

**Universidad Nacional de Córdoba**



**Facultad de Ciencias Exactas,  
Físicas y Naturales  
Escuela de Ingeniería Industrial**



## Mejoras en Sistema de Producción para Tanques de Polietileno por Rotomoldeo

**L. Malatesta E Hijos S.A.**



Autor:

BARBERO, GERMÁN. Matrícula: 35.899.528

Director:

ING. ANTÓN, FERNANDO.

Co Director:

ING. PAIARO, MAURO.

## **Agradecimientos**

En primer lugar quiero agradecer a mi familia que me dio la oportunidad y el apoyo incondicional. No sólo para poder estudiar y formarme como profesional, sino en todos los órdenes de la vida. Agradezco a Dios los padres que tengo.

A mi hermana, que fue mi cable a tierra durante todos los años de estudio y un ejemplo para mí.

Agradezco también a mis compañeros de facultad, porque fue con ellos que compartí momentos que nunca me voy a olvidar. Fueron fundamentales para poder realizar esta carrera universitaria. Más allá de que tomemos caminos separados, guardo el mejor recuerdo de todos en mi corazón.

Al dueño de ROTOPAM, por abrirme las puertas de sus instalaciones y apoyarme en este proyecto.

A los profesores, por transmitirme sus conocimientos durante todos estos años. En especial al Ingeniero Mauro Pairo, que me guió y me brindó su experiencia y tiempo para poder realizar este trabajo; al Ingeniero Fernando Antón por todo el apoyo brindado para la realización de este proyecto integrador.

Finalmente, agradezco a esta Universidad y a toda la sociedad la oportunidad que me dieron de estudiar lo que realmente me gusta.

## **RESUMEN**

El objetivo principal de este proyecto integrador es lograr orden y organización en la fábrica, tratando de conseguir mejoras en distintas áreas de la misma. El autor hará hincapié en cambios en el layout y en el proceso de producción.

Además del layout y el proceso productivo, el autor buscará efectuar mejoras en la reducción de scrap, en los procesos de: preparación y ejecución de la carga para una filial de producción, en el armado y soldado de productos; entre otros.

Para poder realizar esos cambios, el autor realizará un diagnóstico de la situación actual de la empresa. Este paso requiere de una observación detallada y de tiempo para comprender el funcionamiento interno de la fábrica.

Luego del diagnóstico, el autor propone una serie de mejoras y el modo de implementarlas. Las mismas se centran en los problemas que surgen del análisis inicial. Esta etapa también requerirá de un tiempo relativamente largo, en la cual el autor comunica sus ideas al personal para lograr apoyo del mismo.

Después de esto, realizará un análisis de los resultados, en el mismo el lector podrá comprender cuales fueron los resultados logrados y que beneficios trajeron cada uno de ellos. Este capítulo servirá para facilitar la comprensión y cuantificar los logros obtenidos.

Por último desarrollará las conclusiones del proyecto. Las mismas se relacionan con los objetivos planteados al inicio del PI y también el autor expondrá opiniones personales acerca del planeamiento y ejecución del trabajo realizado.

## Índice

Agradecimientos .....	I
Resumen .....	II
Índice .....	III
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 Objetivo .....	7
1.2 La empresa:.....	7
1.2.1 Productos: .....	8
1.3 Demanda actual y proyectada:.....	16
1.4 Sistema de venta: .....	17
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Introducción.....	19
2.2 El Concepto de Pérdida .....	19
2.3 Las Siete Pérdidas de Toyota.....	19
2.3.1 Sobreproducción.....	20
2.3.2 Tiempo de Espera .....	20
2.3.3 Transporte Innecesario .....	21
2.3.4 Exceso de Proceso .....	21
2.3.5 Inventario.....	21
2.3.6 Movimiento Innecesario.....	22
2.3.7 Productos Defectuosos .....	23
2.3.8 Desperdicio de Talento Humano .....	23
2.4 Productividad:.....	23
2.4.1 Medición de la productividad: .....	24
2.4.2 Variables de la productividad:.....	24
2.5 Importancia estratégica de las decisiones de Layout:.....	25
2.5.1 Manejo de Materiales .....	26
2.6 Tipos de layout. ....	27
2.6.1 Layout orientado al producto:.....	28
2.7 Capacidad Productiva.....	28
2.7.1 Factor de utilización y factor de eficiencia.....	30

2.8 Sistema de producción PUSH y PULL .....	31
2.8.1 Sistemas de información PUSH .....	31
2.8.2 Sistemas de información PULL.....	31
2.9 Teoría de las restricciones .....	32
2.9.1 Restricciones o cuellos de botella.....	32
2.9.2 Las nueve reglas de aplicación .....	33
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO/DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	35
3.1 Materia Prima: .....	36
3.2 Proceso Productivo:.....	36
3.3 Inyectora: .....	42
3.4 Layout actual: .....	43
3.5 Productos terminados y Scrap: .....	45
3.6 Capacidad productiva: .....	46
3.6.1 Cuello de botella del proceso: Molienda de MP .....	48
3.7 Carga comodoro: .....	49
3.8 Armado de digestores y cámaras:.....	51
CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA.....	54
4.1 Introducción:.....	55
4.2 Layout: sector de mezclado .....	55
4.3 Layout: sector de inyectora: .....	57
4.4 Layout: Scrap.....	60
4.5 Layout: Flujo de materia prima .....	62
4.6 Proceso productivo: cambio de tachos por bolsones.....	63
4.7 Proceso productivo: carga de bolsones y mezcladoras.....	63
4.8 Stock de productos terminados:.....	68
4.9 Propuestas futuras:.....	72
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	74
5.1 Introducción:.....	75
5.2 LAYOUT.....	75
5.2.1 Layout: Sector de mezclado.....	75
5.2.2 Layout: Sector de inyectora. ....	75

5.2.3 Layout: Scrap .....	76
5.3 PROCESO PRODUCTIVO .....	77
5.3.1 Cambio de tachos por bolsones: .....	77
5.3.2 Carga de bolsones y mezcladoras: .....	77
5.3.3 Sistema de Tolva Semiautomático .....	77
5.4 STOCK: Gestión de Stock .....	79
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES .....	80
Bibliografía .....	83

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Objetivo**

Al momento de comenzar con el PI la empresa presenta varios problemas que se pueden resumir básicamente en: *gran desorden en la planta y pérdidas durante el proceso productivo*. La organización, como la mayoría de las PyMES, fue creciendo de a poco a lo largo del tiempo y de manera muy poco planificada. En los últimos años sufrió un aumento de la demanda que llevó al dueño a aumentar la producción.

El objetivo principal de este proyecto es acomodar la fábrica, utilizando los recursos que se aplican al caso con los que cuenta un ingeniero industrial, de modo de lograr una mayor productividad, mejor clima laboral y, además, lograr ventajas competitivas por sobre sus competidores.

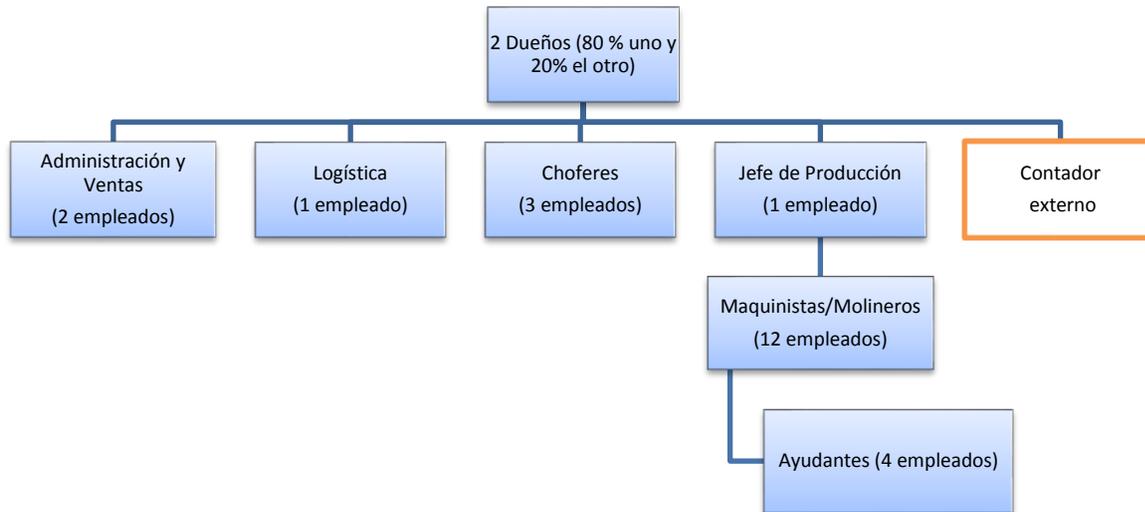
El autor se centrará principalmente en cambios en el layout y en el proceso productivo, tratando de lograr de esta manera ahorros en distancias recorridas por el personal y costos de mano de obra. También realizará acciones sobre el stock de productos terminados y el scrap. Como meta final, se espera lograr ahorros tanto en mano de obra como en materia prima, como así también en todos aquellos gastos innecesarios que se realizan hoy en día.

## **1.2 La empresa:**

El proyecto integrador (PI) se realizará en la empresa ROTOPAM, perteneciente a la firma L. Malatesta e Hijos SA. En sus comienzos, dicha organización fabricaba tanques (para aguadas), bebederos y ladrillos huecos en premoldeo de hormigón, posteriormente continuó con la fabricación de caños y accesorios de hormigón comprimido usados en la fabricación de viviendas y luego se llegó a los tanques de fibrocemento para el acopio de agua domiciliaria.

En la actualidad, la empresa se orientó a la manufactura de tanques de polietileno. Cuenta con modernas maquinarias para la fabricación de aproximadamente 15 dimensiones de tanques de polietileno diferentes, cámaras sépticas en 2 tamaños, cámaras de inspección, cámaras de registro cloacales, biodigestores y otros productos.

La fábrica se encuentra ubicada en Quemú Quemú, La Pampa. A continuación se presenta el *organigrama* de la empresa:



Los empleados de producción se dividen en: maquinista, molinero, ayudante y 1 encargado o capataz. Maquinista recibe el nombre todo aquel empleado que opera una máquina, ya sea para la fabricación de tanques o para la producción de tapas y aros; molinero, como su nombre lo indica, es el encargado de supervisar la actividad de molienda del material virgen; los ayudantes son los que se encargan del proceso de armado del tanque, y de la mezcla del material molido con los pigmentos necesarios; el encargado o capataz supervisa a todo el personal de producción y se encarga de decidir qué tipo de tanque se fabrica en cada máquina.

El responsable de logística es la persona encargada de interactuar entre administración y ventas y los choferes. Coordinando de esta manera los viajes tanto de envío de productos como de recepción de materia prima u otros insumos.

Los choferes son empleados de la empresa que además de manejar los vehículos cuentan con otras responsabilidades tales como coordinar la carga de sus camiones, entregar y controlar que los productos lleguen a destino en buenas condiciones y en algunas ocasiones reciben pagos de los proveedores.

Por otro lado, la organización cuenta con otra sucursal en Comodoro Rivadavia. La misma se encarga únicamente de producir tanques de polietileno y es abastecida por la central. (Se envía materia prima elaborada, tapas, aros, etc)

### 1.2.1 Productos:

- ✚ **TANQUES DE POLITILENO:** es el producto principal de la fábrica. Se realizan mediante rotomoldeo, en ellos el autor centrará la mayor parte del proyecto integrador debido a que representan aproximadamente el 85 % de las ventas totales de la

organización, por lo tanto, una mejora en la producción de dichos productos se reflejará notablemente en la facturación. Cuenta con alrededor de 20 clases diferentes.

En la tabla 1 se presentan los diferentes tipos con los que cuenta la empresa y sus principales características:

<b>Capacidad (litros)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Altura</b>	<b>Patagónico</b>
400	(bicapa/tricapa)	0,82	0,9	No
500	(bicapa/tricapa)	0,84	1,08	No
600	(bicapa/tricapa)	0,97	1,19	No
750	(bicapa/tricapa)	1,1	0,95	No
850	(bicapa/tricapa)	1,1	1,17	No
1100	(bicapa/tricapa)	1,1	1,39	No
2500	(bicapa/tricapa)	1,55	1,6	No
3000	(bicapa/tricapa)	1,55	1,9	No
500	(bicapa/tricapa)	1,05	0,75	Si
850	(bicapa/tricapa)	1,4	0,7	Si
1000	(bicapa/tricapa)	1,4	0,85	Si

Tabla 1: Tanques de Polietileno

Se llama “patagónico” a un modelo de tanques diseñados para la zona sur del país. Debido a los vientos deben ser más anchos que altos, a continuación se muestra una imagen:



Imagen 1: tanque patagónico 850 litros

Imagen 2: 400 litros Tricapa



Imagen 3: 400 litros Bicapa



✚ CÁMARAS SÉPTICAS: Una única pieza, liviana. Reemplaza a las antiguas cámaras de hormigón.

<i>Capacidad (litros)</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Altura</i>	<i>Cant. De personas</i>
600	0,97	1,12	5/7
1200	1,1	1,39	8/12

Tabla 2: Cámaras Sépticas.



Imagen 4: Cámara Séptica. 600 litros.

- **CÁMARAS DE INSPECCIÓN:** Fabricada en un solo cuerpo, son livianas y de fácil instalación, reemplaza a las antiguas cámaras construidas en hormigón.  
Medida: 0,60 m x 0,60 m x 0,40 m



Imagen 5: Cámara de Inspección.

- **TANQUES GRANDES VOLÚMENES:** Aptos para doble función, su diseño permite usarlos como cisternas (bajo tierra) o como depósito a la intemperie. Especialmente fabricado en polietileno virgen activado con UV para su uso indistinto en el acopio de: AGUA-COMBUSTIBLE-AGROQUIMICOS-ETC  
En la tabla 3 el autor presenta las capacidades en litros y sus principales características:

<b>Capacidad (litros)</b>	<b>Tipo</b>	<b>diámetro</b>	<b>altura</b>
5000	(bicapa/tricapa)	2	2,25
7500	(bicapa/tricapa)	2	3,13
10000	(bicapa/tricapa)	2	3,95

Tabla 3: Tanques de grandes volúmenes.



Imagen 6: 5000 litros, tricapa.



Imagen 7: 10000 litros, bicapa.

- **TANQUES HORIZONTALES:** Especialmente fabricado en polietileno virgen activado con UV para su uso indistinto en el acopio de: agua, combustible, agroquímicos, etc. Capacidad: 2000 litros.



Imagen 8: Tanques Horizontales.

- CÁMARAS DE REGISTRO CLOACALES: Las características se presentan en la imagen 8.

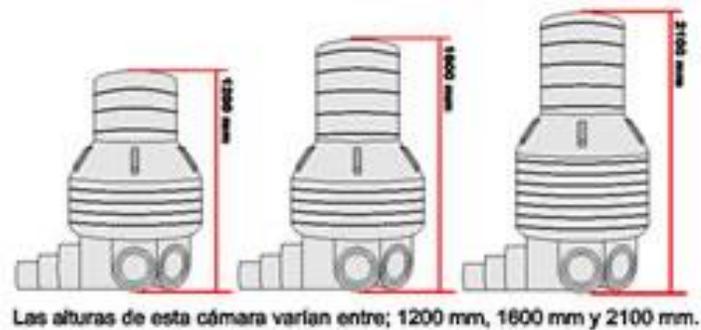


Figura 1: Cámaras de registro cloacales. Características.



Imagen 9: Cámara de registro cloacal.

- **DIGESTORES SÉPTICOS:** Es un equipo autónomo compuesto por recipiente, filtro y accesorios que dispuestos de una manera determinada generan un tratamiento primario de aguas residuales. Se trata fundamentalmente de un proceso de retención de sólidos por decantación y un proceso paralelo de tipo biológico que produce la descomposición de los residuos mediante la acción de bacterias anaeróbicas (en ausencia de oxígeno). El agua pre tratada se infiltra en el terreno donde naturalmente se completa el tratamiento (oxidación) y el lodo que queda en el recipiente, luego de un año debe ser extraído y sirve como abono. Los digestores sépticos son utilizados fundamentalmente en aquellos lugares donde no se cuenta con servicios cloacales, reemplazan a los pozos negros tradicionales. Se fabrican en dos tamaños diferentes: 900 litros y 1400 litros.



Imagen 10: Digestor Séptico, 900 litros

- **PUERTA DE GAS Y BASES PARA TANQUES:** en otro sector de la planta, la empresa cuenta con un espacio físico destinado a la fabricación de puertas de gas aprobada por “ENARGAS”, fabricada con exclusivo marco “Z”, lo que permite el apoyo de la puerta en todo su contorno. Pintadas con pintura Epoxi, secadas a horno y con cerradura en plástico. Además dispone también de la fabricación de bases para tanques desde 400 a 1100 L, construidas en acero y reforzadas con malla que cubre su totalidad para mejor apoyo de los tanques, también recubiertas con pintura Epoxi y horneadas, lo que permite una mayor vida útil y evita la corrosión.



Imagen 11: Puerta de Gas.



