimientos y eficiencias.

Tabla XXXVIII. Rendimientos de la operación



CLASIFICACIÓN DE DESPERDICIOS	RENDIMIENTOS Y EFICIENCIAS	
	PORCENTAJE / MENSUAL	META ALCANZAR
SOBRE PRODUCCIÓN	0,20 %	0,10 %
SUSTITUCIÓN	0,50 %	0,40 %
TIEMPO DE ESPERA	0,30 %	0,20 %
PROCESAMIENTO	0,20 %	0,20 %
INVENTARIOS	1,00 %	0,70 %
MOVIMIENTOS	0,50 %	0,30 %
PRODUCTOS DEFECTUOSOS	0,50 %	0,30 %
TOTAL	3,20 %	2,20 %

Continuación tabla XXXVIII.



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Tabla XXXIX. **Eficiencias**



EFICIENCIAS	
	AHORRO
Tiempo horneado	12 %
Tiempo de enfriamiento	10 %
Tiempos de proceso	59 %
Numero procesos disminuido	3
Costos por tanques de agua usando scrap	35 %

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016

## **6.5. Implementación continua de mejoras**

La implementación de mejoras continuas incluye la gestión de calidad, que se divide en cuatro fases:

- Planeamiento de la calidad
- Control de la calidad
- Aseguramiento de la calidad
- Mejora continua

El último paso de la gestión de la calidad se obtiene determinando las acciones para obtener la mejora continua.

Tabla XL. **Tabla de mejora continua**



Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_

No	ACTIVIDAD	SEMANA UNO	SEMANA 2	SEMANA 3
		REGISTROS	REGISTROS	REGISTROS
1	Tiempos en que despacha un molde			
2	Accidentes durante la semana			
<b>ROTOMOLDEO</b>				
3	Cuantos paros se registraron			
4	Tiempo máximo del paro			
5	Producción defectuosa			
6	Tiempo de producción			
7	Costos por paros			
<b>REPROCESO CON SCRAP</b>				
8	Cuantos paros se registraron			
9	Tiempo máximo del paro			
10	Producción defectuosa			
11	Tiempo de producción			
12	Costos por paros			
13	Tiempos de almacenamiento			

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### 6.6. Encuestas por áreas

A continuación, se muestran las diferentes fichas por área, las cuales son: almacenado de moldes y productos terminados, scrap y rotomoldeo.

Figura 53. **Ficha de almacenamiento de moldes y productos terminados**



ALMACENADO DE MOLDES Y PRODUCTOS TERMINADOS

Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_

1	Tiene conocimiento de cómo almacenar los moldes.
2	Cómo almacena los productos terminados.
3	Conoce de la calidad de los moldes.
4	¿Qué medidas de seguridad usa para el manejo de los moldes?
5	Cuando le entregan un molde qué es lo que hace.
6	A quién reporta cuando está dañado un molde.
7	A quién reporta cuando está dañado un producto.
8	Cuenta con equipo de seguridad.
9	Lleva controles de las entregas de los moldes.
10	¿Qué control lleva para el almacenaje del producto terminado?

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 54. **Ficha scrap**



SCRAP

Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_

1	Sabe mezclar las cantidades adecuadas de scrap con polietileno
2	¿Cuánto material mezcla de scrap con polietileno?
3	¿Qué medidas usa para procesar el scrap?
4	¿Cómo procesa el scrap?
5	¿Cuenta con equipo de seguridad?
6	Lleva algún control de cuanto se reprocesa de scrap.
7	¿Cuál es la producción por día?
8	¿Cuándo se daña la máquina que hace?
9	¿Cada cuánto se daña la máquina?
10	¿Cuáles son las fallas más comunes en la máquina?

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

Figura 55. **Ficha rotomoldeo**



Fecha: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_

1	¿Cuánto material mezcla de scrap con polietileno?
2	¿Cuáles son los tiempos para el cocimiento de la materia prima?
3	¿Cómo arma un molde a la máquina de rotomoldeo?
4	¿Cada cuánto limpia los moldes?
5	¿Cada cuánto añade la pasta a los moldes?
6	¿Cuánto tiempo espera para el enfriamiento de la materia prima?
7	¿Qué medidas de seguridad utiliza en el área de rotomoldeo?
8	¿Qué medidas de seguridad utiliza para el corte de los moldes?
9	¿Cuenta con equipo de seguridad?
10	Lleva algún control de cuanto es la producción
11	¿Cuál es la producción por día?
12	¿Cuándo se daña la máquina que hace?
13	¿Cada cuánto se daña la máquina?
14	¿Cuáles son las fallas más comunes en la máquina?
15	¿Cuál es la cantidad de producto defectuoso por turno?

