

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Politécnico

**Propuestas para el manejo y control de inventario a modelos de
tableros del catalogo 2012 de Madeval**

Medardo Andrés Sarmiento Gavilanez

Diego Araujo, Ing., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Industrial

Quito, Diciembre 2012

Universidad San Francisco de Quito.

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Propuestas para el manejo y control de inventario a modelos de
tableros del catalogo 2012 de Madeval**

Medardo Andres Sarmiento Gavilanez

Diego Araujo, Ing.

Director de tesis y

Miembro del Comité de Tesis

Ximena Córdova, PhD.

Decano del Colegio Politécnico

Verónica León, MSc.

Miembro del comité de tesis

Gabriela García, MSc
.....

Miembro del comité de tesis

Quito, Abril 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.

144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre:

C. I.:

Fecha:

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a Dios, mi familia y amigos, que fueron un apoyo incondicional para lograr mis metas propuestas.

Dedico este esfuerzo a todas las personas que buscan un cambio y quieren un prospero Ecuador, personas responsables, amorosas y valientes que ven el éxito en la familia, en los amigos y en el trabajo.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a mi Dios, quien me dio la fuerza, la perseverancia de sacar mis propósitos adelante. Confiar no importa que, para lograr todos mis sueños realizados y aquellos propuestos.

Agradezco a mi familia por todo el soporte, a mi mamá que desde muy chico me apoyo en la construcción de este logro, quien siempre fue comprensión, amor, servicio y un apoyo inmenso. Agradezco su labor de madre, sus enseñanzas y sus valores que me direccionaron a ser una persona de luz.

Agradezco a un héroe, mi papá por ser una persona, constante, poderosa y humilde, es un ejemplo a seguir y me enseñó que el éxito en la vida se lo logra con la responsabilidad, la valentía y la FE.

A mi hermano, por ser el ejemplo de niño, quien da el primer paso, por ser un líder comprometido y valiente, quien me da la confianza y valentía para hacerlo todo lo que me proponga.

A mi ñaña hermosa, que me demostró una transformación maravillosa y me demostró ser servicio para mi familia y sobre todo amor para mi, que me direcciono a encontrar la Fe en mí y ser un líder de corazón para mi familia, mi comunidad y el mundo.

Agradezco a la persona, que estuvo con migo y compartió todos lo momentos especiales, me acompañó durante toda mi carrera, agradezco su comprensión, ternura, y amor.

Agradezco a mis amigos, cada uno fue un aporte en el desarrollo en las diferentes áreas de mi vida, esenciales para un crecimiento exitoso.

Agradezco a los profesores del colegio sobre todo a los de la universidad, que día a día dan su esfuerzo para hacer de los chicos una transformación. Sus esfuerzos y experiencias son un ejemplo para mí y una enseñanza para el Ecuador.

Resumen

Madeval es una empresa maderera, que se dedica a la construcción de muebles modulares. La empresa ha tenido un crecimiento notable y la optimización de sus procesos es una prioridad para competir a nivel nacional como internacional. El siguiente proyecto de tesis busca desarrollar una propuesta para el manejo y control de sus distintos modelos de tableros. Adicionalmente, se desea implementar una política de trabajo que sea acorde a las necesidades de la empresa. Para la realización del proyecto se utiliza el ciclo DMAIC, en la que se identifica el problema raíz que aqueja la empresa, se realiza una recopilación de los datos, mediante un análisis, se obtiene pronósticos de los diferentes modelos de tableros y se crea la política de inventario direccionada bajo la metodología 5s. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Abstract

Madeval is a lumber company, which is engaged in the construction of modular furniture, the company has experienced significant growth and process optimization is a priority to compete nationally and internationally. The following thesis project seeks to develop a proposal for the management and control of its different models of boards. The purpose, it is to implement a policy that is according to the needs of the company. For the realization of project it is used DMAIC methodology, which identifies the root problem that is afflicting the company, performing a collection of data, and through analysis obtain predictions of different boards inventory models and create the policy addressed by the 5s methodology. Finally, the document presents conclusions and recommendations of the study.

Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Contenido	
Introducción.....	20
Capítulo 1.....	22
Marco Referencial.....	22
1.1 Objetivos.....	22
1.1.1 Objetivo General.....	22
1.1.2 Objetivos específicos.....	22
1.2 Justificación e importancia.....	23
Capítulo 2.....	25
Marco Teórico.....	25
2.1 Metodología DMAIC.....	25
2.2 Fases del Ciclo DMAIC.....	27
2.2.1 Fase Definir.....	27
2.2.1.1 Herramientas para la fase Definir.....	28
2.2.1.2 Diagramas de flujo.....	28
2.2.1.3 Diagrama SIPOC.....	30
2.2.2 Fase Medir.....	31

2.2.3	Fase Analizar.....	33
2.2.3.2	Pronósticos.....	33
2.2.3.2.1	Promedio móvil	36
2.2.3.2.2	Suavizamiento exponencial	36
2.2.3.2.3	Suavizamiento exponencial doble.....	37
2.2.3.2.4	Análisis de regresión.....	38
2.2.3.2.5	Método Winters	39
2.2.3.3	Inventarios.....	40
2.2.3.3.1	Modelos de inventario	43
2.2.3.3.2	Modelo de inventarios determinístico EOQ (<i>Economic Order Quantity</i>) 43	
2.2.3.3.3	Sistemas de múltiples productos con restricción de recursos.....	44
2.2.3.4.	Desagregación de planes agregados.....	46
2.2.3.5.	Paseo aleatorio simple	47
2.2.4	Fase Mejorar	49
2.2.4.1.1	Componente de Lean: 5s.....	49
2.2.4.1.2	Kanban	49
2.2.5	Fase Controlar.....	50
Capítulo 3.....		51
Situación actual.....		51

3.1	Descripción de la empresa.....	51
3.2	Instalaciones físicas	52
3.3	Descripción de la planta	52
3.4	Cadena de valor.....	55
3.5	Proveedores de tableros	56
3.6	Productos.....	57
Capítulo 4.....		59
Aplicación del ciclo DMAIC para la resolución del proyecto.....		59
4.1	Fase Definir.....	59
4.1.1.	Integración del equipo de proyecto.....	59
4.1.2.	Descripción del problema	60
4.1.3.	Impacto del problema	62
4.1.4.	Desarrollo del Project Chapter.....	63
4.1.5.	Enfoque del estudio	63
4.1.6.	Identificación de los procesos asociados y su localización física	64
4.1.7.	Determinación de los modelos de tablero a analizar	65
4.1.8.	Identificación del costo e impacto del problema	66
4.1.9.	Enunciado del problema	67
4.2.	Fase Medir	67
4.2.1.	Plan de agregación para Madeval	69

4.3. Fase Analizar	77
4.3.1. Pronósticos	77
4.3.2. Análisis de serie de tiempo	77
4.3.2.1. Para el grupo 1 se tiene el siguiente análisis.....	78
4.3.2.2. Para el grupo 2 se tiene el siguiente análisis.....	80
4.3.2.3. Para el grupo 3 se tiene el siguiente análisis.....	81
4.3.2.4. Para el grupo 4 se tiene el siguiente análisis.....	83
4.3.2.5. Para el grupo 5 se tiene el siguiente análisis.....	84
4.3.3. Inventarios	87
4.3.4. Determinación de los costos de inventario	89
4.3.4.1. Costo por ordenar o <i>Setup (A)</i>	89
4.3.4.2. Costo de adquisición (C)	89
4.3.4.3. Costo mensual por mantener en inventario (h).....	89
4.3.4.4. Costo de faltante de inventario (K)	90
4.3.5. Determinación de los niveles de inventario.....	90
4.3.5.1. Análisis del grupo 1	91
4.3.5.2. Análisis del grupo 2	91
4.3.5.3. Comparación EOQ y Wagner Whitin (WW).....	93
4.3.5.4. Análisis del grupo 3	94
4.3.5.5. Análisis del grupo 4	94

4.3.5.6. Análisis del grupo 5	95
4.3.6. Análisis: cuándo reordenar (r) y cuánto reordenar (Q) para los tipos de familia 95	
4.3.7. Desagregación del plan agregado	96
4.3.8. Análisis de la política de Madeval	98
4.4. Fase Mejorar	99
4.4.1. Política 5s	99
4.4.2. Política de inventario.....	101
4.4.3. ¿Cómo empezar?	101
4.4.3.1. Clasificar.....	101
4.4.3.1.1. Responsable 5s.....	101
4.4.3.1.2. Definir el equipo del proyecto.....	102
4.4.3.1.3. Salida de campo.....	102
4.4.3.1.4. Entregable 1: elementos innecesarios	103
4.4.3.1.5. Reunión con la alta gerencia	103
4.4.3.1.6. Conclusión Clasificar.....	103
4.4.3.2. Ordenar	104
4.4.3.2.1. Salida de campo.....	104
4.4.3.2.2. Definir criterios de ubicación	104
4.4.3.2.3. Identificar cada elemento con su respectivo nombre	105