Imagen 12: Base para tanques

### **1.3 Demanda actual y proyectada:**

La demanda está condicionada principalmente por la zona geográfica de venta. Si dicha zona presenta escasez de agua, se venden con mayor facilidad los tanques de mayor tamaño. Por el contrario, si en el lugar hay abundante agua, los tanques que se venden son los de menor tamaño.

La firma posee el foco principal de ventas en el sur del país (Bahía Blanca, Neuquén, Rio Negro, Chubut, etc) los productos más requeridos en esa zona son los de 850 y 1100 litros. Los clientes significativos son corralones y empresas de construcción, realizando ventas sólo al por mayor. (Cantidad mínima 10-15 unidades). Esto se debe a que es un producto fuertemente condicionado por el costo logístico, ya que se mueve aire.

Además podemos mencionar que la demanda es de tipo estacional, se da principalmente de octubre a febrero, los últimos años ha crecido tal como se puede observar en el gráfico 1 (demanda sostenida de Octubre a Junio) y se espera que ese crecimiento vaya a continuar en los próximos años.

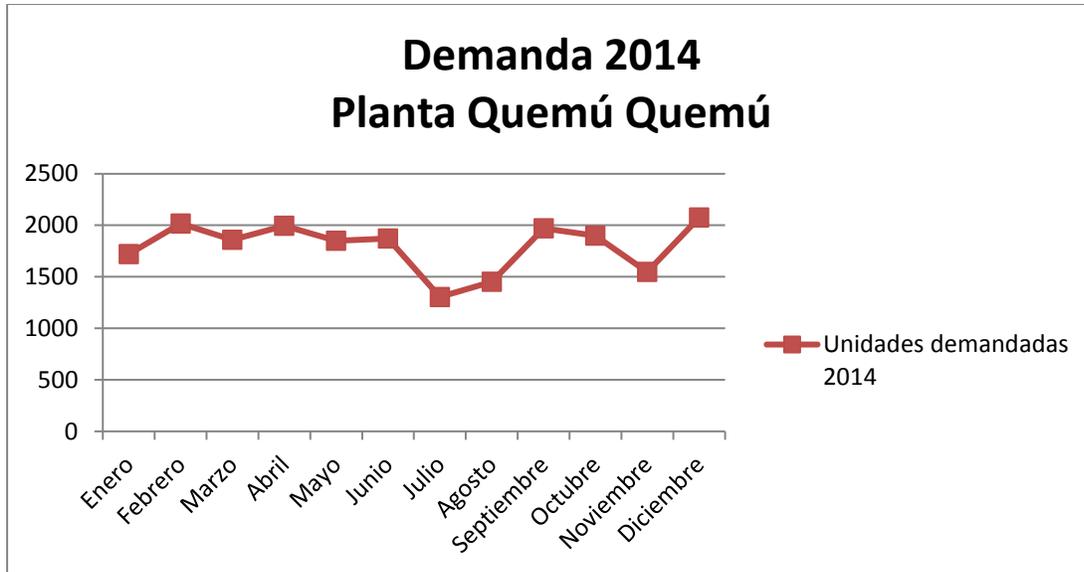


Gráfico 1: Demanda 2014, planta Quemú Quemú.

#### **1.4 Sistema de venta:**

El sistema de venta que utiliza la empresa es principalmente telefónico y en algunas ocasiones vía mail. Se toman los pedidos de los clientes y luego, el encargado de logística, arma los viajes de acuerdo a la cercanía geográfica.

La empresa presenta alrededor de 600 unidades vendidas que no siempre son entregadas a los clientes en el momento de la compra, esto se puede originar por diferentes motivos que se nombran a continuación:

- Clientes que compran grandes cantidades y solicitan entregas parciales;
- Dificultades para completar un viaje por lote pequeño;
- Falta de stock del producto necesario;

La organización cuenta con un registro de todas las unidades que se venden y la cantidad que se entregó de las mismas, pero no se utiliza para nada más que no sea un control de las cantidades entregadas.

Las oficinas de ventas solo se encuentran localizadas en la planta de Quemú Quemú, manteniendo comunicación directa con la sucursal de Comodoro Rivadavia para la coordinación de entregas de tanques de polietileno, único producto elaborado en dicha planta.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Introducción**

En esta sección se abordan los temas y conceptos teóricos necesarios para una mejor comprensión del proyecto integrador. Lo que se intenta lograr es facilitar la interpretación del trabajo al lector introduciéndolo en lo que más adelante verá de forma práctica.

El presente trabajo busca identificar, analizar y proponer soluciones a actividades no productivas que generan pérdidas. Para ello, es muy importante comprender primero el concepto de pérdida para saber distinguir las actividades que agregan valor de las que no lo hacen.

## **2.2 El Concepto de Pérdida**

Pérdida o desperdicio es cualquier actividad o materia utilizada que añade costo al producto final pero no valor desde el punto de vista del cliente, es todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos (materiales, mano de obra, maquinaria, etc.) para fabricar un producto o prestar un servicio. Fujio Cho, de Toyota, lo define como "Todo lo que no sea la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, espacio y tiempo del trabajador, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto".

Dentro de las actividades que se realizan diariamente en una empresa, se pueden distinguir:

- Actividades que agregan valor: son aquellas que modifican, dan forma o función al producto o servicio que requiere el cliente.
- Actividades que no agregan valor: son aquellas que no dan ninguna ventaja competitiva al producto o servicio y no muestran una mejora en el producto o servicio desde la perspectiva del cliente, es decir que éste no estará dispuesto a pagarlas.
- Las que son necesarias pero no agregan valor.

Esto último quiere decir que la eliminación de las pérdidas es un trabajo continuo y permanente, siempre habrá actividades que no agreguen valor. Se busca lograr disminuirlas hasta donde se pueda y sea conveniente a fin de aumentar la productividad.

## **2.3 Las Siete Pérdidas de Toyota.**

Dentro de una empresa hay innumerable cantidad de factores que producen pérdidas y que pueden o no ser identificadas. Mientras más profundo y detallado sea el análisis de cada proceso que se realice, mayor cantidad de desperdicios podrán encontrarse, pero distinguir las pérdidas no siempre es sencillo. Taiichi Ohno (1993), presenta siete categorías o formas de desperdicio que es importante tener en cuenta a la hora de analizar una industria y que se enumeran debajo:

1. Sobreproducción
2. Tiempo de espera
3. Transporte innecesario
4. Exceso de proceso
5. Inventario
6. Movimiento innecesario

## 7. Productos defectuosos

Además de estas siete formas de desperdicio, se agrega una octava que podría denominarse “Desperdicio de talento humano”. A continuación se explicará brevemente cada una de estas ocho pérdidas. (Heizer Jay y Render Barry, 2008)

### **2.3.1 Sobreproducción**

La Sobreproducción implica producir más de lo que necesita el mercado o producir fuera de tiempo, de esta manera se genera inventario de producto terminado.

Normalmente esto se puede producir por diversas causas:

Análisis erróneo del mercado, lo que conlleva a estimar números de demanda que no son reales.

Se producen lotes muy grandes con el fin de ahorrar tiempos de puesta a punto, preparación, etc. o simplemente para reemplazar productos defectuosos.

Se tiene una capacidad de planta excesiva y se pretende utilizarla lo más posible.

La Sobreproducción genera costos anticipados de algo que aún no se ha vendido ya que para el exceso de productos se invirtieron materia prima, horas hombre de trabajo y horas máquina, entre otras cosas. Se utilizan recursos que podrían ser útiles en la fabricación de otros productos, se realizan compras anticipadas y puede bloquearse el flujo de piezas. Todo esto en definitiva es incrementar el nivel de inventario lo cual implica dinero inmovilizado.

### **2.3.2 Tiempo de Espera**

El Tiempo de Espera se produce cuando una máquina, persona o producto debe esperar inactivamente para continuar con el proceso, lo que provoca un aumento del tiempo de producción y por lo tanto aumento de los costos, además del espacio físico ocupado por materiales en proceso o personas a la espera de algo.

Es causado por producción en lotes muy grandes o una programación inadecuada, flujo productivo obstruido, elevado índice de reproceso, preparación de máquinas de larga duración, layout de planta equivocado o desequilibrio de capacidad entre otras cosas.

### **2.3.3 Transporte Innecesario**

El transporte innecesario se refiere a cualquier transferencia o manipulación de materiales, partes o productos terminados desde un lugar a otro por cualquier razón. Esto también aumenta el tiempo de fabricación del producto y su costo.

En un proceso de manufactura que posee una mala distribución de planta, es decir, un lugar donde los centros de trabajo están ubicados de manera desordenada o incómoda, se generan dobles o triples manejos, por lo que el producto viaja más tiempo del necesario para ser terminado.

Este factor es difícil de distinguir ya que el transporte debe ser utilizado siempre en alguna parte del proceso y se ve a los operarios haciendo algo: moviendo el material. Por eso es que se debe estar atento a cuando esto es imprescindible y cuándo puede evitarse.

### **2.3.4 Exceso de Proceso**

El Exceso de Proceso se refiere a operaciones que pueden no ser necesarias, utilizar las herramientas o equipos inapropiados o proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente. Esta forma de desperdicio es la más difícil de identificar y eliminar ya que reducirlo implica quitar elementos del trabajo mismo.

Este tipo de desperdicio puede ser causado porque los estándares de producción son desconocidos o no son claros, porque se tiene una idea errónea de lo que quiere realmente el cliente o porque se diseñaron mal los pasos necesarios para llegar al producto final.

### **2.3.5 Inventario**

El Inventario se refiere al excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado. El principal problema con el exceso inventario radica en que oculta problemas que se presentan en la empresa. No agrega ningún valor al cliente, pero muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias en sus procesos. Para explicar este fenómeno, se puede utilizar una analogía que compara a la empresa con un barco que navega tranquilamente por un río plagado de rocas (problemas), un nivel adecuado de los inventarios (nivel del agua), podrá conseguir que la empresa “navegue” plácidamente como lo muestra la figura:



Imagen 13: El nivel del agua (inventario) oculta los problemas

Al bajar el nivel de inventario, los problemas, tales como falta de calidad, fallos de distribución, esperas, averías, etc., comienzan a “asomarse” por encima del nivel del agua obligando a los dirigentes de la empresa a resolverlos para que la misma pueda continuar “navegando”. Mientras más se baje el inventario, más problemas por resolver irán apareciendo.

El inventario que sobrepase lo necesario para cubrir las necesidades del mercado, tiene un impacto negativo en la economía de la empresa y emplea espacio valioso. A menudo un stock es una fuente de pérdidas por productos que se convierten en obsoletos, posibilidades de sufrir daños, tiempo invertido en recuento y control y errores en la calidad escondidos durante más tiempo.

Las causas más comunes de Inventario son la aceptación del inventario como normal o como un “mal necesario”, layout inadecuado del equipamiento, tiempos de preparación de máquinas muy extensos, lotes de producción grandes, flujo de materiales obstruido, producción anticipada, diferentes velocidades de procesos, etc.

### **2.3.6 Movimiento Innecesario**

El Movimiento Innecesario se produce cuando en los procesos de producción y áreas de servicio, los operarios tienen que realizar movimientos excesivos para tomar partes productivas, herramientas o realizar desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.

Este desperdicio se puede confundir con el de transporte, pero este caso se refiere a los movimientos dentro de un proceso, mientras que el otro considera al movimiento entre procesos. Los movimientos innecesarios están causados por un flujo de trabajo poco eficiente, una distribución de planta incorrecta, métodos de trabajo inconsistentes o mal documentados, falta de

capacitación o entrenamiento en los operarios, etc. Estos movimientos hacen que el operario se desplace más de lo que debería o que tenga que mover la materia prima de un lado para otro, aumentando su cansancio y disminuyendo el tiempo dedicado a realizar lo que realmente aporta valor.

### **2.3.7 Productos Defectuosos**

Los Productos Defectuosos incluyen todo aquel retrabajo, reparación o corrección realizada al producto por problemas de calidad así como también la sobre inspección como efecto de la contención de problemas en lugar de su eliminación.

Esto puede deberse principalmente a dispositivos a prueba de error poco efectivos, no se cuenta con una estandarización del trabajo realizado, provocando una variabilidad excesiva en el proceso, el mantenimiento del equipo o herramienta es poco efectivo, etc.

### **2.3.8 Desperdicio de Talento Humano**

Este octavo desperdicio se refiere a no tener en cuenta la capacidad de los trabajadores, no aprovechar sus ideas o su creatividad, sus conocimientos o su experiencia. Esto es un grave error debido a que las personas que están en permanente contacto con las operaciones diarias, con los productos y los procesos, son quienes más las conocen y ven problemas u oportunidades de mejoras que otros no ven.

## **2.4 Productividad:**

La creación de bienes y servicios requiere transformar recursos de todo tipo. Cuanto más eficientemente se realice esta modificación, tanto más productivos seremos. La productividad es el cociente entre la producción y los factores productivos. Mejorar la productividad significa realizar bien el trabajo, es decir, mejorar la eficiencia.

En este proyecto, el autor intentará constantemente aumentar la productividad de la fábrica a través de las distintas mejoras que propone. Esta mejora se puede realizar de dos formas: reduciendo los factores productivos mientras la producción permanece constante, o aumentando la producción mientras los factores productivos permanecen iguales. Las dos generan un aumento de productividad.

Desde una perspectiva económica, los factores productivos son la tierra, el trabajo, el capital y la dirección, que se combinan en un sistema de producción.

La medición de la productividad es una excelente forma de evaluar la capacidad de un país para proporcionar y mejorar el nivel de vida de sus habitantes. Sólo mediante un aumento de la productividad puede mejorar el nivel de vida. Y aún más, sólo mediante el aumento de la productividad puede aumentar la remuneración del trabajo, el capital y la dirección. (Heizer Jay y Render Barry, 2007)

### 2.4.1 Medición de la productividad:

La medición de la productividad puede ser bastante directa. Es el caso cuando se mide la productividad como horas de trabajo por tonelada de determinado tipo de acero. Aunque las horas de trabajo son una medida común de un factor productivo, se pueden utilizar otras medidas como el capital, los materiales o energía. La ecuación se puede resumir de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Cantidad\ de\ factores\ productivos\ empleados}$$

La utilización de un solo factor productivo para medir la productividad se conoce como **productividad de un solo factor**. Sin embargo, existe la **productividad de múltiples factores** que supone una visión más amplia, que incluye todos los factores productivos. A dicha productividad también se la conoce como productividad total de los factores y se calcula de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Output}{Trabajo+Material+Emergia+Capital+Varios}$$

Para facilitar el cálculo de la productividad de múltiples factores, se pueden expresar los factores productivos individuales en una moneda común y sumarse. (Heizer Jay y Render Barry, 2007)

### 2.4.2 Variables de la productividad:

Los incrementos de la productividad dependen de tres variables principales:

1. Trabajo
2. Capital
3. Gestión

**TRABAJO:** tener un personal más sano, más formado y mejor alimentado trae como consecuencia una mejora en la productividad. Parte del incremento se puede deber a una semana laboral más corta. Las tres variables claves para la mejora de la productividad laboral son:

- Formación básica adecuada para una mano de obra eficaz;
- La alimentación de la mano de obra;
- La infraestructura social que posibilita el acceso al trabajo, como el transporte y la sanidad.

**CAPITAL** “las tasas y los impuestos aumentan el coste del capital, haciendo que las inversiones en capital resulten cada vez más caras. Cuando disminuye el capital invertido por empleado, podemos esperar una caída de la productividad. Utilizando mano de obra en lugar de capital, se puede reducir el desempleo a corto plazo; sin embargo esto también provoca que la economía sea menos productiva y, por tanto, a largo plazo, los salarios también serán más bajos. La inversión en capital suele ser un requisito necesario, pero rara vez suficiente, en la batalla para aumentar la productividad.” (J. Heizer y B. Render, 2007)

**GESTIÓN** la gestión es un factor de producción y un recurso económico. Es la responsable de asegurar la que los otros dos factores se utilicen eficientemente para conseguir un aumento de

productividad. Comprende tanto las mejoras realizadas por la utilización del conocimiento como así también la aplicación de tecnología.

Las sociedades del conocimiento (son aquellas post-industriales en las cuales es crítico el uso de los conocimientos y la tecnología) son aquellas en que la mayor parte del capital humano ha pasado del trabajo manual a realizar tareas técnicas y de tratamiento de la información, que requieren una formación continua. El mayor conocimiento base de la sociedad contemporánea exige que los directivos utilicen eficazmente la tecnología y los conocimientos. (Heizer Jay y Render Barry, 2008)

## **2.5 Importancia estratégica de las decisiones de Layout:**

Las decisiones sobre layout son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia a largo plazo de las operaciones. El layout tiene numerosas implicaciones estratégica; establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costes, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen. Un layout eficaz puede ayudar a una organización a conseguir una estrategia que esté basada en diferenciación, bajos costes o rapidez de la respuesta. El objetivo de la estrategia de layout es poder desarrollar uno económico que cumpla los requisitos competitivos de la empresa. En todos casos, el diseño del mismo debe tener en cuenta cómo conseguir lo siguiente:

1. Una mayor y mejor utilización del espacio, personas y equipos.
2. Una mejora del flujo de información, personas y materiales.
3. Una mejora de la moral y de la seguridad en las condiciones de trabajo de los empleados.
4. Una mejora en la interacción con el cliente.
5. Una mayor flexibilidad, es decir, el layout debe estar preparado para ser cambiado con agilidad en cualquier momento.