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

### **6.7. Programa permanente de capacitación al personal**

Para tener una mejor programación de capacitación al personal se muestra un programa de capacitaciones.

Figura 56. **Cronograma capacitaciones**



**CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES**

	TIEMPO	L	M	MI	J	V	L	M	MI	J	V	L	M	MI	J	V
Almacenaje de moldes y productos terminados	1h	X														
Manejo de Montacarga	1/2h			X												
Mejoras en los procesos de rotomoldeo	1h						X									
Seguridad Industrial	1h							X								
Inducción del proceso de molido de Scrap	1h											X		X		

Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

**6.8. Formulario de seguimiento de actividades**

A continuación, se muestran las fotografías de los formularios que se propusieron para llevar el control de las actividades por área y la producción.

En el formulario de actividades manejamos % según la actividad que se asigne en la semana y llevando un control de las actividades que también se dejan de hacer.

Figura 57. **Formulario de actividades**



ÁREA	REALIZADAS		PENDIENTES	
	ACTIVIDAD	%	ACTIVIDAD	%
Scrap	Procesar todo el scrap	75 %	Pendiente procesar	5 %
Rotomoldeo	Producción depósitos para agua	68 %	Desperdicios	1 %
Almacenaje	Materia prima	90 %	daños en el producto	3 %



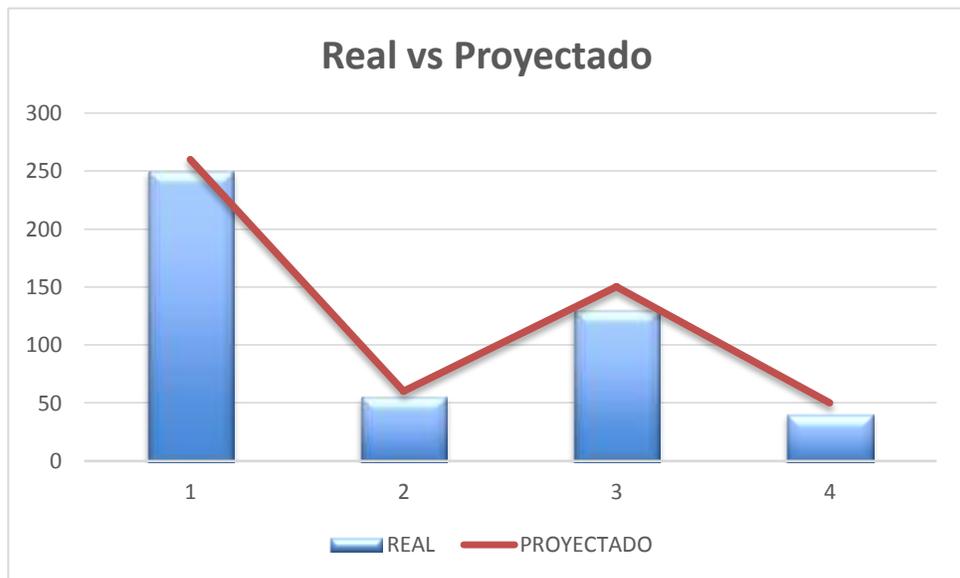
Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.

En el formulario de la producción, se asigna por turno y la meta de producción proyectada, de esta forma se muestra una producción semanal real.

Figura 58. **Formulario de producción**



TURNO	PRODUCTO	ENCARGADO	PRODUCCIÓN	
			REAL	PROYECTADO
Diurno	Fosas sépticas	Jorge	250	260
Diurno	Depósitos para agua	Samuel	55	60
Diurno	Letrinas	Jorge	130	150
Diurno	Biodigestores	Samuel	40	50



Fuente: elaboración propia, con Excel 2016.