4.4.3.2.4.	Reunión con la alta gerencia.....	105
4.4.3.2.5.	Conclusión Ordenar	105
4.4.3.3.	Limpieza	106
4.4.3.3.1.	Eliminar focos de suciedad	106
4.4.3.3.2.	Definir procedimientos de limpieza.....	106
4.4.3.3.3.	Encontrar lugares de difícil acceso.....	106
4.4.3.3.4.	Conclusión Limpieza	106
4.4.3.4.	Estandarización	107
4.4.3.4.1.	Política de inventario	107
4.4.3.4.2.	Conclusión Estandarización	107
4.5.	Fase Controlar	108
4.5.1.	Disciplina	108
4.5.1.1.	Auditoría 5s	108
4.5.1.2.	Mejora continua	109
4.5.1.3.	Conclusión Disciplina	109
4.5.1.4.	Cómo se va a seguir.....	109
4.5.1.5.	Tiempo de ejecución	109
Capítulo 5.....		110
Conclusiones y recomendaciones.....		110
Conclusiones:.....		110
Recomendaciones:.....		112

Bibliografía:113

Anexos:115

Índice de Tablas

Tabla 1: Ejemplo Sipoc 30

Tabla 2: Costo total de materia prima para el año 2011..... 62

Tabla 3: Número de tableros utilizados para cada año 2010 y 2011 63

Tabla 4: Diagrama SIPOC de las actividades relacionadas al proceso del flujo de información..... 65

Tabla 5: Resumen de tableros, catálogo para los años 2010 y 2011..... 65

Tabla 6: Costos de los tableros..... 66

Tabla 7: Demanda de tableros para sus respectivos años..... 68

Tabla 8: Modelos de tableros ordenados por su demanda 70

Tabla 9: Explicación Plan de Agregación..... 71

Tabla 10: Modelos de tablero con sus respectivos puntos porcentuales 73

Tabla 11: Agrupación de los modelos de inventario, por tipos..... 74

Tabla 12: Sumatoria de la demanda 75

Tabla 13: Tabla bimensual 75

Tabla 14: Tabla por promedio 76

Tabla 15: Métodos de pronósticos seleccionados con su respectivo MAPE..... 86

Tabla 16:Modelo de inventario EOQ Grupo 1 91

Tabla 17: Modelo de inventario EOQ Grupo 2 92

Tabla 18: Comparación Modelo EOQ vs WW 93

Tabla 19: Modelo de inventario EOQ Grupo 3 94

Tabla 20: Modelo de inventario EOQ Grupo 4	94
Tabla 21: Modelo de inventario EOQ Grupo 5	95
Tabla 22: Desagregación de Grupos de inventario	97
Tabla 23: Comparación Global de la cantidad de tableros en planta	98
Tabla 24:Espacio Global de tableros de Madeval.....	100

Índice de Figuras

Figura 1: Fases de la metodología Six Sigma.....	27
Figura 2: Diagrama de Flujo, (Mejía, 2006, p. 56)	¡Error! Marcador no definido. 29
Figura 3: Simbología Diagrama de flujo (Chamorro, Miranda &Rubio, 2007),	29
Figura 4: Grafica de Pareto, (Bingham, Gryna, Juran, 2005, p. 20)	32
Figura 5: Cadena de valor.....	53
Figura 6: Tendencia de tableros demandados por Madeval	72
Figura 7: Serie de tiempo por años Grupo1	78
Figura 8: Serie de tiempo Grupo 1	¡Error! Marcador no definido. 79
Figura 9: Serie de tiempo por años	80
Figura 10: Serie de tiempo Grupo 2	81
Figura 11: Serie de tiempo por años (Grupo 3).....	82
Figura 12: Serie de tiempo Grupo 3	82
Figura 13: Serie de tiempo por años (Grupo 4).....	83
Figura 14: Serie de tiempo Grupo 4	84
Figura 15: Serie de tiempo por años (Grupo 5).....	85
Figura 16: Serie de tiempo Grupo 5	85
Figura 17: Pasos a seguir en la metodología 5s(TPF EUROPE BV)	100

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Error DAM (Nahmias, 2007, p.60)	35
Ecuación 2: Error ECM (Nahmias, 2007, p.60)	35
Ecuación 3: Error MAPE (Nahmias, 2007, p.60)	35
Ecuación 4: Pronóstico promedio móvil (Nahmias, 2007, p.64)	36
Ecuación 5: Pronóstico suavizamiento exponencial (Nahmias, 2007, pp. 66- 67)	37
Ecuación 6: Valor de intercepción (Nahmias, 2007, p.76).....	37
Ecuación 7: Valor de la pendiente (Nahmias, 2007, p.76)	38
Ecuación 8: Método exponencial doble (Nahmias, 2007, p.76)	38
Ecuación 9: Ecuación de línea recta (Nahmias, 2007, p.74).....	38
Ecuación 10: valor óptimo de b (Nahmias, 2007, p.74).....	39
Ecuación 11: valor óptimo de a (Nahmias, 2007, p.75).....	39
Ecuación 12: Serie desestacionalizada (Nahmias, 2007, p.85)	39
Ecuación 13: Factores de tendencia (Nahmias, 2007, p.86).....	40
Ecuación 14: Pronóstico Winters (Nahmias, 2007, p.83)	40
Ecuación 15: Costo de la política de tamaño (Nahmias, 2007, p.197).....	44
Ecuación 16: Tamaño óptimo de pedido (Nahmias, 2007, p. 196).....	44
Ecuación 17: ecuación de capacidad (Nahmias, 2007, p.214).....	45
Ecuación 18: ecuación de capacidad mayor a lo esperado (Nahmias, 2007, p.214)45	
Ecuación 19: EOQ aumentado θ (Nahmias, 2007, p.214)	45
Ecuación 20: igualación de capacidad (Nahmias, 2007, p.214).....	45
Ecuación 21: Modelo de Programación (Nahmias, 2007, p.140)	46
Ecuación 22: paseo aleatorio (Duran & Ferreirós, 2001, p.51)	48

Ecuación 23: paseo aleatorio adecuado a pronóstico 48

Índice de Fotografías

Fotografía 1: Apilamiento de tableros 53

Fotografía 2: Montacargas apilando tableros..... 53

Fotografía 3: Tableros no utilizados 54

Fotografía 4: Puerta de entrada de tableros..... 55

Fotografía 5: Membretes de los equipos (Eukalit, 2008)..... 102

Fotografía 6: Propuesta de tarjeta visual..... 108

Introducción

En busca de la mejora continua para el área de manufactura, se han implementado diferentes herramientas, metodologías, conceptos, modelos e incluso filosofías a seguir. Con el objetivo de ser eficientes con los recursos y con el producto, existen diversos campos a incursionar, entre los más importantes están: cadena de suministro, logística de materiales y manufactura.

Madeval es una empresa maderera que se dedica a la construcción de muebles modulares, está en la constante búsqueda en la optimización de sus procesos y puntos críticos. El proyecto se centra en la administración de inventarios, específicamente en los diferentes modelos de tableros que maneja la empresa. Mediante herramientas de control de producción, se propone una nueva política de inventario que mitigue las fallas de producción por falta de materiales.

En el capítulo2, se presenta el marco teórico. En este acápite se sustenta el proyecto, y dentro del mismo se detalla la metodología con sus distintas herramientas.

El capítulo 3 presenta una breve descripción de la naturaleza y organización de la empresa, proveedores, clasificación y organización de tableros, instalaciones físicas, producto terminado e inicia el proceso de identificación de puntos de desorden dentro de la planta.

El capítulo4 se enfoca a la definición y resolución del problema y se aplica la estructura DMAIC; este procedimiento se enfoca en obtener los mejores resultados posibles, estructurando los pasos a seguir de manera clara y detallada. Los pasos de la metodología son Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. La fase *Definir* se enfoca en la recolección de datos, charlas con la gerencia y dueños del proceso; se define el equipo del proyecto y, como resultado, se define el problema. En la fase *Medir*, se clasifica, ordena y se mide la información, obteniendo

como resultado los tableros a los que se enfoca el estudio. La fase *Analizar* es uno de los puntos claves del proyecto, aquí se realiza la agregación de los diferentes modelos de tableros, se obtienen los pronósticos de los diversos grupos agregados, se realiza la política de inventario en base al modelo propuesto y se desagregan los grupos de tableros en sus respectivos ítems. Con la siguiente fase, *Mejorar*, se busca potenciar toda el área a un nivel elevado; se presenta como mejora la filosofía 5s, en donde se expone un lugar clasificado (se separa el material utilizable del no utilizable), ordenado (dar espacios específicos a los tableros), con limpieza (eliminar focos de suciedad) y estandarización (se define el modelo de inventario según los estudios realizados). Para la fase *Controlar*, se utiliza el último punto de la filosofía 5s: disciplina, donde se implementa auditorías al proceso.