En un mundo con ciclos de vida de los productos cada vez más cortos, y con una mayor demanda de personalización en masa, los diseños de layout tienen que concebirse de manera dinámica. Para obtener ese dinamismo en el layout los directores forman a sus empleados para que puedan ser polivalentes, mantienen los equipos adecuadamente, procuran que las inversiones sean bajas, colocan los puestos de trabajo próximos entre sí, y utilizan equipos pequeños y móviles.

“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio”. (Muther, 1992).

Se busca promover la utilización eficiente de todo el “cubo de construcción”, es decir, aprovechar tanto el espacio horizontal como vertical. Existen algunos principios básicos de distribución de planta, propuestos por José Ignacio Trueba Jainaga extraídos de la Universidad de Castilla, La Mancha, que se numeran a continuación:

1. *Principio de la satisfacción y la seguridad.* A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores. La mejora de las condiciones de trabajo permite reducir el esfuerzo necesario para realizar una tarea lo que ayuda a lograr una mayor producción por jornada.
  2. *Principio de la integración de conjunto.* Se debe integrar a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas las partes.
  3. *Principio de la mínima distancia recorrida.* Se busca que la distancia a recorrer por materiales, productos y personas sea la más corta posible a fin de disminuir el transporte innecesario.
  4. *Principio de la circulación o flujo de materiales.* Se deben evitar los cruces y las interrupciones. En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.
  5. *Principio del espacio cúbico.* Se debe buscar utilizar todo el espacio disponible de una manera efectiva, tanto vertical como horizontalmente.
  6. *Principio de la flexibilidad.* A igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.
- (Heizer Jay y Render Barry, 2007)

### **2.5.1 Manejo de Materiales**

“El manejo de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada para minimizar los costos de producción.” (Meyers y Stephens, 2006).

De acuerdo a los autores del libro “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales”, Meyers y Stephens, el manejo de materiales tiene cinco dimensiones a ser consideradas que se relacionan unas con otras:

1. **Movimiento.** Transporte o transferencia de material de un lugar a otro.
2. **Cantidad.** Impone el tipo y naturaleza del equipo para manejar el material y su costo asociado.
3. **Tiempo.** Determina la rapidez con que se mueve el material, esto influye en la cantidad de trabajo en proceso, los inventarios en exceso, el manejo repetitivo del material, etc.
4. **Espacio.** Requerido para almacenar y mover el equipo.
5. **Control.** Incluye el seguimiento del material, la identificación y la administración del inventario entre otros aspectos.

Como puede observarse, todo el manejo de materiales en sí constituye una pérdida, ya que no agrega valor al producto, pero en la mayoría de los casos es necesario y si bien se puede disminuir no puede eliminarse por completo.

## **2.6 Tipos de layout.**

Las decisiones de layout buscan determinar la mejor ubicación de la maquinaria (en entornos de producción), de mesas de trabajo y demás mobiliario (en entornos de oficinas), o de centros de servicio (en entornos como hospitales o grandes almacenes). Un layout eficaz facilita el flujo de materiales, personas e información dentro de cada área y entre ellas. Para alcanzar estos objetivos, se han desarrollado las siguientes posibilidades:

1. *Layout de oficinas:* sitúa a los empleados, a sus equipos y espacios para favorecer el flujo de información.
2. *Layout de comercios:* organiza y distribuye el espacio de estantes y responde al comportamiento del cliente.
3. *Layout de almacenes:* busca el equilibrio entre necesidades de espacio y manejo de materiales.
4. *Layout de posición fija o de proyecto:* trata de los requerimientos del layout de grandes y voluminosos proyectos.
5. *Layout orientado al proceso:* referido a la producción de bajo volumen y alta variedad.
6. *Layout de células de trabajo:* organiza la maquinaria y los equipos para centrarse en la producción de un único producto o grupo de productos relacionados.
7. *Layout orientado al producto:* busca la mejor utilización del personal y la maquinaria en una producción repetitiva o continua.

A continuación, el autor desarrollara el tipo de layout orientado al producto, por ser el que mejor se aplica a la empresa en cuestión, dado que la misma desarrolla una producción con gran porcentaje de repetitividad, optimizando los recursos humanos y físicos para lograr un aumento de productividad. Cabe destacar que presenta grandes signos de lo que es una producción artesanal, pero la idea de los dueños es ir de a poco realizando mejoras para automatizar y buscar una producción más en serie. (Heizer Jay y Render Barry, 2007)

### **2.6.1 Layout orientado al producto:**

El layout repetitivo y orientado al producto se organiza en torno a productos o familias de productos similares, donde existe un alto volumen y una baja variedad de productos. Suele utilizarse en producción continua. Existen dos tipos de layouts repetitivos, en primer lugar, tenemos la línea de fabricación que se encarga de la elaboración de los componentes, y en segundo lugar, se encuentra la línea de montaje, la cual ensambla las piezas fabricadas en una serie de estaciones o puestos de trabajo. El principal problema al que se enfrenta el layout repetitivo es el de equilibrar las tareas en cada estación de trabajo de la línea de producción de manera que el tiempo en cada una de las estaciones sea aproximadamente el mismo, con la condición de que se obtenga la cantidad de producción deseada de la línea. En base a esto, podemos afirmar que el objetivo de este tipo de layout es la minimización del desequilibrio en la línea de fabricación o montaje. (Heizer Jay y Render Barry, 2007)

*Las principales ventajas del layout orientado al producto son:*

- El bajo coste variable por unidad, normalmente asociado a productos estandarizados de alto volumen
- Bajos costes de manejo de materiales
- Reducidos inventarios de trabajo en curso de fabricación
- Formación y supervisión más fáciles
- Producción rápida

*Las desventajas del layout orientado al producto son las siguientes:*

- Es necesario un alto volumen de producción, debido a las grandes inversiones que hacen falta para montar el proceso
- La detención del trabajo en cualquier punto de la línea provoca la parada de todo el proceso
- Existe falta de flexibilidad cuando se manejan diversos productos o diferentes tasas de la producción

### **2.7 Capacidad Productiva**

*“La capacidad productiva hace referencia al máximo nivel de producción que puede soportar una unidad productiva concreta, en circunstancias normales de funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado.”* Dominguez Machuca José Antonio y otros, 1995, “Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios”.

Se expresa en unidades relacionadas con periodos de tiempo: horas máquina diarias, horas hombre por semana, volumen anual, etc.

Este término pone de manifiesto si un sistema productivo es capaz de satisfacer la demanda o si ésta queda insatisfecha. Además, evalúa si los equipos e instalaciones permanecen inactivos o han sido utilizados en su totalidad. Lo más adecuado sería que la organización tuviese una capacidad productiva flexible que le permitiera ajustarse a cambios en los volúmenes de

producción. Si tuviese una capacidad productiva por encima de la requerida, estaría perdiendo clientes. Si la tuviese por debajo de la requerida, estaría incurriendo en costes adicionales a la producción existente.

Para determinar la capacidad productiva, hay que tener presente las siguientes consideraciones:

- **Predecir la demanda.** Es fundamental para determinar la capacidad productiva que requiere la organización. Cuando se lanza al mercado un nuevo producto es preciso establecer sus perspectivas y el ciclo de vida de los productos existentes. La empresa debe de tener claro, además de los niveles de venta que se prevean alcanzar, los productos que tiene pensado eliminar y cuales va a añadir.
- **La tecnología y los aumentos de capital.** Al inicio las alternativas pueden ser muchas, pero determinada la cantidad a producir, las decisiones sobre tecnología vienen ayudadas por el análisis de los recursos humanos necesarios, fiabilidad, calidad, costos, etc. Esta evaluación permite disminuir el número de alternativas. La tecnología puede establecer el incremento necesario de capacidad productiva. En una organización la persona encargada de la tecnología y de determinar el aumento exacto de capacidad es el director de operaciones.
- **Determinar el volumen óptimo de producción.** Las decisiones nombradas anteriormente sobre tecnología e incrementos de capacidad establecen el tamaño óptimo de los equipos e instalaciones de una empresa.
- **Adaptación al cambio.** En la actualidad se producen mejoras y avances continuamente, el progreso es inevitable. Por ello, las organizaciones deben de introducir flexibilidad en su sistema productivo. Deben de determinar si es posible adaptarlo a distintos aumentos o disminuciones de ingresos, en relación a los riesgos potenciales.

Por otro lado, la capacidad puede ser planificada a corto, medio y largo plazo, la forma de hacerlo en cada caso es muy distinta:

- En el corto plazo es difícil adaptar la capacidad productiva de la empresa a los requerimientos de la demanda. Para ello, se puede acudir a la reestructuración de los programas de trabajo o a la redistribución de las cargas de trabajo a los distintos centros de trabajo.
- En el medio plazo, la organización para adaptar su capacidad productiva puede acudir a horas extras, despidos de personal, utilización de inventarios y subcontratación.
- En el largo plazo, la empresa puede llevar a cabo significativas inversiones en equipos e instalaciones o tomar decisiones de carácter estructural. La importancia de dichas decisiones es enorme, ya que, una vez tomadas, son difíciles de alterarlas sin incurrir en altos costes.

Existen dos formas de referirse a la capacidad, las cuales son conceptualmente diferentes:

*-Capacidad deseada o proyectada:* es la tasa de capacidad ideal para la cual se elaboró el sistema productivo. Es la máxima capacidad teórica que podría alcanzar una organización en condiciones normales de funcionamiento. La mayor parte de las empresas utilizan sus equipos e instalaciones a un ritmo por debajo de su capacidad deseada.

-*Capacidad real o efectiva*: es la capacidad que espera conseguir una organización teniendo en cuenta sus actuales limitaciones operativas. A menudo, es menor que la capacidad deseada, ya que los equipos e instalaciones pueden haber sido diseñados para una versión del producto o para una combinación de productos distinta de la que se fabrica actualmente.

### **2.7.1 Factor de utilización y factor de eficiencia.**

- *El factor de utilización, U:*

El total de horas disponibles durante una jornada de trabajo no se dedican a producir, sabemos que existen paradas debidas a mantenimiento periódico de equipos, paradas por desayuno o aseo, abastecimiento, roturas de máquinas, etc. Por lo tanto, para poder alcanzar una unidad de medida realmente homogénea y representativa de la capacidad disponible, es necesario realizar una serie de precisiones:

$$U = \frac{NHP}{NHR}$$

$$NHP = NHR \times U$$

Dónde:

NHP= Número de horas productivas.

NHR= Número de horas reales.

- *El factor de eficiencia, E:*

Otra circunstancia muy importante que debemos considerar es que cada operario posee distintos conocimientos, habilidad y rapidez de movimiento. Por lo tanto esto puede llevarnos a que una misma labor realizada por empleados diferentes tenga diferentes tiempos productivos, es decir, se realice con distinta eficiencia. Para obtener una unidad de medida homogénea, definimos el concepto de Hora Estándar:

$$E = \frac{NHE}{NHP}$$

$$NHE = NHP \times E$$

Dónde:

NHE= Número de hora estándar.

Por lo tanto, podremos traducir las horas reales de trabajo en hora estándar de la siguiente manera:

$$NHE = NHP \times E = NHR \times U \times E$$

## 2.8 Sistema de producción PUSH y PULL

### 2.8.1 Sistemas de información PUSH

El sistema Push se caracteriza por definir y establecer la labor a realizar para cada una de las estaciones de trabajo, cada una de las cuales “empuja” posteriormente el trabajo ya realizado hasta la siguiente etapa. Con este sistema de producción se generan stock no solo de productos terminados sino también de productos en proceso. (Muñoz Negrón, David, 2009, “Administración de operaciones”.)

### 2.8.2 Sistemas de información PULL

En el sistema pull se retrocede hasta la estación previa para retirar de ella los materiales y partes que necesitan para procesarlos inmediatamente. Cuando se retira el material, los operarios de esta estación saben que ha llegado el momento de comenzar a producir para reemplazar la producción retirada por la siguiente estación. Si la producción no se retira, los empleados de la estación previa detienen su labor. De este modo se evita tanto el exceso como el defecto en la producción. Se produce sólo lo necesario, entendiendo como tal no lo que viene establecido en un plan, sino lo que los consumidores demandan. Para controlar mejor el funcionamiento del sistema, se utiliza un mecanismo de formalización, denominado sistema de kanbán. (En japonés, *tarjetas*). (Muñoz Negrón, David, 2009, “Administración de operaciones”.)

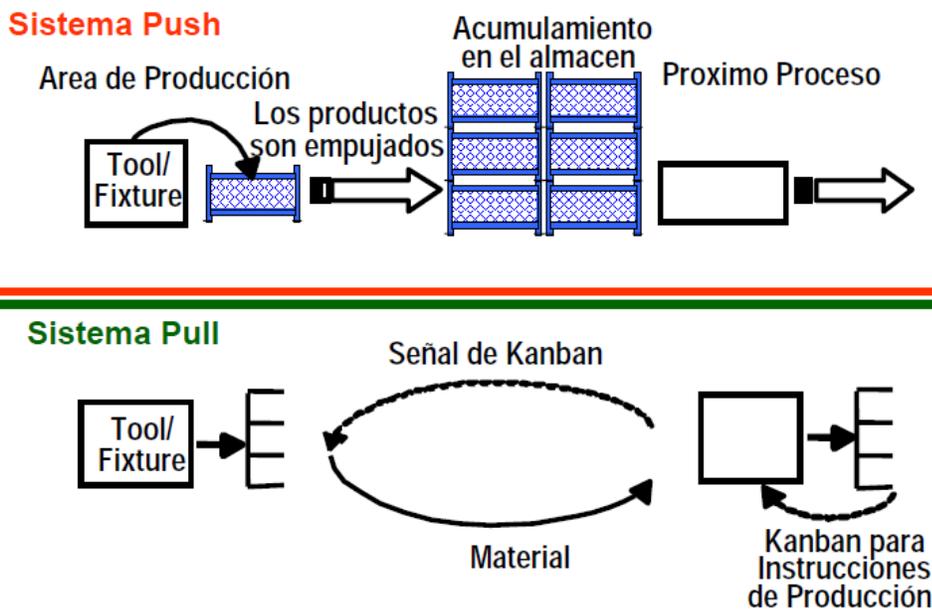


Figura 2: Sistema Push - Pull

## **2.9 Teoría de las restricciones**

Las pérdidas están presentes en cada uno de los procesos y no pueden ser eliminadas por completo, entonces debe establecerse un orden de prioridades para analizarlos. ¿Dónde influirá más una mejora? es lo que se pretende averiguar aplicando la Teoría de las Restricciones.

La Teoría de restricciones o TOC por sus siglas en inglés (Theory of Constraints), es una filosofía de gestión de sistemas o empresas que se crea sobre una guía y se diseña para lograr un proceso de mejora continua. La fortaleza de la TOC radica en la simplicidad con que se resuelve una realidad compleja. Se basa en que toda organización es creada para lograr una meta: ganar dinero de forma sostenida.

Si una empresa no gana dinero por producir y vender productos, o por contratos de mantenimiento o por vender algunos de sus haberes, o por cualquier otro medio, esa empresa se acaba. Deja de funcionar. El dinero tiene que ser la meta, nada puede reemplazarlo. (Goldratt, 2004, “La Meta”, 3era edición.)

### **2.9.1 Restricciones o cuellos de botella**

De acuerdo a la definición expresada por Goldratt, en su libro La Meta, “un cuello de botella es un recurso cuya capacidad es igual o menor a la demanda que hay de él”. Aunque debe tomarse como un concepto más amplio: los recursos Cuello de Botella son las restricciones del sistema y por lo tanto determinan la capacidad de la planta o empresa. Incrementar la capacidad de la planta es incrementar únicamente la capacidad de los cuellos de botella.

De aquí se desprenden otros dos tipos de recursos:

1. Los recursos que no son cuello de botella: su capacidad es mayor a la demanda que se le impone.
2. Los recursos restrictivos de la capacidad: son aquellos que se han convertido en cuello de botella como resultado de un incorrecto manejo o programación.

La capacidad de la planta es igual a la capacidad de sus cuellos de botella. Lo que los cuellos de botella produzcan en una hora, equivale a lo que la planta produce en una hora. Así que una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida en el sistema entero. (Goldratt, 2004, “La Meta”, 3era edición)

De acuerdo a esta última reflexión, si un cuello de botella no está trabajando, el costo verdadero es el costo de una hora del sistema entero y no sólo de ese recurso en particular, lo cual implica una enorme pérdida.

Es importante aclarar, que las restricciones no sólo son por capacidad productiva, también pueden deberse al mercado, a la disponibilidad de materiales, a estrategias y políticas de la empresa, entre otras cosas.

### **2.9.2 Las nueve reglas de aplicación**

Goldratt enuncia nueve reglas a lo largo de su libro La Meta que sintetizan los principios básicos para optimizar la producción.

