



# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



## INGENIERÍA INDUSTRIAL

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**“Propuesta de implementación de Lean Manufacturing  
en planta de pastas de Grupo Industrial La Italiana.”**

DESARROLLADO POR

*JOSE CARLOS CRUZ ESCOBAR*

No. DE CONTROL

06270382

ASESOR

ING. SABINO VELÁZQUEZ TRUJILLO

ASESOR EXTERNO

ING. EDUARDO MORA JIMÉNEZ

REVISORES

DR. ELÍAS NEFTALÍ ESCOBAR GÓMEZ

M.C. JOSÉ DEL CARMEN VÁZQUEZ HERNÁNDEZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; ENERO DEL 2011

# INTER ADMINISTRACION SERVICIOS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.

28 PONIENTE N°. 1104

SANTA MARIA

C.P. 72080

TEL. 01 22 22 32 02 00

PUEBLA, PUE.

R.F.C. IAS021216DV1

[recursos@litaliana.com.mx](mailto:recursos@litaliana.com.mx)

PUEBLA, PUE., A 03 DE DICIEMBRE DE 2010

**M.C. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ**  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GESTION TECNOLOGICA Y VINCULACION  
INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ  
P R E S E N T E

Por medio del presente hacemos de su conocimiento que el ( la ) :

Alumno ( a ) :

**JOSE CARLOS CRUZ ESCOBAR**

Inscrito en la Licenciatura de :

INGENIERIA INDUSTRIAL

Con Numero de Control :

06270382

## Realizo y Acredito sus Practicas Profesionales

Empresa :

INTER ADMINISTRACIÓN SERVICIOS PROFESIONALES, S.A. DE C.V.

Área :

AUDITORIA DE COSTOS

A Cargo de :

ING. EDUARDO MORA JIMENEZ

Periodo Comprendido :

INICIO 16/AGOSTO/2010 TERMINO 03/DICIEMBRE/2010

Horas :

640 Hrs.

Con el Proyecto :

" LEAN MANUFACTURING "

Sin mas agradeciendo la atención prestada a la presente quedamos de usted.



*[Handwritten Signature]*  
RECURSOS HUMANOS  
Jorge Alvin Garcia  
GERENTE DE RECURSOS HUMANOS



C.c.p. Archivo / 2010 / JTC  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEPEACA / 2010

## Resumen

En este proyecto lo que se propone es aplicar el pensamiento de Lean Manufacturing en el almacén de refacciones.

El almacén de refacciones de la empresa Italtapa del Grupo Industrial La Italiana sufre un problema en cuanto a la forma que se trabaja, principalmente falta organización, no existe una fácil identificación de materiales, existen productos almacenados durante mucho tiempo por lo cual existen productos obsoletos esto se debe a que no se tiene un control de inventario. Basado con el enfoque Lean se pretende cumplir con el objetivo de desarrollar una propuesta eficiente de Lean Manufacturing, teniendo en cuenta las limitantes de información.

El Grupo Industrial La Italiana es una asociación de empresas. El proyecto se realizó en Italtapa en la planta de la ciudad de Puebla, esta empresa se dedica a la producción de pasta de sémola de trigo.

Las herramientas y metodologías necesarias para implementar el modelo propuesto son: Lean Manufacturing, Administración de almacenes, Planeación de instalaciones y 5's Estas herramientas se utilizarán con el fin de atacar los problemas que existen en la empresa.

La propuesta de implementación consta de las siguientes etapas; Diagnóstico Situacional, Inventario ABC, Pronósticos, Determinación de las capacidades, Plan Layout y 3's.

Empleando las herramientas que se requieren en cada una de las etapas se conseguirá mantener un pensamiento Lean en el almacén de refacciones lo cual permite conocer la cantidad necesaria de materiales, aprovechar el espacio para el inventario, mejorar la organización del almacén y mantener solamente productos necesarios.

## Índice General

|   |           |
|---|-----------|
| Introducción .....                          | 1         |
| <b>Capítulo 1 .....</b>                     | <b>3</b>  |
| <b>Planteamiento del problema.....</b>      | <b>3</b>  |
| 1.1. Antecedentes .....                     | 4         |
| 1.2. Definición del problema .....          | 4         |
| 1.3. Objetivos .....                        | 4         |
| 1.3.1. Objetivo General.....                | 4         |
| 1.3.2. Objetivos Específicos.....           | 4         |
| 1.4. Justificación .....                    | 5         |
| 1.5. Delimitaciones.....                    | 5         |
| <b>Capítulo 2 .....</b>                     | <b>6</b>  |
| <b>Características de la empresa .....</b>  | <b>6</b>  |
| 2.1 Antecedentes de la empresa.....         | 7         |
| 2.2 Razón social.....                       | 7         |
| 2.3 Ubicación .....                         | 8         |
| 2.4 Misión y Visión .....                   | 8         |
| 2.5 Organigrama .....                       | 9         |
| 2.6 Área de desarrollo del proyecto .....   | 9         |
| <b>Capítulo 3 .....</b>                     | <b>11</b> |
| <b>Fundamento Teórico.....</b>              | <b>11</b> |
| 3.1 Lean Manufacturing.....                 | 12        |
| 3.2 5's .....                               | 30        |
| 3.3 Administración de almacenes.....        | 32        |
| 3.3.1 Inventario ABC.....                   | 34        |
| 3.3.2 Pronósticos.....                      | 35        |
| 3.4 Planeación de las instalaciones .....   | 38        |
| <b>Capítulo 4 .....</b>                     | <b>42</b> |
| <b>Propuesta Metodológica.....</b>          | <b>42</b> |
| 4.1 Etapa 1: Diagnóstico Situacional .....  | 44        |
| 4.2 Etapa 2: Modelo de inventario ABC ..... | 47        |

|                                       |  |           |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 4.3                                   | Etapa 3: Pronósticos .....                   | 49        |
| 4.4                                   | Etapa 4: Determinación de la capacidad ..... | 49        |
| 4.5                                   | Etapa 5: Plan Layout.....                    | 50        |
| 4.6                                   | Etapa 6: 3´s .....                           | 50        |
| <b>Capítulo 5</b>                     | .....  | <b>51</b> |
| <b>Implementación de la propuesta</b> | .....  | <b>51</b> |
|                                       | Etapa 1: Diagnóstico Situacional .....       | 52        |
|                                       | Etapa 2: Modelo de inventario ABC .....      | 61        |
|                                       | Etapa 3: Pronósticos .....                   | 63        |
|                                       | Etapa 4: Determinación de la capacidad ..... | 68        |
|                                       | Etapa 5: Plan Layout.....                    | 69        |
|                                       | Etapa 6: 3´S.....                            | 71        |
| <b>Capítulo 6</b>                     | .....  | <b>75</b> |
| <b>Conclusiones y Recomendaciones</b> | .....  | <b>75</b> |
| <b>Bibliografía</b>                   | .....  | <b>78</b> |
| <b>Anexos</b>                         | .....  | <b>80</b> |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 2.1.</b> Ubicación de la empresa .....                                      | 8  |
| <b>Figura 2.2.</b> Organigrama de la empresa .....                                    | 10 |
| <b>Figura 4.1.</b> Etapas de la propuesta metodológica .....                          | 43 |
| <b>Figura 4.1.</b> Formato de matriz SIPOC .....                                      | 44 |
| <b>Figura 4.2.</b> Pasos para el desarrollo de matriz SIPOC .....                     | 45 |
| <b>Figura 4.3.</b> Formato para Estudio de Resistencia.....                           | 46 |
| <b>Figura 4.4.</b> Pasos del Inventario ABC.....                                      | 48 |
| <b>Figura 5.1.</b> Almacén de refacciones .....                                       | 52 |
| <b>Figura 5.2.</b> Project Charter .....  | 54 |
| <b>Figura 5.3.</b> SIPOC del almacén de refacciones .....                             | 57 |
| <b>Figura 5.4.</b> Diagrama de flujo del proceso en el almacén de refacciones .....   | 58 |
| <b>Figura 5.5.</b> Estudio de resistencia del personal .....                          | 59 |
| <b>Figura 5.6.</b> Plan de comunicación del almacén de refacciones.....               | 60 |
| <b>Figura 5.6.</b> Promedio móvil aplicado a la pieza 4RTR0117.....                   | 64 |
| <b>Figura 5.7.</b> Suavizamiento exponencial simple aplicado a la pieza 4RTR0117 .... | 64 |
| <b>Figura 5.8.</b> Suavizamiento exponencial doble aplicado a la pieza 4RTR0117 ..... | 65 |
| <b>Figura 5.9.</b> Promedio móvil aplicado a la pieza 4RAC1109.....                   | 66 |
| <b>Figura 5.10.</b> Suavizamiento exponencial simple aplicado a la pieza 4RAC1109..   | 67 |
| <b>Figura 5.11.</b> Suavizamiento exponencial doble aplicado a la pieza 4RAC1109 ...  | 67 |
| <b>Figura 5.12.</b> Medidas del almacén de refacciones .....                          | 68 |
| <b>Figura 5.13.</b> Layout Propuesto para el almacén de refacciones.....              | 70 |
| <b>Figura 5.14.</b> Camino de respuesta para desarrollar la 1ª S.....                 | 72 |
| <b>Figura 5.15.</b> Etiquetado en estantes.....                                       | 73 |
| <b>Figura 5.16.</b> Formato para conocer la frecuencia de limpieza.....               | 74 |

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 5.1.</b> Familia de refacciones.....                             | 56 |
| <b>Tabla 5.2.</b> Inventario Tipo A del almacén de refacciones.....       | 62 |
| <b>Tabla 5.3.</b> Consumo de la pieza 4RTR0117.....                       | 63 |
| <b>Tabla 5.4.</b> Consumo de la pieza 4RAC1109 .....                      | 65 |
| <b>Tabla 5.5.</b> Consumo por familias en el almacén de refacciones ..... | 69 |

## Introducción

Las técnicas para mejorar la producción, reducir desperdicios, disminuir costos, disminuir inventarios han ido evolucionando a lo largo del tiempo. Lean Manufacturing es un tema del que se debería hablar y conocer en todas las empresas ya que si se aplica será de gran ayuda para mejorar una empresa.

El presente proyecto fue realizado en la empresa Grupo Industrial La Italiana. Se realiza con la intención de conseguir un Inventario Lean. Lo que se entiende con Inventario Lean es tener un pensamiento Lean en todo el almacén lo cual permite conocer la cantidad necesaria de materiales, aprovechar el espacio para el inventario, mejorar la organización del almacén y mantener solamente productos necesarios.

En el capítulo 1 se realiza una descripción de las razones por las cuales se desarrollo este proyecto. En este capítulo se describen los problemas observados de la empresa como lo es la difícil identificación de materiales, una incorrecta distribución y una falta de método para el reabastecimiento de los materiales.

Este proyecto se hizo con el fin de solucionar los problemas de mala organización, para facilitar la identificación de materiales, para mejorar la forma en que se encuentra distribuido el almacén y proponer una manera de reabastecer el inventario.

En el capítulo 2 se da a conocer la empresa esto es para comprender mejor como se encuentra estructurada la empresa y en qué lugar se desarrollo el proyecto.

En el capítulo 3 se describen los fundamentos sobre Lean administración de almacenes, método ABC para los inventarios, métodos para pronosticar, planeación de instalaciones y 5's.



El capítulo 4 describe la propuesta de implementación del proyecto, la cual se basa en 7 etapas. Esta metodología comienza diagnosticando la situación actual de la empresa, después se desarrolla el método ABC para conocer qué tipos de materiales se mantendrán en el almacén, a estos materiales se le realizaran pronósticos con los cuales se obtendrá un nivel necesario de materiales para mantener en almacén, por esto se determinará la capacidad que tiene el almacén. Se propondrá Layout tomando como prioridad las familias de mayor consumo. Se prosigue utilizando las primeras 3's y un método de control visual para acomodar las piezas en sus respectivos lugares.

En el capítulo 5 se desarrolla la implementación de la propuesta metodológica, se mostrara lo desarrollado a través de la propuesta metodológica.

En el capítulo 6 se presentan las conclusiones del proyecto y recomendaciones.

**Capítulo 1**

**Planteamiento del problema**

## **1.1. Antecedentes**

Lo que se puede visualizar en el departamento de almacén de refacciones es que existe un problema en cuanto lo que se mantiene en stock ya que existen excesos y escasez de materiales, existe un desorden en cuanto a el acomodo de materiales por lo que no hay completa identificación de los materiales, la información de los consumos es poco confiable y existen productos obsoletos.

## **1.2. Definición del problema**

Proponer la implementación de una metodología basada en el enfoque de Inventario Lean, para controlar el flujo de materiales en el almacén de refacciones.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Desarrollar una propuesta eficiente para el desarrollo de Lean Manufacturing.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Asegurar un inventario de refacciones tomando como prioridad los materiales con mayor rotación
- Desarrollar un método para la organización del departamento
- Facilitar la identificación de las piezas
- Reducir el tiempo de paro de la maquina debido a la escasez de materiales

## **1.4. Justificación**

Se desarrollaran planes de abastecimiento y de que materiales se necesitan abastecer esto con el fin de reducir los costos por el exceso o escasez de materiales, también ayudara a no tener productos obsoletos y a reducir paros por la falta de materiales.

Se propondrá un diseño de organización del almacén para facilitar el acomodo y la identificación de materiales.

## **1.5. Delimitaciones**

Este proyecto se realizo en el almacén de refacciones de la empresa Italpasta del Grupo Industrial La Italiana. El proyecto se realizo en el periodo Agosto-Diciembre del 2010.

La limitante principal de este proyecto es la información, esto se debe a la falta de organización de almacén.

El espacio del almacén fue una limitante importante en este proyecto debido a que el almacén se encontraba en el segundo piso y la estructura donde se encontraban los estantes era inmóvil, no se podían acomodar los estantes de manera diferente.

Debido a la cantidad de las piezas y al tiempo en que fue realizado el proyecto no fue desarrollado hasta la completa implementación de la metodología.

**Capítulo 2**

**Características de la empresa**

## **2.1 Antecedentes de la empresa**

La empresa inicia en México en una pequeña fábrica de pastas fundada en la ciudad de Puebla en el año de 1920, por una familia de inmigrantes italianos. Desde su fundación ha logrado ofrecer en sus productos los secretos de la tradición italiana para la elaboración de pastas. Pensando siempre en satisfacer las necesidades y gustos de sus consumidores, utiliza tecnología de punta en los procesos industriales y esto da como resultado, la preferencia de la marca a nivel nacional e internacional.

Gracias al éxito de La Italiana, y a la visión de sus propietarios, se logra la fundación de otras compañías, que en conjunto con la antes mencionada, componen actualmente el grupo, estas son:

- Molino Harinero San Blas
- Galletas GISA
- Italgrani
- Transportes Aliano

Actualmente cuenta con una gran capacidad productiva, instalada en extensas superficies de los estados de Puebla y Guanajuato.

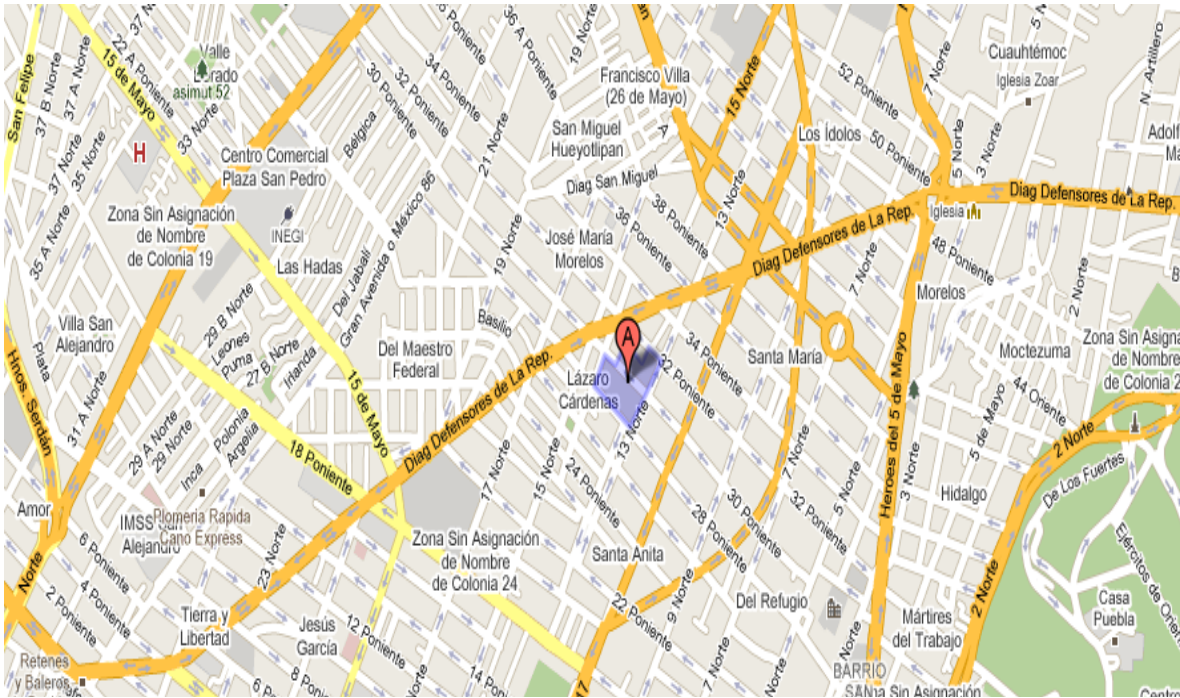
Grupo Industrial La Italiana distribuye sus productos a lo largo y ancho del país, exportando también a importantes mercados internacionales; generando más de 1,500 empleos permanentes.

## **2.2 Razón social**

Grupo Industrial La Italiana

## 2.3 Ubicación

La empresa Italpasta se encuentra en la 28 poniente número 1308 de la Colonia Santa Anita en la ciudad de Puebla. En la **Figura 2.1** se muestra su ubicación.



**Figura 2.1.** Ubicación de la empresa

## 2.4 Misión y Visión

### Misión

Somos una empresa que desde sus inicios ha elaborado productos de excelente calidad a precios competitivos, manteniendo tradición, prestigio, innovación y calidad.

## **Visión**

Convertirnos en una empresa de las más importantes y reconocidas en el ramo alimentario, con una excelente presencia de nuestras marcas en un ambiente globalizado, comprometiéndonos con la excelencia en nuestro trato con los clientes, empleados y proveedores.