Finalmente en el capítulo 5, se plantean conclusiones y recomendaciones como producto final de la presente investigación, las que pretenden ser un aporte importante al mejoramiento de los procesos, organización y eficiencia de la empresa.

Capítulo 1

Marco Referencial

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta viable para el manejo y control de inventario a tableros de clase: Durafibra, Duraplac, Fibraplac, Madefibra y Novokor, para obtener una mejor programación y planificación en el área de producción.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento actual del proceso de apoyo para el manejo de materiales que utiliza Madeval.
- Estructurar el plan de trabajo en base a la metodología DMAIC.
- Definir el listado de modelos de tableros para el respectivo análisis.
- Obtener datos relativos al uso de Kardex que maneja Madeval, para la recopilación de la información.
- Definir familias de grupo en base a un plan agregado factible.
- Pronosticar las diferentes familias de grupos en base a métodos adecuados para cada familia.
- Generar política de inventario que mitigue faltantes de stock de tableros, contando con material para cuando lo requiera producción.
- Dar un seguimiento, durante la fase de control, a la propuesta desarrollada.

1.2 Justificación e importancia

El presente proyecto busca apoyar a Madeval en el manejo y control de modelos de tableros, que es la principal materia prima que se utiliza para confeccionar muebles modulares.

La empresa tiene la necesidad de controlar esta parte del proceso, de la observación se establece que actualmente no cuenta con una política de inventario de tableros; por lo tanto, no existe un adecuado nivel de stock, ocasionando problemas al área de producción. A través de un buen manejo de inventario, la empresa deja de incurrir en fallas de producción por falta de materiales y garantiza mayor confiabilidad en la planificación de la producción.

Madeval maneja, para el área de ventas, un pronóstico de cuatro semanas para la producción de un mueble; una vez finalizada la venta, la información viaja por el ERP de la empresa hacia el departamento de despiece; aquí se elaboran dos documentos: el primero es la lista de materiales y el segundo es el sistema de corte. La información es enviada a los departamentos de bodega y producción respectivamente (Anexo 1).

Actualmente existe un retraso de dos semanas en el área de producción mientras que el área de despiece está al día. Esto es crítico porque los requerimientos de los materiales que manejan las áreas de bodega y despiece no concuerdan en sus semanas de producción; por lo tanto, la materia prima necesaria no coincide con los materiales de producción. Esto se evidencia, puesto que hay semanas con mayor cantidad de materiales y otras en las que no se cuenta con suficiente stock, provocando que se retrase la producción.

Los beneficios para el área de bodega son significativos: va a tener material apropiado en el momento correcto, y cantidad adecuada. Es importante para la cadena de suministro mejorar esta parte del proceso y así mitigar retrasos de producción por falta de materiales.

Existe una proporción de modelos de tableros que se encuentran fuera de catálogo; dichos tableros están siendo apilados en el espacio físico de la bodega. Otro tipo de tableros no utilizados son los retazos de los tableros ya cortados, estos no son reprocesados en el área de producción porque el ERP no maneja bodegas virtuales.

Al mejorar el sistema de manejo de tableros, se puede aumentar la liquidez de la empresa; es decir, con el stock necesario de tableros, se reducirían los costos de inventario, mejorando la cadena de suministro de la empresa.

El beneficio más importante es la confiabilidad que se le da al cliente, se podría llegar a entregar los diferentes servicios ofrecidos por la empresa en el momento adecuado.

Capítulo 2

Marco Teórico

Es importante comprender los principios básicos y los conceptos a aplicar en este estudio. Por ello, se detallan a continuación la estructura y herramientas a utilizar para la definición, análisis y solución del problema.

2.1 Metodología DMAIC

Para la estructuración del proyecto, se hace énfasis en el ciclo DMAIC. Aunque esta estructura establece los pasos para realizar un proyecto Six Sigma, se la puede usar en base a una estructuración organizada para la resolución de proyectos de diferente índole. A continuación se muestran varios ejemplos de proyectos en el que se utiliza la Metodología DMAIC, con sus herramientas de análisis en sus diferentes fases del ciclo.

La metodología DMAIC es una herramienta aplicada tanto a servicios como a manufactura, como asegura Montenegro (2007) (Ingeniera Industrial) en su tesis *Optimización del proceso de logística de efectivo con la aplicación de la metodología seis sigma*, esta metodología ayuda a mitigar la causa raíz del problema encontrado en la institución financiera; Liliana Montenegro aplicó tres fases en su estudio (Definir, Medir, Analizar). Por otro lado, en una empresa de manufactura, Andrade y Gonzales (2010) (Ingenieros industriales) proponen reducción de costos por producto no conforme y re-procesos en el reencauchado para lograr la satisfacción del cliente y promover el uso de llantas reencauchadas.

Para las diferentes etapas de la metodología DMAIC, se observa que Andrade y Gonzales (2010) utilizaron diferentes tipos de herramientas. En la etapa *definir*, se realiza un

levantamiento de procesos y, mediante una retroalimentación con los encargados de la empresa, se define el problema. Esto es muy similar a lo que aplica Trujillo (2011) (Ingeniera industrial) en su tesis de grado *Análisis y Mejoramiento al cliente de dos productos de Incaf S.A.*, en la que utiliza herramientas del diseño por six sigma y del mejoramiento de procesos Six Sigma, además de hacer una retroalimentación con grupos focales.

Para la etapa *medir*, Andrade y Gonzales (2010), hacen una recolección de datos de entrada (tiempos), establecen medidas de desempeño y capacidad actual al proceso de estudio; muy similar lo hace Montenegro, quien se enfoca a medir eficacia y/o eficiencia.

Para la etapa *analizar*, Andrade y Gonzales (2010) simulan el proceso de estudio y establecen factores críticos para el proceso y factores críticos para la calidad, mientras que Trujillo (2011) utiliza modelos de transporte como “modelo del vendedor de periódicos” para mejorar las entregas de los servicios enfocados en el estudio.

Para la etapa *optimizar*, Andrade y Gonzales (2010) simulan el proceso mejorado obteniendo datos de salida eficientes. Para la etapa *controlar*, los autores mencionados establecen planes de acción para los diferentes proyectos referidos.

Como se puede observar, las herramientas necesarias en cada fase de la metodología DMAIC pueden variar en cada etapa y pueden ser similares en otra; se puede constatar que, para las etapas *definir* y *medir* se puede encontrar cierta relación, ya que estas dos etapas tratan de encontrar la información necesaria y recolectan datos de entrada, mientras que para la etapa *analizar*, *optimizar* y *controlar*, se hace referencia a diferentes tipos de herramientas aplicadas a la necesidad de cada uno de los proyectos, es importante notar que en la tesis de Diana Trujillo, en la fase *analizar*, se hace referencia a una herramienta de control de producción.

Como se puede observar en diversos proyectos de grado, el ciclo DMAIC estructura los proyectos de forma organizada y clara. Además, se puede constatar que cada uno de los proyectos mencionados anteriormente, hace referencia a herramientas aplicadas de acuerdo a la necesidad del proyecto. Por lo tanto, para la elaboración del presente proyecto, se estructura de acuerdo al Ciclo DMAIC y se utilizan herramientas de control de producción para el éxito del mismo.

2.2 Fases del Ciclo DMAIC

A continuación se presenta la estructuración del proyecto en base al ciclo DMAIC. En la que se explica cada fase y se introducen las herramientas pertinentes a control de producción. Exclusivamente, pronósticos, planeación agregada y modelos de inventario.

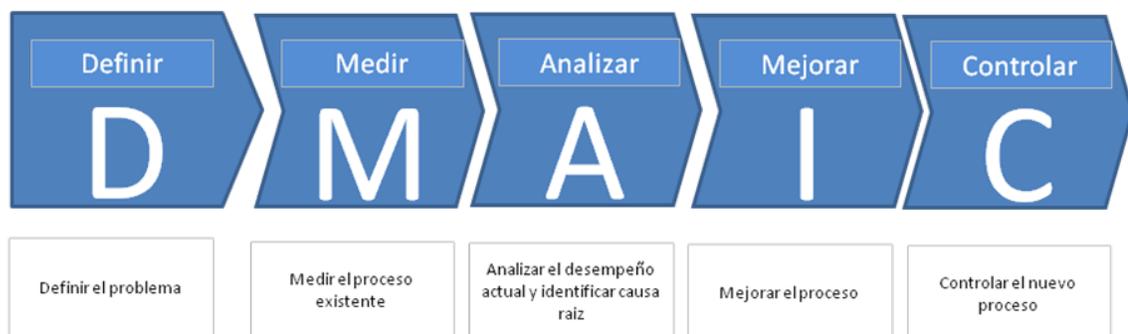


Figura 1: Fases de la metodología Six Sigma (Elaboración propia)

2.2.1 Fase Definir

Definir es la primera fase del ciclo, se reconoce el problema que acarrea la organización y se los alinea con los objetivos organizacionales de la compañía.