1. Equilibrar el flujo de producción, no la capacidad productiva. El flujo debe ser diseñado en función del cuello de botella haciendo que éste marque el ritmo de producción.
2. El uso de un recurso no cuello de botella está determinado por una limitación ajena al recurso. Si a un recurso no cuello de botella se le establece una producción superior a la del flujo permitido por el cuello de botella, sólo se acumulará stock de materiales en proceso.
3. No es lo mismo utilizar un recurso que activar un recurso. De acuerdo al autor de la TOC utilizar un recurso significa hacer uso del recurso de un modo que mueva el sistema hacia la meta. Activar un recurso es como oprimir el botón de encendido de la máquina, funciona se deriven o no beneficios de su trabajo.
4. Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema. Se ha definido que la capacidad del cuello de botella determina la capacidad del sistema, por lo tanto, cuando éste pierde tiempo, es decir producción, el conjunto pierde la misma cantidad.
5. Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo. Si a un no cuello de botella no se le da otra actividad productiva es preferible que permanezca ocioso a que aumente las existencias sin aumentar los ingresos.
6. Los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema.
7. El lote de transferencia puede no ser igual al lote en proceso. El lote de transferencia es el que se utiliza para transportar elementos de un puesto de trabajo a otro mientras que el lote de proceso es el realizado por un centro de trabajo entre dos puestas a punto. Muchas veces puede convenir que los lotes de transferencia no sean los obtenidos por el proceso para que el siguiente puesto pueda ir utilizando lo que va saliendo del anterior sin tener que esperar a que se terminen grandes lotes. Cuando se subdividen los lotes de proceso en lotes más pequeños de transferencia, se acortan los tiempos totales del ciclo de

producción. Esto también puede verse en el Sistema de Producción Toyota que alienta al flujo continuo moviendo de a una pieza a la vez.

8. El lote de proceso puede ser variable a lo largo de su ruta y en el tiempo.
9. Las prioridades solo se pueden fijar teniendo en cuenta todas las limitaciones del sistema. El tiempo de fabricación es un derivado del programa.

# **CAPÍTULO 3:** **DIAGNÓSTICO/DESCRIPCIÓN** **GENERAL DE LA EMPRESA**

### **3.1 Materia Prima:**

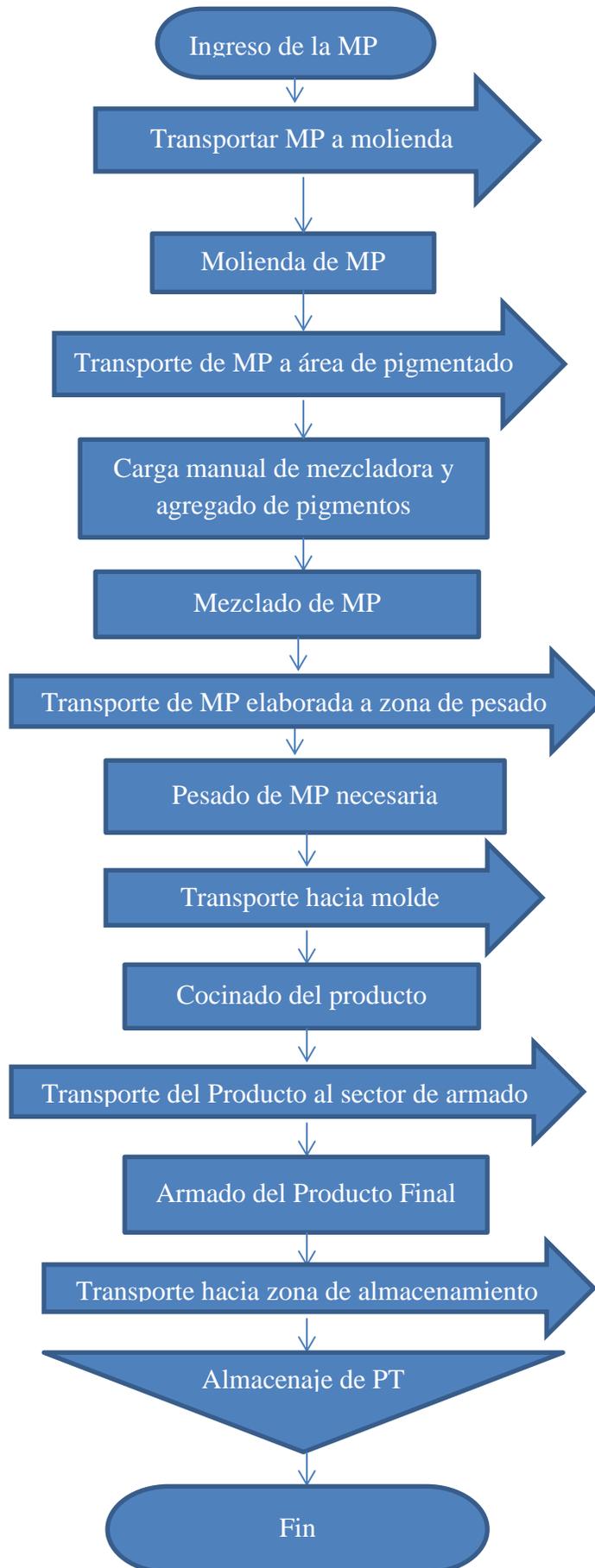
Para un mejor análisis el autor dividió la materia prima (MP) en 3 tipos:

- Virgen: se llama así al material en granos, en la forma original que se lo compra.
- Semi elaborada: Luego de ser molida recibe este nombre.
- Elaborada: Una vez que se mezcla con los pigmentos necesarios, se obtienen los 4 tipos de materiales que se utilizan en la fabricación. Los mismos son *NEGRO*, *COLOR*, *ESPONJANTE* y *GRIS*.

Por otro lado, la empresa también cuenta con otros insumos necesarios para la producción tales como: tornillos para los aros y para las tapas de los moldes; desmoldante líquido para aplicar en los moldes y tapas de los tanques y en aerosol para la matriz de la inyectora; bridas; o-rings; caño pvc; thinner para limpiar algunos productos terminados; etc. Además también fabrica otros insumos propios: conos para las cámaras de registro; filtros para los digestores y calcos para los diferentes productos.

### **3.2 Proceso Productivo:**

A continuación se muestra un diagrama de flujo del proceso productivo actual. El mismo contempla todas las operaciones que se realizan desde que ingresa la materia prima virgen al establecimiento hasta que salen los productos terminados del mismo.



El proceso comienza cuando llega la materia prima virgen, la misma puede encontrarse en palets (bolsas) o en cajas, las dimensiones de ambos casos son similares. El molinero se encarga de cargar el molino (*en esta operación existen pérdidas de MP*) y va almacenando la materia prima semi elaborada en tachos.



Imagen 14: A la izquierda el material virgen próximo a ser introducido en el cargador. A la derecha el tacho con la materia prima semi elaborada que sale del molino.



Imagen 15: operario cargando el molino.

Luego la materia prima semi elaborada pasa al área de pigmentado y mezclado para convertirse en materia prima elaborada, lista para su uso.



Imagen 16: Sector de mezclado.

La carga de dichas máquinas se realiza de una manera totalmente manual, cargando el material con latas. Éste proceso provoca que se disperse gran cantidad de polvo y contamine el ambiente, además de originar *pérdidas de material*.

Una vez que se obtiene la materia prima imprescindible para la fabricación, el ayudante mueve los tachos hacia dicha área y los coloca cerca de la balanza. De esta manera, el maquinista se encarga de llenar las latas necesarias y pesarlas para disponer de la cantidad de material necesaria y suficiente. Aquí también *se derrama abundante MP*, como se puede observar:



Imagen 17: Materia prima elaborada, lista para su uso.

Cálculo del material derramado:

Fecha	kg derramados
01-jun	3,7
02-jun	4
03-jun	4,3
04-jun	3
05-jun	2,7
08-jun	3,2
09-jun	1,4
10-jun	1,9
11-jun	3,9
12-jun	3,4
15-jun	3,8
16-jun	4,7
17-jun	4,9
18-jun	4,1
19-jun	2,5
22-jun	2,9
23-jun	3,2
24-jun	3,9
25-jun	2,5
26-jun	2,9
29-jun	5,2
30-jun	3,8
01-jul	3,6
02-jul	3,9
03-jul	3,4
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,472</b>

Tabla 4: cálculo de material derramado en el sector de pesado.

Los kg de material pesados corresponden a 2 turnos de trabajo. Cabe destacar que también se pesa un porcentaje pequeño de partículas que no son materia prima sino basura, pero dicho porcentaje es insignificante.

Tomando un costo promedio de materia elaborada de 25 \$/kg obtenemos la siguiente pérdida mensual aproximada:

$$25 \frac{\$}{Kg} * 3,47 \frac{Kg}{dia} * 22 \text{ días} = 1908,5 \$ \text{ mensuales}$$

Dicho cálculo nos origina una **pérdida anual aproximada de \$ 22902 aproximadamente.**

Continuando con el flujo de producción, se pasa a la operación de cocción. La misma se realiza por rotomoldeo. Dicho proceso es similar para todos los productos de la empresa, cambiando únicamente los tiempos de fuego dependiendo de los kg de materia prima que se necesiten. En

primer lugar se coloca desmoldante líquido en el molde y la calco que indica el modelo a fabricar. Luego se introduce la materia prima y comienza a girar el molde. Seguidamente se encienden los mecheros (cada máquina cuenta con 3, uno en la parte delantera, otro en el medio y uno atrás). Se cocina primero la parte delantera inclinando la máquina hacia abajo, después de eso se coloca la máquina en una posición horizontal para quemar la parte central o “cuerpo del producto” y por último se inclina hacia atrás para la cocción del fondo. Estas etapas se repiten 2 veces, cambiando el sentido de giro del molde.



Imagen 18: Proceso de cocción.

Una vez fabricado el tanque, el maquinista lo deposita en el sector de armado que se muestra a continuación y el ayudante lo arma. Al final de cada producción, cada maquinista traslada los productos terminados hacia el exterior del predio.



Imagen 19: Sector de armado.

### **3.3 Inyectora:**

Un proceso paralelo al de cocción de los tanques y cámaras es el de fabricación de tapas y aros. El mismo se realiza mediante inyección de polipropileno. El tiempo que demora es aproximadamente de 1 minuto por tapa y 1,5 minutos por aro.



Imagen 20: inyectora.

### 3.4 Layout actual:

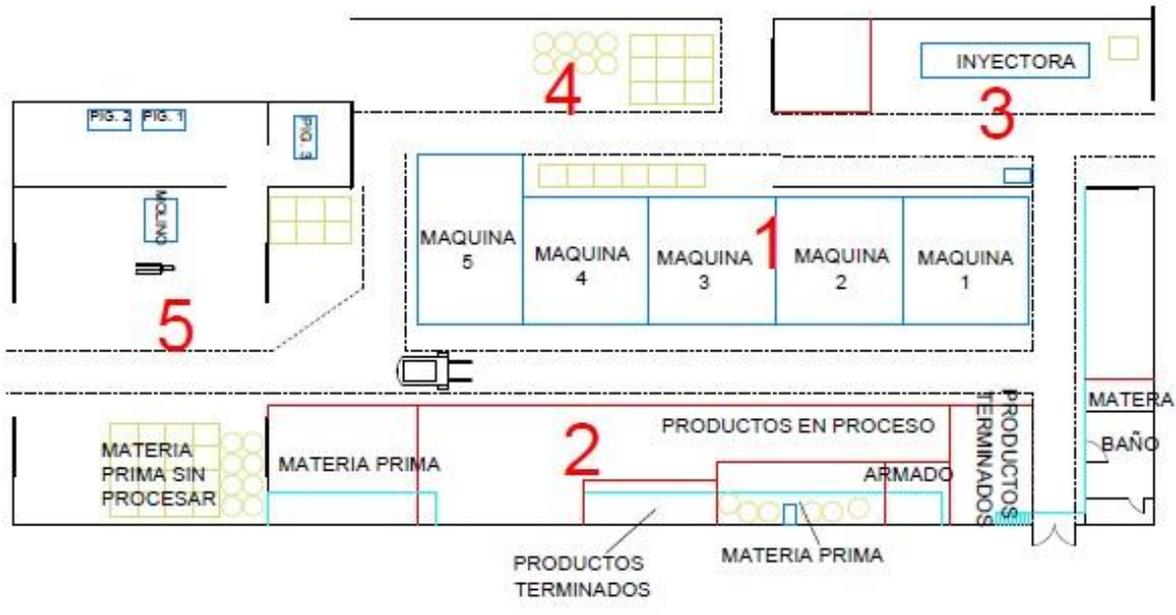


Figura 3: Layout actual

Como se puede observar, para simplificar su análisis, el autor decidió sectorizar la fábrica en 5 partes:

1. Sector de Fabricación. (Máquina 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a las encargadas del proceso de cocción.)
2. Sector de Armado, Productos en proceso y terminados.
3. Sector de Inyectora.
4. Sector sin definir.
5. Sector de Molienda, Pigmentado y Mezclado.

A continuación se muestra el flujo de materia prima, productos y scrap en imágenes distintas para una mejor comprensión:

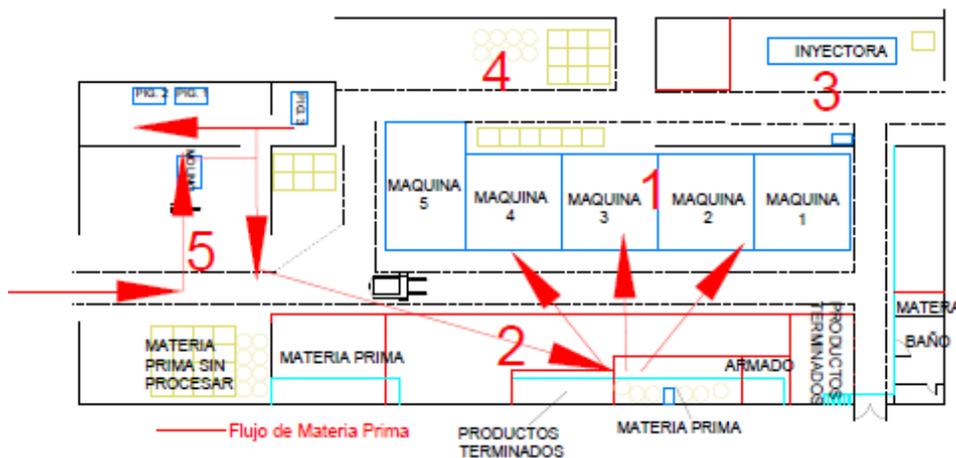


Figura 4: Flujo de materia prima actual

Como se puede observar, la materia prima ingresa por el portón grande al sector 5. Luego de que se muele se le agregan los pigmentos necesarios y queda lista para ser utilizada. Seguidamente pasa al sector 2, lugar donde los maquinistas pesan la cantidad necesaria y la acarrean hasta cada una de las máquinas. Allí, mediante rotomoldeo, se realiza la transformación final.

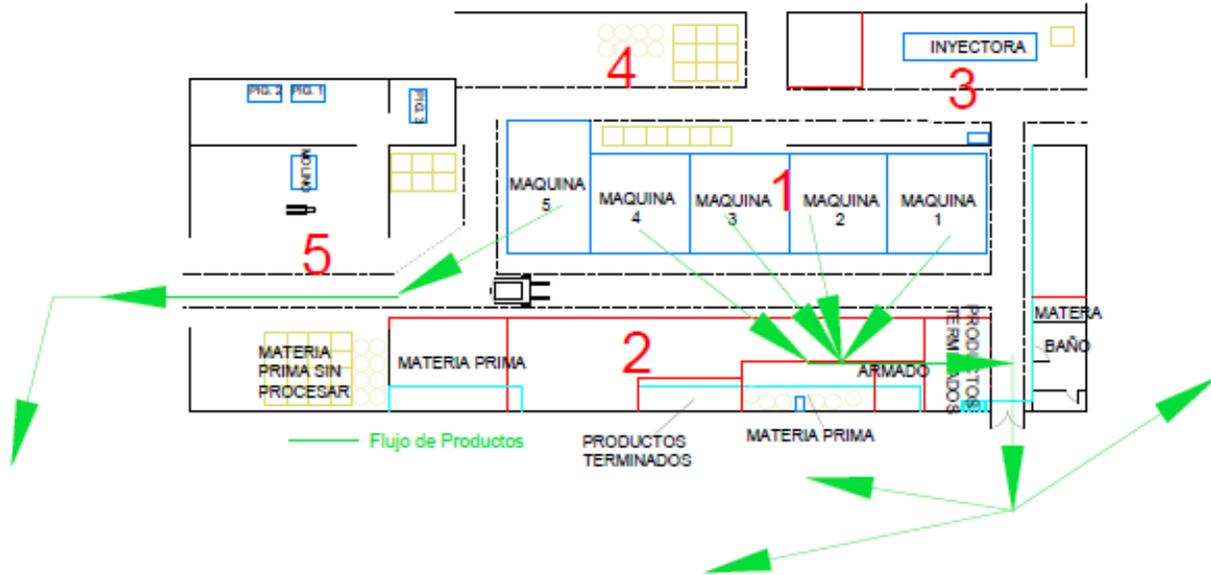


Figura 5: Flujo de productos actual

El flujo de productos terminados comienza en cada una de las máquinas, cuando el maquinista extrae del molde el bien elaborado. Seguidamente, como se puede observar, de las máquinas 1, 2, 3 y 4 pasan al sector de armado para luego ser trasladados hacia el exterior una vez que están completamente listos. Por otro lado, el producto obtenido de la máquina 5, se arma junto a la misma y se lleva al exterior con el auto elevador.