## CONCLUSIONES

1. Se determinó que el exceso de desperdicios se da por la falta de capacitación al personal, falta de programas de mantenimiento, no se lleva una buena planificación en la cantidad de insumos a utilizar.
2. Respecto a la organización del departamento de rotomoldeo se determinó que las funciones de cada puesto no estaban correctamente asignadas por lo que se delimitaron las funciones de los mismos.
3. Se optimizó la producción de rotomoldeo disminuyendo tiempos en un 59 % y la cantidad de operaciones.
4. Por medio del análisis de distribución de maquinaria se lograron optimizar los tiempos de operación.
5. Los costos de la fabricación de los tanques de agua se logran reducir en un 35 % al ser utilizado el scrap como materia prima.
6. En las pruebas de fabricación se optimizaron los tiempos de horneado y de enfriamiento, lográndose una mejora del 12 % y del 10 % respectivamente.
7. La cantidad de desperdicios, de ser cumplidas las sugerencias dadas, se reducirían en un 1 %.

8. Para una mejora continua se establecieron formatos para llevar fichas técnicas por equipo, gráficas de control, cronogramas de capacitación, fijación de niveles de rendimiento y formularios de actividades.
9. Con base en las entrevistas y otros tipos de información, se definió qué tipo de inducción requiere el personal para que sea más eficiente.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar indicadores de gestión, enfocados a la producción de rotomoldeo y la utilización del scrap.
2. Implementar el plan de mejora continua para obtener la optimización en los procesos de producción.
3. Capacitar al personal, con base en las necesidades y deficiencias que se determinaron en las evaluaciones realizadas.
4. Considerar una calendarización para los mantenimientos preventivos y correctivos de las máquinas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERO, German. *Mejoras en Sistema de Producción para tanques de Polietileno por Rotomoldeo*. Trabajo de graduación Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina: 2014. 92 p.
2. Boletín Técnico de Poliolefinas Internacionales, C.A., *Guía para la Solución de Problemas de Rotomoldeo*. [en línea]  
<[http://www.polinter.com.ve/publicaciones/guias/guia\\_solucion\\_de\\_problemas\\_rotomoldeo.pdf](http://www.polinter.com.ve/publicaciones/guias/guia_solucion_de_problemas_rotomoldeo.pdf)> [Consulta: Noviembre 2017].
3. CALDERÓN MORENO Oscar Alfredo. *Gestión De Calidad En La Empresa Amanco Plastigama sección rotomoldeo*. Trabajo de graduación Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de Guayaquil de Ecuador. 2003. 110 p.
4. COLOMO GUTIÉRREZ, Adriana Amanda. *Mejora y estandarización del proceso de producción, en una empresa productora de envases plásticos*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 2009. 135 p.
5. CONTRERAS LONE, Gustavo Adolfo. *Sustitución de pigmentos por preparaciones de color en la fabricación de artículos plásticos bajo el proceso de rotomoldeo*. Trabajo de graduación Ingeniería

Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 2007. 47 p.

6. ESCALANTE PÉREZ Ayda Elizabeth. *Optimización del proceso productivo a través de un estudio de tiempos y movimientos de una fábrica de tejidos*. Trabajo de graduación Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 2009. 173 p.
7. FAJARDO PORTILLO Eder Ariel. *Producción más limpia en un sistema de iluminación industrial empleado ductos de luz solar*. Trabajo de graduación Ingeniero Mecánico industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala: Guatemala, 2014. 167 p.
8. GONZÁLEZ NEIRA Eliana María. *Propuesta para el mejoramiento de los productos de la empresa Servioptical LTDA*. Trabajo de graduación Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Pontificia universidad Javeriana. Guatemala: 2004. 87 p.
9. JENNY LISSETH, Pallo Aguaiza. *Plan estratégico para la optimización de los recursos y servicios de f & y s.a. Compustar, cantón Quevedo, período 2015-2017*. Trabajo de graduación Ingeniería en Gestión Empresarial. Facultad de Ingeniería en gestión empresarial, Universidad técnica estatal de Quevedo. Ecuador: 2015. 83 p.
10. MANRIQUE JEREZ, Max Francisco. *Diseño de moldes para el proceso de rotomoldeo de materiales plásticos*. Trabajo de graduación

Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 2003. 75 p.

