

# OPTIMIZACION DE LA MANUFACTURA DE SILOS ATORNILLADOS

Francisco Hernandez Anaya <sup>[1]</sup>

[1] Alumno de posgrado Maestría en Manufactura Avanzada CIATEQ A.C.

[frhanaya@gmail.com](mailto:frhanaya@gmail.com)

## Resumen

Esta investigación tiene como finalidad mejorar el diseño de la manufactura de silos atornillados para tener la óptima utilización de los recursos disponibles en la planta de proceso, eliminar obstrucciones en el flujo de materiales, e incrementar la productividad de los procesos. EL presente estudio abarca los diferentes procesos de manufactura los cuales son necesarios para la fabricación de silos atornillados, el estudio de tiempos y movimientos al proceso actual es una parte importante de esta investigación ya que representa los datos de entrada y es el punto de comparación de las mejoras propuestas. Los procesos son modelados y simulados en el software de simulación a eventos discretos. Los resultados de las mejoras al proceso son comentados en la sección de conclusiones.

## Palabras clave

Silo atornillado, simulación, procesos de manufactura.

## 1. Introducción

Esta investigación surge debido a varios factores de los cuales se comentaran a continuación dos de ellos los cuales son preponderantes para la realización de este estudio, el primero obedece a la necesidad de migrar la operación completa de la planta actual (planta 1) a otra planta (planta 2) localizada a aproximadamente 50Km de la planta actual y el segundo factor es la necesidad de mejorar los procesos para reducir tiempos de entrega y costos de la operación.

Los silos atornillados comúnmente se componen de 3 partes principales las cuales son el SA (sector de anillo para formar el cuerpo cilíndrico), SC (sector de cono para formar el cono de descarga del silo) y el ST (sector de tapa para formar la tapa cónica del silo), estas 3 piezas son formadas de placas o laminas metálicas y pueden ser de 3 diferentes materiales acero al carbono, acero inoxidable o aluminio dependiendo la selección de las características del material que se va a almacenar dentro del silo. La fabricación de estos 3 componentes principales contempla una serie de procesos los cuales se explicaran y estudiaran más adelante.

La optimización de la manufactura dentro de la industria depende de cuánto se puedan minimizar los costos, tiempos, mano de obra, materiales, consumibles etc. así como también maximizar eficiencias producción, ahorros, entre otros conceptos presentes en la manufactura. Hoy en día es crucial para las empresas manufactureras optimizar sus procesos para mantenerse en el mercado y seguir creciendo ya que la industria de la manufactura ha crecido en mundialmente y es muy competitiva. En México La industria manufacturera genero el 18.1% del producto interno bruto (PIB) durante el segundo trimestre del año 2014, pero se espera un crecimiento acelerado en este sector en los próximos años ya que se han detonado inversiones importantes de empresas principalmente automotrices y aeronáuticas.

## 2. Fundamentos

### 2.1 Flexsim

Es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro. Además, Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D desde el comienzo.

Un modelo desarrollado con el software Flexsim es básicamente un sistema de flujo de entidades (flowitems), colas (queues), procesos (processor) y sistemas de transporte (transportation). El proceso consiste en un retraso forzado (delay) realizado por una máquina, el transporte consiste en el movimiento de entidades de un recurso a otro, y las colas son un acumulamiento de entidades tipo FIFO (first in first out) a la entrada de un proceso esperando para su procesamiento.

Básicamente, un modelo en Flexsim consta de los siguientes recursos:

- Recursos constantes o fijos (fixed resources). Aquí entrarían las colas (queues), las máquinas o procesos (processor) y las cintas transportadoras (conveyors).
- Recursos compartidos (shared resources). En este apartado están los operadores.
- Recursos móviles (mobile resources). En este apartado entran los sistemas de transporte que permite modelar el software tales como elevadores, trans-pallets, robots industriales, etc.

Como elemento producido o producto en elaboración, está la entidad que fluye por cada uno de los recursos del modelo. A dicha entidad, dentro del Flexsim, se le denomina flowitem. Estas entidades pueden guardar información relativa a dicho producto, tales como etiquetas o labels (por ejemplo, el código de barras de un producto determinado) y el tipo o itemtype, que tipificada a las entidades o productos en elaboración del modelo simulado.

Estas dos propiedades pueden utilizarse para definir tiempos de proceso y encaminar las entidades por su flujo de producción correcto.