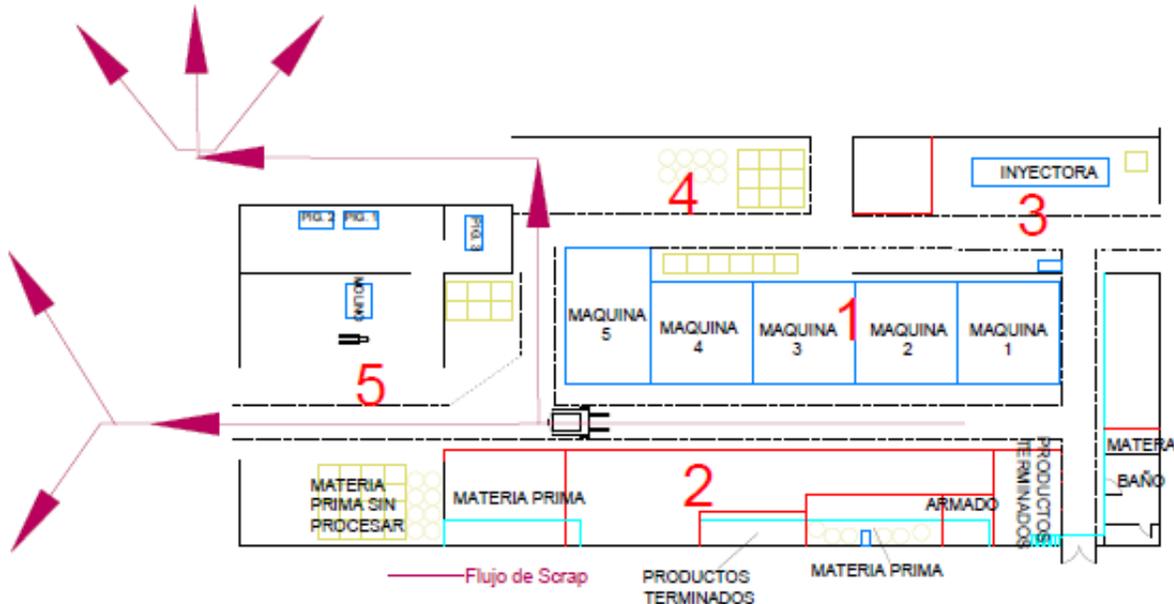


Figura 6: Flujo de scrap actual

En esta imagen se puede observar que el scrap se origina en las máquinas 1, 2, 3, 4 y 5. Es generado principalmente en el proceso de cocción debido a falta de materia prima, fuego muy fuerte durante el cocinado o diferencias en el tiempo de cocción. Luego de que se extrae un producto defectuoso de una máquina, el mismo maquinista es el encargado de llevarlo al exterior. Dicha tarea la realizan arbitrariamente por cualquiera de los caminos indicados.

En el sector de inyectora no se considera el flujo de materia prima, productos terminados ni scrap. Esto se debe a que está fuera del alcance de este trabajo.

### **3.5 Productos terminados y Scrap:**

El autor comenzará explicando la situación actual de los productos terminados. Una vez que se termina el proceso productivo, permanecen un tiempo dentro del galpón hasta que el maquinista lo traslada hacia el exterior. No existen áreas definidas para cada tipo de producto, por lo tanto el lugar de almacenamiento puede ir variando, provocando confusiones en cuanto a cantidad disponible.

Por otro lado, se ha originado un gran depósito de scrap producto de 2 o 3 años de trabajo sin tomar ninguna determinación. Dichos desperdicios son originados principalmente en el proceso de cocción del tanque a causa de los excesos de fuego, falta de antiadherente y otros. Además, la empresa posee una política de devoluciones totales en caso de rajaduras, es decir, si el cliente percibe algún tipo de rotura que en la empresa no se observó, la firma se lo cambia por otro nuevo. *El porcentaje actual de scrap de la organización es de alrededor de 3 o 4 %.*

Estos dos motivos, sumados a un gran tiempo de acumulación sin tomar ninguna decisión al respecto, originaron esto:



Imagen 21: scrap.



Imagen 22: scrap.

### **3.6 Capacidad productiva:**

Antes de definir la capacidad que dispone la organización se definirán algunos conceptos:

- Quemada: se llama así al proceso comprendido desde que preparan los moldes hasta que sacan el producto terminado, se fabrican 2 unidades por quemada. El tiempo de cada una de ellas varía en relación al tamaño de tanque que se está fabricando, los más grandes utilizan mayor cantidad de materia prima por lo que requieren más tiempo de cocción. Para poder unificar el tiempo el autor plantea un promedio ponderado de todos los productos que se fabrican. Se toma como referencia el mes de enero de 2015:

<i>ene-15</i>				
<i>Peso</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Tiempo ponderado</i>
15%	<b>TT1100</b>	308	48	7,2
10%	<b>TT600</b>	186	45	4,5
10%	<b>TTP500</b>	152	44	4,4
10%	<b>TT500</b>	135	44	4,4
10%	<b>TT850</b>	128	48	4,8
10%	<b>CI100</b>	112	50	5
5%	<b>TT400</b>	93	40	2
3%	<b>CS600</b>	92	40	1,2
2%	<b>TTP850</b>	87	45	0,9
2%	<b>TB400</b>	72	40	0,8
2%	<b>TB1100</b>	69	43	0,86
1%	<b>TB500</b>	65	40	0,4
1%	<b>TT2500</b>	59	50	0,5
1%	<b>TB600</b>	56	40	0,4
1%	<b>CR120</b>	46	45	0,45
1%	<b>CS1200</b>	40	47	0,47
1%	<b>TB2500</b>	32	45	0,45
1%	<b>TTP1000</b>	31	50	0,5
1%	<b>TB850</b>	25	43	0,43
1%	<b>TT750</b>	22	45	0,45
1%	<b>DS900</b>	18	45	0,45
1%	<b>DS1400</b>	13	50	0,5
1%	<b>TBP500</b>	12	40	0,4
1%	<b>TT3000</b>	9	55	0,55
1%	<b>TB750</b>	8	43	0,43
1%	<b>CR160</b>	3	45	0,45
1%	<b>CR210</b>	3	45	0,45
0,5%	<b>TT5000</b>	3	52	0,26
0,5%	<b>T10000</b>	2	60	0,3
0,5%	<b>T5000</b>	2	60	0,3
0,5%	<b>T2000</b>	1	60	0,3
0,5%	<b>TB3000</b>	1	60	0,3
0,5%	<b>TBP1000</b>	1	40	0,2
0,5%	<b>T7500</b>			0
0,5%	<b>TBP850</b>			0
0,5%	<b>TT10000</b>			0
0,5%	<b>TT7500</b>			0
	<b>Total</b>	1886		<b>45</b>

Tabla 5: Tiempo ponderado de los diferentes productos.

- Coeficiente de utilización: para dicho cálculo, el autor toma como referencia al operario de la máquina de cocción. El mismo cumple turnos de 9 horas, pero se sabe que aproximadamente 45 min del día no está realizando tareas productivas. Este tiempo es el que se estima para ir al baño, limpiar el puesto de trabajo y comer. Entonces se obtiene:

$$U = \frac{9 - 0,75}{9} = 0,92$$

- Eficiencia: se sabe que en condiciones normales un operario puede realizar 12 quemadas en un turno de 9 horas. Por otro lado, durante la época de elevada temperatura nunca superan las 10 quemadas. Por lo tanto, una operación de 45 min se realiza en 54 min en condiciones no normales. El factor de eficiencia es el siguiente:

$$E = \frac{45 \text{ min}}{54 \text{ min}} = 0,83$$

La empresa produce en 2 turnos de 9 horas cada uno y trabaja de lunes a viernes, por lo tanto:

2 turnos x 9 horas x 5 días x 0,92 x 0,83= 68,7 horas. (Tiempo unitario de proceso presupuestado)

Si en 1 Hs se producen 2,67 unidades, entonces: 183 unidades por semana por máquina.

La fábrica cuenta con 4 máquinas similares, entonces: 732 unidades por semana.

A dicha cantidad hay que sumarle los tanques de grandes volúmenes (5000, 7500 y 10000 litros) producidos en la máquina 5, los mismos son elaborados bajo pedido y en ocasiones se realizan algunos pocos sobrantes. Dicho stock no será considerado en el análisis porque no lo distorsiona ni aporta al objeto académico de este trabajo.

### **3.6.1 Cuello de botella del proceso: Molienda de MP**

El molino posee una capacidad de molienda de 300 kg por hora. La carga de las mezcladoras y el proceso de mezclado propiamente dicho presenta una capacidad de aproximadamente 750 kg por hora.

Por otro lado se sabe que cada tanque necesita entre 29 y 37 kg de materia prima (tomaremos 37 kg para el cálculo) y cada 45 min se pueden fabricar 2 por máquina. Descartando la máquina 5 que es la utilizada para fabricar tanques de grandes volúmenes, ya que los mismos se realizan por pedido, tenemos:

10,667 tanques en 1 hora, tomaremos 11 tanques.  
*407 kg de materia prima por hora. Trabajando a máxima capacidad.*

Por lo tanto, si comparamos el proceso de molienda, el de mezclado y el de cocción del tanque, notamos que el cuello de botella del sistema es el proceso de molienda con una capacidad de 300 kg por hora.

### **3.7 Carga comodo:**

Como se mencionó en el primer capítulo, la empresa posee otra sucursal ubicada en la ciudad de Comodoro Rivadavia. Únicamente se fabrican tanques de 1100 lt, 850 lt tricapa y patagónicos, 500 lt patagónicos y 750 lt. La misma cuenta con 2 máquinas para producir tanques, por lo tanto se la debe abastecer de todos los insumos necesarios, los mismos se encuentran en la siguiente hoja y al momento de cada envío el encargado de producción establece las cantidades a enviar:

<b><i>Insumo</i></b>	<b><i>Cantidad</i></b>	<b><i>Fecha de envío</i></b>
MP (Negro)		
MP (color)		
MP (esponjante)		
Calcomanías		
O-rings 65 mm		
O-rings 85 mm		
Desmoldante		
Tornillos		
Aros		
Tapas		

La carga se realiza aproximadamente cada 15 días en temporada alta, y al momento de producirse se genera un gran desorden en la fábrica central. Esto se produce principalmente porque no se cuenta con una planificación adecuada ni el herramental necesario para trabajar con comodidad y velocidad.

Básicamente, la preparación de la carga comienza una semana antes de que se efectúe la misma. Consiste en cargar los bolsones con materia prima elaborada, la cantidad enviada varía con respecto al espacio disponible. Dicho proceso se realiza de manera totalmente manual, originando gran dispersión de polvo en el ambiente y *pérdidas de MP*.

Al no contar con un espacio definido para almacenar todo esto hasta el momento de ser cargado, la planta se transforma en un desorden total.



Imagen 23: operarios llenando tolva para cargar bolsón.



Imagen 24: tolva lista para descargar.



Imagen 25: descarga de material en el bolsón.

### **3.8 Armado de digestores y cámaras:**

Como se mencionó con anterioridad, la empresa también fabrica digestores de 2 medidas (900 lt y 1400 lt) y cámaras sépticas de 3 tamaños diferentes (1,20 m 1,60 m y 2,10 m). La tarea de armar dichos productos está a cargo del operario que supervisa la inyectora y se realiza en ese sector, ya que cuenta con gran tiempo de inactividad. Los procesos constan básicamente de los siguientes pasos:

#### *Armado de digestores:*

*OP 10:* Búsqueda de los materiales necesarios, los mismos se encuentran en el galpón de herrería, a aproximadamente unos 70 metros del área de inyección.

*OP 20:* Pegar con pegamento para pvc los codos y TEE necesarios para el armado.

*OP 30:* Medir y marcar las ubicaciones de las perforaciones en los cuerpos de los digestores.

*OP 40:* Agujerear con mecha de copa del tamaño que corresponda.

*OP 50:* Colocar caños, conexión tanque y o-rings necesarios.

*OP 60:* Armado del filtro: dicha operación consta en perforar el cuerpo del filtro en las ubicaciones ya marcadas en su fabricación; luego rellenar con botellas plásticas cortadas con anterioridad; por último colocar las estrellas.

*OP 70:* Ligar el filtro al cuerpo del digestor con 4 tornillos.

*OP 80:* Colocar el aro en la boca del digestor con 6 tornillos.

*OP 90:* Colocar el caño que une el filtro con el suministro de agua y sus o-rings.

*OP 100:* Añadir el calco correspondiente.

A continuación se muestra un esquema de armado para simplificar:

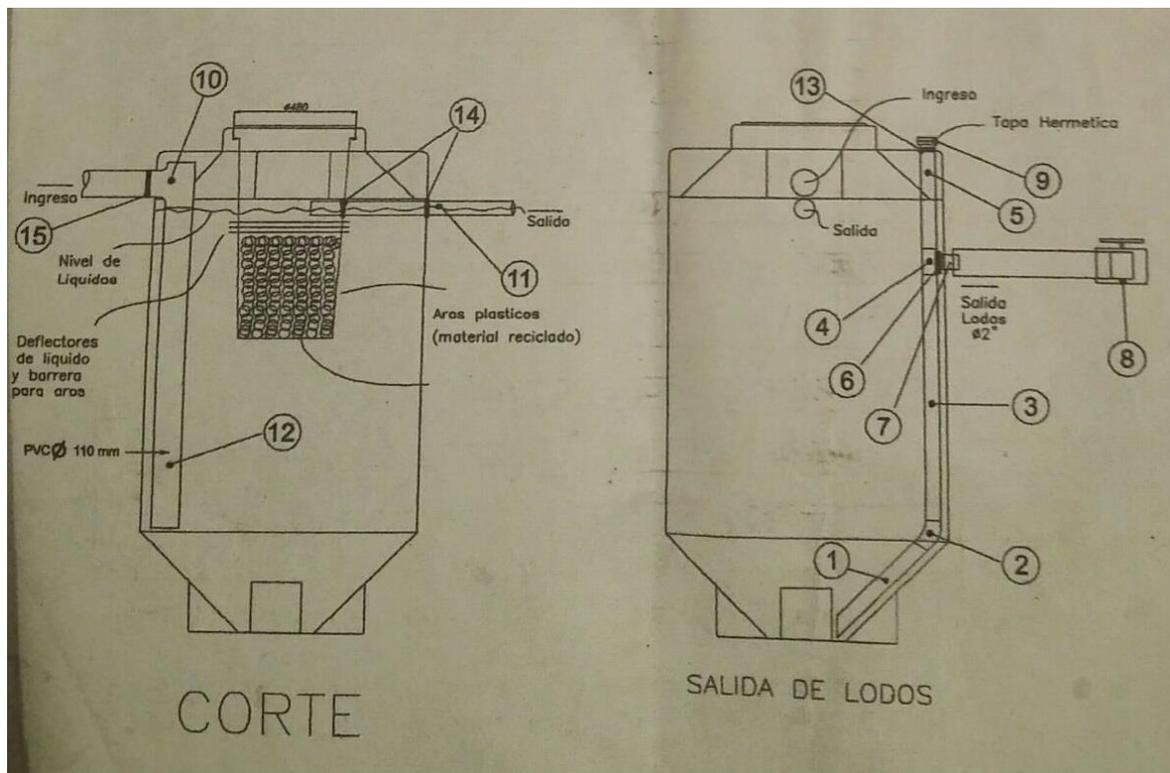


Ilustración 1: Esquema de armado de Digestor.

ITEM	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
1	Caño inferior para extracción de lodos $\varnothing$ 50 mm	1
2	Codo 45° $\varnothing$ 50 mm	1
3	Caño intermedio para extracción de lodos $\varnothing$ 50 mm	1
4	TEE $\varnothing$ 50 mm	1
5	Caño superior para extracción de lodos $\varnothing$ 50 mm	1
6	Mango $\varnothing$ 50 mm	1
7	Conexión tanque	1
8	Válvula esférica	1
9	Tapa de limpieza para caño de extracción de lodo $\varnothing$ 50 mm	1
10	TEE de entrada $\varnothing$ 110 mm	1
11	Caño de salida de agua tratada $\varnothing$ 75 mm	1
12	Caño interno descarga $\varnothing$ 110 mm	1
13	Oring $\varnothing$ 50 mm	2
14	Oring $\varnothing$ 75 mm	1
15	Oring $\varnothing$ 110 mm	1

Soldado de cámaras:

OP 10: En caso de que no haya sido colocado en el momento de su fabricación, colocar cono en el cuerpo de la cámara, para ello se debe calentar la zona.

OP 20: Calentar con soplete el plástico, formando una pelota.

OP 30: Precalentar la zona o unión (cono-cuerpo).

OP 40: Amasar la pelota de plástico y colocarla alrededor del cono.

OP 50: Dar forma suave a la ligadura.

OP 60: Enfriar con agua rápidamente.