El objetivo de esta fase es diagnosticar el problema; es decir, mediante las apropiadas herramientas, encontrar las diferentes variables que interactúan en el proceso. Esta fase del proyecto es vital. Es el momento para definir las variables del estudio que se van a medir para posteriormente encontrar la mejora. Por lo tanto, los entregables de esta fase deben estar bien definidos.

2.2.1.1 Herramientas para la fase Definir

Las herramientas de la fase *definir* son de suma importancia para el proyecto. Estas herramientas son las que definen la causa raíz; de este paso depende el éxito de la resolución del o los problemas en el proyecto.

2.2.1.2 Diagramas de flujo

El diagrama de flujo, según Niebel & Freivalds (2006) en su libro *Ingeniería Industrial*, es fundamental para conocer paso a paso las actividades que se realizan en el mismo; el diagrama de flujo registra costos ocultos no productivos que se los puede encontrar como demora, transporte, almacenamiento e inspección.

A continuación, se muestra un ejemplo de una salida a comer, mediante un diagrama de flujo:

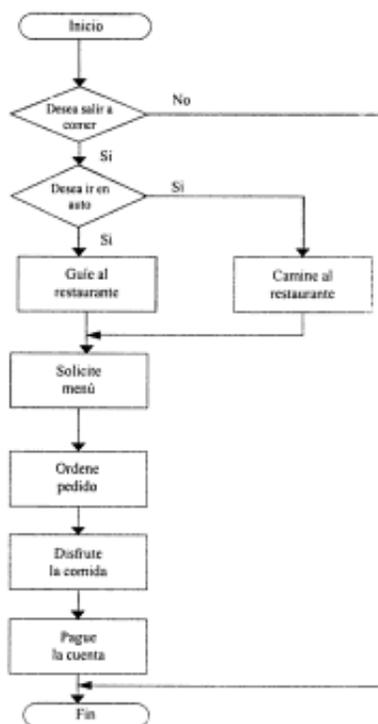


Figura 2: Diagrama de Flujo, (Mejía, 2006, p. 56)

La simbología que se utiliza para desarrollar un diagrama de flujo se muestra en la siguiente figura.



Figura 3: Simbología Diagrama de flujo (Chamorro, Miranda & Rubio, 2007, p. 76)

2.2.1.3 Diagrama SIPOC

Al igual que un diagrama de flujo registra diferentes actividades de un proceso, el Diagrama Sipoc adiciona información útil para conocer a detalle el proceso a estudiar, como son: Proveedores (Suppliers), Entradas (Inputs), Salidas (Outputs), y los clientes del proceso (Clients). (Pande, Neuman, & Roland, 2004)

Tabla 1:
Consulta de la administración

High-level query management				
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
HRMS supplier Consultants CoEs	Customer ID information Customer queries (information)	Answer call	Solutions Advice Updates to HRMS	Employees Line managers Middle/ senior managers
		Gather caller info		
		Validate caller info		
		Transfer call		
		Search advice info on Knowledge Base		
		Deliver advice		
		Log query details		

Elaborado por: (Albeanu, Hunter & Radford, 2010, p. 32)

2.2.1.4 Herramientas descriptivas 5w +1H

Esta herramienta se utiliza para la definición de proyectos, son preguntas lógicas que se deben cubrir para encontrar el o los problemas al momento de iniciar una actividad. A continuación se muestran ejemplos de preguntas aplicables a 5w y 1h: **What** (¿qué se hace ahora?, ¿qué debería hacerse?), **Who** (¿quién lo hará?, ¿quién lo debería hacer?), **When** (¿cuándo

comienza?, ¿cuándo se lo hace?), **Why** (¿por qué se lo hace?, ¿por qué de esta forma?), **How** (¿cómo se hace?, ¿cómo se debería hacer?).

2.2.2 Fase Medir

George (2005) asegura, en su libro *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*, que en la fase definir “se debe entender profundamente el estado actual del proceso y recoger datos viables acerca de la velocidad del proceso” (p.51).

Por lo tanto, para entender el estado actual, se recopilará información otorgada por Madeval; en este caso, las variables corresponden a la materia prima que maneja Madeval. Esta gama de materia prima se centra principalmente en diferentes modelos de tableros.

2.2.2.1 Herramientas para la fase Medir

Las herramientas para la fase *medir* tienen como objetivo clasificar las “Y” que se van a analizar. Por lo tanto, se recopila toda la información necesaria, para luego clasificarla e identificar los datos de entrada que se necesitan posteriormente.

2.2.2.2 Diagrama de Pareto

Según Reynard(2009), el análisis de Pareto es una herramienta de mucho valor para poder controlar el inventario de una empresa, la misma que consiste en una regla del 80/20, basada en la ley de retornos decrecientes.

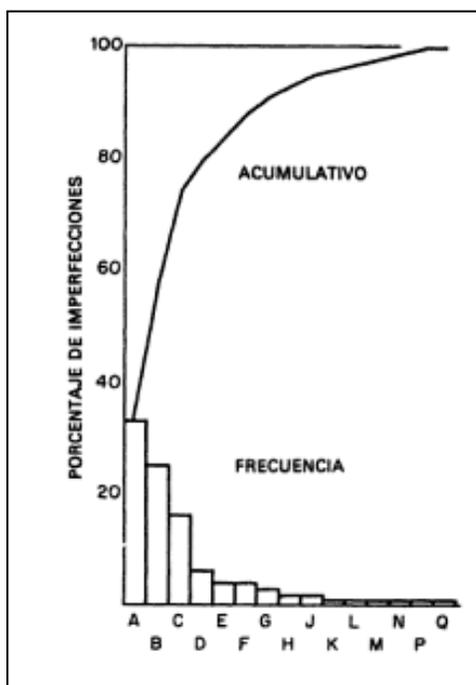


Figura 4: Grafica de Pareto, (Bingham, Gryna, Juran, 2005, p. 20)

2.2.2.3 Plan de agregación

Según Nahmias (2007), la planeación de agregación tiene como objetivo “desarrollar técnicas para agregar unidades de producción y determinar los niveles adecuados de producción y de fuerza de trabajo” (p.108).

La planeación agregada tiene un uso fundamental en la producción de diferentes productos. El enfoque consiste en agregar unidades en un denominador común que sea consistente con la siguiente jerarquía (Hax & Meal, 1975, citado en Nahmias, 2007):

- Artículos: es el producto terminado que es enviado al cliente final.
- Familias: Es un grupo de artículos que corresponden a un mismo conjunto de productos, es decir, diferentes artículos pero igual forma de producción.
- Tipos: “Se trata de familias cuyas cantidades de producción se determinan con un solo plan agregado de producción”

Para Madeval, los artículos corresponden a los diferentes modelos de inventario que utiliza la empresa para la producción de muebles modulares, mientras que las familias corresponden al plan de agregar los diferentes modelos de tablero en grupos de acuerdo a un común denominador.

2.2.3 Fase Analizar

En esta fase, asegura George (2005) en su libro *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*, “Se deben identificar y verificar las causas raíces que afectan a las variables claves de entrada y salida del proceso” (p.53).

El objetivo de la fase *analizar* es realizar un estudio de la información recolectada en esta fase del que se introducirán las herramientas de control de producción con el fin de analizar y obtener resultados para una propuesta viable.

2.2.3.1 Herramientas para la fase Analizar

Las herramientas de la fase *analizar* muestran una comprensión de los datos filtrados en el paso anterior; es decir, se obtienen conclusiones del porqué de las fallas en el proceso.

2.2.3.2 Pronósticos

Los pronósticos son valores estimados que se fijan en base a una información pasada, es decir, los pronósticos tratan de proyectar valores futuros, que ayudarán a la toma de decisiones.

Según Nahmias (2007) en su libro *Análisis de la producción y las operaciones*, “el pronóstico juega un papel central en la función de operaciones de una compañía. Toda la planeación de negocios se basa en pronósticos”. (p.54). Esto es corroborado por Anderson, Sweeney & Willians (2004) quienes especifican que “el éxito a largo plazo de una organización depende de qué tan bien son capaces sus administradores de anticipar el futuro y elaborar

estrategias apropiadas”(p.173).Ambos títulos hacen referencia a que una buena estrategia de una empresa, depende del éxito de los pronósticos para la toma de decisiones.

Para el proyecto planteado, una vez realizada la agregación de las diferentes familias de tableros, se analiza el modelo de pronóstico más adecuado, con el fin de obtener una demanda futura para los próximos años. Normalmente, los pronósticos están divididos en tres horizontes, Corto (34 días), mediano (semanas y meses) y largo alcance; dependiendo de la necesidad del pronóstico, se puede clasificar en cualquiera de los horizontes mencionados.