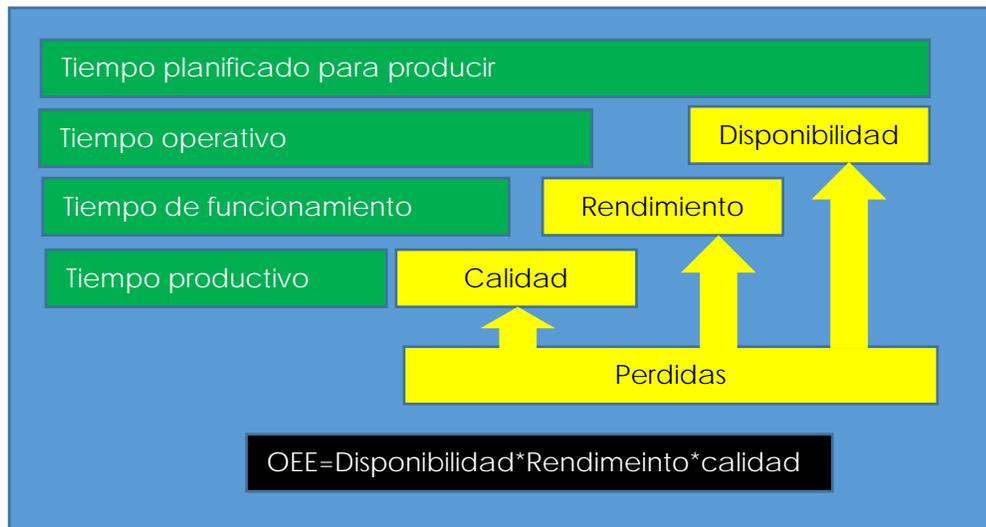
### 2.2. Eficiencia general de equipos OEE

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficiencia Global de los Equipos, es un indicador que permite medir la eficiencia con la que trabaja un equipo o un proceso. El OEE también se puede entender como la relación que existe entre el tiempo que teóricamente debería haber costado fabricar las unidades obtenidas (sin paradas, a la máxima velocidad y sin unidades defectuosas) y el tiempo que realmente ha costado.

Las seis pérdidas OEE son

1. Pérdidas de tiempo por mantenimiento
2. Pérdidas de tiempo por la disponibilidad
3. Pérdidas de tiempo ocioso
4. Pérdidas de reducción de la velocidad
5. Pérdidas de tiempo de la calidad
6. Pérdidas de tiempo de rendimiento

Estas seis pérdidas se engloban en tres principales según se aprecia en la figura 1



**Figura 1.** Las tres pérdidas OEE

Este indicador se puede descomponer en el producto de 3 factores, relacionados a su vez, con los 3 grandes grupos de pérdidas.

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad \quad (1)$$

$$Disponibilidad = \frac{\text{tiempo operativo}}{\text{tiempo planificado}} \quad (2)$$

$$Rendimiento = \frac{\text{tiempo de funcionamiento}}{\text{tiempo operativo}} \quad (3)$$

$$Calidad = \frac{\text{tiempo productivo}}{\text{tiempo de funcionamiento}} \quad (4)$$

Por consiguiente OEE es:

$$OEE = \frac{\text{tiempo productivo}}{\text{tiempo planificado}} \quad (5)$$

Las características que tiene el indicador OEE, que lo hacen imprescindible son:

1. Constituye una forma estructurada y estandarizada de conocer la eficiencia de un proceso y lo que es más importante, la composición de las pérdidas del mismo.
2. Prioriza las líneas de actuación, consiguiendo elevar la eficiencia, con los mínimos recursos.
3. Guía la actuación de los grupos de mejora continua, permitiendo cuantificar rápidamente los avances conseguidos.
4. Se trata de un indicador universal, que permite la comparación entre procesos totalmente distintos.

### 3. Procedimiento

#### 3.1. Estudio de diseño de planta actual.

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario conocer datos importantes como la distribución en planta y la técnica del trabajo de los procesos. El diagrama de flujo de

proceso para las 3 principales componentes que conforman el silo atornillado SA, SC, y ST se presenta a continuación en el diagrama de bloques de la figura 2.