Al momento de realizar cualquiera de estas dos operaciones se produce un gran desorden en el sector de inyectado. Pudiendo provocar daños a la máquina por el polvo disperso en el ambiente.



Imagen 26: Desorden-Armado de digestores.



Imagen 27: Desorden-Armado de digestores.

## **CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA**

#### **4.1 Introducción:**

En el presente capítulo se mencionarán los cambios propuestos por el autor para lograr aumentar el orden en la empresa y la productividad de la misma. Dichos cambios fueron planeados en base al diagnóstico realizado en el capítulo anterior.

Algunas de las modificaciones mencionadas a continuación ya fueron puestas en prácticas, otras se encuentran en proceso de aplicación y las restantes están planificadas para un futuro cercano.

Lo importante y que vale la pena resaltar es que existe un gran interés por parte de los dueños de la organización para llevar a cabo las acciones que sean necesarias. Esto es muy motivador ya que el autor cuenta con un gran apoyo a la hora de realizar las mejoras.

#### **4.2 Layout: sector de mezclado**

Se comenzará mencionando algunas modificaciones realizadas en el sector de mezclado. Al momento de comenzar con el proyecto, el dueño ya tenía pensado realizar una ampliación de 64 metros cuadrados. El autor tomó dicho proyecto para realizar una modificación en el proceso productivo destinada principalmente para ampliar la capacidad del cuello de botella.

La obra fue realizada por operarios propios de la empresa, únicamente se contrató un albañil externo para que realice tareas específicas de su profesión. A continuación se muestran imágenes de la obra que se encuentra en desarrollo:



Imagen 28: obra en construcción, sector de mezclado.



Imagen 29: obra en construcción, sector de mezclado.

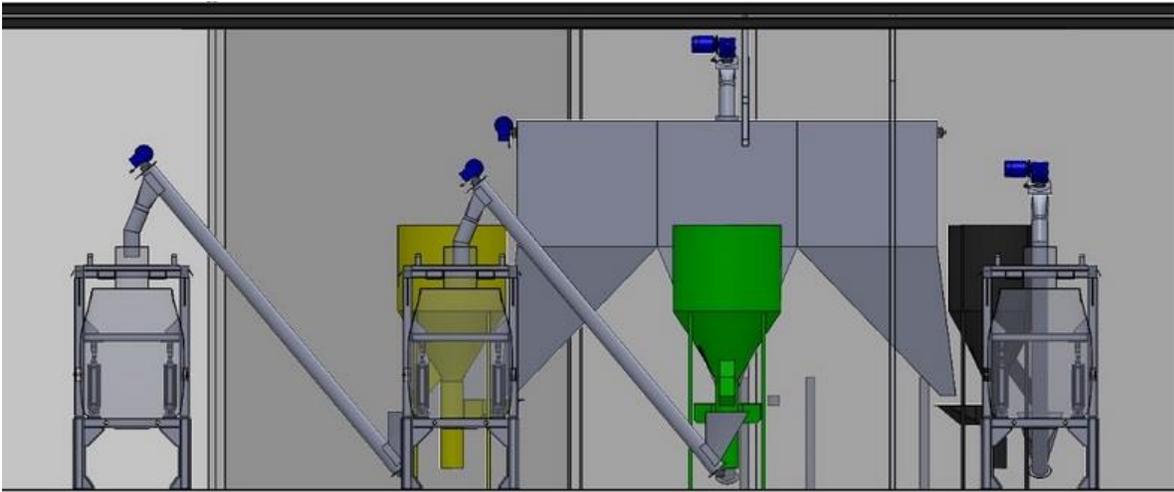


Imagen 30: esquema 3D proyecto final, vista frontal.

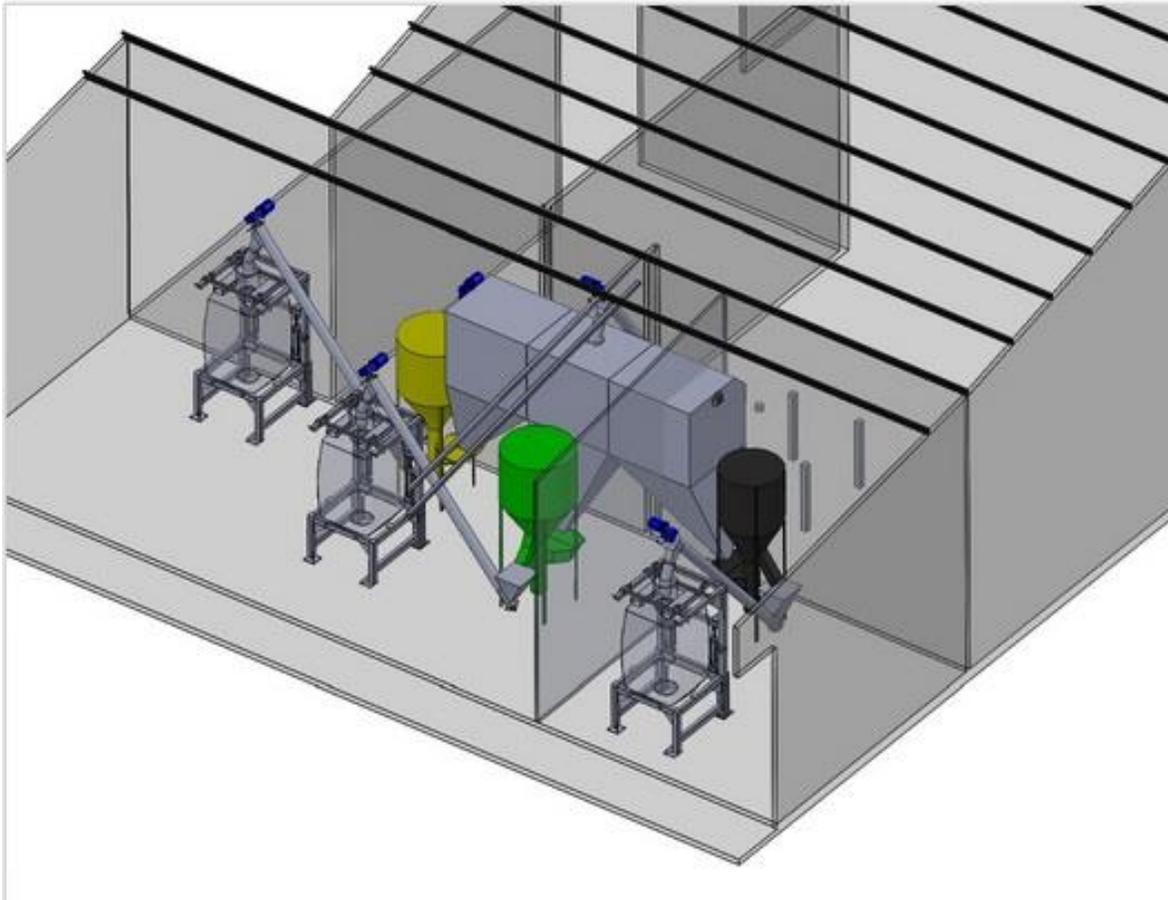


Imagen 31: esquema 3D proyecto final, vista superior.

#### **4.3 Layout: sector de inyectora:**

También se realizarán cambios en el sector de inyectora, los mismos consisten en una ampliación del sector que proporcionará mayor espacio físico disponible para almacenar aros y tapas, como así también un sector definido para el armado de digestores y el soldado de cámaras.

Con este cambio se pudo darle un gran valor al sector 4 que se encontraba sin definir y era un espacio propicio al desorden continuamente. Seguidamente se muestra una imagen contrastando el antiguo layout con el nuevo layout:

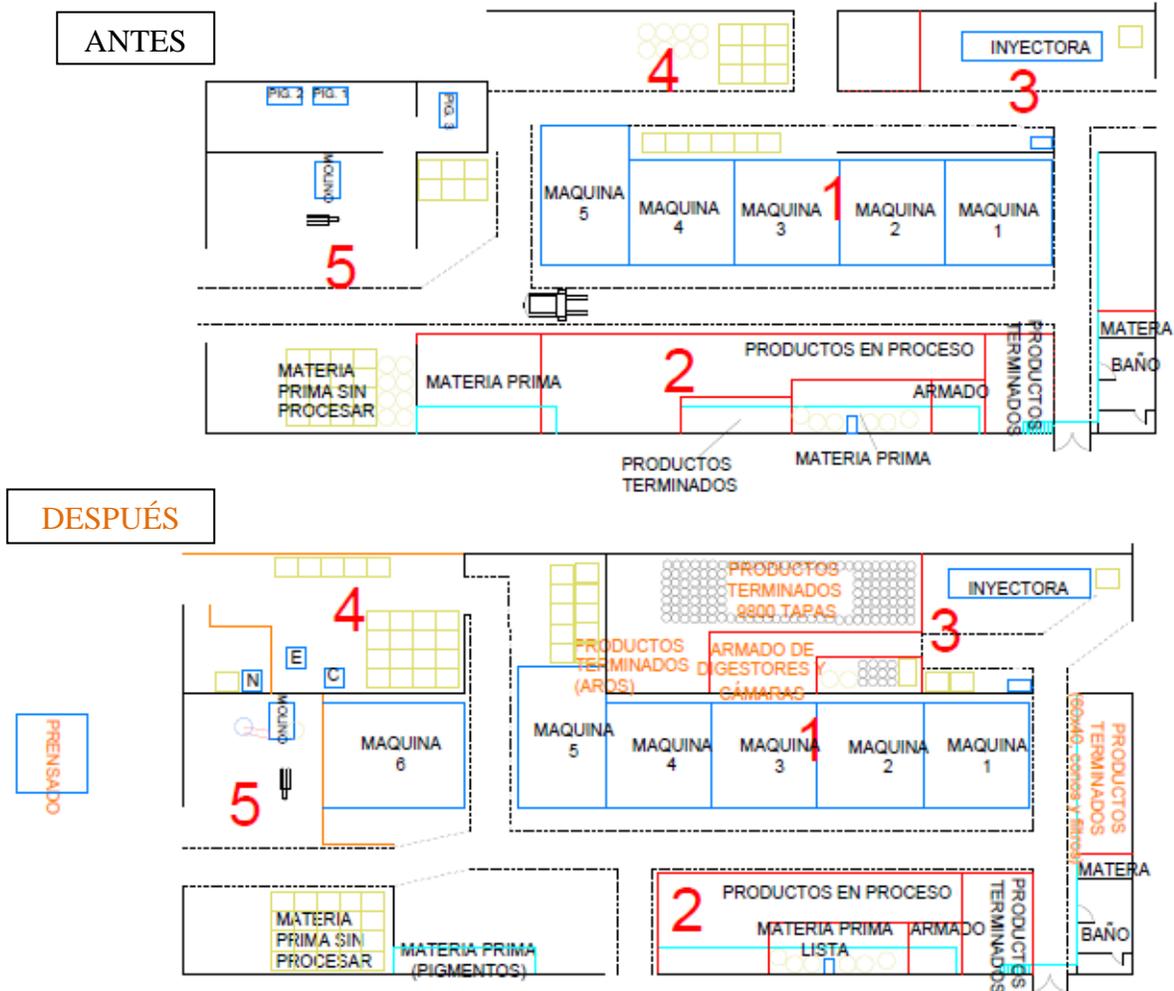


Figura 7: Layout antes y después de las modificaciones.

Como se puede observar, se asignó un espacio para el almacenamiento de las cámaras de 60x40, conos y filtros. Previo a esto, dichos productos se encontraban dispersos por varios sectores de la fábrica haciendo difícil su control y provocando un gran desorden.



**Imagen 32: Desorden provocado por las cámaras, filtros, MP y demás.**

Por otro lado se diagramó el lugar para una futura máquina que se encuentra en desarrollo (maquina 6). También se planificó un lugar para el prensado, dicha operación ya se encuentra en funcionamiento pero no posee un lugar aún, se realiza a la intemperie teniendo que ingresar la prensa al galpón cuando las condiciones meteorológicas lo exigen. Esto se produjo de esta manera debido a que se necesitaba resolver la situación del scrap cuanto antes.



Imagen 33: incorporación del sector 4 al sector de inyectora. En proceso.



Imagen 34: Espacio definido para la máquina 6. En proceso

#### **4.4 Layout: Scrap**

Este tema era uno de los que más preocupaba a los dueños de la empresa. Para solucionarlo se compró una prensa y se comenzaron con las tareas de limpieza. Cabe destacar que previo al prensado se deben cortar los tanques y lavar. Luego se arman paquetes de aproximadamente unos

250 kg y se los envía para que se lo recicle. El dueño eligió una planta de reciclado ubicada en Buenos Aires debido a que es una de las más cercanas y además posee una relación de amistad con los dueños de la misma.

Dicho proceso se encuentra en marcha.



Figura 8: Flujo de scrap antes y después.

Como se puede observar, se unificó el flujo de desperdicios en una sola dirección, de esta manera se dirige directamente al sector de prensado y se almacena en paquetes de 250 kg aproximadamente. Esto no solo mejora el aspecto de la fábrica, sino que también reduce tiempos y costos ya que no se necesitan lavarlos antes del prensado, tarea que hoy en día se debe realizar para todo el scrap que se encuentra a la intemperie y por otro lado logra *reducir aproximadamente 50 metros de traslado de scrap*, pasando de 110 metros a 60 metros con el nuevo diagrama.

El hecho de darle una solución al scrap ya generado es muy importante, pero es fundamental tratar de que no se vuelva a producir durante nuevos lotes de producción. El alcance de este trabajo no aborda el análisis y solución de la forma en que se genera el desperdicio.



Imagen 35: paquetes de scrap de aproximadamente 250 kg, listos para mandar a reciclar.

#### 4.5 Layout: Flujo de materia prima

A continuación se muestra el nuevo flujo de materia prima luego de los cambios propuestos:

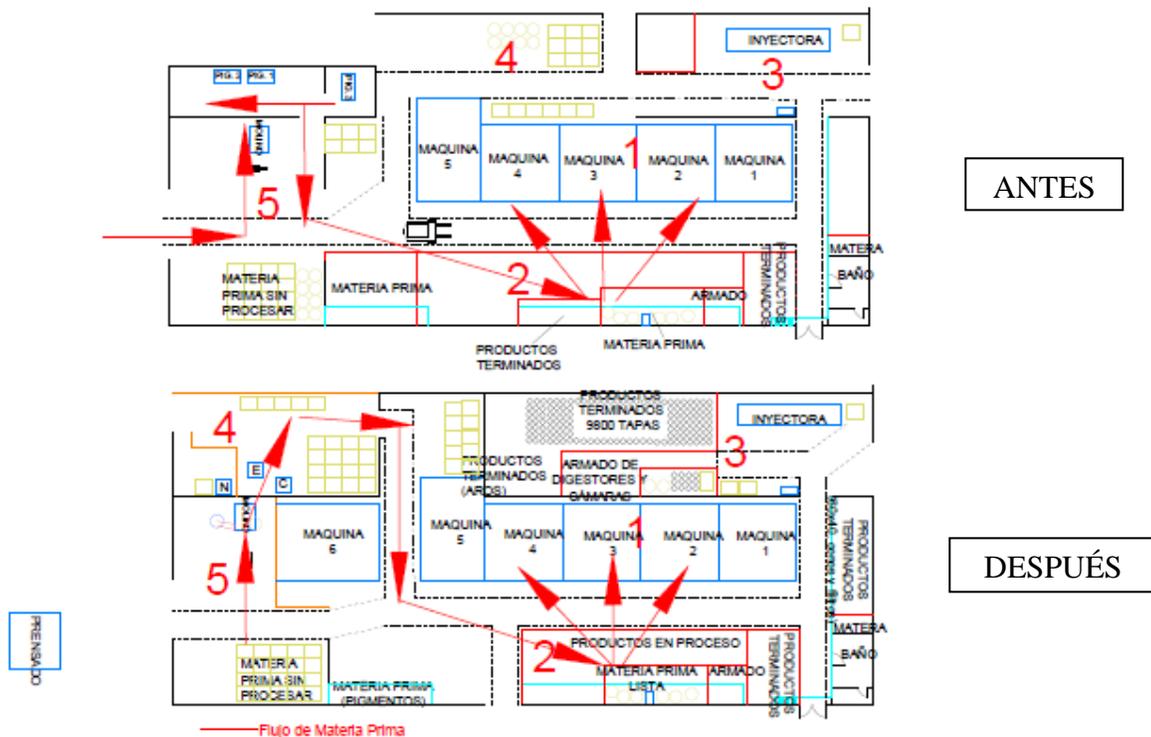


Figura 9: Flujo de MP antes y después.

Como se puede observar, no varían tanto las distancias recorridas por la materia prima, pero existe un cambio muy importante en el modo de traslado de la misma. Con las mejoras implementadas se pasará de un acarreo totalmente manual a realizar 45 metros con el auto elevador. Dicha cifra representa *aproximadamente el 70 % de los metros totales de transporte.*

#### **4.6 Proceso productivo: cambio de tachos por bolsones.**

Como se mencionó en el capítulo anterior, los tachos son una fuente constante de desorden y mugre en cualquier sector donde se encuentren. Por otro lado provocan grandes pérdidas de materiales el hecho de trabajar con ellos. Por estos motivos se decidió cambiarlos por bolsones, o BIG BAG.