11. MARTÍNEZ SANZ, Antonio V. *Modelado y verificación experimental del comportamiento atracción de probetas biomaterial termoplásticas. (pp-pe y abs-hips)*. Trabajo de graduación Doctorado. Facultad de Ingeniería, Universidad politécnica de Valencia. España: 2015. 119 p.
12. OCHOA BARRIOS, Carlos Alejandro. *Diseño de la investigación de la aplicación de la teoría de las restricciones y su impacto en los índices de productividad en la industria de rotomoldeo en Guatemala*. Trabajo de graduación Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 2013. 83 p.
13. ORTEGA ARREDONDO, Sandra Aracely. *Diseño De Piezas Plásticas Rotomoldeadas*. Trabajo de graduación Maestría y doctorado en ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad nacional autónoma de México. México: 2006. 76 p.
14. SANCHEZ MARTINEZ Marisol. *Innovación en rotomoldeo en México*. Trabajo de graduación Maestra en política y gestión del cambio tecnológico. Instituto Politécnico Nacional, secretaria de investigación y posgrado México: México octubre, 2014. 243 p.
15. VILLARROEL SASSARINI, Leonardo Fabián. *Introducción a la fabricación de lanchas de polietileno construidas por rotomoldeo*.

Trabajo de graduación Ingeniero Naval. Facultad de ciencias de la Ingeniera, Universidad Austral de Chile. Chile: 2011. 133 p.

## ANEXOS

### Anexo 1. Mapa de proyecciones ambientales 2011



Fuente: Mexichem Guatemala S.A.

## Anexo 2. Descripción de los depósitos para agua

# DEPÓSITOS PARA AGUA

INCLUYE EL KIT DE INSTALACIÓN MÁS COMPLETO DEL MERCADO

CAPACIDAD LTS.	DIÁMETRO	ALTURA	USUARIOS	CÓDIGO	DEPÓSITO INCLUYE KIT
450 NEGRO	0.90	0.94	2	980548	Q. 841.50
450 BEIGE				980549	Q. 943.50
750 NEGRO	1.06	1.10	3	980550	Q. 1,045.50
750 BEIGE				980551	Q. 1,167.00
1100 NEGRO	1.10	1.44	4	980552	Q. 1,275.00
1100 BEIGE				980553	Q. 1,412.70
2500 NEGRO	1.56	1.62	10	980554	Q. 2,244.00
2500 BEIGE				980555	Q. 2,499.00

Depósito incluye los siguientes accesorios:



Niple 1/2" 315 P.SI

KIT DE INSTALACIÓN	CÓDIGO	PRECIO
KIT 450 LTS.	980051	Q. 250.00
KIT 750 LTS.	980052	Q. 250.00
KIT 1100 LTS.	980053	Q. 250.00
KIT 2500 LTS.	980054	Q. 250.00

## TANQUES Y FOSAS SÉPTICAS



### BIODIGESTOR

Capacidad de trabajo: 1300 litros.  
Capacidad total: 1400 litros.

CÓDIGO	PRECIO
961883	Q. 5,702.00



### BIODIGESTOR HORIZONTAL DOBLE TRATAMIENTO

Capacidad de trabajo: 1200 litros.  
Capacidad total: 1450 litros.

CÓDIGO	PRECIO
961793	Q. 5,702.00



### FOSA SÉPTICA DOBLE REGISTRO

Fosa 1,200 litros + Kit de accesorios doble registro

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
918399	Fosa + Kit de Instalación	Q. 2,846.00
916838	Kit de Instalación	Q. 206.00

Continuación anexo 2.

# 1000 litros

**Materiales:**  
Poliétileno Lineal de Media Densidad

**Ventajas:**

- Ofrece gran resistencia mecánica
- Fabricado con doble capa
- Tapadera roscada
- Resistencia a variaciones climáticas
- No se pudre ni se corroe
- Fácil instalación
- Liviano
- Requiere poco mantenimiento
- Amigable con el medio ambiente
- Material 100% reciclable



Peso 26 Kg.

**Instalación:**

- Asegúrese que el depósito esté en una superficie plana.
- Perfore los agujeros de distribución, limpieza y ventilación (los puede realizar martillando levemente con un tubo o un eje 1/2" rompiendo el sello interno de pared delgada).
- Enrosque los adaptadores macho (ítem 1) según esquema.
- Coloque la válvula de flote (ítem 8 y 9).
- Instale los accesorios restantes según esquema.
- En la salida de limpieza enrosque el tapón macho (ítem 10). Es recomendable instalar una válvula de compuerta con sus respectivos adaptadores, para realizar el mantenimiento del depósito para agua (no incluidos en el kit de instalación).