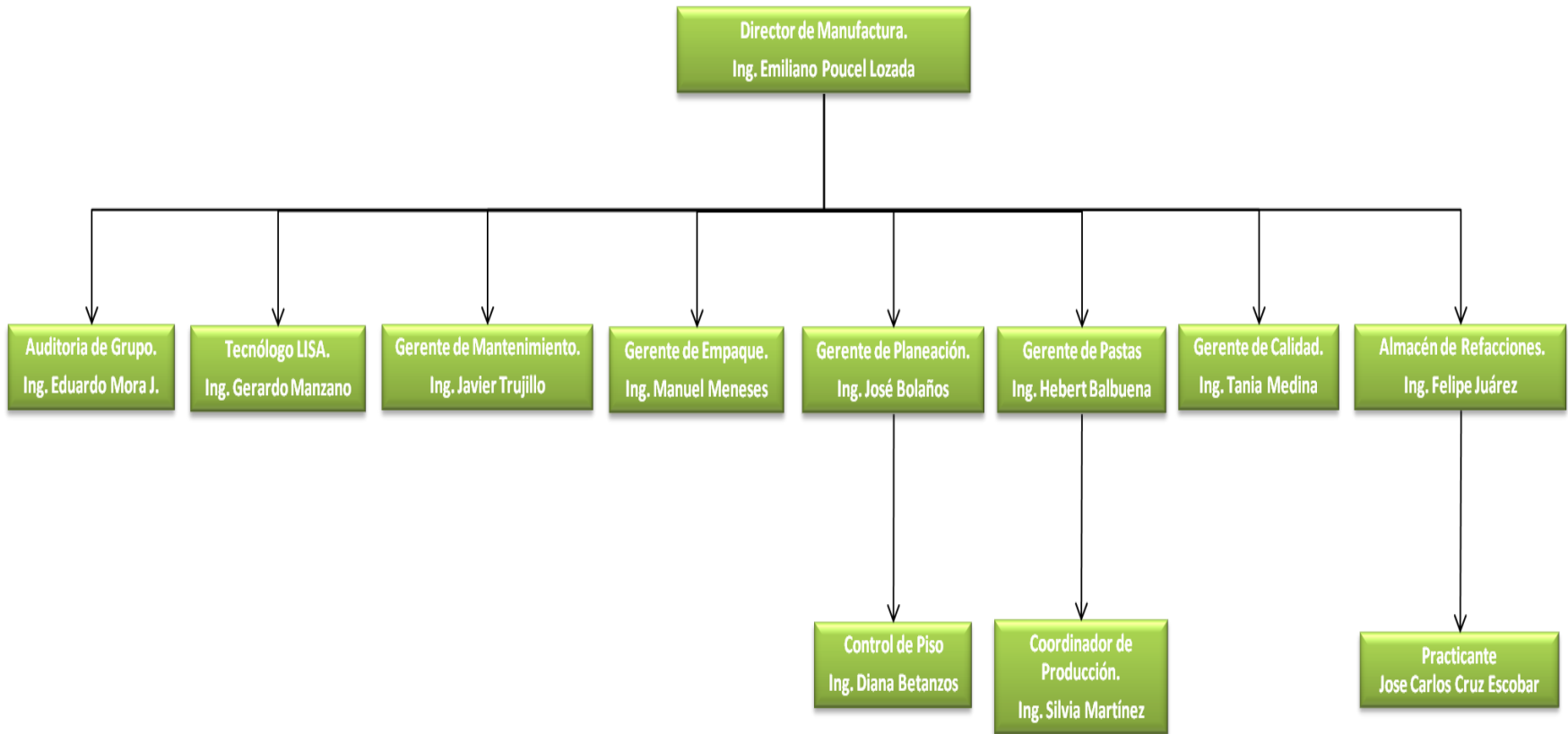
## **2.5 Organigrama**

En la **Figura 2.2** se muestra el organigrama de la empresa.

## **2.6 Área de desarrollo del proyecto**

El proyecto se desarrollo en el almacén de refacciones de la empresa Italtapa que se encuentra en la ciudad de Puebla perteneciente al Grupo Industrial La Italiana.





**Figura 2.2.** Organigrama de la empresa

**Capitulo 3**

**Fundamento Teórico**

### 3.1 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una estrategia para lograr la mejora continua, por medio de la identificación y eliminación de todo el desperdicio de los procesos y actividades de la empresa.

Fueron los japoneses quienes cambiaron la manera en la cual se producía.

Comprando unas cuantas prensas Americanas usadas y experimentando sin límites desde finales de los años 40, Taichí Ohno eventualmente perfeccionó su técnica para cambios rápidos de troqueles. A finales de los años 50, el había reducido el tiempo requerido para cambiar troqueles de un día a solamente 3 minutos.

En el proceso, hizo un descubrimiento inesperado. En realidad costaba menos por parte el hacer lotes pequeños de estampados que correr enormes lotes. El hacer lotes pequeños eliminaba el costo de los enormes inventarios de partes terminadas que los sistemas de producción en masa requerían. También causaba que los defectos se vieran casi instantáneamente. Pero para hacer a este sistema trabajar, Ohno necesitaba una fuerza de trabajadores altamente motivada y extremadamente hábil.

El sistema de Ford asumía que los trabajadores de la línea de ensamble debían realizar una o dos tareas sencillas. El supervisor no hacía actividades de ensamble sino que se aseguraba de que los operadores siguieran órdenes. Esas órdenes o instrucciones eran desarrolladas por el ingeniero industrial que también era responsable de mejorar el proceso. Los ejecutivos en el corporativo generalmente calificaban a los gerentes de fábrica en dos criterios: eficiencia y calidad. La eficiencia era el número de autos realmente producidos en relación al programa. La calidad era medida después de que los vehículos con partes defectuosas habían sido reparados. Entonces, era crucial no detener la línea de

producción a menos que fuera absolutamente necesario. Dejar a los coches seguir a lo largo de línea con un componente desalineado era perfectamente aceptable, porque este tipo de defecto podía rectificarse en el área de retrabajos.

Ohno, quien visitó Detroit repetidamente justo después de la segunda guerra mundial, rápidamente llegó a la conclusión de que el sistema completo estaba lleno de muda (desperdicio). Ninguno de los especialistas más allá del operador de ensamble estaba agregando valor al auto. Ohno estaba convencido de que los trabajadores de ensamble podían probablemente hacer la mayoría de las funciones de los especialistas y además hacerlas mucho mejor por su conocimiento directo de las condiciones de la línea.

Ohno comenzó a experimentar en Toyota. El primer paso fue agrupar a los trabajadores en equipos con un líder en vez de un supervisor. Se les dio a los equipos una serie de pasos de ensamble y se les dijo que trabajaran juntos en cómo desempeñar mejor las operaciones necesarias.

Ohno después le dio al equipo las tareas de orden y limpieza, reparaciones menores de herramientas e inspecciones de calidad. Finalmente, como último paso, después de que los equipos estaban funcionando bien, fijó un plazo en que periódicamente el equipo se reunía para sugerir formas de mejorar el proceso.

Con respecto al retrabajo, Ohno razonó que la práctica de los productores en masa de dejar pasar los defectos para mantener corriendo la línea causaba que los defectos se multiplicaran interminablemente. Ohno situó un cordón sobre cada estación de trabajo e instruyó a los trabajadores a detener la línea completa de ensamble inmediatamente si surgía un problema que no pudieran corregir.

Entonces todo el equipo se reuniría para dar solución al problema. Se les enseñó a los trabajadores de producción seguir cada error hasta su causa raíz para entonces diseñar un arreglo de modo que el error no volviera a ocurrir.

Cuando Ohno comenzó a experimentar con estas ideas, su línea de producción se detenía todo el tiempo. Sin embargo, cuando los equipos de trabajo fueron ganando experiencia identificando y encontrando las causas raíz de los problemas, el número de errores comenzó a decaer drásticamente. Hoy en día, en las plantas de Toyota, donde cada trabajador puede detener la línea, las eficiencias se aproximan al 100%. La línea prácticamente nunca se detiene.

Ohno desarrolló una nueva forma de coordinar día a día el flujo de partes dentro del sistema de abastecimiento, llamada Kanban. Las partes sólo serían producidas en el paso previo para abastecer a la demanda inmediata del paso siguiente. Esta idea era enormemente difícil de implementar en la práctica ya que eliminaba prácticamente todos los inventarios. Cuando una pequeña parte del vasto sistema de producción fallaba, todo el sistema se detenía. Este era precisamente el poder de la idea de Ohno. Removía todos los inventarios de seguridad y enfocaba a cada miembro del sistema de producción a anticipar los problemas antes de que se volvieran lo suficientemente serios para detener todo. Las agencias de ventas de autos se volvieron parte del sistema de producción cuando Toyota gradualmente dejó de construir autos para compradores desconocidos e implementó un sistema de construir de acuerdo a órdenes en el cual el vendedor era el primer paso del sistema de Kanban, enviando órdenes de autos previamente vendidos a la fábrica para entregar a clientes específicos en un plazo de dos a tres semanas.

Toyota había asimilado los principios de la producción esbelta a principios de los años 60.

### Principios de Lean Manufacturing

Para desarrollar un proyecto Lean se deben considerar como parte esencial del proyecto sus principios.

- Valor

Se debe definir e identificar el valor desde el punto de vista del cliente, con el fin de eliminar todo lo que no agrega valor al producto, proceso, etc.

- Cadena de Valor

Se debe hacer visibles e identificar oportunidades de mejoramiento y eliminar todo lo que no agrega valor, esto por medio de un mapa de flujo de información y de materiales, y por medio de indicadores Lean.

- Flujo

Es necesario crear un flujo en el proceso para que la información y los materiales fluyan más rápido, esto provocara que todo lo que no agregue valor (desperdicios) sea más fácil de visualizar.

#### Tipos de Desperdicios

- Sobreproducción
- Tiempo de espera
- Transporte
- Sobreprocesamiento
- Procesos inapropiados
- Movimientos innecesarios
- Defectos
- Inventarios Innecesarios

La mayoría de los defectos en una empresa son causa de errores humanos de los cuales solo mencionan 10.

- Olvido
- Malos Entendidos

- Mala identificación
- Hechos por principiantes
- A la voluntad
- Sin intención
- Lentitud
- Falta de Estándares
- Errores por Sorpresa
- Intencionales

### **Kaizen (Mejoramiento continuo)**

Se debe esforzar para mejorar, siempre existe una forma de mejorar lo ya mejorado.

Kaizen es utilizado cuando se tiene la necesidad de buscar un cambio. Y la herramienta ideal para hacer un posible cambio es Kaizen.

Kaizen tuvo sus inicios en Japón, fue resultado de aportes de diversos tanto de japoneses como de americanos, destacándose entre estos Deming y Juran. Kaizen se origino ya que se quería la máxima producción con la mínima cantidad de insumos. Esto permitió que se revirtiera la percepción que los japoneses tenían sobre calidad.

Kaizen significa mejoras pequeñas realizadas como resultados de esfuerzos progresivos.

Kaizen busca la reducción de costo a través de la eliminación de desperdicio, tener un mejoramiento continuo gradual y ordenado, realizar cambios significativos y a bajo costo. Es la herramienta principal después de realizar un mapeo de la cadena de valor, para su aplicación requiere de un equipo multifuncional.

## **Heijunka**

Heijunka (Producción Suavizada): En la constante búsqueda de hacer que el producto fluya más suavemente y en lotes cada vez más pequeños se llegó a Heijunka que en esencia implica replicar las proporciones de la mezcla de productos en el intervalo más pequeño posible. El ideal es la producción y movimiento de una unidad de producto a la vez (one piece flow). Esta producción suavizada genera más movimientos de materiales, por lo que la infraestructura de manejo de materiales debe adaptarse a esta realidad para evitar un desbordamiento de costos por este concepto.

Este principio matiza de nuevo el concepto de flujo ideal. Propone un cierto desacoplamiento del PULL del cliente para minimizar otros dos tipos de despilfarros, el MURI (sobrecarga del personal o de las máquinas) y el MURA (desnivelado). La propuesta consiste en nivelar la carga de trabajo a través de planes que utilicen los inventarios y las previsiones de demanda razonablemente. Esto, junto con lotes de fabricación pequeños, permitirá mantener una alta flexibilidad respecto a los requerimientos del cliente de forma estable en el tiempo.

## **SMED**

Este se refiere al intercambio rápido de herramientas y arreglos en los talleres, de modo que se puedan manejar varios productos en lotes pequeños con el mismo equipo. La reducción del tiempo de instalación (preparación) agrega valor a la operación y genera condiciones para un flujo de producción más uniforme.

Se ha definido el SMED como la teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (Just in time), una de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño.



En contra de los pensamientos tradicionales el Ingeniero japonés Shigeo Shingo señaló que tradicional y erróneamente, las políticas de las empresas en cambios de herramientas, se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y pocos han llevado a cabo estrategias de mejora del propio método de cambio. El éxito de este sistema comenzó en Toyota, consiguiendo una reducción del tiempo de cambios de matrices de un periodo de una hora y cuarenta minutos a tres minutos.

La necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en este caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de costos. Esta técnica está ampliamente validada y su implantación es rápida y altamente efectiva en la mayor parte de las máquinas e instalaciones industriales.

#### Beneficios de SMED

- Cambios más frecuentes
- Corridas más pequeñas
- Bajos inventarios
- Mejora en calidad
- Menos desperdicios
- Mayor flexibilidad
- Entregas a tiempo
- Reducir los cuellos de botella.
- Reducir costos

Debido a que una ventaja de SMED es la disponibilidad de los equipos se obtiene lo siguiente:

- Incrementa la capacidad de producción.
- Reduce el tiempo de entrega.
- Reduce los tiempos de cambio.
- Incrementa la disponibilidad de la máquina.
- Mejora la reacción ante cambios en la demanda del cliente.
- Regulariza el flujo antes y después del cambio.

Una ventaja mas de SMED es que se tienen clientes satisfechos esto provoca que exista:

- Mayor flexibilidad genera mayor confianza de los clientes
- Reciben entregas a tiempo y completas
- Favorece la Mejora Continua

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro.

Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- Reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- Reducir el tamaño del inventario
- Reducir el tamaño de los lotes de producción
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la

flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al ser posible la reducción del tamaño de lote se aporta a la calidad, ya que al no existir inventarios de material para producción no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

## **Jidoka**

El sistema Jidoka compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una situación que debe ser corregida.

La automatización realiza una doble función primero elimina el desperdicio de producción, una importante pérdida en la fabricación, y previene la producción de productos defectuosos mediante la inspección automatizada.

La palabra Jidoka significa verificación en el proceso, cuando en el proceso de producción se instalan sistemas Jidoka se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso. Se centra en la mejora de calidad, y la independencia del trabajador del proceso.

### Tipos de Jidoka

- Visión
- Fuerza
- Longitud
- Peso
- Volumen

La Autonomatización tiene como significado el control autónomo de defectos en maquinaria automatizada, las máquinas funcionan de modo autónomo, pues estas

paran cuando se presenta un problema. “Transfiere un nivel de la inteligencia humana a la maquinaria automatizada”. Las máquinas detectan la pieza defectuosa y paran inmediatamente mientras llega la ayuda.

Los japoneses creen que la inspección, como en la automatización y la robótica, la puede realizar una máquina, porque es más rápido, más fácil, más repetible o más redundante, por lo que no debería hacerlo el trabajador.

El concepto fue iniciado por Sakichi Toyoda al final del vigésimo siglo. Inventó los telares automáticos que paraban inmediatamente cuando el hilo de rosca se rompía. Esto permitió que un trabajador supervisara varias máquinas sin el riesgo de producir grandes cantidades de paño defectuoso.

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, los procesos Jidoka son sistemas comparativos de lo "ideal" o "estándar" contra los resultados actuales en producción.

Jidoka puede referirse al equipo que se detiene automáticamente bajo las condiciones anormales, también se usa cuando un miembro del equipo encuentra un problema en su estación de trabajo. Los miembros del equipo son responsables para corregir el problema y si ellos no pueden, deben detener la línea.

El objetivo de Jidoka puede resumirse como:

- Calidad asegurando 100 % del tiempo
- Previniendo averías del equipo

Jidoka también se utiliza cuando el trabajador encuentra un problema en su estación de trabajo. El es responsable de corregir el problema si no puede, debe parar la línea más bien que dejar que la pieza defectuosa se siga procesando.

## **Poka Yoke**

Poka Yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en 1960, que significa a prueba de errores. La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

Poka Yoke proviene de las palabras japonesas Poka (error inadvertido) y Yoke (prevenir).

La finalidad del Poka Yoke es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

La práctica del sistema Poka Yoke se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción.

Los trabajadores no son infalibles. El reconocer que las personas son humanos y el implantar dispositivos efectivos de Poka Yoke de acuerdo a las necesidades, es uno de los cuatro Conceptos Básicos para un Sistema de Control de Calidad de Cero Defectos. Los dispositivos Poka Yoke también completan las funciones de control que deben ser efectivas en influenciar las funciones de ejecución.

De cualquier manera en el análisis final, un sistema Poka Yoke es un medio y no un fin. Un sistema Poka Yoke puede ser combinado con las inspecciones sucesivas o con auto-inspecciones, que pueden completar la necesidad de esas técnicas que proveen el 100% de inspección e iniciar la retroalimentación y acción.

Por lo que es imprescindible que la inspección sea en la fuente y las mediciones con Poka Yoke deben de combinarse si uno desea eliminar defectos. Es la combinación de inspección en la fuente y los dispositivos Poka Yoke que hace posible el establecimiento de Sistemas de control de Calidad de Cero Defectos.

Shigeo Shingo fue uno de los ingenieros industriales en Toyota, quien creó y formalizó el Control de Calidad Cero Defectos. La habilidad para encontrar los defectos es esencial, como dice Shingo "la causa de los defectos recae en los errores de los trabajadores, y los defectos son los resultados de continuar con dichos errores".

#### Beneficios de Poka Yoke

- Un sistema a prueba de errores involucra retroalimentación inmediata y toma de acción tan pronta como el error o defecto ocurre
- Involucra inspección al 100% e incorpora las funciones de una lista de verificación
- Integra la inspección al proceso.

#### Ventajas de Poka Yoke

- Seguridad de los usuarios de cualquier maquinaria
- Proceso o procedimiento, sin errores
- Eliminando accidentes

## Tipos de errores causados por el factor humano

- El olvido del individuo.
- Un entendimiento incorrecto/inadecuado.
- Falta identificación o es inadecuada la que existe.
- Por falta de experiencia del individuo.
- Errores a propósito por ignorar reglas ó políticas.
- Por descuido pasa por desapercibida alguna situación
- Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.
- Falta de documentación en procedimientos o estándares de operaciones.
- Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se dé la sorpresa.
- Por falta de conocimiento, capacitación e integración del individuo con la operación, se dan causas intencionales.

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka-Yoke:

- Métodos de Control

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

- Métodos de Advertencia

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por

lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

#### Clasificación de los métodos Poka Yoke

- Métodos de contacto.

Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

- Método de valor fijo.

Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

- Método del Paso-Movimiento.

Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

#### **Mantenimiento productivo Total (TPM)**

Es un sistema Desarrollado en Japón, para eliminar pérdidas, reducir paradas, garantizar la calidad y disminuir costos en las empresas con procesos continuos. La sigla TPM fue registrada por el JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta).



El objetivo del TPM es lograr cero accidentes, cero defectos, cero averías.

Los pilares del TPM son:

- Mejora Orientada
- Mantenimiento Autónomo
- Mantenimiento Planeado
- Educación y entrenamiento
- Liderazgo y organización
- Gestión temprana
- Mantenimiento de calidad
- TPM administrativo
- Seguridad

La visión de los pilares del TPM es crear, implementar, mantener y mejorar sistemas que aseguren cero inventario, cero reparaciones, cero defectos, cero reclamaciones, cero accidentes.

El TPM se debe usar por que la creatividad y abre puertas nuevas posibilidades. La meta de TPM es incrementar la eficiencia económica y productiva del negocio. Sirve para mejorar la situación financiera, incrementar competitividad y trabajo ó empleo seguro.

Un proceso de mejora continua puede ser solo implementado si los empleados y la gerencia están entrenados e involucrados.

A través de TPM se busca que:

- El producto de mejor calidad
- El más bajo costo de producción
- El mejor tiempo de entrega

- El mejor servicio a nuestros clientes,
- El mejor y más seguro lugar para trabajar

Los objetivos principales de TPM son:

- Reducir averías de los equipos
- Reducir tiempos de espera y preparación de los equipos
- Utilización eficaz de los equipos existentes
- Control de la precisión de herramientas y equipos
- Promoción y conservación de recursos naturales y economía de energía
- Formación y entrenamiento de los Recursos Humanos

### **Mantenimiento Autónomo**

Es la participación directa de los operadores de las máquinas, incrementando sus habilidades para:

- Detectar anomalías a través de la limpieza y la inspección
- Comprender el funcionamiento del equipo
- Restaurar las condiciones básicas de operación
- Sustituir partes o hacer pequeñas reparaciones
- Establecer y mantener condiciones óptimas de operación a través de limpieza inspección y lubricación

El mantenimiento autónomo no es una actividad especializada, como el mantenimiento profesional, mas debe ser tomada y aplicada por el personal que opera en la producción y que interactúa cotidianamente con las maquinas e instalaciones.

La misión del Mantenimiento Autónomo es:

- Reducir los paros imprevistos al conocer el funcionamiento del equipo
- Mejorar el nivel técnico
- Prevenir el deterioro
- Mejorar la confiabilidad del equipo

Los objetivos del Mantenimiento Autónomo son:

- Cero riesgos para la seguridad
- Cero averías
- Cero defectos de calidad
- Cero errores de operación.