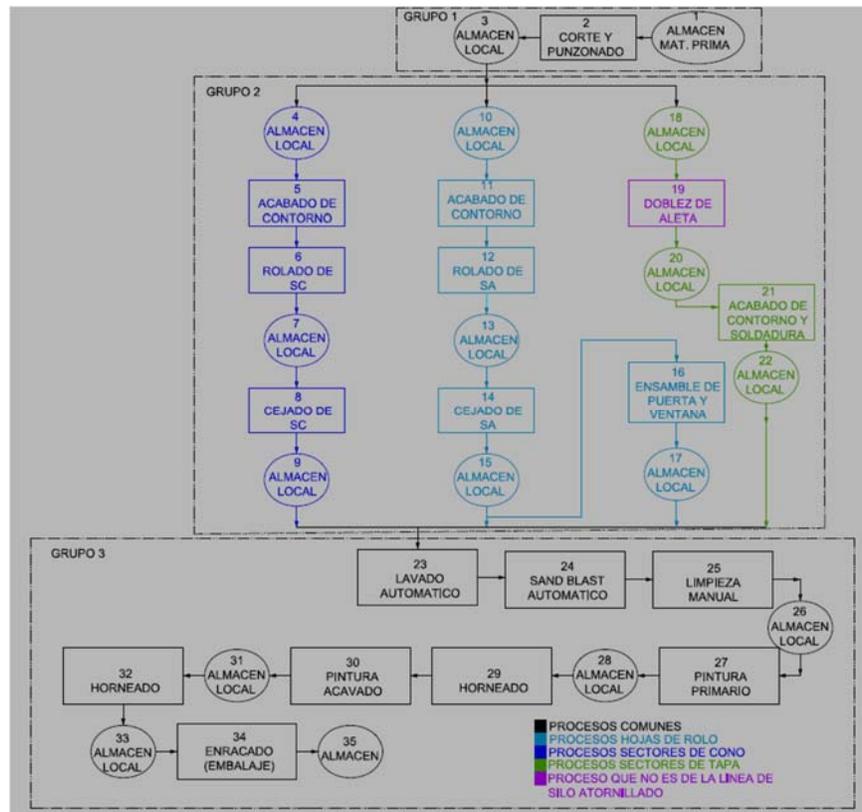


Figura 2 diagrama de flujo del proceso actual.

Tabla 1 detalle de procesos actuales

Proceso	Descripción	Operador	Planta	Componente que se interviene
2	Corte y punzonado	A, B	2	SC, SA, ST
5	Acabado de contorno	C	1	SC
6	Rolado de SC	C, D	1	SC
8	Cejado SC	C, D	1	SC
11	Acabado de contorno	C	1	SA
12	Rolado de SA	D, E	1	SA
14	Cejado SA	D, E	1	SA
16	Ensamble de puerta y ventana	E, F	1	SA
19	Dobleza de aleta	G	1	ST
21	Acabado de Contorno y soldadura	F	1	ST
23	Lavado automático	H, J	1	SC, SA, ST
24	Sandblast automático	H	1	SC, SA, ST
25	Limpieza manual	D	1	SC, SA, ST
27	Pintura primario	I, D	1	SC, SA, ST
29	Horneado	I, D	1	SC, SA, ST
30	Pintura Acabado	I, D	1	SC, SA, ST
32	Horneado	I, D	1	SC, SA, ST
34	Enracado	I, J	1	SC, SA, ST

Del diagrama de la figura 1 y los datos presentados en la tabla 1 se deben tener muy en cuenta los siguientes detalles.

1. Los procesos 2, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 32, 34 son procesos comunes para los 3 componentes principales del silo atornillado.
2. El proceso 2 ya se ubica en planta 2.
3. Hay operadores que intervienen en más de un proceso.
4. Los operadores A, D, E, F, I son operadores muy especializados y el resto de los operadores B, C, G, H, J son ayudantes

La distribución actual de la maquinaria en planta 1 y planta 2 se presenta a continuación en las figuras 3 y 4