En primer lugar se definió un tamaño estándar para todos los bolsones, en base a las dimensiones del camión que los transporta a Comodoro. Con esto se logra disminuir el costo de transporte ya que podemos transportar los 20000 kg de MP aproximadamente que se envían en cada viaje ocupando un menor volumen. *Se utilizan 2 palets menos.*

Luego se planificó de qué manera se colgaran en la planta de Quemu para que se les simplifique la tarea a los operarios para cargar las latas. Se diseñara un armazón para cada tipo de MP (3 armazones) en los cuales con solo abrir una guillotina caerá el material en la lata. Esto disminuirá notablemente las pérdidas de material y proporcionará un ambiente más limpio de trabajo.

#### **4.7 Proceso productivo: carga de bolsones y mezcladoras.**

La carga de los bolsones con materia prima es una tarea poco práctica y muy desgastante para los operarios. Al cambiar los tachos por bolsones y estandarizar los mismos, se puede realizar dicha operación inmediatamente después que terminan de mezclarse. Para ello se realizarán modificaciones y se compraran las máquinas necesarias.

Los cambios en el proceso productivo actual serán los siguientes:

- Luego de que el molino termina de moler la MP virgen, se conectará mediante un tornillo transportador la salida de MP semielaborada con una tolva diseñada para almacenar aproximadamente 4000 kg. Dicha tolva presenta 3 boquillas de salida, las cuales derivan en cada una de las mezcladoras. Con este proceso se pasaría de una carga totalmente manual de las mezcladoras a una carga semiautomática, la única tarea que debe efectuar el operario es abrir la boquilla de la tolva y cuando la balanza de la mezcladora indique el peso necesario deberá cerrarla.
- Por otro lado, cada una de las mezcladoras tendrá conectado en la boquilla de salida un tornillo transportador con el cual se cargarán los bolsones.

*Con esta modificación se terminaría el problema que se presenta cada vez que se realiza una carga para comodoro, disminuirán notablemente las pérdidas de materia prima, el transporte de la misma desde el sector de mezclado hacia la zona de pesado se realizará mediante el auto*

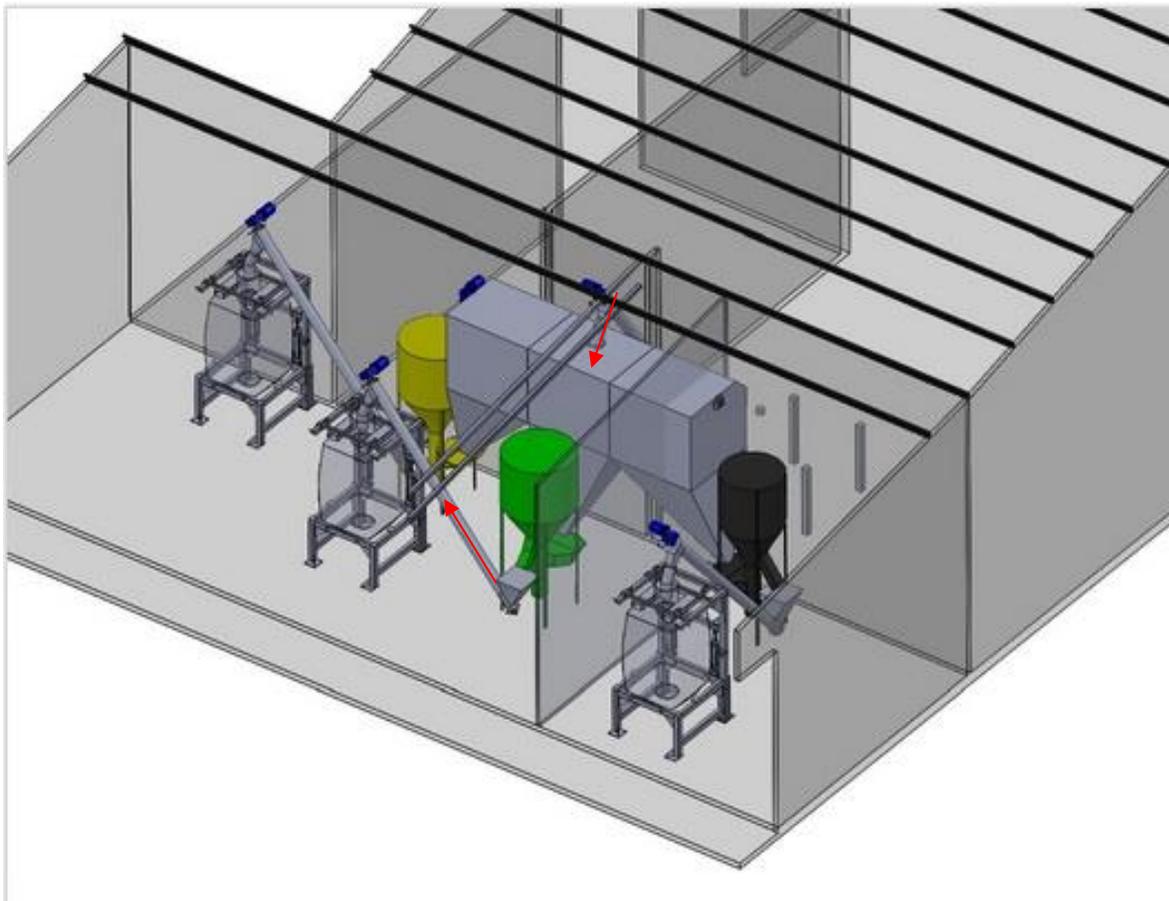
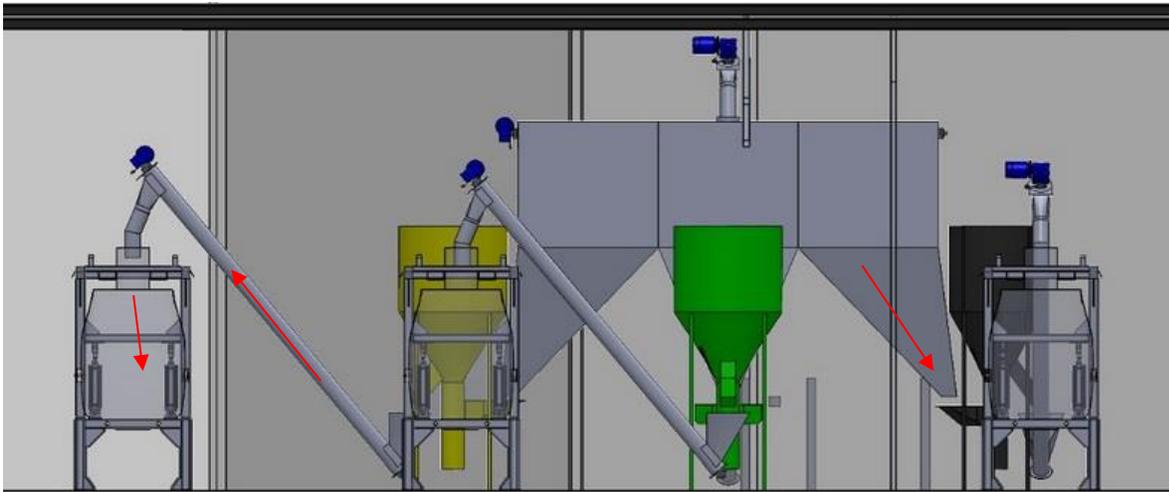
*elevador y además se ahorrará en mano de obra ya que para una tarea que hoy en día se necesitan 3 operarios sólo se va a utilizar 1 solo operario.*

*Por otro lado, dicha modificación otorgará un colchón al cuello de botella del sistema de producción. Los 4000 kg de materia prima semielaborada que se pueden almacenar se pueden utilizar para solucionar cualquier imprevisto que surja en el molino, sin necesidad de detener la producción y sin provocar desorden en la planta.*

Es muy importante para el autor lo mencionado en el párrafo anterior, ya que como se vio en el marco teórico, cualquier atraso en el cuello de botella significa retrasar la producción y por lo tanto disminuir la productividad. Para evitar esto, no solo se crea dicho “buffer” sino que también se almacena una determinada cantidad de materia prima al pie de dicho proceso para asegurarse su aprovisionamiento.



Imagen 36: Stock de MP sin elaborar al pie del proceso de molienda.



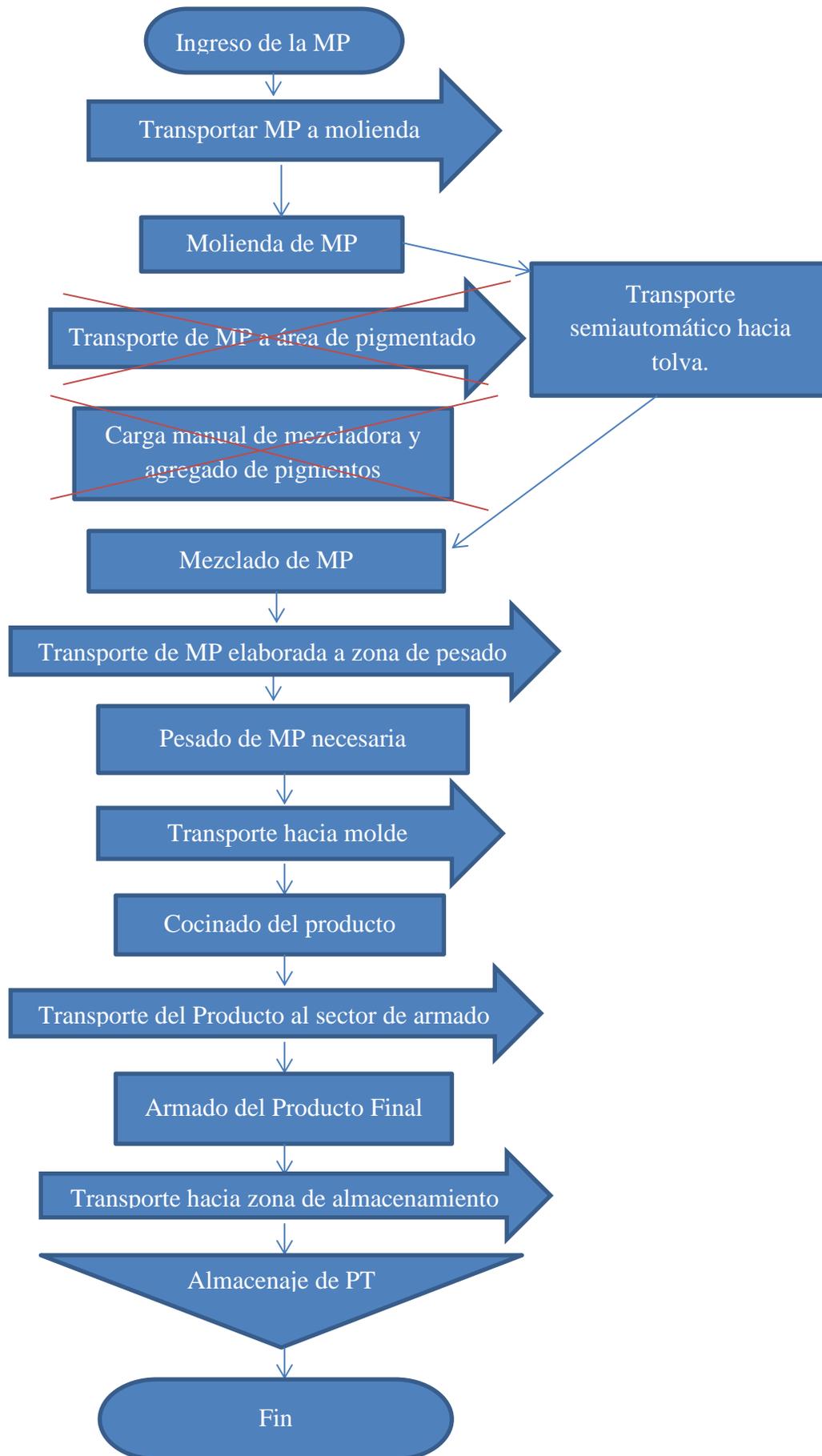
Flujo de materia prima →

Surgieron varias ideas para poder solucionar esto, el autor considera importante explicarlas junto con los inconvenientes que fueron surgiendo hasta llegar al plan que se llevó a cabo. A continuación se detallan:

- Sistema de succión por vacío: el sistema consistía en una manguera que succionaba el polietileno molido mediante una bomba que generaba vacío y lo elevaba hacia la tolva. Esta idea fue la primera que surgió y el dueño estaba de acuerdo en invertir el dinero necesario en la máquina. El inconveniente de dicha idea que la altura del galpón no alcanzaba las dimensiones necesarias y además el equipo era muy costoso. (Alrededor de \$100000, a dicho costo se debía sumar el costo de fabricar las tolvas, las balanzas para las máquinas y otros)
- Sistema de tornillo sin fin: este sistema, mucho más económico que el anterior, cumplía perfectamente con las necesidades que se estaban buscando. El único inconveniente era que se desaprovechaba casi el 50 % del volumen de la tolva debido a que el material caía y no se desparramaba uniformemente.
- Sistema de tornillo sin fin con tornillo sin fin en tolva: la solución final fue incorporarle a la tolva un tornillo sin fin, mitad rosca izquierda y mitad derecha. El mismo producía que a medida que se incorporaba material, se desparramaba de manera uniforme.

Estas tres ideas que el autor menciona, fueron un proceso de mucho tiempo, de pruebas, charlas, cotizaciones y demás que fue muy enriquecedor para el autor, tanto en lo personal como en lo profesional.

El nuevo diagrama de flujo sería el siguiente:



#### **4.8 Stock de productos terminados:**

Ésta puede considerarse la mejora que se encuentra en menor grado de desarrollo, esto se debe principalmente a que los dueños consideraban que presentaba menor prioridad que el resto.

Lo que el autor propone es definir un sector del predio para cada tipo de producto identificándolo de manera bien visible, dicho sector contará con el espacio físico correspondiente para almacenar la cantidad que se desee.

En primer lugar se analizaron las unidades vendidas en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2015. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 5.

**Tabla 6: Tipo de producto y cantidad vendida**

<i>Enero</i>		<i>Febrero</i>		<i>Marzo</i>		<i>Abril</i>		<i>Mayo</i>	
<i>Tipo</i>	<i>Cantida d</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantida d</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantida d</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantida d</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantida d</i>
TT1100	308	TT1100	385	TT1100	233	TT1100	364	TT1100	296
TT850	128	TT850	167	TT850	112	TT850	253	TT850	242
TT500	135	TT500	230	TT500	186	TT500	93	TT500	225
TT600	186	TT600	161	TT600	156	TT600	117	TT600	147
TB500	65	TB500	74	TB500	73	TB500	201	TB500	210
CI100	112	CI100	74	CI100	55	CI100	245	CI100	44
TT400	93	TT400	81	TT400	143	TT400	61	TT400	108
TB400	72	TB400	157	TB400	92	TB400	65	TB400	78
CS600	92	CS600	68	CS600	73	CS600	112	CS600	66
TB1100	69	TB1100	102	TB1100	83	TB1100	41	TB1100	24
TTP850	87	TTP850	5	TTP850	60	TTP850	66	TTP850	49
TB600	56	TB600	33	TB600	66	TB600	44	TB600	63
TTP500	152	TTP500	40	TTP500	34	TTP500	16	TTP500	16
TT2500	59	TT2500	46	TT2500	53	TT2500	46	TT2500	32
TB850	25	TB850	110	TB850	30	TB850	29	TB850	27
TT750	22	TT750	25	TT750	44	TT750	38	TT750	76
CR120	46	CR120	18	CR120	42	CR120	32	CR120	50
CS1200	40	CS1200	25	CS1200	39	CS1200	31	CS1200	34
TTP1000	31	TTP1000	53	TTP1000	23	TTP1000	36	TTP1000	4
CR160	3	CR160	22	CR160	24	CR160	36	CR160	47
TB2500	32	TB2500	14	TB2500	27	TB2500	13	TB2500	16
CR210	3	CR210	6	CR210		CR210		CR210	46
TBP500	12	TBP500	20	TBP500	24	TBP500	16	TBP500	16
TB750	8	TB750	9	TB750	31	TB750	8	TB750	
TBP850		TBP850	6	TBP850	10	TBP850	29	TBP850	10
DS900	18	DS900	6	DS900	20	DS900	1	DS900	15
TBP1000	1	TBP1000	9	TBP1000	17	TBP1000		TBP1000	17
DS1400	13	DS1400	5	DS1400	12	DS1400	9	DS1400	15
TT3000	9	TT3000	1	TT3000	6	TT3000	2	TT3000	
T2000	1	T2000	3	T2000	5	T2000		T2000	
TB3000	1	TB3000	4	TB3000		TB3000		TB3000	
T10000	2	T10000	1	T10000	4	T10000	2	T10000	
TT10000		TT10000	1	TT10000	1	TT10000	4	TT10000	3
T5000	2	T5000	3	T5000	1	T5000	2	T5000	
T7500		T7500		T7500	2	T7500	2	T7500	
TT7500		TT7500		TT7500		TT7500	2	TT7500	
TT5000	3	TT5000	1	TT5000		TT5000		TT5000	1

Las cifras se ordenaron de mayor a menor pero en relación al promedio de dichos 5 meses. (Tabla 6) El significado de los tipos de productos está dado por la primera letra de su nombre y su capacidad en litros, por ejemplo, TT1100 corresponde al producto “Tanque Tricapa 1100 litros”; DS900 corresponde a “Digestor Séptico de 900 litros”.