Pasos para desarrollar el Mantenimiento autónomo:

Paso 0. Medidas de seguridad necesaria

Paso 1. Limpieza inicial

Paso 2. Eliminación de fuentes de suciedad y de lugares de difícil acceso.

Paso 3. Crear y mantener el estándar de limpieza, inspección y lubricación.

Paso 4. Inspeccion general.

Paso 5. Revisión de resultados

Paso 6. Administración del sistema de calidad

Paso 7. Administración autónoma.

### **Justo a Tiempo (JAT)**

La compañía Toyota fue la pionera en desarrollar y perfeccionar esta filosofía JAT, de gestión japonesa que se lleva aplicando desde principios de los años 70 en muchas industrias japonesas manufactureras.

Hoy en día, el JAT es un proceso para conseguir la excelencia en la industria manufacturera basada en la eliminación continua de todo lo que implique desperdicio en el proceso de producción desde las compras hasta la distribución.

Por desperdicio se entiende todo aquello que no añade valor al producto.

El objetivo de JAT es:

- Poner en evidencia los problemas fundamentales
- Eliminar despilfarros
- Buscar la simplicidad
- Diseñar sistemas para identificar problemas
- Producir solo los elementos necesarios en la cantidad necesaria y el momento necesario.
- Es el impulsor interno de la gestión de la producción.

En JAT en la administración del inventario no sólo trata de reducir el inventario, sino estar más cerca de la consecución del objetivo, minimizando los desperdicios que ello conlleva y el suministrar en base a su filosofía “justo y oportuno”.

Si el método JAT fuese aplicado en algún área de ensamble esto significaría que todos los subconjuntos producidos antes estarán en la cadena de montaje en el momento que se necesiten y en las cantidades necesarias

Si JAT se llevara a cabo en todos los departamentos de una empresa, se eliminarían de forma completa todas las existencias innecesarias, lo cual provocaría que se eliminaran los almacenes.

La producción JAT es un método para adaptarse a los cambios debido a las dificultades internas y a las variaciones de la demanda haciendo que todos los procesos produzcan las cosas necesarias en el tiempo necesario y en las

cantidades necesarias. El primer requisito para aplicar el método JAT es que en todos y cada uno de los procesos se conozca con exactitud las cantidades requeridas.

### Reglas del JAT

- Cada proceso retirara los productos necesarios del proceso anterior en las cantidades y en el momento necesario.
- En cada proceso deben fabricarse los productos en las cantidades retiradas por el proceso posterior.
- Nunca deberán pasar al proceso posterior productos defectuosos.
- Debe minimizarse el número de existencias máximas.
- Deberán utilizarse las existencias máximas solo para adaptarse a las pequeñas fluctuaciones.

Adoptar un sistema de producción Pull es necesario para que el JAT pueda ser aplicado, con el fin de mantener pequeñas cantidades de inventario.

Un proceso Pull es aquel que se produce según sea la demanda real.

## 3.2 5's

El movimiento de las cinco s nace como un ejercicio práctico en el Japón, en respuesta a la necesidad de desarrollar formas de comportamiento laboral orientadas a lograr las mejores condiciones del ambiente de trabajo, donde se integren los trabajadores y la empresa con miras a una mayor productividad con calidad de bienes y servicios.

Cinco S es una herramienta que permite organizar el lugar de trabajo, mantenerlo funcional, limpio y en condiciones estandarizadas que son necesarias para desarrollar nuestro trabajo.

El origen del nombre de las cinco s, deriva del japonés:

1´s. SEIRI: Seleccionar

2´s. SEITON: Orden

3´s. SEISO: Limpieza

4´s. SEIKETSU: Estandarizar

5´s. SHITSUKE: Disciplina

1. Seiri: Es un principio de selección. Clasificamos las cosas necesarias diferenciándolas de las innecesarias.

2. Seiton: Después de haber seleccionado lo necesario, viene la organización. Hay que ordenar los elementos necesarios poniendo cada cosa en su lugar, para que sea fácil conseguirla cuando se necesite.

3. Seiso: Significa mantener limpio el lugar de trabajo y todos los ambientes en los cuales nos desenvolvemos.

4. Seiketsu: Consiste en practicar el sentido de la salud. Es el resultado de haber desarrollado como hábito la práctica del Seiri, el Seiton y el Seiso.

5. Shitsuke: significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo.

Objetivos:

- Promover la seguridad
- Lograr el flujo y acortarlo.
- Promover cero defectos
- Promover la autonomía de los operarios

- Compartir la información
- Alertarnos sobre cualquier anomalía
- Ayudar a recuperar el estándar rápidamente
- Promover la prevención
- Eliminar el desperdicio
- Apoyo a la mejora continua

### **3.3 Administración de almacenes**

Generalmente cuando se habla de un almacén se le caracteriza por el volumen de lo almacenado. Existen almacenes con stock muy grandes y que su administración resulta fácil ya que su consumo es constante. Las dificultades de administrar almacenes existen cuando la demanda no tiene un comportamiento o no existe información histórica para pronosticar el comportamiento de la demanda.

#### Objetivos

- Tiempos de entrega oportunos
- Disponibilidad de productos
- Amortiguar incertidumbre en la Demanda
- Racionalizar el nivel de inventarios
- Mejorar la rotación de los inventarios
- Mejorar las decisiones de cuándo y cuánto pedir
- Procesos de información para efectos fiscales
- Datos de inventario exactos

Existen diferentes estrategias para mantener el inventario entre ellas están:

- Estrategia de cacería

- Estrategia de nivelación

Existen costos que son relevantes para la toma de decisiones del inventario, entre los cuales se encuentra:

- Costo de preparación u ordenar.
- Costo de mantener el inventario.
- Costo de Faltantes.
- Costos de capacidad.
- Costo de transporte.

La rotación del inventario es la medida de la velocidad del flujo de materiales a través de las operaciones de manufactura o distribución.

La función de reconocer todas las demandas de los productos en el mercado. La apropiada administración de la demanda, facilita la planeación y el uso de los recursos para obtener rentabilidad.

Siempre se deben tener en cuenta los costos por mantener un inventario. Los cuales se clasifican en:

- Costos físicos:
  - Personal o mano de obra
  - Instalaciones
  - Archivos o registros
- Costos de pérdidas:
  - Obsolescencia
  - Pérdidas funcionales
  - Defectos de calidad



- Costos financieros:
  - Costos de capital
  - Seguros e impuestos
  - Depreciación

La información que se maneja en un almacén debe ser exacta ya que de otra forma podría ocasionar pérdida de ventas, faltantes, excedentes, programas fallidos, baja productividad, entregas tardías, exceso en costos de fletes, altos niveles de inventario y altos niveles de obsolescencia.

### **3.3.1 Inventario ABC**

Una organización típica mantiene miles de artículos en inventario, pero solo un pequeño porcentaje de ellos merecen la más cuidadosa atención y el mayor grado de control de la gerencia. El análisis ABC es el proceso que consiste en dividir los artículos en tres clases, de acuerdo con el valor de su consumo, de modo que los gerentes puedan concentrar su atención en los que tengan el valor monetario más alto.

Los artículos clase A generalmente representan solo cerca del 20 % del total de los artículos, pero les corresponde el 80 % del valor del consumo. Los artículos clase B representan otro 30 % del total pero les corresponde solamente el 15 % del valor de consumo. Por último el 50 % de los de los artículos pertenecen a la clase C y representan apenas el 5 % del valor de consumo.

El objetivo del análisis ABC es identificar los niveles de inventario de los artículos clase A para que la gerencia los controle cuidadosamente.

Un gerente se asegura que los artículos clase A sean revisados con frecuencia para reducir el tamaño promedio del lote y mantener actualizados los registros de inventarios. Los artículos clase B un nivel intermedio de control. En el caso de los artículos clase C puede ser tan crucial como el inventario tipo A, pero el costo por mantenimiento de inventario tiende a ser bajo.

### **3.3.2 Pronósticos**

El pronóstico es una predicción de acontecimientos futuros que se utiliza con propósitos de planificación.

El propósito de la administración de la demanda es coordinar y controlar todas sus fuentes, de modo que permitan el aprovechamiento eficiente del sistema de producción y la entrega puntual de los productos.

La demanda tiene dos fuentes básicas: la demanda dependiente y la demanda independiente. La demanda dependiente es la demanda de un producto o servicio que se deriva de la demanda de otros productos o servicios. La demanda independiente se trata de una demanda que no se deriva directamente de las demandas de otros productos.

Los pronósticos son aportes cruciales de los planes de negocios, los planes anuales y los presupuestos. Finanzas necesita pronósticos para proyectar los flujos de efectivos y las necesidades de capital. Recursos humanos necesita pronósticos para prever las necesidades de contratación y capacitación de personal. Operaciones necesita los pronósticos para planear los niveles de producción, compras de servicios y materiales, mano de obra y programas de producción, inventarios y capacidades a largo plazo.

## Tipos de pronósticos

El objetivo del pronosticador es elaborar un pronóstico útil a partir de la información disponible, aplicando la técnica que resulte apropiada que resulte apropiada para los diferentes tipos de demanda. Existen varios tipos de métodos para pronosticar como lo son:

- Métodos de juicio
- Métodos causales: Regresión lineal
- Métodos de series de tiempo

Entre los métodos de serie de tiempo existen; pronósticos empíricos, de estimación del promedio, de inclusión de una tendencia y de patrones estacionales.

Entre los promedios de estimación del promedio se encuentran:

- Promedios móviles
- Suavizamiento exponencial

El promedio móvil simple se usa para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda y, por lo tanto, para suprimir los efectos de las fluctuaciones aleatorias. Este método resulta de mayor utilidad cuando la demanda no tiene tendencias pronunciadas ni influencias estacionales. La aplicación de un modelo de promedio móvil requiere simplemente calcular la demanda para los periodos recientes con el fin de pronosticar para el siguiente periodo.

El método de promedio móvil puede requerir el uso de todos los periodos pasados de demanda que se desee.

Si se incluyen más datos históricos en el promedio, incrementando el número de periodos, el resultado es un pronóstico menos susceptible a las variaciones aleatorias. Sin embargo si el promedio fundamental de la serie está cambiando, los pronósticos tenderán a retrasarse por un intervalo de tiempo más largo con respecto a los cambios, porque se requiere tiempo adicional para eliminar del pronóstico los datos de periodos anteriores.

El método de suavizamiento exponencial es un método de promedio móvil ponderado muy refinado que permite calcular el promedio de una serie de tiempo asignando a las demandas recientes mayor ponderación que a las demandas anteriores. Es el método de pronóstico formal que se usa más a menudo por su sencillez y por la reducida cantidad de datos que requiere.

El método de suavizamiento exponencial necesita solamente tres datos: el pronóstico del último periodo, la demanda de ese periodo y un parámetro de suavizamiento, alfa ( $\alpha$ ). Para elaborar un pronóstico con suavizamiento exponencial, simplemente se calcula un promedio ponderado de la demanda más reciente y el pronóstico calculado del último periodo.

Para poner en marcha el suavizamiento exponencial se requiere un pronóstico inicial. Hay dos formas de obtener ese pronóstico inicial, una es usar la demanda del último periodo o si se dispone de datos históricos, calcular el promedio de varios periodos recientes de demanda.

En virtud de que el suavizamiento exponencial es sencillo y requiere de un mínimo de datos, su utilización es económica y atractiva para las empresas que realizan miles de pronóstico para cada periodo. Sin embargo su sencillez se convierte en desventaja cuando el promedio fundamental se modifica, como en el caso de las series de demanda que muestran una tendencia.

Igual que con cualquier método enfocado únicamente en el supuesto de un promedio estable, los resultados del suavizamiento exponencial se retrasan con respecto a los cambios registrados en promedio fundamental de la demanda.

En cualquier método de pronóstico, es importante medir la precisión de los pronósticos. El error de pronóstico es simplemente la diferencia que se obtiene al restar el pronóstico de la demanda real en cualquier periodo determinado.

El error cuadrático medio (MSE), la desviación estándar ( $\sigma$ ) y la desviación media absoluto (MAD) miden la dispersión de los errores de pronósticos.

Si el valor del MSE, la  $\sigma$  o la MAD es pequeño, el pronóstico se aproxima generalmente a la demanda real; en contraste, un valor grande indica la posibilidad de errores de pronóstico considerables.

La MAD es una medida de error muy común del error de pronóstico porque los gerentes la comprenden fácilmente; se trata simplemente de la medida de los errores de pronóstico a través de una serie de periodos, sin considerar dichos errores consistieron en estimaciones excesivas o subestimaciones.

### **3.4 Planeación de las instalaciones**

La planeación de instalaciones debe tener como objetivo ayudar a una organización a alcanzar excelencia en la cadena de suministro para lo cual se tiene seis etapas o niveles.

- Realizar actividades usuales
- Excelencia en los eslabones
- Visibilidad
- Colaboración

- Síntesis
- Velocidad

La realización de las actividades usuales ocurre cuando una empresa se esfuerza por maximizar cada uno de sus funciones de manera individual. Cada elemento de la organización intenta funcionar bien dentro de su función individual.

Para alcanzar la excelencia en los eslabones las empresas deben echar abajo los límites internos hasta que toda la organización funcione como toda entidad.

La excelencia en la cadena de suministro requiere que todos los que participan funcionen juntos.

La visibilidad, saca a la luz todos los eslabones en la cadena de suministro. Minimiza las sorpresas en estas por que aporta los eslabones de información necesarios para comprender el estado actual de los pedidos. Puede considerarse el primer paso real hacia la excelencia en la cadena de suministro.

Una vez que una cadena de suministro logra la visibilidad, puede avanzar a la colaboración, el cuarto nivel de la excelencia en la cadena de suministro.

La síntesis es la unificación de todos los eslabones de la cadena de suministro para formar un todo. Crea una línea de comunicación completa desde la perspectiva del cliente. los resultados de la síntesis son:

- Un mayor retorno sobre los activos
- Una mayor satisfacción del cliente
- Reducción en los costos
- Una cadena de suministro integrada

La velocidad es la síntesis acelerada es la materialización de la afirmación “acelera o te caerás”. El ambiente empresarial actual exige velocidad. Una síntesis con velocidad crea redes de niveles múltiples que cumplen con estas demandas;

son entidades complejas que pueden cumplir las demandas de la economía actual por medio de una comunicación de asociaciones, flexibilidad y robustos métodos de diseño.

Las instalaciones son componentes fundamentales de las redes de niveles múltiples necesarias para la excelencia en la cadena de suministro. Por lo tanto todas las plantas en las cadenas de suministro tienen las siguientes características:

- Flexibilidad
- Modularidad
- Facilidad de actualización
- Adaptabilidad
- Operatividad selectiva

La creación de estas instalaciones requiere un enfoque holístico. Los elementos de este enfoque son:

- Integración total
- Fronteras eliminadas
- Consolidación
- Confiabilidad
- Mantenimiento
- Progresividad económica

Los objetivos de la planeación de instalaciones son:

- Mejorar la satisfacción del cliente
- Aumentar el retorno sobre los activos
- Maximizar la velocidad
- Reducir los costos y aumentar la rentabilidad

- Integrar la cadena de suministro
- Maximizar el retorno de inversión

Aunque la instalación se planifica una sola vez, a menudo se rediseña alinearla con sus objetivos siempre cambiantes.

El proceso tradicional de diseño de ingeniería se aplica a la planeación de instalaciones del modo siguiente:

1. Definir el problema
2. Analizar el problema
3. Determinar los requerimientos
4. Evaluar las alternativas
5. 5 seleccionar el diseño más apropiado
6. Implementar el diseño

Al determinar los requerimientos de una planta, se deben tomar en cuenta 3 consideraciones importantes:

- El flujo
- El espacio
- La relación de las actividades

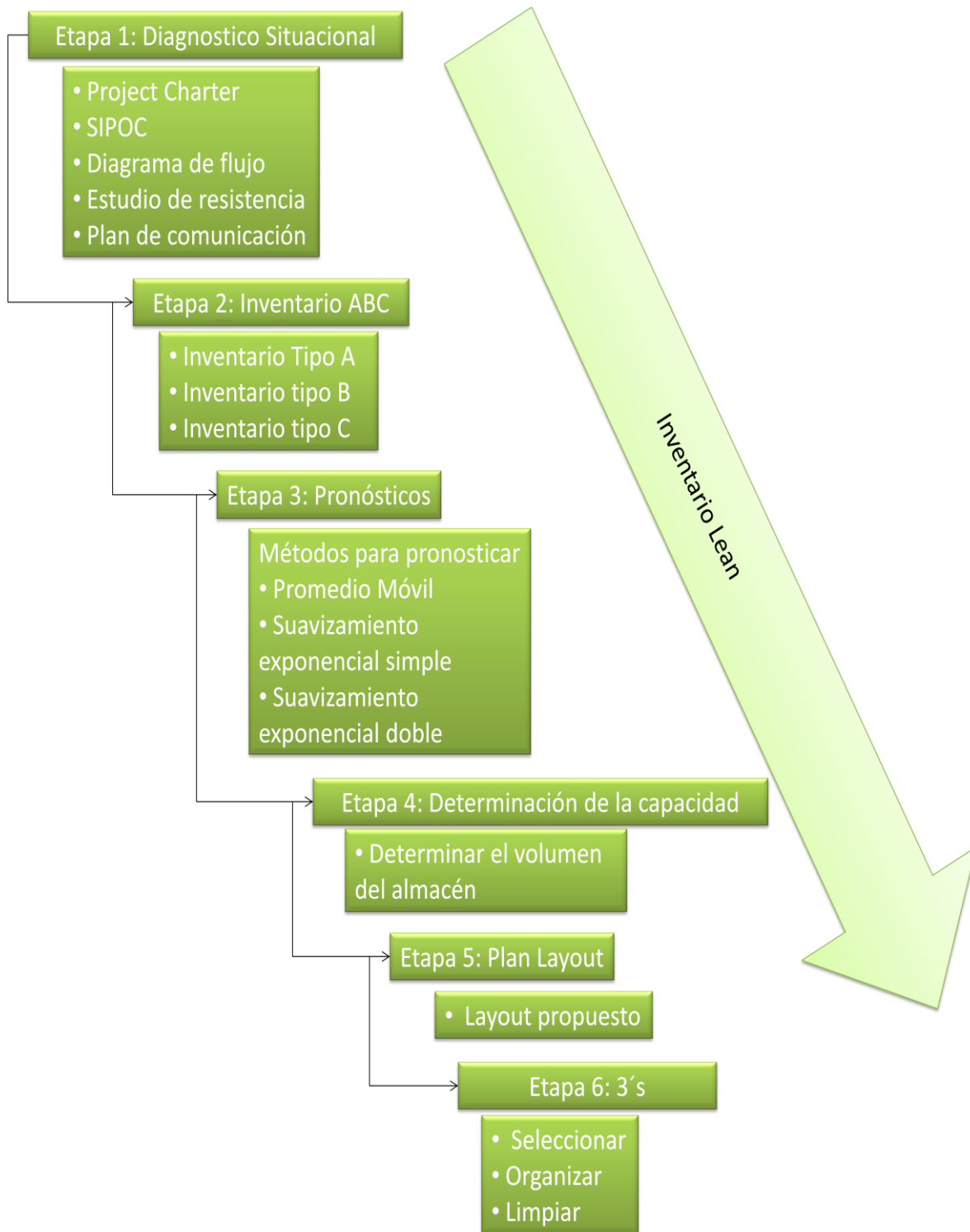
El planificador de las plantas necesita investigar continuamente el impacto de los métodos modernos de fabricación en el flujo, el espacio y las relaciones de las actividades.



## **Capítulo 4**

# **Propuesta Metodológica**

Esta presente propuesta de metodológica está clasificada en 7 fases como se muestra en la **Figura 4.1**.



**Figura 4.1.** Etapas de la propuesta metodológica

## 4.1 Etapa 1: Diagnóstico Situacional

Esta etapa es para definir la situación actual, identificar los problemas y definir los objetivos. Se utilizarán una serie de herramientas para realizar esta etapa.