Existen dos métodos para realizar un pronóstico: *subjetivo (Cualitativos)* y *objetivo (Cuantitativos)*; el método subjetivo trata sobre el juicio humano, es decir, opiniones de expertos. Este método se lo utiliza especialmente con nuevos productos. En cambio, el método objetivo se basa en el análisis de datos históricos. El método objetivo se divide en: series de tiempo y modelos causales. Las *series de tiempo* analizan un pronóstico mediante valores pasados, mientras que los *modelos causales*, además de utilizar datos históricos, usan otras fuentes que influyen en las series de tiempo, como por ejemplo la economía de un país, etc. (Bowerman, Connell & Koehler, 2006; Nahmias, 2007).

El método de series de tiempo solo requiere información pasada para pronosticar la variable de estudio; este método intenta aislar patrones como son:

- **Tendencia.-** Este patrón se asemeja a un crecimiento o declive.
- **Estacionalidad.-** Patrón que se repite en intervalos fijos
- **Ciclos.-** Es similar a la estacionalidad pero asocia variaciones económicas.
- **Aleatoriedad.-** No existe patrón reconocible.

Convenciones de notación

- **Dt:** Serie de tiempo que se pretende predecir

- **Ft:** Pronóstico hecho para el período t .
- **et:** Error del pronóstico.

El error del pronóstico se define como la diferencia entre el pronóstico y la demanda real para un período determinado.

Las medidas utilizadas para determinar el error en un pronóstico son:

- DAM (desviación absoluta media)

$$DAM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ei$$

Ecuación 1: Error DAM (Nahmias, 2007, p.60)

- ECM (Error cuadrático medio)

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ei^2$$

Ecuación 2: Error ECM (Nahmias, 2007, p.60)

- MAPE (Error porcentual absoluto medio)

$$MAPE = \left\{ \frac{1}{n} \left| \frac{ei}{Di} \right| \right\} * 100$$

Ecuación 3: Error MAPE (Nahmias, 2007, p.60)

Según Ghiani, Loporte y Musmano (2004) el MAPE de un pronóstico es considerado como “bueno” cuando entra en una escala de entre el 10 y el 20%; mientras que aquellos que entren en un MAPE del 21 al 30%, se los considera “aceptables”.

Existen diferentes métodos de pronósticos que se pueden utilizar en la industria, los métodos de pronósticos dependen del comportamiento de los datos históricos analizados. Los

datos se ajustan a series estacionarias o series con tendencia. Para las series estacionarias existen: promedio móvil, suavizamiento exponencial y Winter. Por otro lado, para la serie con tendencia se utilizan modelos como: Análisis de regresión y suavizamiento exponencial doble. A continuación se muestran las características de los diferentes modelos.

2.2.3.2.1 Promedio móvil

Es el promedio aritmético de las observaciones “N” más recientes; es decir, la media se utiliza como el pronóstico para el próximo período.

Por lo tanto para el pronóstico con un paso adelante esta dado por:

$$F_t = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1-N}^{t-1} D_i = \left(\frac{1}{N}\right) (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N})$$

Ecuación 4: Pronóstico promedio móvil (Nahmias, 2007, p.64)

En donde:

F_t : Es el pronóstico en el período $t - 1$

N: Es el promedio aritmético de las observaciones

D: Demanda

2.2.3.2.2 Suavizamiento exponencial

“El pronóstico actual es el promedio ponderado del último pronóstico y el valor actual de la demanda”. Por lo tanto, el pronóstico con un suavizamiento estaría dado como:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

Ecuación 5: Pronóstico suavizamiento exponencial (Nahmias, 2007, pp. 66-67)

Donde:

α : Es la constante de suavizamiento y va de $0 < \alpha < 1$

F_t : Es el pronóstico en el período $t - 1$

D: Demanda

2.2.3.2.3 Suavizamiento exponencial doble

El método de suavizamiento exponencial doble se lo usa para dar seguimiento a series de tiempo con tendencia lineal. Se utilizan dos constantes de suavizamiento que son α y β ; la una es para el valor de la serie (intercepción) y la otra para la tendencia (pendiente) respectivamente.

Por lo tanto, el método exponencial doble está dado por las diferentes ecuaciones como: valor de intercepción, valor de la pendiente y la serie de tiempo, como se muestra respectivamente.

$$S_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

Ecuación 6: Valor de intercepción (Nahmias, 2007, p.76)

Donde:

S_t : Valor de intercepción en el tiempo t

α : Es la constante de suavizamiento y va de $0 < \alpha < 1$

F_t : Es el pronóstico en el período $t - 1$

D: Demanda

G_t : Valor de la pendiente en el tiempo t

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

Ecuación 7: Valor de la pendiente (Nahmias, 2007, p.76)

Donde:

G_t : Valor de la pendiente en el tiempo t

S_t : Valor de intercepción en el tiempo t

β : Es la constante de suavizamiento y va de $0 < \alpha < 1$

$$F_t = S_t + \tau G_t$$

Ecuación 8: Método exponencial doble (Nahmias, 2007, p.76)

Donde:

τ : Pasos adelante del pronóstico

G_t : Valor de la pendiente en el tiempo t

S_t : Valor de intercepción en el tiempo t

2.2.3.2.4 Análisis de regresión

El método de pronóstico mediante una regresión lineal es básicamente representar la demanda de alguna serie de tiempo con una línea recta, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\check{Y} = a + bX$$

Ecuación 9: Ecuación de línea recta (Nahmias, 2007, p.74)

Donde:

\check{Y} : Es el valor del pronóstico de Y,

y se busca encontrar los valores de a y b, de manera que proporcione el mejor ajuste de los datos

Para determinar los valores óptimos de a y b , se deduce del método de mínimos cuadrados como de muestra a continuación.

$$\mathbf{b} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

Ecuación 10: valor óptimo de b (Nahmias, 2007, p.74)

y

$$a = \bar{D} - b(n + 1)/2$$

Ecuación 11: valor óptimo de a (Nahmias, 2007, p.75)

2.2.3.2.5 Método Winters

“El método Winters es un tipo de suavizamiento exponencial triple, y tiene la importante ventaja de ser fácil de actualizar conforme se dispone de nuevos datos” (Nahmias, 2007, p.83).

“Se usan tres ecuaciones de suavizamiento en cada período para actualizar los cálculos de serie desestacionalizada, los factores estacionales y la tendencia”, (Nahmias, 2007, p.83).

La serie desestacionalizada, está dada por:

$$S_t = \alpha D_t / (t - N) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

Ecuación 12: Serie desestacionalizada (Nahmias, 2007, p.85)

Donde:

S_t : Valor de intercepción en el tiempo t

α : Es la constante de suavizamiento y va de $0 < \alpha < 1$

D : Demanda

La ecuación de la tendencia es igual la del método del suavizamiento exponencial doble (ecuación 9). Mientras que para los factores estacionales, se la representa de la siguiente manera.

$$C_t = \gamma \left(\frac{D_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma) C_{t+\tau-N}$$

Ecuación 13: Factores de tendencia (Nahmias, 2007, p.86)

Donde:

C_t : Factores estacionales

S_t : Valor de intercepción en el tiempo t

γ : Es la constante de suavizamiento y va de $0 < \alpha < 1$

D: Demanda

N: Es el promedio aritmético de las observaciones

Por lo tanto el pronóstico para el método de Winters está dado por:

$$F_{t,t+\tau} = S_t + \tau G_t) C_{t+\tau-N}$$

Ecuación 14: Pronóstico Winters (Nahmias, 2007, p.83)

Donde:

τ : Pasos adelante del pronóstico

G_t : Valor de la pendiente en el tiempo t

S_t : Valor de intercepción en el tiempo t

C_t : Factores estacionales

N: Es el promedio aritmético de las observaciones

2.2.3.3 Inventarios

Según Gil (2009), en su proyecto de investigación *Inventarios*, estos son bienes tangibles que se tienen para la venta, en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.

Por otro lado, para Hopp y Spearman (1996) en su libro *Factory Physics*, se afirma que inventario es el almacenamiento de cualquier artículo o recurso en algún lugar del sistema de producción; en esto coincide Rember en su libro *Principios de administración de operaciones*, quien define a inventario como un recurso almacenado que se utiliza para satisfacer una necesidad actual o futura (p.49).

Sastre, en su proyecto *Administración financiera de inventarios*, da a conocer un enfoque financiero y dice que inventario es el activo mayor en los balances de una empresa, llamados costos de mercancías vendidas, que usualmente son los mayores gastos en el estado financiero.

Como se puede ver, los diferentes autores coinciden que inventario es cualquier tipo de artículo que se almacena (ya sea materia prima o producto terminado), con el fin de satisfacer a un cliente interno o externo.

Diversos libros coinciden en que existen diversos tipos de inventario que se dan en los diferentes puntos de producción, es decir, desde que se tiene materia prima hasta obtener el producto terminado.

Para Rember estos son:

- **Inventario de materia prima.**- Se refiere a la selección de proveedores, es decir, escoger el proveedor mediante parámetros de calidad, tiempo de entrega y cantidad ofrecida o requerida para satisfacer los niveles de una empresa.
- **Inventario de trabajo en proceso.**- Se refiere al tiempo que se demora en fabricar un producto, desde que entra como materia prima hasta que sale como producto terminado.
- **Inventario de operación.**- Rember define a este tipo de inventario en función de los programas de mantenimiento, que se dan para reparar a un equipo.