**Kit de instalación:** Código 961943

Item	Cantidad	Descripción
1	2	Adaptador macho de 3/4"
2	2	Reductor bushing liso 3/4 x 1/2
3	1	Niple de 1/2 x 175 cm.
4	1	Tez de 1/2"
5	2	Adaptador macho de 1/2"
6	1	Chque de bronce de 1/2"
7	3	Codo a 90° de 1/2"
8	1	Adaptador hembra de 1/2"
9	1	Válvula de flote de 1/2"
10	1	Tapón macho de 3/4"

Fuente: Mexichem Guatemala S.A.

## Anexo 3. Obligaciones legales de la empresa

### 1.1 Guatemala

En Guatemala, el marco legal que rige la salud y seguridad ocupacional es el Acuerdo Gubernativo Número 229-2014, emitido el 23 de julio de 2014 (DIARIO DE CENTROAMÉRICA No 16, 2014), vigente a partir del 8 de agosto de 2015. Las autoridades competentes para esta ley son el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, a través de la Inspección General de Trabajo, y el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, conocido por sus siglas IGSS. Esta ley se emitió considerando que debía actualizarse el Acuerdo Gubernativo del 28 de diciembre de 1957.

La ley se enfoca en la obligación y sensibilización del patrono hacia la seguridad y salud de los trabajadores, en cuanto a las operaciones que ellos desempeñan, el equipo de protección personal y el estado de la maquinaria o herramienta que utilizan. Entre otros puntos indica:

- La obligación del patrono de brindar las condiciones de seguridad necesarias para que los colaboradores desempeñen sus funciones, sin exponerse a riesgos fuera de control. Del mismo modo, el colaborador debe cumplir con toda normativa de salud y seguridad.
- La responsabilidad del patrono de informar adecuadamente a los colaboradores sobre la prevención y problemática del VIH/SIDA, esto incluye campañas de prevención y de toma de conciencia.
- La prohibición para el patrono y los colaboradores de discriminar a personas que padecen VIH/SIDA, lo cual implica que esta condición no puede ser la causa para no contratar o para despedir a un colaborador.
- El requerimiento de un Comité de Seguridad y Salud Ocupacional conformado por igual número de representantes de los trabajadores y del patrono.
- La regulación del equipo de protección personal de acuerdo con las tareas que el trabajador desempeñe; uso de equipos preventivos y de atención de emergencias como extintores; medidas contra incendios y otros siniestros; y la exigencia de botiquines y atención de primeros auxilios.
- Los requerimientos mínimos de Seguridad y Salud Ocupacional se excluyen de las obras de construcción temporal o móvil, con excepción de: escaleras; rampas y pasarelas; y trampas, pozos y aberturas.
- Las condiciones de trabajo óptimas en cuanto a ventilación, iluminación, el control de riesgos y salidas de emergencia.
- La regulación del manejo de cargas por parte de los trabajadores, detallando el peso máximo para ser manipulado por una persona, según su sexo y edad; además, la obligación de brindar la capacitación pertinente.
- Las normas para aspectos relacionados con la construcción como el almacenamiento de materiales, la señalización, el uso de pararrayos, excavaciones, demoliciones, uso de explosivos, ruido y manipulación de materiales peligrosos.

### Continuación anexo 3.

- Los riesgos biológicos que deben considerarse en el área de la construcción, en especial en lo relacionado con tratamientos de aguas y rellenos sanitarios.
- La prohibición de trasladar personal por medio del transporte destinado a materiales o animales, entendiéndose por estos, camiones o pick ups.
- La regulación, con bastante profundidad, de las actividades específicas relacionadas con la construcción, trabajos de soldadura, eléctricos, etc.
- La manipulación de andamios, escaleras, techos, estructuras metálicas, motores y maquinaria, grúas y otras similares (Tema tratado en el capítulo VIII, dedicado específicamente a la construcción).
- La penalización del no cumplimiento de la ley con multas establecidas en el Código de Trabajo de la República de Guatemala.



Planta Mexichem Palín, Escuintla  
Guatemala

Fuente: Mexichem Guatemala S.A.