La primera herramienta a utilizar es un Project Charter, en esta actividad se definirá el alcance que tendrá el proyecto, se definirá la situación actual, se fijarán los objetivos, se colocaran las observaciones sobre los problemas que se encontraron, se pondrán indicadores.

Ya definido el Project Charter se deben conocer las familias de materiales que existen en el almacén de refacciones esto es posible mediante un análisis SIPOC.

En un matriz SIPOC como su nombre lo indica está compuesta por los proveedores, las entradas, el proceso, las salidas y los clientes (ver **Figura 4.1**).

| Supplier<br>(Proveedor) | Inputs<br>(Entradas) | Process<br>(Proceso) | Outputs<br>(Salidas) | Customer<br>(Cliente) |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|                         |                      |                      |                      |                       |

**Figura 4.1.** Formato de matriz SIPOC

Para poder desarrollar la matriz SIPOC, el primer paso es identificar las salidas, en la columna de las salidas lo que se obtiene con este proceso, es decir el resultado final lo que se llegará al cliente.

Una vez identificadas las salidas se define a quienes llegara el producto (clientes). El siguiente paso es definir el proceso desde el momento en que el cliente lo requiere hasta que se le es entregado.

Después de esto se definen las entradas que se necesitan para llevar a cabo el proceso.

El último paso para desarrollar la matriz SIPOC es encontrar los proveedores que darán en tiempo y forma los materiales requeridos para el proceso y que sean de calidad para que el producto final sea del agrado del cliente.

Para recordar de fácil manera la forma correcta de hacer una matriz SIPOC es hacer un OCPIS esto por sus iniciales en inglés, esto se muestra en la Figura 4.2.

| Supplier<br>(Proveedor) | Inputs<br>(Entradas) | Process<br>(Proceso) | Outputs<br>(Salidas) | Customer<br>(Cliente) |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 5                       | 4                    | 3                    | 1                    | 2                     |

**Figura 4.2.** Pasos para el desarrollo de matriz SIPOC

## Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo nos dará una visión importante de lo necesario para el proceso nos ayudara a entender cada una de las actividades que existen y la manera en que se trabaja.

El diagrama de flujo debe contener cada una de las actividades del proceso. Este diagrama se explica la secuencia de las actividades del proceso, lo necesario para construir este diagrama es conocer el proceso.

## Estudio de Resistencia

Un estudio de resistencia es importante en este proyecto ya que con esto se conocerá la resistencia al cambio que tienen las personas involucradas en el proceso.

Para desarrollar un estudio de resistencia es importante la manera en que analizaras a las personas. En la **Figura 4.3** se muestra un formato en cómo se desarrollo el estudio de resistencia en este proyecto.

| ESTUDIO DE RESISTENCIA |                      |                      |       |      |                     |          |
|------------------------|----------------------|----------------------|-------|------|---------------------|----------|
| PUESTO                 | NOMBRE DE LA PERSONA | NIVEL DE RESISTENCIA |       |      | TIPO DE RESISTENCIA |          |
|                        |                      | ALTO                 | MEDIO | BAJO | TECNICA             | CULTURAL |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |
|                        |                      |                      |       |      |                     |          |

**Figura 4.3.** Formato para Estudio de Resistencia

De acuerdo al formato mostrado en la figura 5.3, lo principal es ubicar a las personas involucradas en el proceso y conocer el puesto que desempeña. Para desarrollarlo se debe analizar a cada una de las personas esto puede ser mediante observaciones o mediante cuestionarios, después de analizar a la persona lo siguiente es definir qué nivel de resistencia tiene cada persona al cambio y una de las cosas importantes en este estudio es conocer el tipo de resistencia.

El tipo de resistencia cultural significa que la persona tiene los conocimientos necesarios para desarrollar un cambio y a pesar de eso no ayuda, también se puede definir que la persona sabe que el cambio es de gran ayuda pero por su cultura personal no es capaz de aceptar el cambio.

La resistencia técnica significa que aunque la persona tenga la inquietud de mejorar o de participar en el cambio no tiene los conocimientos para desarrollarlo.

#### Plan de comunicación

Esta actividad nos servirá para definir la frecuencia en que se comunica un departamento de otro, la forma en que se comunica (teléfono, electrónico, personal), el objetivo de dicha comunicación, y con qué persona de cada departamento.

El plan de comunicación ayuda a entender la situación actual de la relación de un departamento con otros con los cuales interactúa.

## **4.2 Etapa 2: Modelo de inventario ABC**

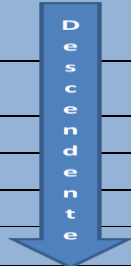
El inventario ABC nos da una gran visión en este proyecto para conocer el tamaño que tendrá nuestro Inventario Lean.

Lo principal para desarrollar el inventario ABC es conocer el consumo de cada una de las piezas que se identificaron de la Línea 6, ya una vez obtenida la lista de los materiales y consumos utilizados de la Línea 6, para hacer fácil el desarrollo de esta herramienta se tomaran como total la suma de todo lo consumido en el año para cada una de las piezas.

Para desarrollar esta actividad se seguirán los siguientes pasos:

1. Se ordenaran los datos de manera de mayor a menor, respecto a los consumos.
2. Se suman las cantidades de todos los materiales.
3. Se saca un porcentaje, resultado del consumo total del material dividido entre el con sumo total de todos los materiales multiplicado por 100 para sacar un porcentaje, este resultado da a conocer el porcentaje del consumo de material respecto al consumo total.
4. El siguiente paso es conseguir un porcentaje acumulado, esto se consigue de la suma de los porcentajes.
5. El siguiente paso es clasificar los materiales. El inventario tipo A será de 0 al 85 %, el inventario B será del 85 al 95 % y el inventario C es del 95 al 100 %.

Estos pasos se muestran en la **Figura 4.4**.

| Material | Consumo   | %                                       | % Acumulado                | Tipo de Inventario |
|----------|---|---|----------------------------|--------------------|
| 1        |  | $(\text{Consumo} / \text{Total}) * 100$ | % acum. 1                  | A                  |
| 2        |   | Porcentaje 2                            | (Porcentaje 2 + % acum. 1) |                    |
| 3        |   | Porcentaje 3                            | (Porcentaje 3 + % acum. 2) | B                  |
| 4        |   |   |                            |                    |
| 5        |   |   |                            | C                  |
| 6        |   |   |                            |                    |
| Total    |   |   |                            |                    |

**Figura 4.4.** Pasos del Inventario ABC

El inventario A son las refacciones más consumidas las cuales siempre deben mantenerse en el almacén de refacciones. Los materiales clasificados como inventario B y C, estos materiales no se mantendrán en almacén ya que lo que se busca es mantener un Inventario Lean.

### **4.3 Etapa 3: Pronósticos**

Lo que se busca con el Inventario Lean es solo tener lo que se va a usar y en qué cantidad de piezas se necesitarán será posible gracias a la aplicación de pronósticos.

Los pronósticos serán aplicados en base a la etapa 2. Los Pronósticos solo se aplicaran a los materiales clasificados como inventario tipo A y tipo B. La realización se hará en base a varios de métodos de pronosticación, se erigirá el método que menos error tenga.

El desarrollo de los pronósticos se encuentra en el anexo 1.

### **4.4 Etapa 4: Determinación de la capacidad**

Para determinar las capacidades es necesario conocer las medidas del almacén esto con el fin de conocer el volumen.

Para determinar la capacidad del almacén se multiplican las medidas, Largo x Ancho x Alto.



## **4.5 Etapa 5: Plan Layout**

El plan Layout se desarrolla en base a las necesidades del almacén, debido a que en el almacén se busca encontrar lo necesario. El Layout propuesto será en base a los consumos.

## **4.6 Etapa 6: 3´s**

Para continuar con la etapa 6 se necesita la ayuda de las primeras 3´s.

La primera “s” servirá para seleccionar los materiales que se desean mantener en el almacén.

La segunda “s” ayudará en la organización de los materiales en los estantes correspondientes. Este paso será combinado con un método de control visual.

Para desarrollar de manera fácil este paso es necesario un método de control visual el cual ayudará a etiquetar tanto las piezas como los estantes, de manera que la segunda s solo sirva para colocar las piezas en los lugares correspondientes.

Para desarrollar la tercera s, se definirá que es lo que limpiará, y con qué frecuencia.

## **Capitulo 5**

# **Implementación de la propuesta**

## Etapa 1: Diagnóstico Situacional

Esta etapa es de suma importancia del proyecto, es la base del proyecto en la cual se identifican los problemas, se definen los objetivos y se identifica el estado actual en el que se desarrollara el proyecto.

Este proyecto se desarrollo en Italpasta del Grupo Industrial La Italiana y se delimito solamente al departamento del almacén de refacciones el cual se muestra en la **Figura 5.1**.



**Figura 5.1.** Almacén de refacciones

Se utilizaran varias herramientas para definir el estado actual del proyecto, como lo son:

- Project Charter
- SIPOC
- Diagrama de flujo
- Estudio de resistencia
- Plan de comunicación actual

### **Project Charter**

Esta herramienta nos sirvió para medir el la situación actual, las primeras observaciones sobre los problemas identificados.

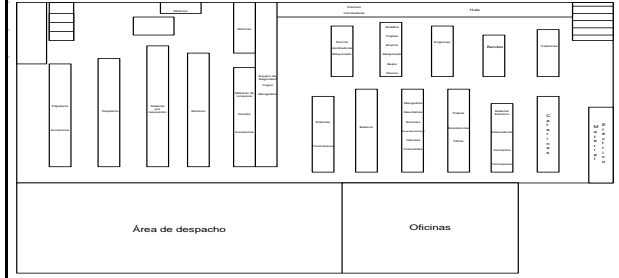
Esta herramienta se desarrollo mediante observaciones, los objetivos se definieron con lo que se quería lograr alcanzar por medio de este proyecto, también se definieron indicadores los cuales ayudarían a saber en qué partes del funcionamiento impactarían las mejoras.

Se realizo un plan de cuales serian las actividades que se relazarían y en qué momento, esto se muestra en un cronograma de actividades colocado dentro del

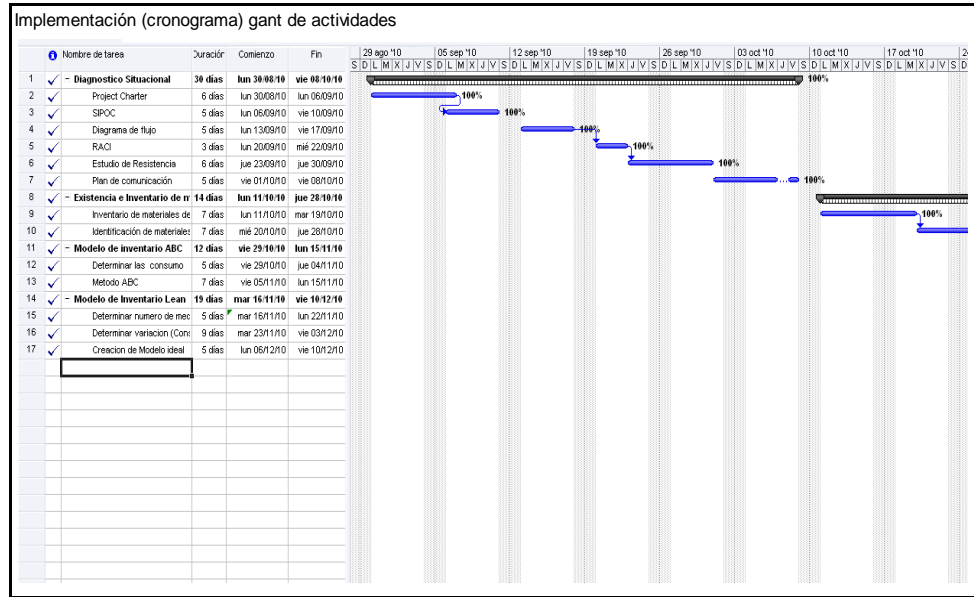
En la **Figura 5.2** se muestra el Project Charter que se desarrolló en el almacén de refacciones.

**Nombre del Proyecto:**  
**Control de inventarios del almacén de refacciones**  
**Objetivo:**  
 Asegurar un inventario Lean de refacciones tomando como prioridad los materiales con mayor rotación de la línea 6 mediante un técnicas de control de inventarios, así como, desarrollar un método de organización de materiales que facilite la identificación de las piezas; utilizando herramientas Lean Manufacturing

**Ahora se encuentra:**  
 La cantidad de material y refacciones no están sustentados en tecnicas de control de inventario.  
 No hay identificación de la totalidad de materiales.  
 No existen datos reales en cuanto a la cantidad de materiales.



**Observaciones:**  
 No existen datos reales.  
 No se hacen tecnicas de control de inventarios para mantener el stock.  
 Los materiales no son fácilmente de identificar.  
 Existen productos que se han mantenido durante mucho tiempo.  
 Los materiales no se organizan respecto a movimientos o criticidad.



**Indicadores KPI**

Rotación de inventario  
 Reducción de costo por mantener almacén

KPI Estratégico del Negocio

Ing. Eduardo Mora  
 Jose Carlos Cruz Escobar

Sponsor  
 Ing. Emiliano Poucel

**Figura 5.2. Project Charter**

## SIPOC

El análisis mediante la matriz SIPOC nos ayudo a encontrar que familia de piezas se encuentran en el almacén de refacciones. Este análisis nos ayuda a conocer proveedores, tipos de entradas al almacén, una explicación breve proceso del almacén, las salidas del almacén, y los que utilizan estos material (clientes).

El primer paso es identificar las salidas, en la columna de las salidas lo que se obtiene con este proceso, es decir el resultado final lo que se llegara al cliente.

Una vez identificadas las salidas se define a quienes llegara el producto (clientes).

El siguiente paso es definir el proceso desde el momento en que el cliente lo requiere hasta que se le es entregado.

Después de esto se definen las entradas que se necesitan para llevar a cabo el proceso.

El último paso para desarrollar la matriz SIPOC es encontrar los proveedores que darán en tiempo y forma los materiales requeridos para el proceso y que sean de calidad para que el producto final sea del agrado del cliente.

En la **Tabla 5.1** se muestran las 52 familias encontradas con sus respectivos códigos en la **Figura 5.3** se muestra el SIPOC aplicado al almacén.

**Tabla 5.1.** Familia de refacciones

|    | Código | Familias           |
|----|--------|--------------------|
| 1  | 4RAC   | Accesorios         |
| 2  | 4RTR   | Tornillos          |
| 3  | 4RME   | Material Eléctrico |
| 4  | 4RMQ   | Maquinado          |
| 5  | 4RPL   | Plomería           |
| 6  | 4RPE   | Pernos             |
| 7  | 4RBL   | Baleros            |
| 8  | 4RBA   | Bandas             |
| 9  | 4RRS   | Resistencias       |
| 10 | 4RHR   | Herrería           |
| 11 | 4RNE   | Neumática          |
| 12 | 4RLP   | Lámparas           |
| 13 | 4REM   | Empaque            |
| 14 | 4RAR   | Arandelas          |
| 15 | 4RAB   | Abrazaderas        |
| 16 | 4RDI   | Discos             |
| 17 | 4RRT   | Retenes            |
| 18 | 4RCN   | Candados           |
| 19 | 4RFC   | Focos              |
| 20 | 4RMA   | Mangas             |
| 21 | 4RMG   | Mangueras          |
| 22 | 4RSL   | Soldadura          |
| 23 | 4RMS   | Manguillos         |
| 24 | 4RFS   | Fusibles           |
| 25 | 4RRE   | Relevadores        |
| 26 | 4RCA   | Cadenas            |

|    | Código | Familias         |
|----|--------|------------------|
| 27 | 4RRD   | Rodillos         |
| 28 | 4RCO   | Contactores      |
| 29 | 4RCH   | Chumaceras       |
| 30 | 4RGM   | Guardamotores    |
| 31 | 4RFT   | Filtros          |
| 32 | 4RCT   | Catarinas        |
| 33 | 4RIN   | Interruptores    |
| 34 | 4RBU   | Bujes            |
| 35 | 4RTE   | Termopares       |
| 36 | 4RBR   | Brazos           |
| 37 | 4RVL   | Válvulas         |
| 38 | 4RHU   | Hules            |
| 39 | 4RRM   | Montacargas      |
| 40 | 4RSM   | Sellos Mecánicos |
| 41 | 4RCP   | Coples           |
| 42 | 4RSS   | Sensores         |
| 43 | 4RMT   | Motores          |
| 44 | 4RRL   | Rotulas          |
| 45 | 4RMN   | Manómetros       |
| 46 | 4RPO   | Poleas           |
| 47 | 4RVE   | Ventiladores     |
| 48 | 4RYU   | Yugos            |
| 49 | 4RFL   | Flechas          |
| 50 | 4RFO   | Foto celdas      |
| 51 | 4REN   | Engranés         |
| 52 | 4RVA   | Vacuómetros      |

| Supplier (Proveedor)            | Inputs (Entradas) | Process (Proceso)     | Outputs (Salidas)  | Customer (Cliente)  |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|---|
| ABASTECEDORA INDUSTRIAL SAN...  | 4RAB              | Entrega de vale       | Abrazaderas        | M<br>a<br>n<br>t<br>e<br>n<br>i<br>m<br>i<br>e<br>n<br>t<br>o |
| LUMICOLOR EQUIPO ELECTRICO IN   | 4RAC              |                       | Accesorios         |   |
| FAVA SPA                        | 4RBA              | Verificar existencias | Bandas             |   |
| PAVAN SPA                       |                   |                       | Baleros            |   |
| ARTICULOS DE HULE HERMED SA I   | 4RBL              |                       | Cadenas            |   |
| NAVILUX SA DE CV                | 4RCA              |                       | Chumaceras         |   |
| DISTRIBUIDORA INDUSTRIAL DE B   |                   |                       | 4RCH               |   |
| RODAMIENTOS Y ACCESORIOS SA     | 4RCN              |                       | Contactores        |   |
| ABASTECEDORA INDUSTRIAL SAN...  | 4RCO              |                       | Catarinas          |   |
| REYBA INDUSTRIAL DE PUEBLA SA   | 4RCT              |                       | Empaques           |   |
| INDUSTRIAS MACHINA ZACCARIA...  | 4REM              |                       | Engranes           |   |
| RILSA 2000 SA DE CV             | 4REN              |                       | Flechas            |   |
| APPLIED MEXICO SA DE CV         | 4RFL              | Fusibles              |                    |   |
| MOSAN ELECTRICA INDUSTRIAL S... | 4RFS              | Guardamotores         |                    |   |
| SUMINISTROS ELECTRICOS Y ELEC   | 4RGM              | Herreria              |                    |   |
| APPLIED MEXICO SA DE CV         | 4RHR              | Interruptores         |                    |   |
| SUMINISTROS INDUSTRIALES DE P   | 4RIN              | Entrega de material   | Material Electrico |   |
| ARTICULOS DE HULE HERMED SA I   | 4RME              |                       | Mangueras          |   |
| RILSA 2000 SA DE CV             | 4RMG              |                       | Manómetros         |   |
| COEL DE PUEBLA SA CV            | 4RMN              |                       | Maquinados         |   |
| PAVAN SPA                       | 4RMQ              |                       | Manguillos         |   |
| SIEMENS SA DE CV                | 4RMS              |                       | Motores            |   |
| ARTICULOS DE HULE HERMED SA I   | 4RMT              |                       | Neumatica          |   |
| DOMINION INDUSTRIAL SA DE CV    | 4RNE              |                       | Pernos             |   |
| FERRERIA Y VALVULAS INDUSTR     | 4RPE              |                       | Plomeria           |   |
| APPLIED MEXICO SA DE CV         | 4RPL              |                       | Relevadores        |   |
| AXOR S R L                      | 4RRE              | Rotulas               |                    |   |
| RILSA 2000 SA DE CV             | 4RRL              | Resistencias          |                    |   |
| BAVEN 2000 SA DE CV             | 4RRS              | Retenes               |                    |   |
| ITALIANA DE PROYECTOS SA        | 4RRT              | Sellos Mecanicos      |                    |   |
| CAE NEUMATICA S DE RL DE CV     | 4RSM              | Sensores              |                    |   |
| LEYHO SA DE CV                  | 4RSS              | Termopar              |                    |   |
| FAVA SPA                        | 4RTE              | Tornillos             |                    |   |
| FERRERIA Y VALVULAS INDUSTR     | 4RTR              | Vacuometros           |                    |   |
| ABASTECEDORA D ACEROS INDUS     | 4RVA              | Valvulas              |                    |   |
| MOSAN ELECTRICA INDUSTRIAL S... | 4RVL              | Yugos                 |                    |   |
| RILSA 2000 SA DE CV             | 4RYS              |                       |                    |   |
| CONTROL AVANZADO SA DE CV       | 4RRT              |                       |                    |   |
| SMI CENTROAMERICANA SA DE CV    | 4RRT              |                       |                    |   |
| COEL DE PUEBLA SA DE CV         | 4RRT              |                       |                    |   |
| RILSA 2000 SA DE CV             | 4RSM              |                       |                    |   |
| EAGLE BURGMAN MEXICO SA DE C    | 4RSS              |                       |                    |   |
| ABASTEC DE VALVINSTRUME Y CO    | 4RSS              |                       |                    |   |
| CONTROL AVANZADO SA DE CV       | 4RTE              |                       |                    |   |
| DISENO TERMICO SA DE CV         | 4RTE              |                       |                    |   |
| CONTROL AVANZADO SA DE CV       | 4RTE              |                       |                    |   |
| INDUSTRIAS MACHINA ZACCARIA...  | 4RTR              |                       |                    |   |
| TORNILLOS Y RESORTES VELHER SA  | 4RTR              |                       |                    |   |
| DOMINION INDUSTRIAL SA DE CV    | 4RVA              |                       |                    |   |
| PAVAN SPA                       | 4RVA              |                       |                    |   |
| FESTO PNEUMATIC SA              | 4RVL              |                       |                    |   |
| CAE NEUMATICA S DE RL DE CV     | 4RVL              |                       |                    |   |
| MONTERROSAS ROMERO JOSE PEI     | 4RYU              |                       |                    |   |