- **Inventario de bienes terminados.-** Como su nombre lo indica, se trata del inventario al final de la línea de producción, con el fin de satisfacer la necesidad de los clientes.

Mientras que para Hopp y Spearman la clasificación es la siguiente:

- **Inventario de materia prima.-** Son recursos utilizados para generar un producto.
- **Inventario de componentes o suministros.-** Son los artículos necesarios para el proceso de producción.
- **Inventario en proceso.-** Artículos que están esperando ser procesados o que actualmente están siendo procesados en la línea de producción.
- **Inventario producto terminado.-** Es el producto terminado al final de la línea de producción.

Los diferentes autores mencionan que hay tipos de inventario que se encuentran en la línea de producción, tanto Rember como Hopp y Spearman coinciden en cuatro diferentes tipos de inventario que se dan en la línea de producción.

Para el caso de Madeval, se puede identificar que tanto Rember como Hopp y Spearman coinciden que el inventario en el proyecto a tratar es el de materia prima.

2.2.3.3.1 Modelos de inventario

Según Hopp y Spearman, en su libro *Factory Physics*, señalan dos tipos de modelos de inventario: Determinístico y Probabilístico

Para los modelos de tipo Determinístico, se asume que la demanda es constante; entre estos están:

1. Modelo WW (Wagner Whitin)
2. Modelo de Inventarios EOQ (Economic Order Quantity)
3. Modelo de Inventario EPL (Economic Production Lot)

Para los modelos de tipo Probabilístico, se asume demanda aleatoria y está modelada por una distribución de probabilidad, entre estos están:

1. Modelo NV (News Vendor)
2. Modelo BS (Base Stock)
3. Modelo (Q,r)

Para el proyecto a realizar, en la fase *Analizar*, se tiene que encontrar la demanda actual de tableros que incurre Madeval. Una vez seleccionada la demanda, se podrá utilizar un modelo apropiado a las necesidades de la empresa.

2.2.3.3.2 Modelo de inventarios determinístico EOQ (*Economic Order Quantity*)

Según Hopp y Spearman, el modelo de inventarios EOQ corresponde a determinar el lote económico en manufactura; este modelo tiene las siguientes suposiciones:

- Producción instantánea.
- Entrega inmediata.
- Demanda constante.
- Costos de *setup* conocidos y constantes.

- Un solo producto o productos separables.

El costo de una política bajo el modelo de inventario está dado por:

$$C(Q) = \frac{HQ}{2} + \frac{AD}{Q}$$

Ecuación 15: Costo de la política de tamaño (Nahmias, 2007, p.197)

La ecuación 15, está en función de Q (Tamaño de lote), al minimizar esta función, mediante la primera derivada obtenemos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{H}}$$

Ecuación 16: Tamaño óptimo de pedido (Nahmias, 2007, p. 196)

Notación del Modelo EOQ

- D = Demanda anual por artículo (unidades).
- $C(Q)$ = Costo anual (compra).
- A = Costo fijo de *setup* (preparación de la orden).
- H = Costo de mantener inventario (unidad/por año)
- Q = Tamaño del lote (unidades)

2.2.3.3.3 Sistemas de múltiples productos con restricción de recursos

Este modelo de inventario es una extensión del modelo EOQ, y aplica exclusivamente a compañías que mantienen diferentes artículos. Por ejemplo:

En un taller hay n artículos, w espacio total disponibles y existe restricción de capacidad en la planta; existen dos opciones en el análisis de este modelo de inventario.

Donde:

$$w_1Q_1 + w_2Q_2 \dots \dots w_nQ_n \leq W$$

Ecuación 17: ecuación de capacidad (Nahmias, 2007, p.214)

No viola la restricción de capacidad y donde

$$w_1Q_1 + w_2Q_2 \dots \dots w_nQ_n \geq W$$

Ecuación 18: ecuación de capacidad mayor a lo esperado (Nahmias, 2007, p.214)

Viola la restricción de capacidad, por lo tanto se usa una función de lagrangiana; por tanto, la nueva fórmula EOQ contiene la siguiente fórmula.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DA}{H + 2\theta wi}}$$

Ecuación 19: EOQ aumentado θ (Nahmias, 2007, p.214)

Donde θ es una constante que se elije para que

$$\sum_{i=1}^n wiQ_i^* = W$$

Ecuación 20: igualación de capacidad (Nahmias, 2007, p.214)

“La constante θ , conocida como multiplicador de Lagrange, reduce los tamaño de lote aumentando el costo efectivo de inventario. Es posible determinar el valor de θ mediante tanteos o con una técnica de búsqueda como bisección de intervalos” (Nahmias, 2007).

2.2.3.4. Desagregación de planes agregados

Una vez realizados los planes agregados mediante una estructura jerárquica, (Artículos, familias, tipos) y realizados los diferentes cálculos al sistema, se debe volver a descomponer. Según Nahmias (2007), no se ha desarrollado o investigado a fondo modelos de desagregación; el autor especifica que las empresas han desarrollado probablemente modelos consistentes a sus necesidades.

Entre los estudios realizados a desagregación, se menciona un modelo matemático que es consistente con el agrupamiento de artículos-familias-tipos. (Hax & Candea, 1984, citado en Nahmias, 2007):

$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \frac{K_j \lambda_j}{Y_j}$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^J Y_j = X^*$$

y

$$a_j \leq Y_j \leq b_j \text{ para } 1 \leq j \leq J$$

Ecuación 21: Modelo de Programación (Nahmias, 2007, p.140)

Donde:

K_j : costo de preparación para la familia

λ_j : Demanda anual para la familia j

a_j y b_j : son cotas superior e inferior de la unidades a pedirse en cada familia

X^* : Numero de unidades agregadas

Y : cantidad de unidades pertenecientes a la familia j

Se puede observar que en la función objetivo, el término $\frac{K_j \lambda_j}{Y_j}$ representa el costo promedio anual para la familia j ; por lo tanto, se puede deducir que el mismo representa el costo ponderado de realizar un pedido para todas las familias.

Se puede deducir que $\sum_{j=1}^J Y_j = X^*$, la función objetivo está supuesta a un parámetro lógico, donde la sumatoria de las familias es igual al total agregado del tipo. Por lo tanto, se busca minimizar la función objetivo de tal forma que se cumpla con la restricción, dando como resulta el Y_j que representa los tamaños de lote para cada artículo o modelo de tablero perteneciente a la familia o grupo.

2.2.3.5. Paseo aleatorio simple

Mediante el enfoque del paseo aleatorio, se pueden estimar fluctuaciones aleatorias tanto negativas como positivas que se puedan efectuar de acuerdo al ruido del último dato, mas no de los datos históricos. Por ejemplo, la posición de una partícula depende de la posición actual, más una variable aleatoria; así se determina su próximo paso.

Duran y Ferreirós (2001) describen un paseo aleatorio de la siguiente forma “En instantes sucesivos lanzamos una moneda para decidir si aumenta o decrece en una unidad. Las posiciones sucesivas que así vamos obteniendo describen una de las posibles trayectorias del paseo aleatorio” (p. 51).

A continuación se muestra una ecuación matemática en tiempo.

$$S_{(n)} = S_{(n-1)} + X_n$$

Ecuación 22: paseo aleatorio (Duran & Ferreirós, 2001, p.51)

Donde:

$S_{(n)}$ = Posición futura

$S_{(n-1)}$ = Posición actual

X_n = Variable aleatoria (ruido blanco)

En donde X_n son variables aleatorias independientes con una distribución en común. Para el caso de la demanda de Madeval, se aplica la teoría del paseo aleatorio a la demanda de cada uno de los diferentes modelos de tableros, con el fin de obtener una demanda de los modelos de tableros para el 2012 y, a través de dicha demanda, desagregar las familias en sus diferentes artículos. Por lo tanto la ecuación a seguir es:

$$Y_{(t)} = Y_{(t-1)} + \varepsilon$$

Ecuación 23: paseo aleatorio adecuado a pronóstico

Donde:

$Y_{(t)}$ = Demanda a pronosticar

$Y_{(t-1)}$ = Demanda actual

ε = ruido blanco

Por lo tanto, se pronostica cada demanda de los diferentes modelos de tablero, de acuerdo a un ruido blanco, que sigue una distribución normal de media “0” y desviación estándar “de acuerdo al crecimiento potencial de la industria maderera (5,6%)”

2.2.4 Fase Mejorar

En esta fase, George (2005) asegura que se deben obtener soluciones eficaces que mitiguen la causa raíz del problema. El objetivo de la fase *mejorar* es desarrollar un plan de implantación con las estrategias direccionadas a reducir los efectos del problema; en esta fase se podría usar simulación como prueba piloto para ver el flujo del proceso.