Promedio	
TT1100	317
TT850	180
TT500	174
TT600	153
TB500	125
CI100	106
TT400	97
TB400	93
CS600	82
TB1100	64
TTP850	53
TB600	52
TTP500	52
TT2500	47
TB850	44
TT750	41
CR120	38
CS1200	34
TTP1000	29
CR160	26
TB2500	20
CR210	18
TBP500	18
TB750	14
TBP850	14
DS900	12
TBP1000	11
DS1400	11
TT3000	5
T2000	3
TB3000	3
T10000	2
TT10000	2
T5000	2
T7500	2
TT7500	2
TT5000	2

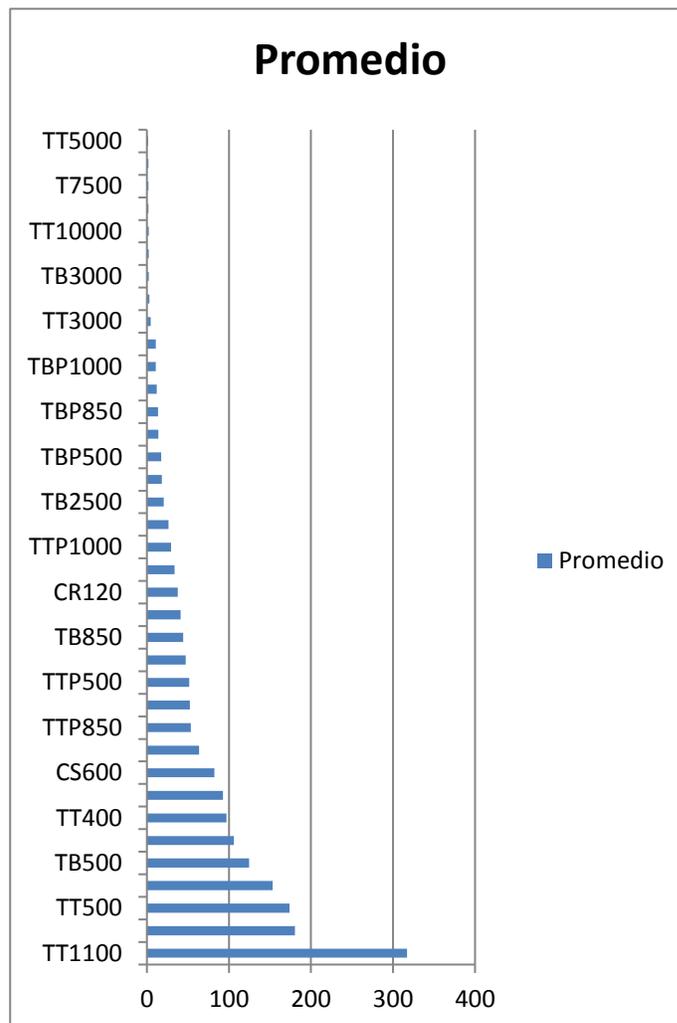


Gráfico 2: Cantidad Promedio Vs Tipo de producto

Tabla 7: Promedio de los 5 meses mencionados.

Con la información obtenida y los conocimientos sobre la demanda proporcionados por el dueño principal de la empresa el autor puede estimar las cantidades de cada tipo de producto que estará compuesto el stock de productos terminados.

*Este cambio será muy importante, ya que se cambiará de un sistema de producción Push a un sistema Pull, arrastrando de la producción cuando el espacio físico destinado para cada tipo de tanque lo indique. Es decir, cuando el encargado de producción observe una cantidad mínima de stock preestablecida, disparará la orden de producción.*

Esta modificación es considerada muy importante para el autor ya que se pasaría a disponer de un control visual muy eficaz que dispara la orden de producción de manera inmediata. Esto es muy beneficioso en comparación con la metodología actual, la cual básicamente no utiliza ningún tipo de planificación de la producción.

#### **4.9 Propuestas futuras:**

Por último, el autor considera importante nombrar tres aspectos que no fueron abordados en el proyecto integrador pero que se pueden considerar como mejoras futuras:

- Mantenimiento
- Higiene y Seguridad
- Controles de calidad

1. *Mantenimiento:* El mantenimiento de las máquinas e instalaciones es una materia pendiente hoy en día en la institución. En un futuro se podría designar a una persona, otorgándole un puesto en el organigrama, para que realiza un mantenimiento preventivo. Algunas de las tareas que tendría que realizar serían:

- ✓ Analizar el estado general de los equipos;
- ✓ Limpieza y lubricación de piezas;
- ✓ Reemplazo o reparación de partes deterioradas;

Se entiende como mantenimiento preventivo a aquel basado en inspecciones regulares a las máquinas, de forma planificada, programada y controlada, con el fin de anticipar desgastes y fallas funcionales. Consiste en prevenir o corregir el deterioro sufrido en un equipo por variables como el uso normal, el clima, o fallas de algún accesorio que no repercuta en la función principal, en tanto las actividades se ejecutan previendo que el equipo presente fallas mayores. (<http://www.grupoelectrotecnica.com/es/servicios/mantenimiento-preventivo-y-predictivo>, 2016)

2. *Higiene y seguridad*: La implementación de programas de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo se justifica por el solo hecho de prevenir los riesgos laborales que puedan causar daños al trabajador. Prevención de accidentes y producción eficiente van de la mano; la producción es mayor y de mejor calidad cuando los accidentes son prevenidos.

Por lo tanto, el autor considera como un punto importante a desarrollar en un mediano plazo, el área de higiene y seguridad en la fábrica. Algunas de las tareas que se podrían documentar y controlar serían:

- ✓ Mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo;
- ✓ No dejar materiales alrededor de las máquinas;
- ✓ No obstruir pasillos, puertas o salidas de emergencia;
- ✓ Utilizar el equipo de seguridad que la empresa pone a disposición;
- ✓ Revisar y reparar la instalación eléctrica de cada sector;

Siguiendo con un plan ordenado en ésta área, se podrían obtener beneficios tales como: aumentar el tiempo disponible para producir, reducir el costo de las lesiones y daños de la propiedad, crear un mejor ambiente laboral, etc.

3. *Controles de calidad*: actualmente lo único que puede considerarse un control de calidad es la inspección visual del jefe de producción. Dicho procedimiento no se encuentra documentado, por lo tanto no posee la frecuencia que tendría que tener.

Como propuesta de mejora, el autor plantea redactar un procedimiento en el cual se establezcan tiempos y modos de realizar el control visual. Logrando de este modo productos de mayor calidad y reducción de pérdidas.

# **CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE** **RESULTADOS**

## **5.1 Introducción:**

En el presente capítulo el autor intentará numerar y cuantificar todas las propuestas de mejoras expresadas en el apartado anterior. Para una mejor comprensión decidió dividir las en 3 grandes grupos:

- ✓ LAYOUT
- ✓ PROCESO PRODUCTIVO
- ✓ STOCK

Cada uno de estos grupos presenta sus modificaciones que a su vez se encuentran relacionadas entre ellas, es decir, muchos de los cambios en el layout traen como consecuencias cambios en el proceso productivo y viceversa.

## **5.2 LAYOUT**

### **5.2.1 Layout: Sector de mezclado.**

Se realizó la ampliación del predio logrando 64 metros cuadrados nuevos cubiertos. Este nuevo espacio físico será destinado a la implementación de un nuevo proyecto en el proceso productivo que se menciona a continuación y se podrá utilizar como lugar para almacenar materia prima virgen y los pigmentos necesarios para formar la materia prima elaborada. Resumiendo, con esta obra se logra:

- ❖ Mayor orden en el sector de molino;
- ❖ Mayor control en el uso de los pigmentos, dichos materiales son fundamentales para el proceso de fabricación de la materia prima elaborada y presentan un costo elevado.

### **5.2.2 Layout: Sector de inyectora.**

La incorporación del sector 4 que estaba sin definir al sector de inyectora trae grandes beneficios:

- ❖ Aumenta el orden y la limpieza de todo el sector, ya que pasa a tener un encargado de esa área que antes no existía (persona que maneja la inyectora).
- ❖ Le aporta a la empresa un área bien definida para el armado de digestores y soldado de cámaras, tarea que hoy en día provoca gran desorden y polvo en el sector.
- ❖ Se gana un gran espacio físico que antes no se consideraba para almacenar aros y tapas, pudiendo de esta manera lograr el punto de stock deseado por el dueño.



Imagen 37: Sector inyectora, ANTES de la ampliación.



Imagen 38: Sector Inyectora DESPUÉS de la ampliación.

### 5.2.3 Layout: Scrap.

La incorporación de la prensa como herramienta de trabajo y el cambio en el flujo de desperdicios trajo aparejado los siguientes beneficios:

- ❖ Ahorro de 50 metros en el traslado de los desperdicios. (110 a 60 metros aproximadamente)

- ❖ Limpieza y orden en el predio exterior al galpón, esto mejorará el clima laboral sino que también tuvo un gran impacto social en el barrio.
- ❖ La implementación de un nuevo flujo de scrap apunta principalmente a la mejora continua, el mismo proceso obliga a no acumular desperdicios en el exterior, ya sale de la fábrica listo para ser enviado a reciclar.

## **5.3 PROCESO PRODUCTIVO**

### **5.3.1 Cambio de tachos por bolsones:**

- ❖ La utilización de Big Bag estándar trajo aparejado ahorros en los costos de transporte en el envío de materia prima elaborada de una planta a la otra.
- ❖ Disminución en las pérdidas de materia prima ( *\$22902 anuales sólo en el sector de pesado*)
- ❖ El clima laboral y la satisfacción de todos los empleados aumentó ya que dicha mejora era una constante que venían reclamando hace bastante tiempo.
- ❖ Aumentó notablemente el orden en la fábrica.

### **5.3.2 Carga de bolsones y mezcladoras:**

- ❖ Redujo el costo de mano de obra, cargar un bolsón para trasladar a Comodoro antes era tarea de 3 operarios, con el nuevo sistema 1 sólo hombre podrá hacerlo.
- ❖ El 70 % de los metros que se debe trasladar la materia prima se realizará mediante el auto elevador, lo que significa un gran paso para desprenderse de las tareas totalmente manuales que originan malestar en el personal y un gran desgaste físico.
- ❖ La carga de las mezcladoras, tarea netamente manual, pasa a ser una actividad semiautomática en la cual el operario sólo debe controlar la balanza de la mezcladora y cerrarla cuando llegue al valor esperado.

### **5.3.3 Sistema de Tolva Semiautomático**

- ❖ Poder almacenar 4000 kg de materia prima semi elaborada brinda un “buffer” muy importante para el cuello de botella del sistema, el molino.
- ❖ El transporte hacia el sector de mezclado se eliminó por completo. Pasó a realizarse de manera semiautomática.



Imagen 39: Nuevo sistema de transporte de MP hacia sector de mezclado.



Imagen 40: Tolva alimentadora de mezcladoras-En proceso.

#### **5.4 STOCK: Gestión de Stock**

La gestión de stock que se plantea para mediano-corto plazo traerá grandes beneficios tales como:

- ❖ Aumenta el orden y el control de productos terminados.
- ❖ Simplifica la tarea de carga de los camiones.
- ❖ Se puede utilizar como un sistema para que dispare la orden de producción, es decir, llegado a un determinado nivel de stock, el encargado de producción puede basarse en eso para determinar que producto fabricar y cuándo.
- ❖ Un sistema pull tiende a optimizar el movimiento de materiales, ya sea en proceso o terminados, por lo tanto aumenta la rentabilidad de la empresa ya que se logra un mejor control del capital invertido neto.

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES**

Como punto de partida se realizó un diagnóstico general de la empresa, abarcando la mayor cantidad de áreas posibles. De esta manera es que surge el análisis de la materia prima, los productos terminados, el sector de la inyectora, el layout, el scrap y también el momento de realizar la carga para la planta de Comodoro. El autor se encontró con una fábrica que presentaba gran desorden interno y un mal clima laboral. Esto último lo pudo relevar a través de la comunicación directa con los empleados, escuchando sus reclamos y preocupaciones.

El personal se encontraba molesto por tener que realizar tareas muy rudimentarias que le producían un gran desgaste físico y además tareas en las cuales se encontraban en un ambiente muy contaminado por polvos dispersos, lo que significa: desperdicio.

De este análisis pudo plantear propuestas de mejora tales como:

- ✚ Cambios en el layout: fueron orientados al sector de mezclado, al sector de inyectora, al scrap y al flujo de materia prima, impactando sobre el layout general de la planta.
- ✚ Cambios en el proceso productivo: las modificaciones planteadas de cambiar los tachos por Big Bag o el sistema para cargar las mezcladoras y los bolsones trajo aparejados grandes cambios en el sistema productivo. Así como también una buena aceptación por parte del personal y una mejora significativa del clima laboral.
- ✚ También se propusieron mejoras en el stock de productos terminados, las cuales quedaron planteadas para realizarlas en el mediano plazo. Esto fue así ya que los dueños consideraban de mayor importancia el resto de las propuestas de mejora.

Para el autor, las mejoras que se vieron reflejadas con mayor facilidad fueron las realizadas en el proceso productivo, las mismas tuvieron impacto directo en la productividad y en la satisfacción de los empleados y sus resultados se pudieron evidenciar rápidamente.

Dichos cambios no fueron tarea sencilla, la idea surgió porque se evidenciaba claramente que el cuello de botella del proceso era el molino, y que los tachos además de ocupar un gran espacio físico originaban pérdidas durante su transporte. Otro punto importante era el traslado de dichos tachos y la carga de los bolsones.

Para poder seguir aumentando la productividad de la empresa, el autor considera que se pueden realizar otras mejoras tales como:

- Dosificación exacta de la materia prima elaborada.
- Manuales de procedimientos para los diferentes productos, lo que originaría menores variaciones en los productos finales.
- Sistema de control para las horas trabajadas por parte de los empleados.

Con estas tareas se podría aumentar aún más la productividad de la empresa. Dichas tareas no son alcanzadas por este proyecto

Realizar el diagnóstico general de la empresa no fue tarea sencilla para el autor, requirió de un tiempo de observación, tomó nota de las cosas más relevantes, y le fue de gran ayuda la comunicación tanto con el personal de la empresa como con el dueño principal de la compañía.

Para poder realizar estas mejoras fue de vital importancia el apoyo por parte del dueño y el interés permanente a querer mejorar. También existió muy buena predisposición por parte de los operarios lo que facilitó más aun las tareas para el autor. El hecho de crear un clima de confianza con el personal fue muy beneficioso, influyendo de forma positiva en el desarrollo de las ideas planteadas. Éste es el punto que el autor destaca como más importante del proyecto: *crear un buen clima laboral trae mejores beneficios y simplifica tareas.*

El autor considera que los conocimientos adquiridos durante toda la carrera de Ingeniería Industrial fueron de vital importancia para el desarrollo del PI porque al ser multidisciplinaria le permitió tener una visión global de la empresa y direccionar esfuerzos hacia aquellos problemas más significativos que tiene. El hecho de haber realizado el PI en una PyME también trajo al autor un beneficio extra, se tiene que tener un conocimiento general de todas las áreas de la empresa para poder realizar cualquier cambio.

Personalmente se siente muy satisfecho con el trabajo realizado ya que pudo aplicar todos sus conocimientos y brindar apoyo a una empresa a la cual conocía de hace tiempo, solucionando problemas que permitieron la realización profesional, como el reconocimiento y satisfacción del Dueño de la Empresa. Desde una perspectiva social, este trabajo sirvió para transferir conocimientos adquiridos en la Universidad al medio socio-económico del autor.

## **Bibliografía**

Davina Vier 2014. Proyecto Integrador: “Análisis de Actividades No Productivas en un Aserradero”.

DOMINGUEZ MACHUCA José Antonio; DOMINGUEZ MACHUCA Miguel Ángel;

GARCIA GONZALEZ Santiago; RUIZ GIMENEZ Antonio; ALVAREZ GIL María José. 1999. Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

GOLDRATT, 2004, La Meta, 3era edición.

HEIZER Jay y RENDER Barry. 2008. Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas. Octava edición. Madrid: Pearson Educación S.A.

HERNÁNDEZ MATÍAS Juan Carlos y VIZÁN IDOIBE Antonio. 2013. Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI. Disponible en: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI\\_LeanManufacturing\\_2013.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf).

MINTZBERG Henry. 2004. Diseño de organizaciones eficientes. Segunda edición. Buenos Aires: El Ateneo.

MUTHER Richard. 1981. Distribución en planta. Cuarta edición. Barcelona: Editorial Hispano Europea.

MUÑOZ Negrón, David, 2009, Administración de operaciones.

OHNO Taiichi. 1993. El sistema de producción Toyota. Más allá de la producción a gran escala. Segunda edición. Barcelona: Ediciones Gestion 2000 S.A.