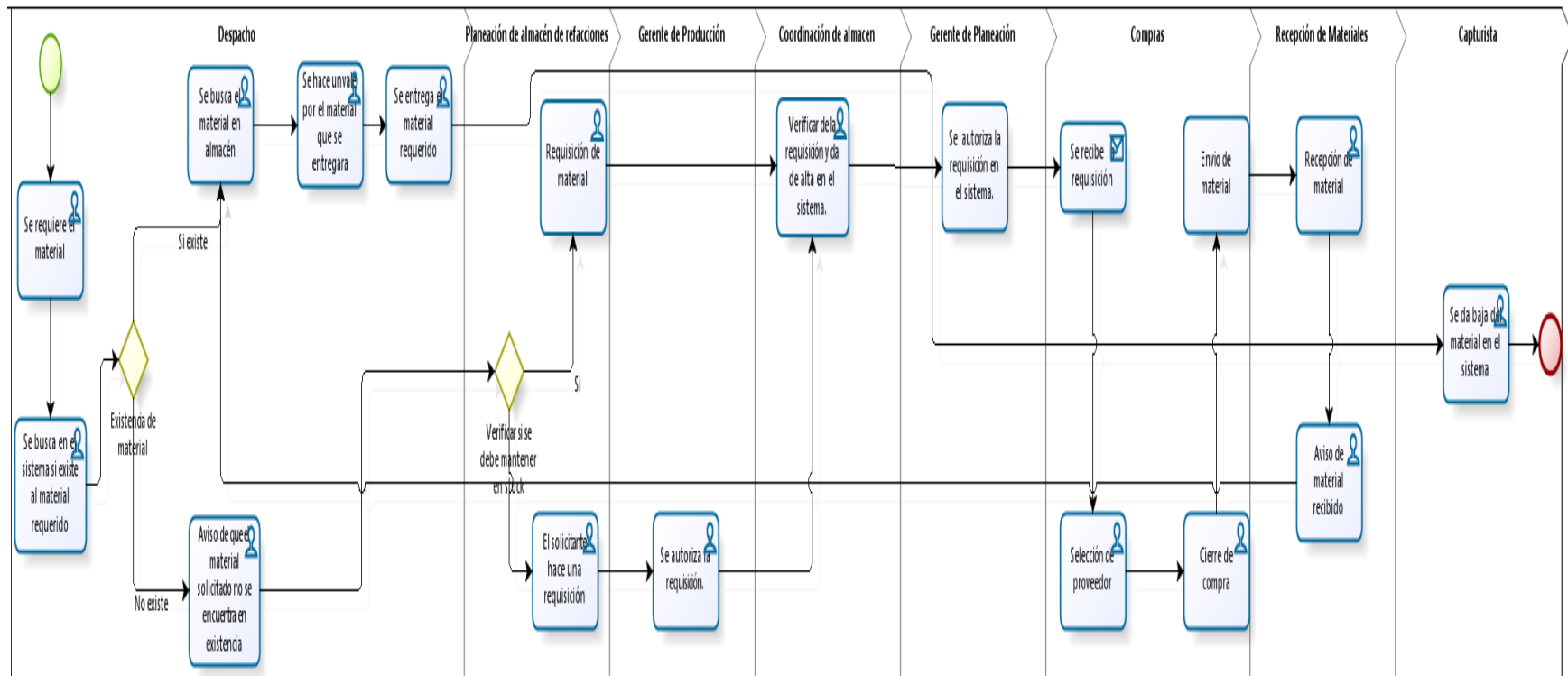
Figura 5. 3. SIPOC del almacén de refacciones



Para profundizar con el proceso en el que trabaja el almacén de refacciones se creó un diagrama de flujo.

## Diagrama de flujo

El diagrama de flujo nos ayudara a entender de qué manera funciona el almacén de refacciones en el momento que se solicita material. Esto se realiza mediante una serie de observaciones y con la ayuda de los integrantes del departamento como se muestra en la **Figura 5.4**.



**Figura 5.4.** Diagrama de flujo del proceso de servicio en el almacén de refacciones

## Estudio de Resistencia

Se hizo un análisis (**Figura 5.5**) mediante observaciones y la forma en que cooperaban con cada una de las actividades del proyecto esto se hizo para conocer la resistencia y el tipo de resistencia de cada individuo.

| PUESTO      | NOMBRE DE LA PERSONA    | NIVEL DE RESISTENCIA |       |      | TIPO DE RESISTENCIA |          |
|-------------|-------------------------|----------------------|-------|------|---------------------|----------|
|             |                         | ALTO                 | MEDIO | BAJO | TECNICA             | CULTURAL |
| Coordinador | Felipe Juárez           |                      |       | 😊    |                     | 😊        |
| Supervisor  | Jair Nava               |                      |       | 😊    | 😊                   |          |
| Planeadora  | Lourdes Jaramillo       |                      |       | 😊    | 😊                   |          |
| Recepción   | Josafat Sabinal         |                      |       | 😊    | 😊                   |          |
| Analista    | Mario Muñoz Salvatierra |                      | 😊     |      |                     | 😊        |
| Analista    | Adriana Jiménez         |                      |       | 😊    | 😊                   |          |
| Despachador | Alfonso Pérez           |                      | 😊     |      | 😊                   |          |

**Figura 5.5.** Estudio de resistencia del personal

## Plan de comunicación

Mediante una serie de observaciones sobre cómo se comunicaban los departamentos relacionados con el almacén de refacciones se elaboro un plan de comunicación actual (**Figura 5.6**).

| DEPARTAMENTO            |    | CLAVE                         |      | D   |          | AR  |           | DC                    |      | DM                              |      | P                               |      |
|-------------------------|----|-------------------------------|------|---|----------|---|-----------|-----------------------|------|---------------------------------|------|---------------------------------|------|
| Dirección               | D  |                               |      | Δ   | ☺☺☺☺     |   |           |                       |      |                                 |      |                                 |      |
|                         |    |                               |      | Autorización de requisiciones             | DP       |   |           |                       |      |                                 |      |                                 |      |
| Almacén de refacciones  | AR | Δ                             | ☺☺☺☺ |   |          | Δ   | ☺☺☺☺      | Δ                     | ☺☺☺☺ | Δ                               | ☺☺☺☺ | Δ                               | ☺☺☺☺ |
|                         |    | Autorización de requisiciones | CA   |   |          | Informe sobre requisiciones de materiales | JDC,SA,PA | Entrega de materiales | RMA  | Entrega de materiales           | RMA  |                                 |      |
| Departamento de Compras | DC |                               |      | Δ   | ☺☺☺☺     |   |           |                       |      | ∞                               | ☺☺☺☺ | ∞                               | ☺☺☺☺ |
|                         |    |                               |      | Informe sobre requisiciones de materiales | JDC,AC   |   |           |                       |      | Informe o entrega de materiales | JDC  | Informe o entrega de materiales | JDC  |
| Departamento de Mantto. | DM |                               |      | Δ   | ☺☺☺☺     |   |           |                       |      |                                 |      |                                 |      |
|                         |    |                               |      | Requisición de materiales                 | JM,SM,TM |   |           |                       |      |                                 |      |                                 |      |
| Producción              | P  |                               |      | Δ   | ☺☺☺☺     |   |           |                       |      |                                 |      |                                 |      |
|                         |    |                               |      | Requisición de materiales                 | EP       |   |           |                       |      |                                 |      |                                 |      |

| DEPARTAMENTO |                         |
|--------------|-------------------------|
| 1.FRECUENCIA | 2.FORMA DE COMUNICACIÓN |
| 3.OBJETIVO   | 4.JERARQUÍA             |

|                     |
|---------------------|
| Δ = DIARIO          |
| ◊ = SEMANAL         |
| ○ = MENSUAL         |
| ∞ = ESPORADICAMENTE |

| FORMA DE COMUNICACIÓN |             |
|-----------------------|-------------|
| ☺                     | PERSONAL    |
| ☎                     | TELEFÓNICA  |
| ☒                     | ELECTRÓNICA |

Figura 5.6. Plan de comunicación del departamento almacén de refacciones

La siguiente etapa de esta metodología es desarrollar un inventario ABC para definir cuáles serán las piezas que se deberán mantener en el almacén esto se hará en base al consumo.

Ya definida las piezas se realizaran pronósticos para determinar la cantidad optima que se debe comprar, lo cual se hará mediante una serie de pronósticos. Se determinaran las capacidades del almacén, esto será de gran ayuda para saber si las piezas que se compraran podrán guardarse en el almacén.

Una vez que la capacidad del almacén sea conocida se desarrollara un Layout de dicho departamento, esto se realizara tomando como prioridad los consumos de cada una de las familias

## **Etapa 2: Modelo de inventario ABC**

En base a la lista de materiales pertenecientes al almacén se clasificaran mediante un inventario ABC. Esto ayudara en la siguiente etapa, es decir esta etapa servirá para definir los materiales que se tendrán en un Inventario Lean.

Se tomaron en cuenta solo la información del año 2010 ya que la información de años anteriores no eran reales, esto se debe a la falta de organización de la información que se tiene.

Este estudio analiza los consumos lo cual nos ayudará a obtener un inventario esbelto, solo se tendrán los materiales clasificados como tipo A y B. Los materiales clasificados como Tipo C son los de menor consumo por lo cual serán manejados por requisición, esto con el fin de conseguir un inventario Lean.

En la **Tabla 5.2** se muestra los materiales encontrados como tipo A.

**Tabla 5.2.** Inventario Tipo A del almacén de refacciones

| Código   | Consumo | %          | % Acumulado | Tipo de Inventario |
|----------|---------|------------|-------------|--------------------|
| 4RAC0306 | 231030  | 32.1315023 | 32.1315023  | <b>A</b>           |
| 4RAC1639 | 213434  | 29.6842621 | 61.8157644  |                    |
| 4RAC0308 | 57585   | 8.00888439 | 69.8246488  |                    |
| 4RTR0117 | 14653   | 2.03792972 | 71.8625785  |                    |
| 4RAC1243 | 10056   | 1.39858195 | 73.2611604  |                    |
| 4RAC1241 | 7210    | 1.00276212 | 74.2639225  |                    |
| 4RAC1927 | 6555    | 0.91166514 | 75.1755877  |                    |
| 4RAC1005 | 6474    | 0.90039971 | 76.0759874  |                    |
| 4RTR0174 | 6253    | 0.86966318 | 76.9456506  |                    |
| 4RAC1238 | 4808    | 0.66869352 | 77.6143441  |                    |
| 4RTR0647 | 4624    | 0.64310292 | 78.257447   |                    |
| 4RAC0727 | 4180    | 0.58135168 | 78.8387987  |                    |
| 4RAC1235 | 3751    | 0.52168664 | 79.3604853  |                    |
| 4RTR0702 | 3150    | 0.43809995 | 79.7985853  |                    |
| 4RAC1236 | 3100    | 0.43114599 | 80.2297313  |                    |
| 4RAC1239 | 2805    | 0.39011758 | 80.6198488  |                    |
| 4RAC1109 | 2781    | 0.38677967 | 81.0066285  |                    |
| 4RTR0118 | 2564    | 0.35659945 | 81.363228   |                    |
| 4RAC1466 | 2500    | 0.34769838 | 81.7109264  |                    |
| 4RAC1237 | 2087    | 0.2902586  | 82.001185   |                    |
| 4RAC1571 | 2012    | 0.27982765 | 82.2810126  |                    |
| 4RMQ0436 | 1842    | 0.25618416 | 82.5371968  |                    |
| 4RTR0173 | 1635    | 0.22739474 | 82.7645915  |                    |
| 4RTR0141 | 1618    | 0.22503039 | 82.9896219  |                    |
| 4RTR0051 | 1601    | 0.22266604 | 83.2122879  |                    |
| 4RAC1242 | 1528    | 0.21251325 | 83.4248012  |                    |
| 4RPE0034 | 1278    | 0.17774341 | 83.6025446  |                    |
| 4RTR0645 | 1246    | 0.17329287 | 83.7758375  |                    |
| 4RAC1832 | 1209    | 0.16814693 | 83.9439844  |                    |
| 4RAC1559 | 1190    | 0.16550443 | 84.1094888  |                    |
| 4RTR0614 | 1175    | 0.16341824 | 84.2729071  |                    |
| 4RTR0628 | 1149    | 0.15980217 | 84.4327092  |                    |
| 4RME1225 | 1135    | 0.15785506 | 84.5905643  |                    |
| 4RTR0187 | 1132    | 0.15743782 | 84.7480021  |                    |
| 4RTR0129 | 1099    | 0.15284821 | 84.9008503  |                    |
| 4RTR0646 | 1083    | 0.15062294 | 85.0514733  |                    |

### Etapa 3: Pronósticos

El siguiente paso para mantener un Inventario Lean son los pronósticos.

Los pronósticos se harán en base a lo encontrado en el Inventario ABC, con lo cual se conoce que los pronósticos solo se desarrollarán a los materiales encontrados como tipo A y B.

El pronóstico se hizo en Minitab, ya que es una herramienta de fácil manejo.

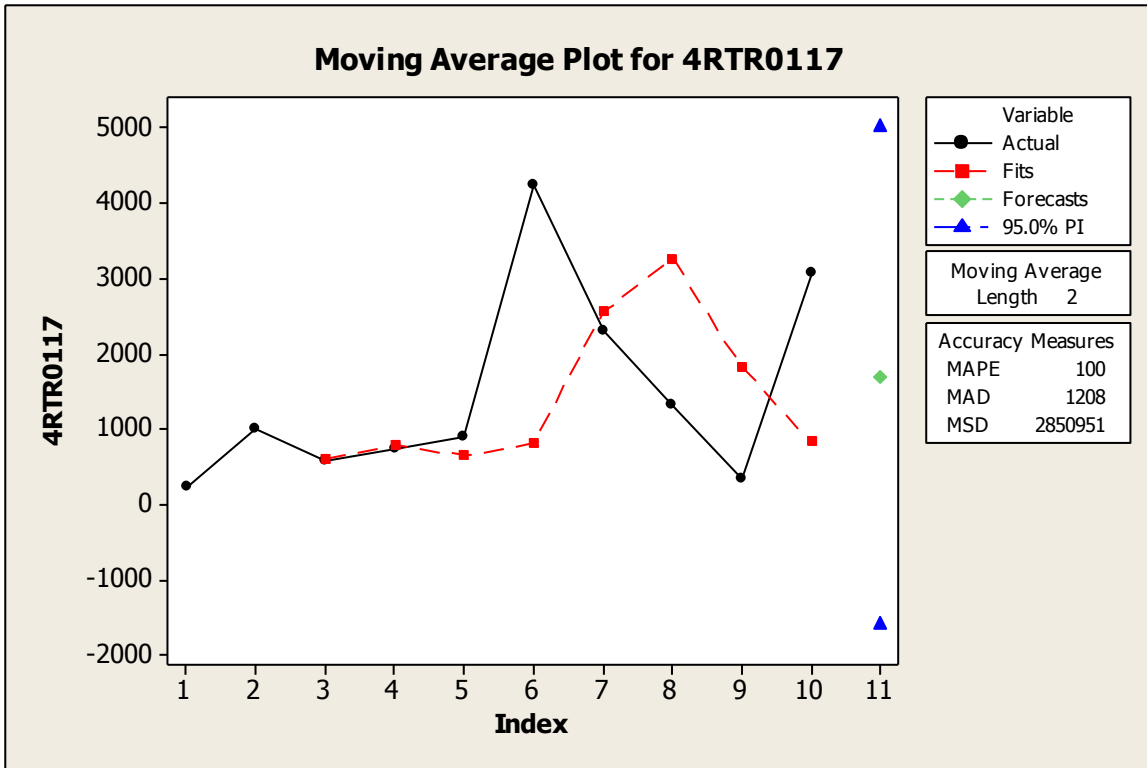
El estudio se hizo mediante varios métodos y se tomó en cuenta el que menos porcentaje de error tiene.

En la **Tabla 5.3** se encuentran los consumos del remache pop de 3/16 x 1/2 pulgadas el cual se conoce con el código 4RTR0117.