2.2.4.1 Herramientas para la fase Mejorar

Se pueden encontrar diferentes herramientas para la fase *mejorar*. El propósito es encontrar propuestas que mitiguen el problema raíz definido, medido y analizado anteriormente.

2.2.4.1.1 Componente de Lean: 5s

Es una herramienta que tiene como objetivo organizar el puesto de trabajo, para poder laborar en un ambiente más agradable.

El primer punto de la filosofía es *Organizar*, es decir, suprimir aquellos ítems que no agregan valor al puesto de trabajo, tales como herramientas, cajas, incluso objetos personales, y se prioriza elementos que se usa en el día a día de una jornada laboral, tales como: computadores, documentos, entre otros. El segundo punto es *Ordenar*, mantener lugares fijos para los ítems que se necesitan para realizar el trabajo correspondiente. El tercer elemento es *Limpiar*, un ambiente limpio es agradable al momento de realizar las labores cotidianas. Como cuarto punto se debe *Estandarizar*, es decir, normalizar todo lo realizado. Por último *Mantener*, hacer un monitoreo continuo.

2.2.4.1.2 Kanban

Kanban significa en japonés registro visual o tarjeta, Según Hopp y Spearman (2008) “el sistema Kanban está dado bajo la demanda del material” (p. 160); es decir, si una parte o pieza se retira del inventario y disminuye el nivel de stock al punto de re orden, el operario da la

autorización para demandar el siguiente lote. Mediante este sistema se reduce inventario en proceso, ya no se trabaja bajo la filosofía “producir por producir”, ahora se trabaja de acuerdo a la necesidad.

2.2.5 Fase Controlar

El objetivo de la fase *controlar* es dar un seguimiento continuo al proceso adoptado con una filosofía de mejora continua; este, a su vez, usa indicadores para controlar el proceso en todas sus instancias.

Capítulo 3

Situación actual

3.1 Descripción de la empresa

Madeval se inició como aserradero en 1975. La empresa trabajaba en conjunto con una constructora, en aquel tiempo la empresa se dedicaba a la fabricación de puertas, closets y muebles de cocina. Actualmente, la empresa ha tenido un crecimiento notable, cuenta con personal capacitado y tecnología de punta para la construcción de muebles de hogar. Madeval cuenta con sitios de comercialización alrededor de Quito, un almacén en Guayaquil, al igual que en Ambato y Manta; en el exterior, tiene presencia en Estados Unidos y Perú. La planta se sitúa en las afueras de la ciudad, cuenta con alrededor de 100 empleados (administrativos, ingenieros, obreros y arquitectos).

Actualmente, la planta se especializa en el corte, laminado, perforado y armado de muebles; por lo tanto, la materia prima necesaria es fundamental para la elaboración de los mismos. En la actualidad Madeval utiliza tableros de aglomerado, MDF y triplex como eje principal para la construcción de muebles.

Madeval, maneja un sistema de ERP (SICOM) para la administración de materiales de toda la empresa; el sistema funciona de la siguiente manera:

1. Los vendedores, al firmar el contrato con los clientes, emiten la orden de venta dentro del programa SICOM.
2. En el programa, el departamento de desglose hace un conjunto de todas las órdenes emitidas durante la semana e ingresa el requerimiento de materiales y listado de corte para toda la semana de producción.

3. A su vez, esta información llega a Bodega y verifica disponibilidad de materiales; en caso de no disponer de las cantidades necesarias, el departamento de bodega genera un pedido al departamento de compras.
4. El departamento de compras genera la gestión.

3.2 Instalaciones físicas

El área total de la planta es de $1440 m^2$. En el Anexo 2 se puede observar la perspectiva superior de la disposición de Madeval; en la disposición se encuentran los siguientes departamentos: bodega de tableros, bodega de fórmicas, cantos y materiales necesarios para la creación de muebles modulares. En la parte de producción, se identifica el área de corte, laminado y perforado de muebles además del área de despacho de modulares.

La planta tiene tres entradas, dos de ellas dan a la calle, esto facilita la recepción de tableros; entran por la puerta superior derecha. Su amplitud facilita al montacargas maniobrar para entrar con los tableros al área de bodega. Mientras que la entrada inferior derecha es para la salida de los muebles modulares.

3.3 Descripción de la planta

En la planta, los tableros son apilados uno sobre otro mediante un montacargas, no existe control de inventario. Por lo tanto, al momento de producir y no contar con un manejo de stock, ocurren retrasos de producto terminado al cliente.

Para un mayor entendimiento de la situación actual, se muestran las siguientes fotografías.



Fotografía 1: Apilamiento de tableros

Como se observa en la fotografía 1, los tableros son apilados sin ningún criterio específico. Según una entrevista con Darío Regalado, los tableros no mantienen un orden fijo y no se maneja un control de tableros en bodega. Actualmente, el operador del montacargas genera una lista de tableros inexistentes o que están a punto de agotarse, dicha lista la recibe de forma verbal la persona encargada de bodega y realiza el oficio formal al departamento de compras.



Fotografía 2: Montacargas apilando tableros

Se puede observar en la fotografía 2 al montacargas maniobrar sin suficiente espacio dentro de la planta, cabe recalcar que las líneas amarillas pintadas en el suelo separan el área de bodegaje con el área de producción, se puede notar que existen tableros prefabricados dentro del área de bodega.



Fotografía 3: Tableros no utilizados

En la fotografía 3, encontramos tableros que están fuera de uso en el área de bodega, es decir, que no están en catálogo y que no se utilizan. Estos tableros ocupan espacio e incluso entorpecen las actividades de los obreros. Muchos de ellos están desde hace más de dos años y hasta la actualidad no existe una acción para recuperar la inversión de los mismos.



Fotografía 4: Puerta de entrada de tableros

En la fotografía 4 se puede observar una de las tres entradas que utiliza Madeval exclusivamente para la recepción de tableros. Como se puede constatar, el portón es amplio y facilita el acceso del montacargas, pero la misma zona está llena de retazos de muebles que se los considera desperdicios. No existe una política con respecto a estos tableros.

3.4 Cadena de valor

Para identificar los diferentes procesos que maneja Madeval en una de sus plantas, se presenta la cadena de valor de la empresa:

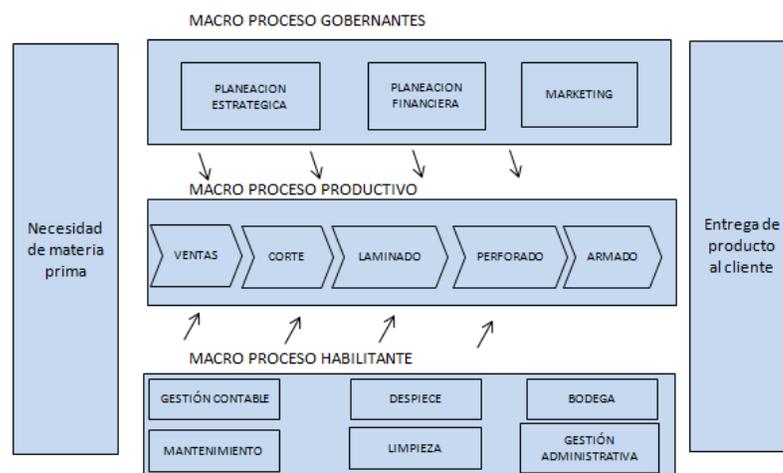


Figura 5: Cadena de valor

La cadena de valor es una herramienta que muestra, a nivel macro, los procesos internos de Madeval. Los Macro Proceso Gobernantes, son aquellos procesos relacionados con los accionista y alta gerencia. Además, son un pilar importante para la toma de decisiones; aquí se definen metas estratégicas a mediano corto y largo plazo. Es el caso del catálogo 2012, mediante los estudios hechos por el área de Marketing, en el que se definieron modelos y tipos de tableros para la producción de muebles modulares.

Los Macro Procesos Productivos son aquellos procesos que dan valor a un producto o servicio. Madeval ha realizado varios estudios de optimización de sus procesos productivos, enfocándose en el cuello de botella del mismo. Mediante una entrevista con Darío Regalado, se definió al área de corte como el proceso cuello de botella, por lo tanto, se definió la compra de un equipo para suavizar el proceso mencionado.

Los Macro Procesos Habilitantes son aquellos procesos necesarios para lograr una gestión óptima en una empresa. Madeval ha manejado estudios relacionados a la producción de la empresa. El presente estudio da como resultado una optimización en la gestión habilitante, puesto que el departamento de bodega es el *input* principal para el área de producción.

3.5 Proveedores de tableros

En el Ecuador, el mercado de tableros está ocupado por dos grandes empresas: Novopan y Edimca.

Novopan es una empresa dedicada a construcción de tableros de madera y es el principal proveedor de Madeval para la construcción de muebles modulares. Actualmente, la empresa ofrece los siguientes tipos de Madera: MDF, MDF KOR, MDF tropical, Tropikor, MDP formaleta, MDP y herrajes y cantos.