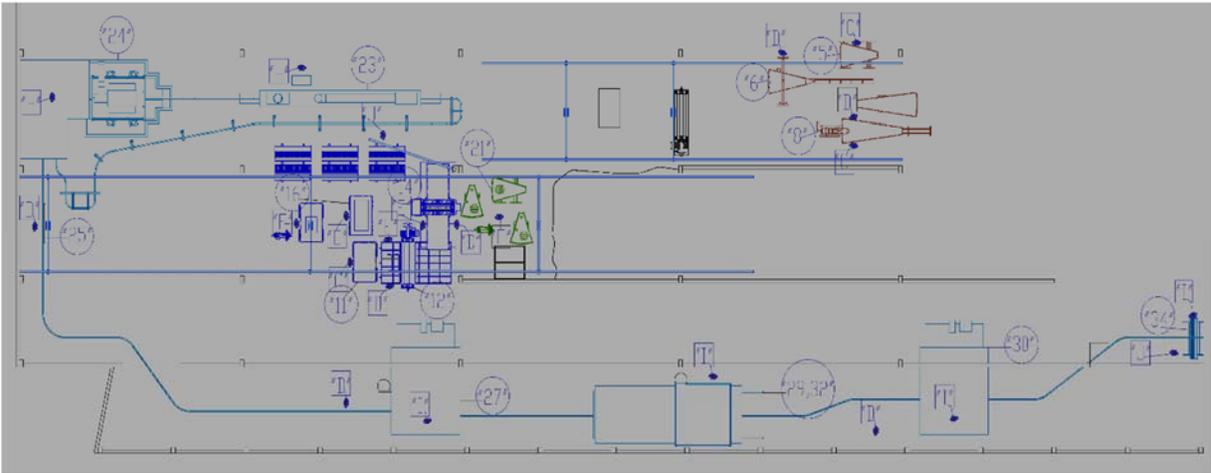


Figura 3 Distribución de procesos y operadores planta 1

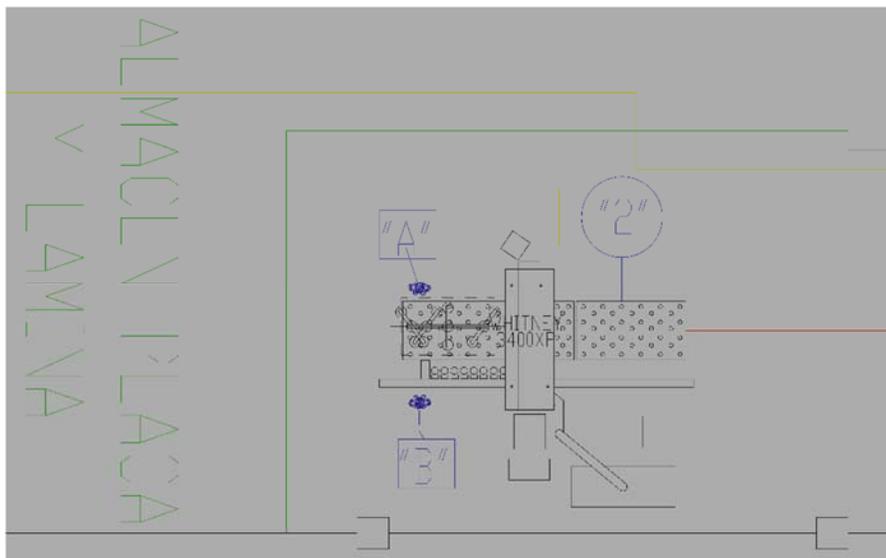


Figura 4 Distribución de procesos y operadores planta 2

### 3.2 Estudio de tiempos y movimientos

Para esta investigación se tomaron los tiempos de fabricación de una orden de trabajo para un silo compuesto por las piezas presentadas en la tabla 2

**Tabla 2** material procesado

	Cantidad
SA	40
ST	8
SC	8

Los tiempos y procesos se corroboraron con el sistema ERP de la empresa. A continuación se presenta el resumen de estos procesos en la figura 5



**Figura 5** resumen de consumo de tiempos de fabricación por unidad procesada.

Como se puede observar en la figura los procesos que más tiempo consumen son el ensamble de puerta y el ensamble de ventana, procesos que son completamente artesanales. Teniendo en cuenta que estos tiempos son por unidad también podemos concluir que aunque estos procesos consumen una cantidad muy superior de tiempo pero el impacto en el tiempo total de fabricación no es muy significativos ya que el diseño de silo solo contempla un ensamble de puerta y uno de ventana, pero los procesos como el cejado de SA y pintura son más críticos ya que se aplican a la mayor cantidad de piezas que componen el silo.

### 3.2 Modelado y simulación de procesos.

Para el modelado se dividieron los procesos en 3 grupos como se observa en el diagrama de la figura 2, los grupos son los que se listan en la tabla 3

**Tabla 3** descripción de los grupos de procesos

Grupo	Descripción	Procesos	Operadores
1	Corte y Punzonado	2	A,B
2	Formado de Hojas	5, 6, 8, 11, 12,14, 16, 19, 21	C,D,E,F,, G
3	Pintura	23, 24, 25, 27, 29, 30, 32, 34	D, H, I, J

Los porcentajes de ocupación de los operadores bajo el esquema proceso actual se muestran a continuación en la tabla 4