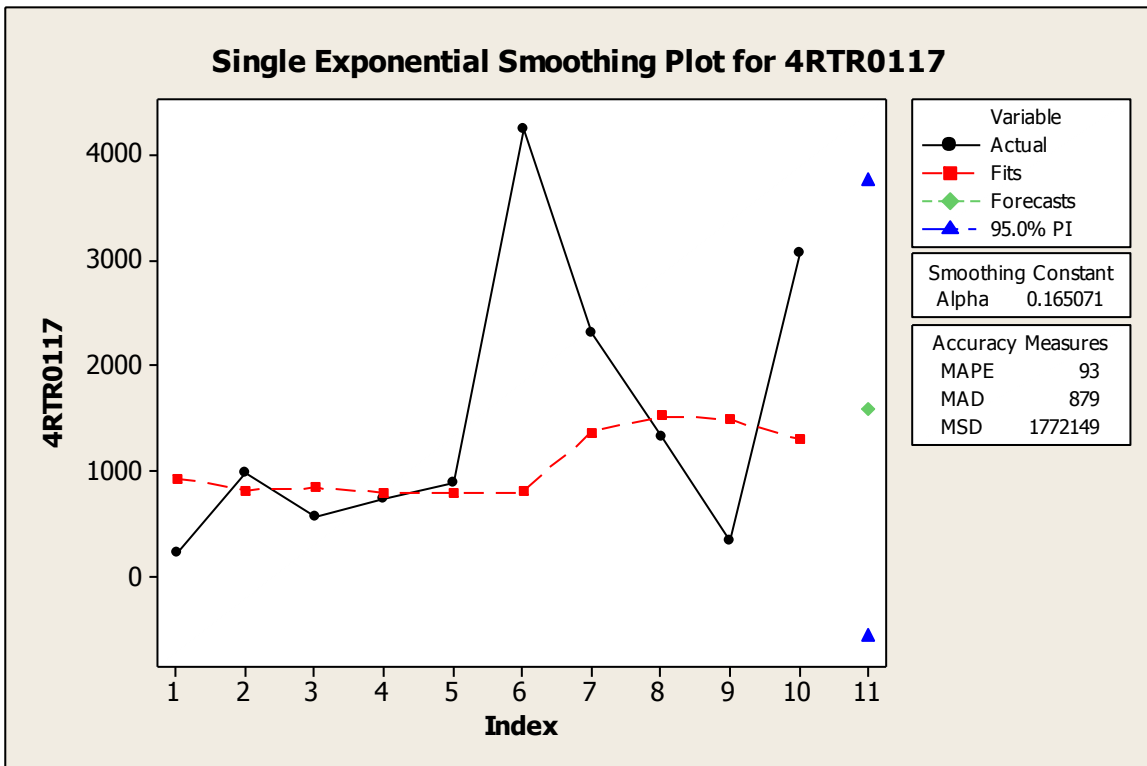
**Tabla 5.3.** Consumo de la pieza 4RTR0117

| 4RTR0117 |         |
|----------|---------|
| Mes      | Consumo |
| 1        | 234     |
| 2        | 988     |
| 3        | 563     |
| 4        | 736     |
| 5        | 883     |
| 6        | 4232    |
| 7        | 2298    |
| 8        | 1322    |
| 9        | 332     |
| 10       | 3065    |

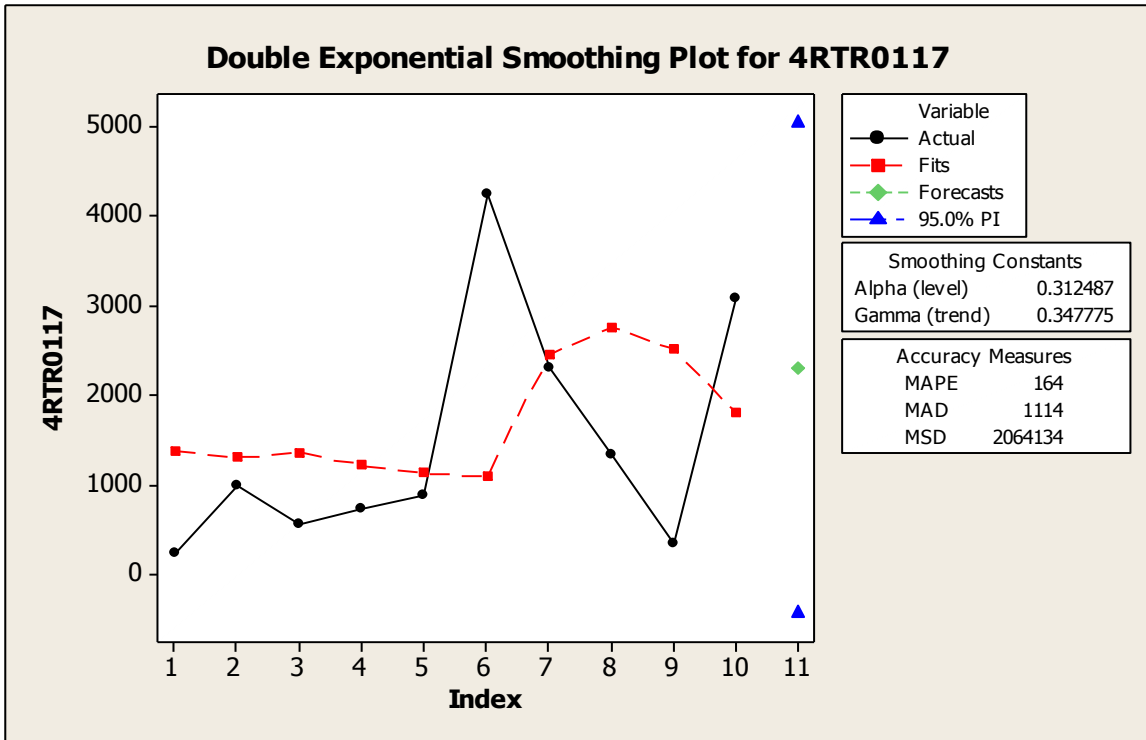
De acuerdo a los datos que se muestran en la Tabla 4.3 se le aplicaron una serie de métodos para pronosticar, los resultados se muestran en la **Figura 5.6**, **Figura 5.7** y **Figura 5.8**



**Figura 5.6.** Método de promedio móvil aplicado a la pieza 4RTR0117



**Figura 5.7.** Método Suavizamiento exponencial simple aplicado a la pieza 4RTR0117



**Figura 5.8** Método Suavizamiento exponencial doble aplicado a la pieza 4RTR0117

Debido a que el método que tiene menor error es el suavizamiento exponencial simple, es el que nos indica que lo que se debe comprar el siguiente mes son 1590 remaches.

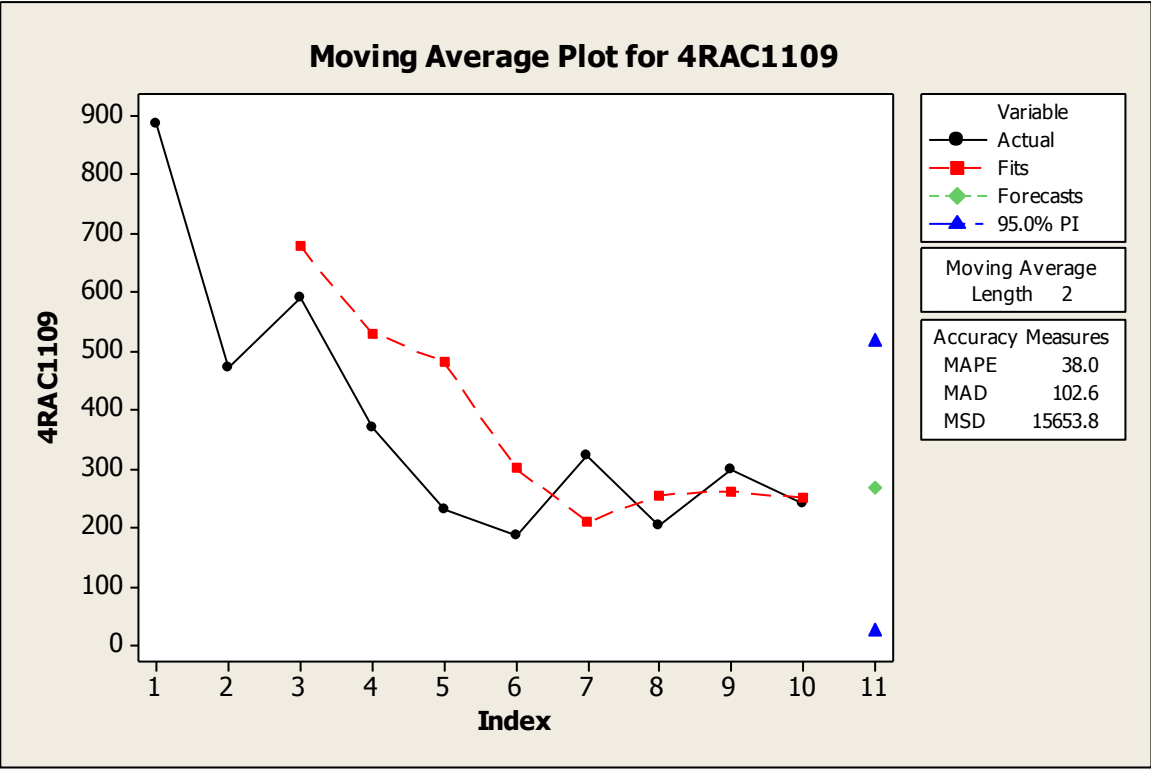
Otro ejemplo sobre este pronóstico es con una Rodaja D.451O con el código 4RAC1109. en la Tabla 5.4 se muestra su consumo durante 6 meses.

**Tabla 5.4.** Consumo de la pieza 4RAC1109

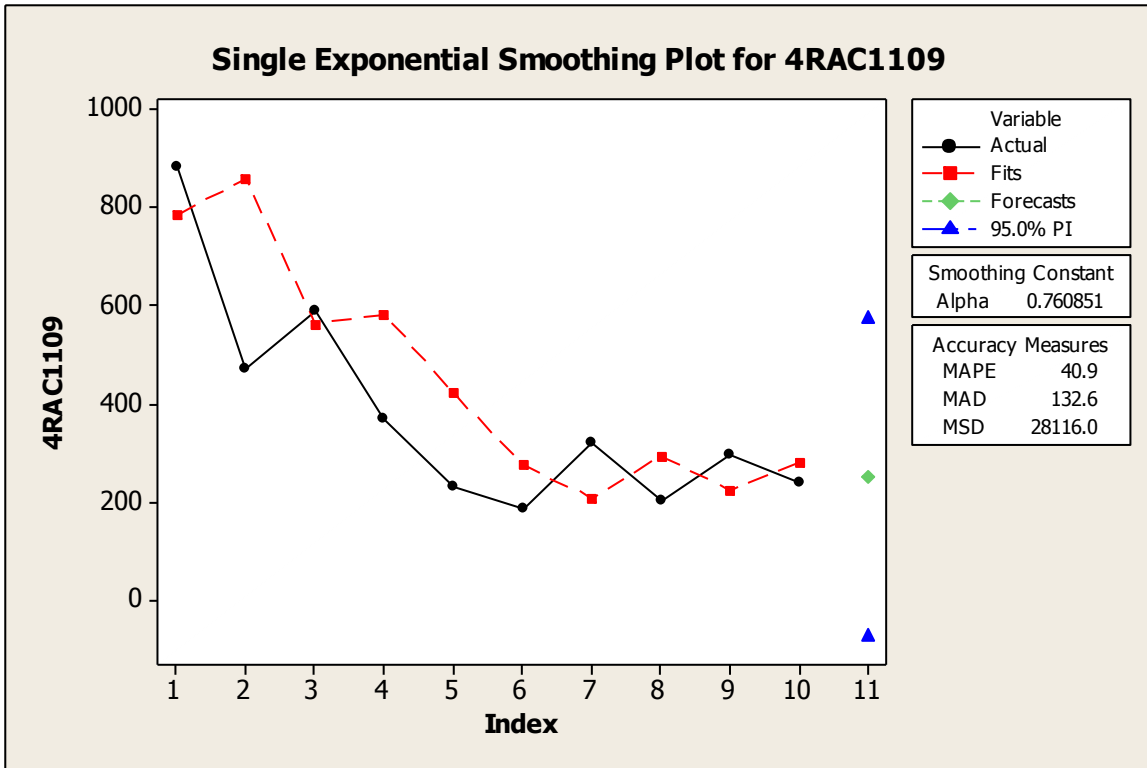
| 4RAC1109 |         |
|----------|---------|
| Mes      | Consumo |
| 1        | 884     |
| 2        | 470     |
| 3        | 590     |
| 4        | 370     |
| 5        | 230     |
| 6        | 187     |
| 7        | 321     |
| 8        | 202     |
| 9        | 298     |
| 10       | 240     |



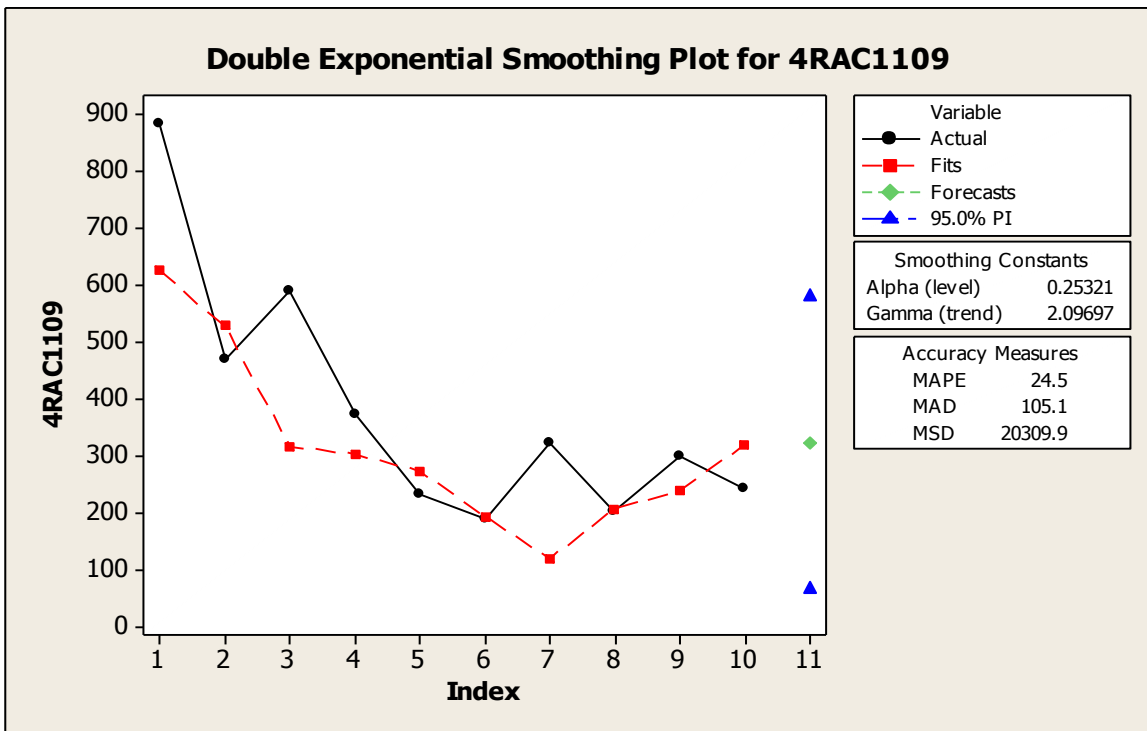
En la **Figura 5.9**, **Figura 5.10** y la **Figura 5.11** se muestran los pronósticos hechos mediante el método del promedio móvil, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial doble.



**Figura 5.9.** Método de Promedio móvil aplicado a la pieza 4RAC1109 17



**Figura 5.10.** Método Suavizamiento exponencial simple aplicado a la pieza 4RAC1109



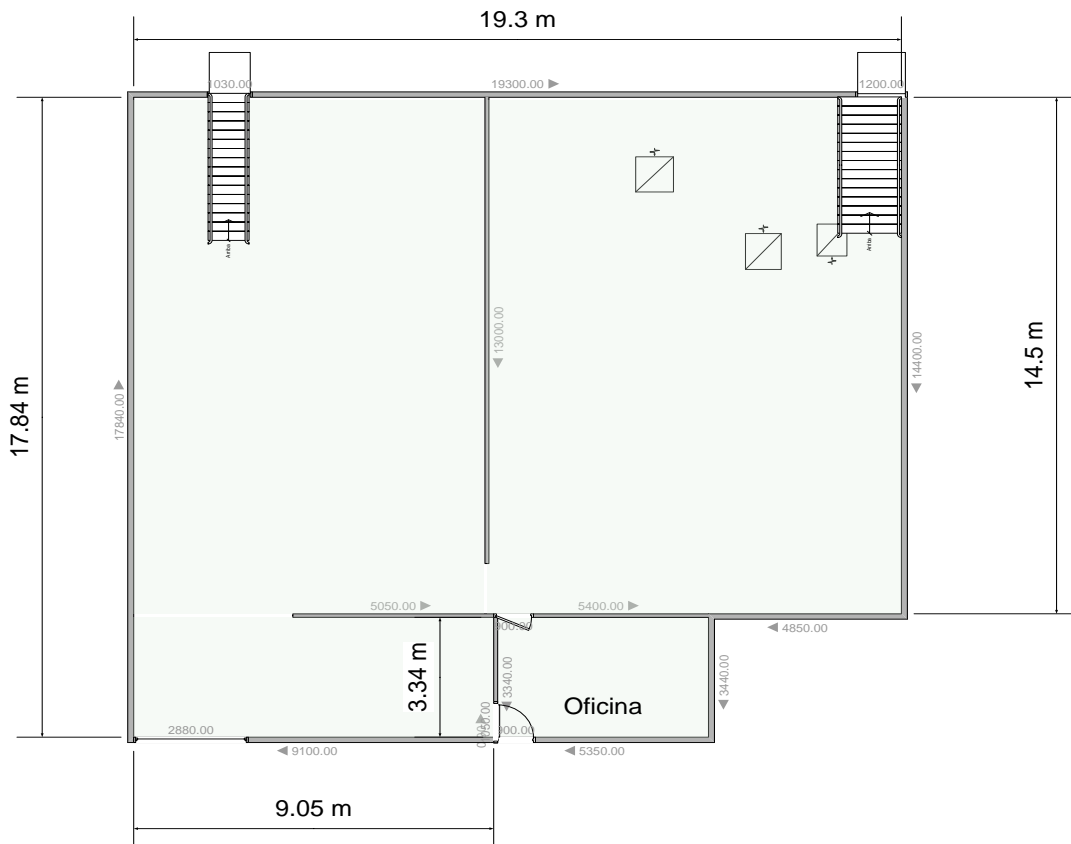
**Figura 5.11.** Método Suavizamiento exponencial doble aplicado a la pieza 4RAC1109

En este caso el método que arroja menos error al hacer los pronósticos es el método de promedio móvil. Este método da como resultado que el siguiente mes se deberán comprar 269 rodajas.

#### Etapa 4: Determinación de la capacidad

Para saber lo que se almacenará en un almacén se debe conocer la capacidad, en esta fase se determina la capacidad del almacén para saber si es una limitante o una ventaja, sin embargo en lo cual respecta a esta empresa y a este almacén, no existe otro lugar donde pueda reubicarse el almacén, por lo cual esta determinación de capacidades solo servirá para saber que dimensiones tiene el almacén.

En la **Figura 5.12** se representan las medidas del almacén, esta información nos dará la base para conocer la capacidad que existe.



**Figura 5.12.** Medidas del almacén de refacciones

Debido a que un área será para la oficina del almacén, solo se tomaron en cuenta determinadas medidas. Por lo cual la capacidad del almacén es 1240.308 m<sup>3</sup>.

### Etapa 5: Plan Layout

Para diseñar el plan Layout del almacén se ha tomado la decisión de acomodar las piezas en cuanto al grupo de familias, las cuales se ordenaran de acuerdo al consumo que se ha tenido en el año.

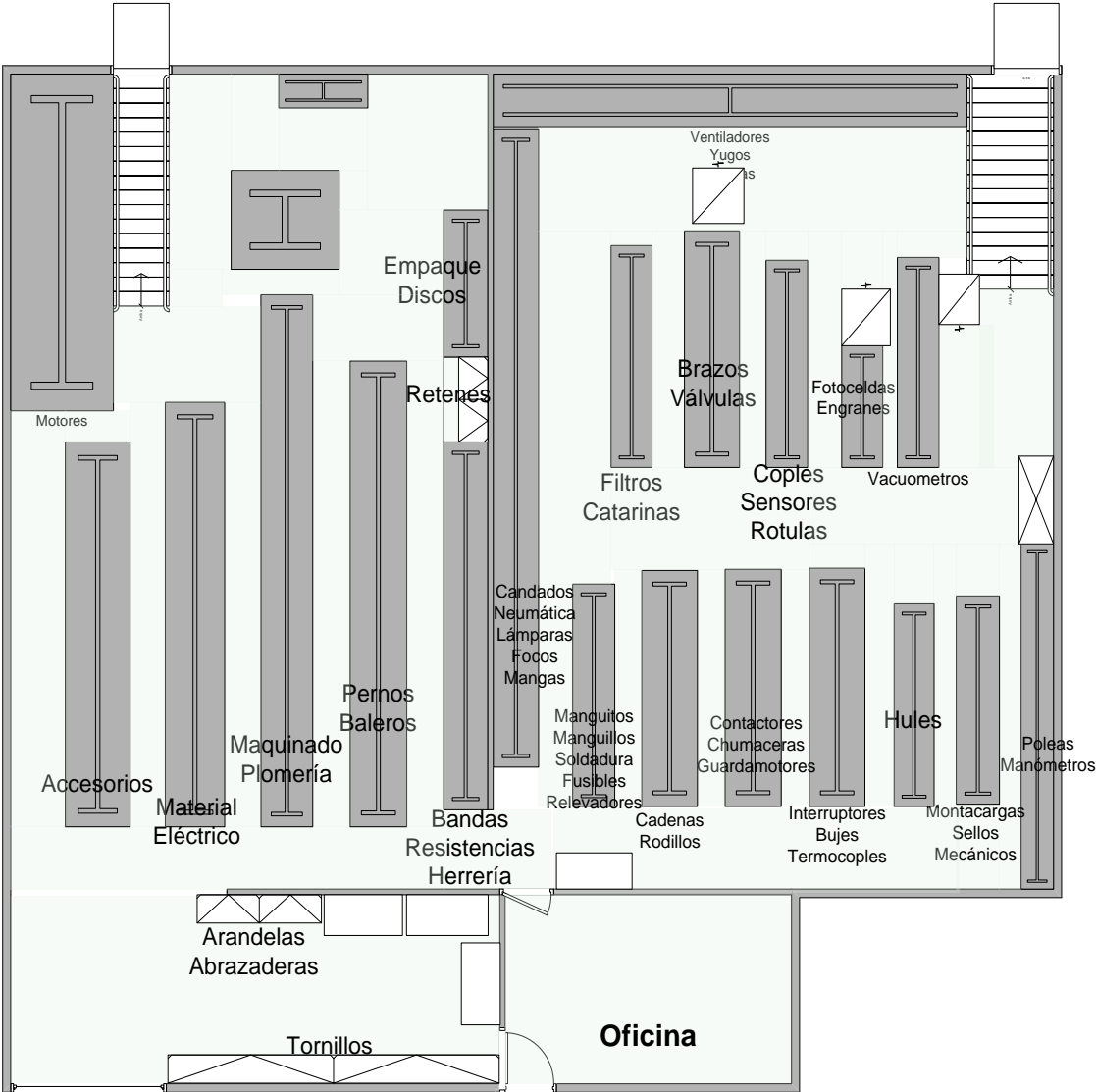
En la **Tabla 5.5** se muestran las familias que existen en el almacén las cuales están ordenadas de acuerdo al consumo

**Tabla 5.5.** Consumo por familias en el almacén de refacciones

|    | Código | Cantidad |    | Código | Cantidad |
|----|--------|----------|----|--------|----------|
| 1  | 4RAC   | 346,816  | 27 | 4RRD   | 210      |
| 2  | 4RTR   | 81,981   | 28 | 4RCO   | 166      |
| 3  | 4RME   | 15,444   | 29 | 4RCH   | 144      |
| 4  | 4RMQ   | 5,847    | 30 | 4RGM   | 109      |
| 5  | 4RPL   | 2,745    | 31 | 4RFT   | 107      |
| 6  | 4RPE   | 2,234    | 32 | 4RCT   | 94       |
| 7  | 4RBL   | 1,562    | 33 | 4RIN   | 85       |
| 8  | 4RBA   | 1,474    | 34 | 4RBU   | 68       |
| 9  | 4RRS   | 1,417    | 35 | 4RTE   | 63       |
| 10 | 4RHR   | 1,368    | 36 | 4RBR   | 56       |
| 11 | 4RNE   | 1,246    | 37 | 4RVL   | 53       |
| 12 | 4RLP   | 1,110    | 38 | 4RHU   | 48       |
| 13 | 4REM   | 827      | 39 | 4RRM   | 47       |
| 14 | 4RAR   | 781      | 40 | 4RSM   | 41       |
| 15 | 4RAB   | 680      | 41 | 4RCP   | 38       |
| 16 | 4RDI   | 524      | 42 | 4RSS   | 38       |
| 17 | 4RRT   | 486      | 43 | 4RMT   | 31       |
| 18 | 4RCN   | 479      | 44 | 4RRL   | 26       |
| 19 | 4RFC   | 476      | 45 | 4RMN   | 23       |
| 20 | 4RMA   | 421      | 46 | 4RPO   | 19       |
| 21 | 4RMG   | 421      | 47 | 4RVE   | 18       |
| 22 | 4RSL   | 411      | 48 | 4RYU   | 18       |
| 23 | 4RMS   | 357      | 49 | 4RFL   | 15       |
| 24 | 4RFS   | 320      | 50 | 4RFO   | 15       |
| 25 | 4RRE   | 266      | 51 | 4REN   | 13       |
| 26 | 4RCA   | 249      | 52 | 4RVA   | 2        |

La **Tabla 5.5** será la base para el ordenamiento del almacén, ya que esto será en base al consumo de cada una de las 52 Familias.

La **Figura 5.13** muestra el ordenamiento del almacén respecto al estudio que se hizo previamente.



**Figura 5.13.** Layout Propuesto para el almacén de refacciones

## **Etapa 6: 3'S**

Esta herramienta es de vital importancia en el proyecto, las primeras 3's ayudarán a distribuir los materiales de acuerdo al Layout propuesto en la etapa anterior.

### **Seleccionar (Seiri)**

La primera s ayudará a seleccionar los materiales. Lo principal para llevar a cabo este paso es definir los criterios de selección.

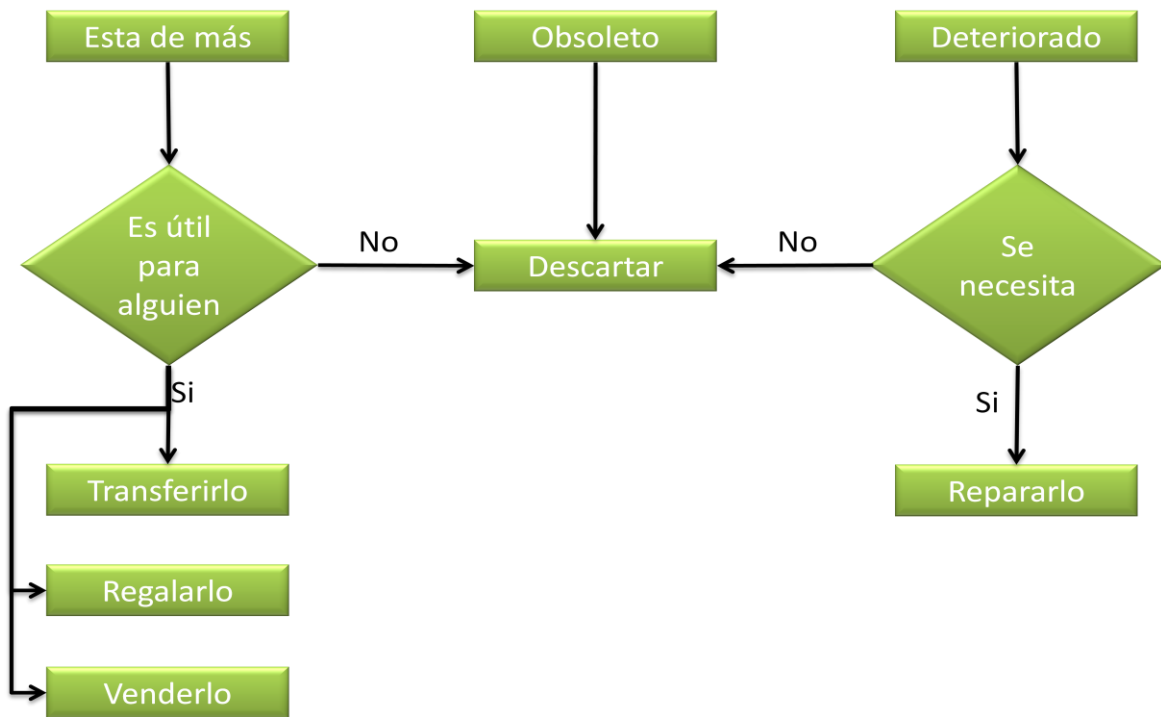
Esto no se debe llevar acabo solo en el área de almacenamiento sino en todo el departamento, es decir, en las áreas comunes y la oficina como los escritorios, los documentos y los gabinetes.

En el área de almacenamiento se removerán todos los materiales que no son necesarios, como los materiales obsoletos, deteriorados, inservibles, etc.

En este caso ya que los materiales que no son necesarios son inservibles para su uso en las máquinas, serán desechados ya que no servirán en para otra cosa, sin embargo en otro caso los objetos que no son necesarios serian puestos en cuarentena y luego encontrar la mejor forma de qué hacer con los materiales que se pusieron en cuarentena.

Para conseguir estas respuestas se utilizo un diagrama que se muestra en la **Figura 5.14.**

Al desarrollar simplemente la primera S se tendrán beneficios, existirá menos estorbo de cosas innecesarias, menor costo por mantener almacén de piezas que se tienen de mas.



**Figura 5.14.** Camino de respuesta para desarrollar la 1ª S

### Organizar (Seiton)

Con la segunda S se empezara a organizar los materiales que ya fueron previamente seleccionados, esto se hará en base al Layout propuesto en la etapa anterior.

Para organizar es necesario preparar el área de almacenamiento, se utilizara como herramienta un método de control visual.

En este momento del proyecto lo más apropiado es utilizar un método de control visual. Por lo cual se hará un etiquetado de las piezas y de los estantes en los que se colocaran las piezas.

Esta herramienta nos servirá para la identificación de los materiales, con lo cual se conseguirá un mejor orden en el almacén.

El etiquetado servirá para etiquetar cada uno de los artículos que se almacenaran y etiquetar el estante en el que debe de colocarse como lo muestra en la **Figura 5.15**.



**Figura 5.15.** Etiquetado en estantes

Al aplicar un etiquetado será más fácil colocar cada uno de los materiales en los estantes correspondientes, además de que usando esta herramienta se conseguirá una fácil la identificación de los materiales, cumpliendo de esta manera uno de los objetivos específicos del proyecto.

Al incluir el etiquetado de las piezas y de los estantes lo único que se debe de hacer es colocar los materiales en el lugar indicado.

#### Limpiar (Seiso)

El siguiente paso de esta etapa es la 3ª la cual consta de limpiar el área de almacenamiento del departamento del almacén de refacciones.

Lo principal en este paso es determinar el programa de limpieza, esto se logra definiendo las áreas a limpiar que en el proyecto serian todas las áreas de almacenamiento, lo siguiente es saber con qué frecuencia el cual debido al reabastecimiento de materiales seria cada mes solo para el área de los estantes los pisos y el área de oficina será diariamente.



En la **Figura 5.16** se muestra el formato donde se mostraría que la frecuencia de la limpieza en los pasillos, la oficina y los estantes donde se almacenan los materiales.

| Areas    | Enero |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|          | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Pasillos |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Oficina  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Estantes |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

**Figura 5.16.** Formato para conocer la frecuencia de limpieza

Lo más importante de esta paso es crear conciencia en todas las personas que trabajan en el departamento, de mantener el almacén de refacciones limpio.

**Capitulo 6**

**Conclusiones y Recomendaciones**

## **Conclusiones**

Al finalizar las etapas de este proyecto se concluye que aplicando las 3's y diseñando un Plan Layout se obtendrá una mejor organización y se facilitará la identificación de los materiales que se almacenan. Se mejorará la distribución del almacén gracias al Layout propuesto.

Mediante el Inventario ABC y solo manteniendo en el almacén los materiales encontrados como tipo A y tipo B, a los cuales se le harán una serie de pronósticos para definir el método apropiado. Mediante el pronóstico del material se conseguirá solo se mantener la cantidad de materiales necesarios que se necesitarán en el mes.

Al desarrollar un proyecto como es Lean Manufacturing se aprende a que cualquier proyecto a pesar de terminarlo siempre será posible mejorarlo

## **Recomendaciones**

La base de este proyecto radica en diagnosticar de manera correcta la situación actual en el que se encuentra el departamento por lo cual es recomendable tener extremo cuidado al observar el personal y recolectar información ya que un mal desarrollo de esta etapa tendrá como consecuencia una mala elaboración de las siguientes etapas. Por lo que se recomienda seguir paso a paso cada una de las etapas ya que se llega a omitir alguno de los puntos no se obtendrá el Inventario Lean.

Es recomendable aplicar las 3's como se indica, ya que si no se utiliza el etiquetado de piezas y estantes, y la limpieza no se hace con la frecuencia sugerida, la organización que se propone obtener no se conseguirá.

Para determinar el nivel óptimo de reabastecimiento de materiales es de vital importancia elegir el método adecuado para pronosticar por lo cual se sugiere instruirse de mejor manera en el manejo de Minitab.

# Bibliografía

## Bibliografía

**Chase R., Jacobs F. R., Nicholas. (2006).** *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva.* (Decima edición). Editorial Mc Graw Hill.

**Krajewski L., Ritzman L. y Malhotra M. (2008).** *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor.* (Octava edición). Editorial Pearson educación. México.

**Molina Aznar Víctor E. (2007).** *Administración de almacenes y control de Inventarios.* Editorial ISEF.

**Roux Michel. (2003).** *Manual de logística para la gestión de almacenes.* (Decima edición). Editorial Gestión 2000.

**Socconini Luis y Barrantes Marco.** *El proceso de las 5's en acción. La metodología japonesa para mejorar la calidad y la productividad en cualquier tipo de empresa.* Editorial Norma.

**Tompkins J., White J., Bozer Y. y Tanchoco J. (2006).** *Planeación de instalaciones.* (Tercera edición). Editorial Thomson.

**Villaseñor Contreras A. y Cota Galindo E. (2007).** *Manual de Lean Manufacturing. Guía básica.* Editorial Limusa. México.

# Anexos

## Anexo 1. Pasos para elaborar pronósticos en Minitab versión 14

La elaboración de los pronósticos se realizara mediante 5 pasos.

1. El primer paso es colocar los datos, estos se colocaran de forma vertical, si se desea saber los datos a que material pertenece se puede colocar en la fila anterior a la fila número uno, como se muestra en la **Figura A.1**.

The screenshot shows the Minitab interface with a worksheet containing the following data:

|    | C1       | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 |
|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|    | 4RAC0727 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 1  | 873      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 2  | 335      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 3  | 565      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 4  | 340      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 5  | 310      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 6  | 420      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 7  | 222      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 8  | 225      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 9  | 300      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 10 | 309      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| 11 |          |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |

**Figura A.1.** Primer paso para la elaboración de pronósticos.

2. El siguiente paso es la selección de los métodos por medio de los cuales se pronosticaran, en este caso serán el promedio móvil simple, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial doble. Esto se muestra en la **Figura A.2, Figura A.3, Figura A.4**.



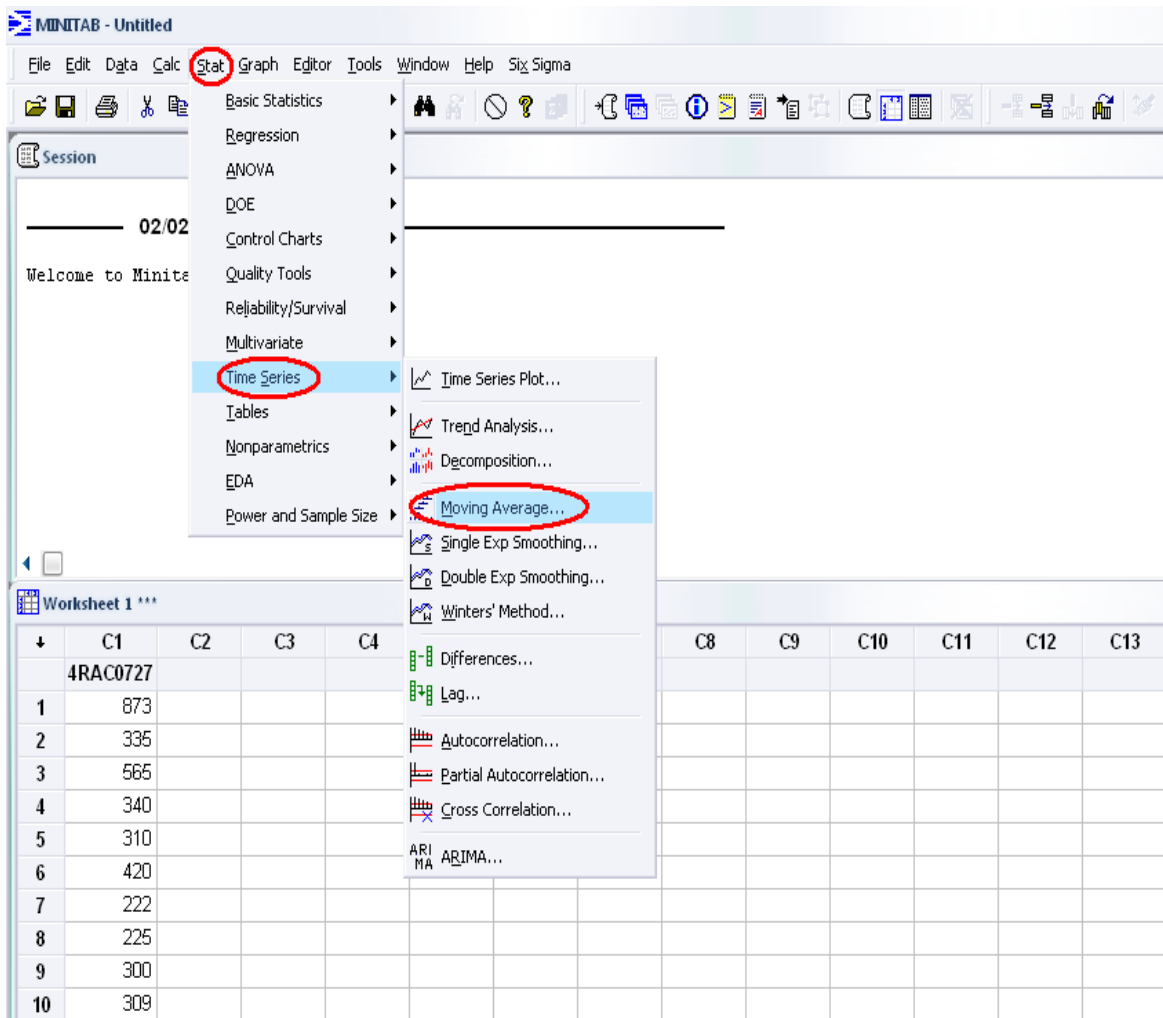


Figura A.2. Selección del método promedio móvil.

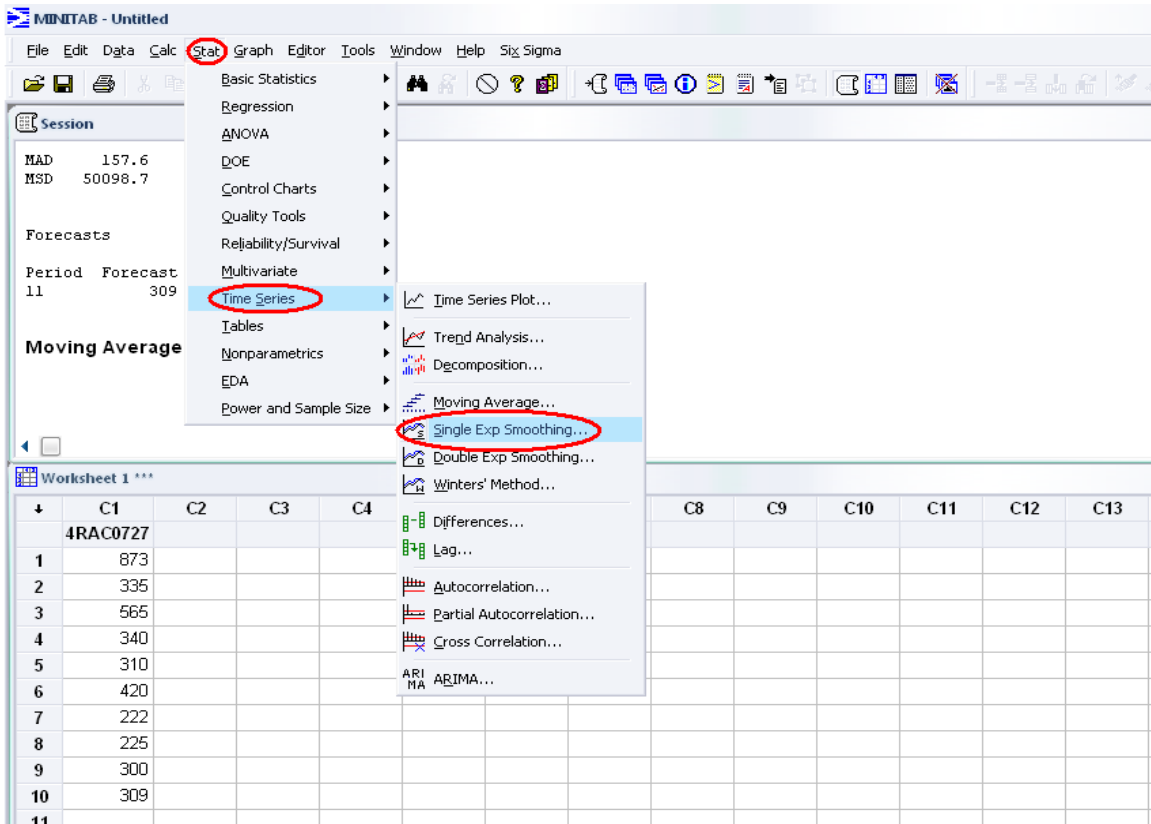


Figura A.3. Selección del método suavizamiento exponencial simple.

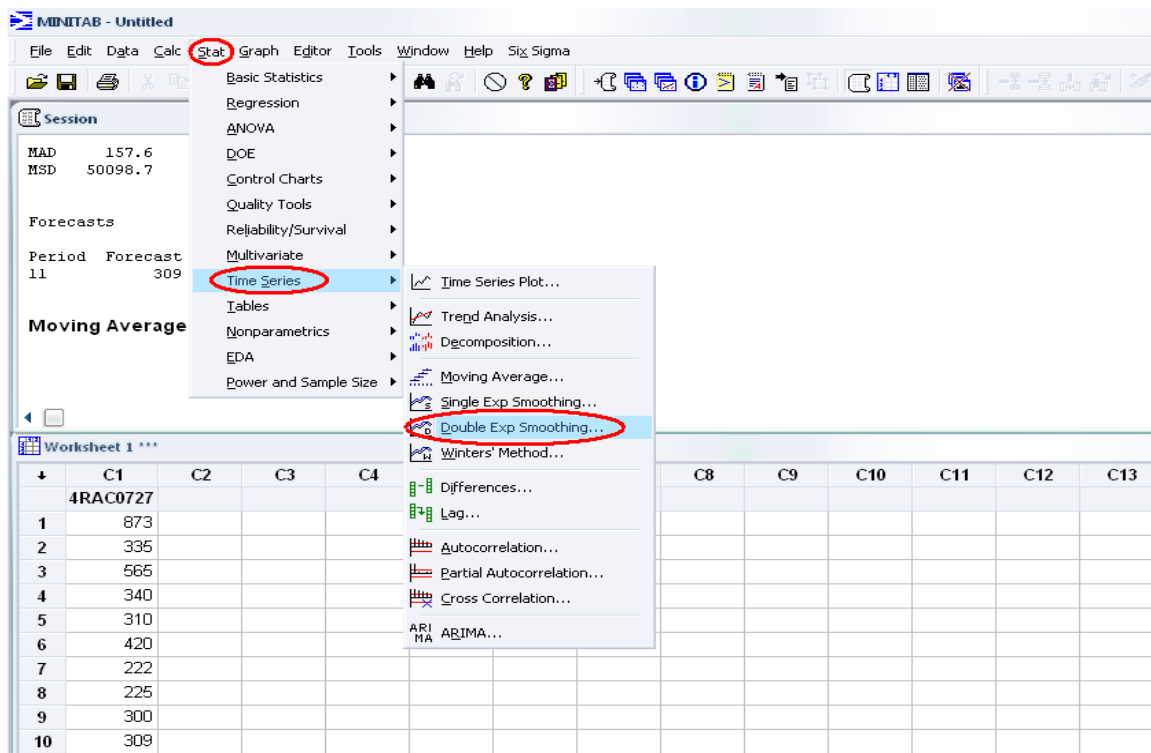
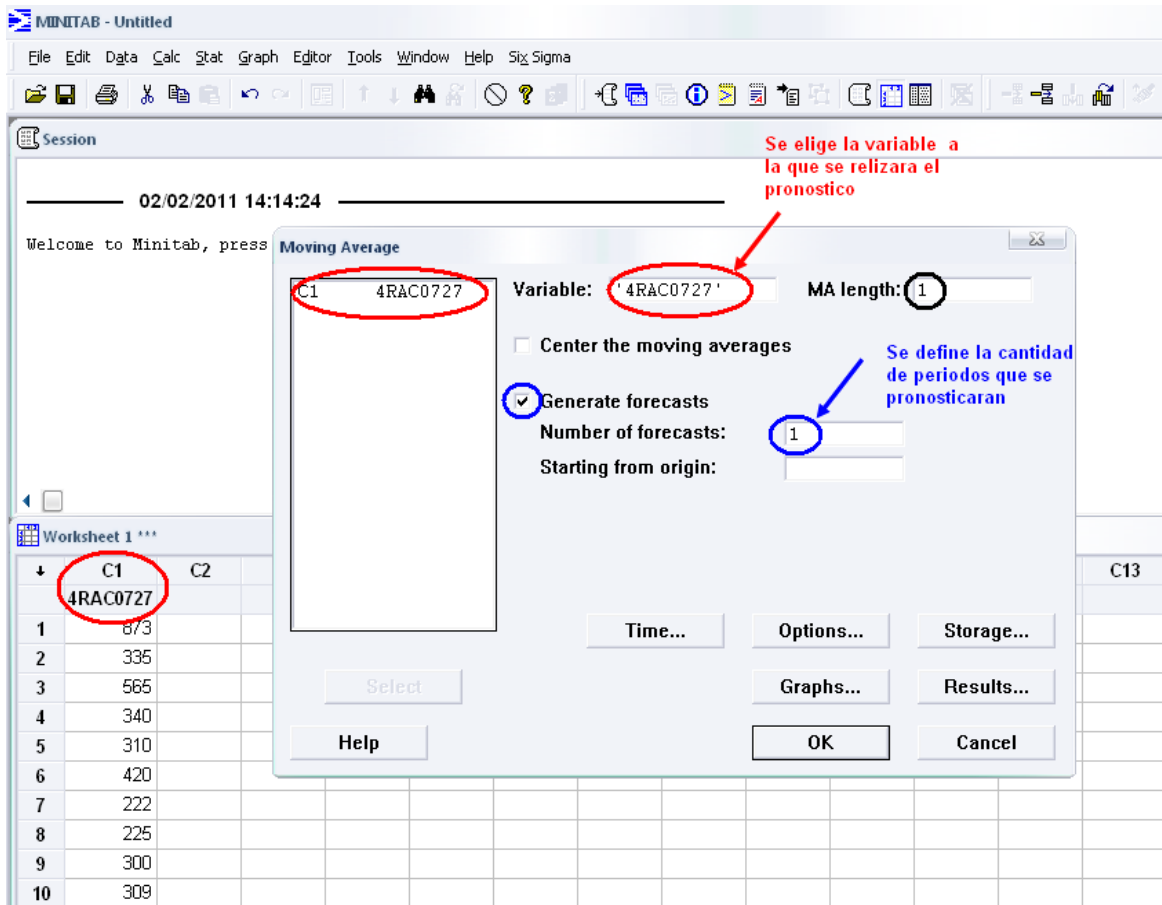


Figura A.4. Selección del método suavizamiento exponencial doble

3. En este paso se definen las características del pronóstico. Se elige la variable que se pronosticará, y el número de pronósticos a realizar, esto se muestra en la **Figura A.5**.



**Figura A.5.** Elección de las características del pronóstico promedio móvil.

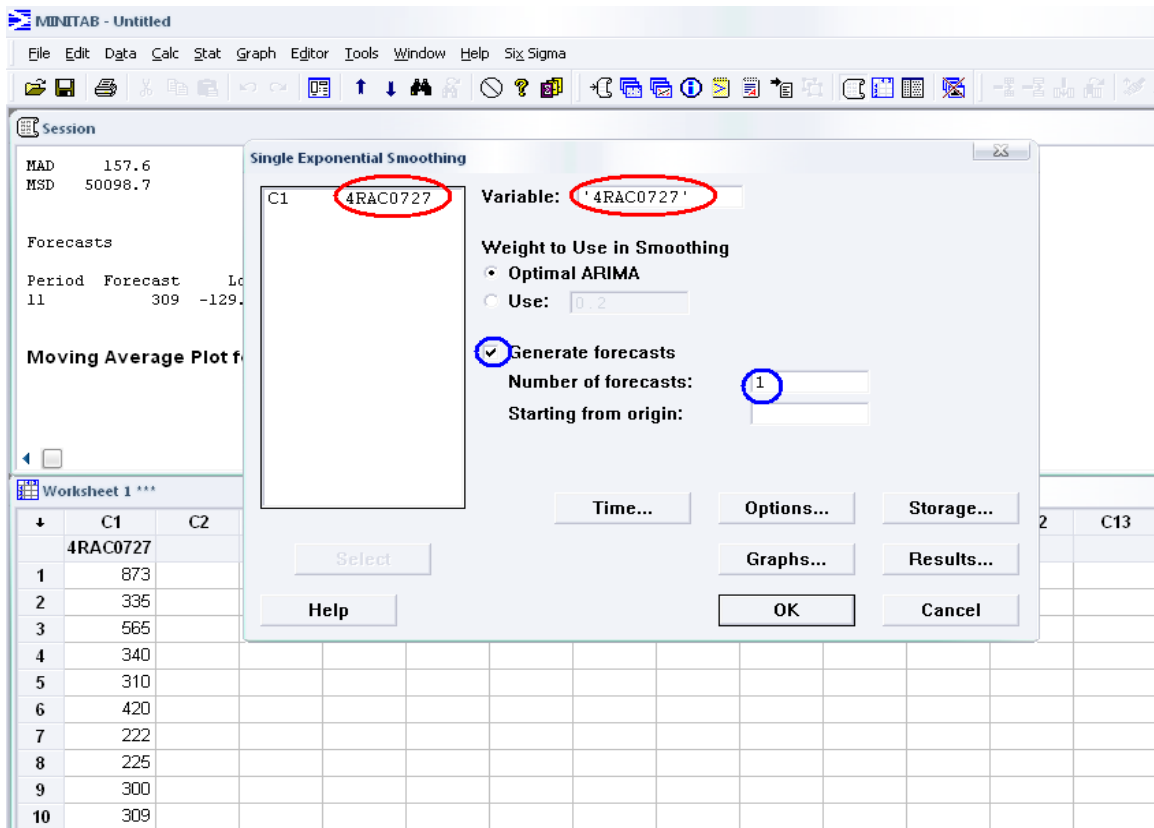


Figura A.6. Elección de las características del pronóstico suavizamiento exponencial simple.

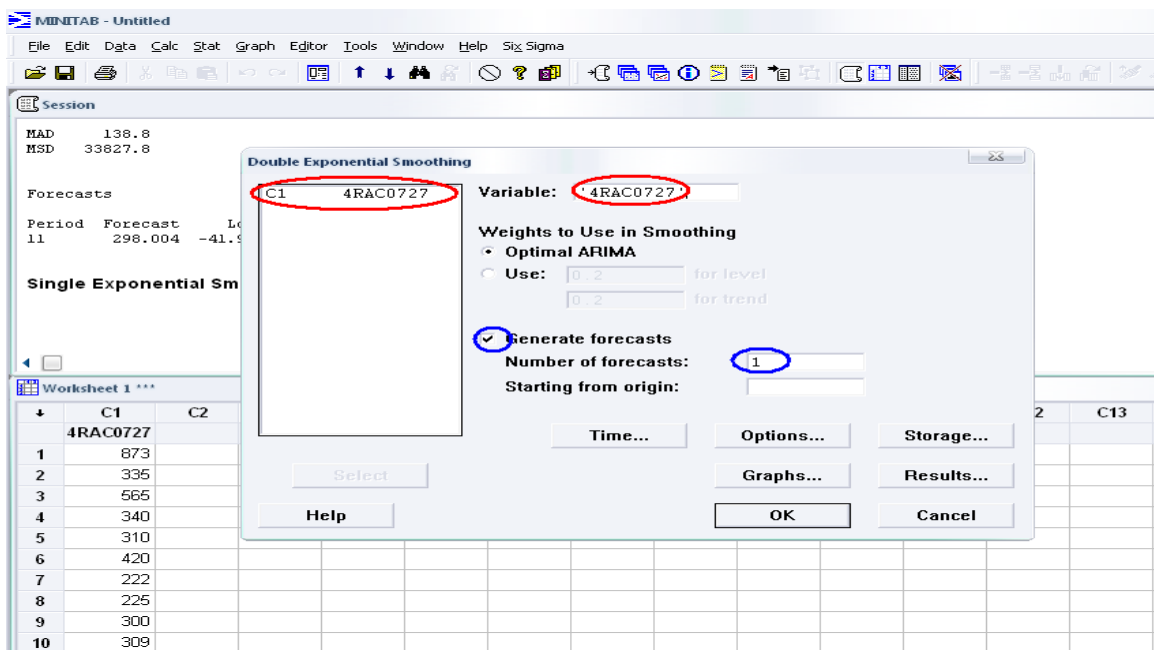
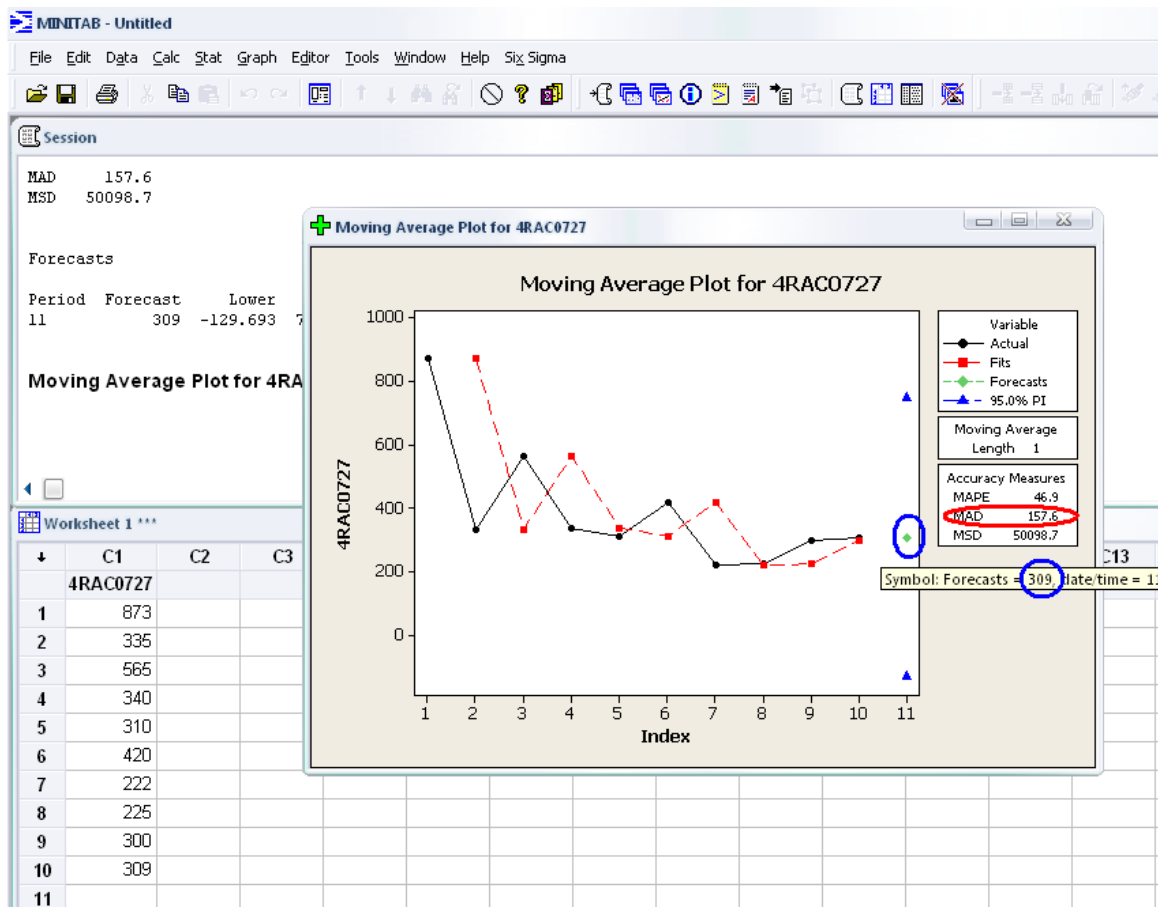


Figura A.7. Elección de las características del pronóstico suavizamiento exponencial doble.

4. En este paso se realizara un análisis del resultado. Se analizara el MAD del resultado y el número de piezas a pedir en el siguiente periodo, esto se muestra en la **Figura A.8, Figura A.9 y Figura A.10.**



**Figura A.8.** Análisis del resultado del promedio móvil.

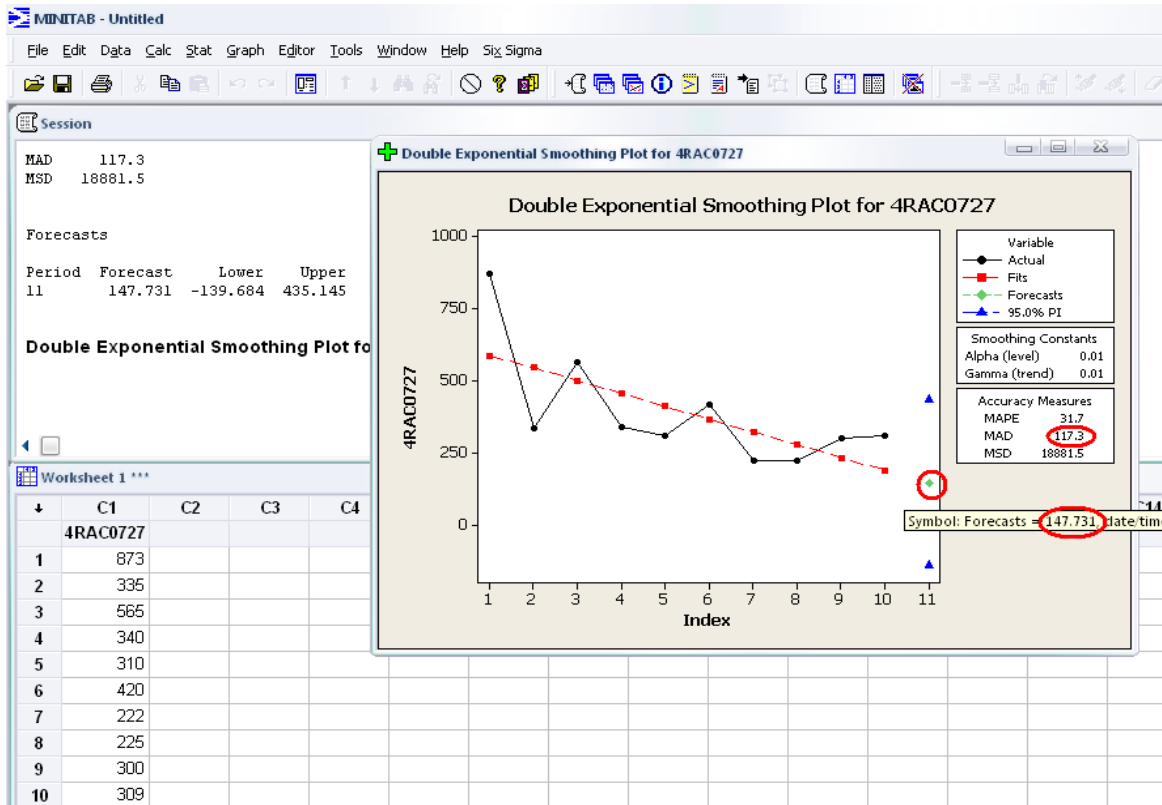


Figura A.9. Análisis del resultado del suavizamiento exponencial simple.

5. Se elige el método que tiene menor dispersión de error del pronóstico, es decir el que tiene menor MAD.

En este caso será el suavizamiento exponencial doble. De acuerdo a este método la cantidad para mantener en el almacén es de 148 piezas.