Edimca “Ofrece soluciones a la medida en madera y complementos para la industria del mueble, la construcción y decoración”; los servicios ofrecidos para Madeval son: tablero aglomerado, tablero fibra o MDF, tablero triplex.

Edimca es un proveedor importante para Madeval y mantiene una ventaja competitiva frente a Novopan: Edimca maneja órdenes de producción sin un número mínimo de tableros, mientras que Novopan maneja un mínimo de cinco tableros en su producción. No obstante, a diferencia de Edimca, Novopan tiene una gran variedad de tableros, que se ajustan a las necesidades de Madeval, por lo tanto es el proveedor que maneja una mayor cantidad de pedidos.

De acuerdo a las políticas de transporte, Edimca tiene una ventaja competitiva, debido a que se encarga del flete independientemente de la cantidad de tableros que se solicitan; por su parte, Novopan se hace cargo del flete siempre y cuando se haga el pedido de más de cinco tableros, caso contrario Madeval se debe encargar de buscar y transportar el flete de los diferentes puntos de venta de Novopan.

3.6 Productos

Madeval es una de las empresas élites en el mercado de madera tanto nacional como internacional, actualmente la empresa ofrece diferentes tipos de productos y distintas gamas de los mismos.

Para el catálogo 2012, la empresa ofrece dos líneas en el área de cocina: moderna y tradicional. La línea moderna presenta diferentes variedades, entre estas están: Duo, Exótica, Fusión, Neo yVitra. Mientras que para la tradicional se encuentra, Aurora, Clasik, Country, Eleganza y Florencia.

En el área de baños, existen tres tipos de acabados, los cuales se identifican por su elegancia. Se clasifican en: Florencia, Tradicional y Plus. Para el área de closets, existen diseños

clásicos y modernos, en esta línea se encuentran los siguientes tipos: Closet Walk In, Walk In Plus, Dynamick. Además de ser una empresa con servicios para el hogar, Madeval abrió líneas de diferentes tipos de accesorios como son: planchas de cocina, hornos, extractores, fregaderos, mesones, veneras, refrigeradoras y grifería.

Capítulo 4

Aplicación del ciclo DMAIC para la resolución del proyecto

La metodología Six Sigma es una herramienta que busca la optimización de procesos mediante el ciclo DMAIC; este ciclo se enfoca en estructurar un proyecto y analizarlo con herramientas estadísticas. Es importante notar que el ciclo es una estructura fundamental para el éxito de proyectos Six Sigma. Por lo tanto, se utiliza el ciclo DMAIC como herramientas de control de producción con el fin de potenciar la resolución del proyecto de una forma organizada y estructurada.

4.1 Fase Definir

Definir el problema es de suma importancia, se trata de identificar la causa raíz del mismo. Para lograr el éxito de esta fase, se debe tener claro qué variables se definen en el estudio.

4.1.1. Integración del equipo de proyecto

Después de varias reuniones con los encargados del proceso productivo que maneja Madeval, Andrés Donoso (Gerente de operaciones) autorizó la realización del proyecto, por lo tanto designó a Darío Regalado (Jefe de Planta) para otorgar toda la información de tableros que manejará Madeval en el catálogo 2012; Felipe Arguello (Jefe de compras), para otorgar la información de compra de materiales de los años 2010 y 2011; Rafael Macías (encargado de bodega), para otorgar información del proceso de inventario y al Autor como encargado del proyecto.

Los miembros del equipo están familiarizados con las metas de la organización, conceptos y método.

4.1.2. Descripción del problema

El problema principal que afecta a Madeval es la falta de materia prima en las semanas de producción; se centra el problema en la administración de inventarios. Actualmente la política existente no maneja niveles mínimos de existencias y no asegura la disponibilidad de las mismas. Debido a la actual administración de inventarios, el área productiva asume tiempos muertos en máquinas, alto niveles de WIP, gran cantidad de producto terminado sin espacio fijo y desorden dentro de la planta.

Contestación de las 5W y 1H

Una de las herramientas utilizadas para definir los problemas que se dan tanto para equipos, personal, producto y cliente, es la contestación de las 4W y 1H, de sus siglas en inglés, (*When, Where, Who, Why, What, How*). Para el proyecto se hará uso de la herramienta.

¿Cuál es el problema de Madeval al producir los muebles modulares?

Debido a la actual política de inventarios, el departamento de Bodega muchas veces no dispone de stock adecuado de materiales.

¿Cuándo se está presentado el problema?

El problema se presenta ocasionalmente los días viernes de cada semana, que es cuando se preparan los materiales para la producción de la siguiente semana.

Una vez contestadas estas preguntas es fácil contestar las siguientes:

¿Dónde se da el problema?

El problema se presenta en el departamento de Bodega por stock inadecuado de materiales y en el área de Producción por falla de equipos o mano de obra.

¿Quiénes son los involucrados en el problema?

Los involucrados en el problema son los diferentes departamentos con la obligación de ingresar la información al ERP de la empresa, entre estos están: Departamento de Despiece, Departamento de Bodega, Departamento de Producción y el Departamento de Compras. A continuación se detallan las responsabilidades de los departamentos involucrados:

- Despiece.- encargado de recibir el requerimiento de ventas y dar la lista de tableros a utilizar por semana a bodega.
- Bodega.- encargado de recibir la lista de materiales a ocupar en la semana de producción y comprobar los mismos en stock.
- Producción.- encargado de recibir los materiales necesarios para la elaboración de muebles.
- Compras.- encargado de satisfacer los requerimientos de bodega.

¿Cómo está afectando el problema a Madeval?

El problema, en sí, afecta principalmente en los tiempos de entrega al cliente, desorden dentro de la planta, stock de materiales inadecuado y construcción de muebles con material distinto al aprobado por el cliente.

Por último, ¿por qué se da el problema?

El problema se da porque no existe una política clara de reabastecimiento hacia los tableros, actualmente Madeval acumula gran cantidad de tableros o no los tiene en bodega, esto genera costo en inventario o, peor aún, atrasos en la línea de producción por falta de materiales.

4.1.3. Impacto del problema

Siendo una empresa maderera, el enfoque del proyecto debe hacerse a la principal materia prima que utiliza Madeval. La siguiente gráfica, muestra los costos de la materia prima del año 2011.

Tabla 2:
Costo total de materia prima para el año 2011

RÓTULOS DE FILA	SUMA DE COSTO TOTAL
Accesorios	999.334,264
Cajas corrugadas Moval	65.259,713
Canto duro, láminas y chapas	384.327,555
Formica	131.082,657
Herramientas	498.471,768
Lacado	62.152,429
Mármol y granito	628.238,487
Material de ferretería	588.171,799
Material en consignación Edesa	186,870
Material en consignación FV	8.394,149
Productos terminados en planta Moval	1.355,060
Puerta de aluminio	75.058,154
Suministros de producción	17,260
Tableros	3'771.068,745
Termo laminado	143.844,005
Tiraderas	23.312,042
Vidrios y acrílicos	630.641,526
Total general	8'010.916,483

Elaborado por: El Autor

Como se puede observar en la tabla anterior, se encuentra que los tableros son la materia prima de mayor importancia en comparación con el resto de materiales. Los tableros representan el 47% del costo total de materia prima. Por lo tanto, se define a los tableros como la materia prima de mayor importancia para el estudio.

4.1.4. Desarrollo del Project Chapter

El Project Chapter es una herramienta para la resolución de proyectos que ayuda a establecer el punto de partida de un proyecto, teniendo como objetivo la definición del problema a resolver.

4.1.5. Enfoque del estudio

Mediante entrevistas con Andrés Donoso y Darío Regalado , se encontró que el proceso de inventario ha presentado falencias al momento de comenzar la producción. La administración de inventarios es el eje importante en la logística y un *input* de trascendencia al momento de iniciar los procesos productivos de la empresa.

Los diferentes tipos de materia prima son de importancia para la producción de los muebles modulares, Darío Regalado menciona que las paralizaciones de actividades en una semana de producción se deben comúnmente a la falta de algún modelo de tablero.

La reposición de un modelo específico de tablero puede demorar entre tres y cinco días, lo que retrasa aún más la producción de la semana. Se debe tener en cuenta que los diferentes modelos de tableros, son la principal materia prima que se utiliza en este tipo de industria; por lo tanto, son un eje importante a considerar.

Tabla 3:
Número de tableros utilizados para cada año 2010 y 2011

Año	2010	2011
Total Global de tableros	26621	25520

Elaborado por: El Autor

Como se puede observar en la tabla No. 3, la cantidad de tableros demandados en el 2010 es ligeramente más alta que los demandados para el 2011, según una evaluación del PIB, el sector maderero se redujo en 4 puntos porcentuales y se estima un crecimiento del 5,6% para el 2012.

4.1.6. Identificación de los procesos asociados y su localización física

Para el presente punto, se procede a presentar un flujograma que detalle el proceso desde la llegada del cliente hasta la entrega de materiales a producción que puede ser observado en el Anexo1.

Adicionalmente, se ha realizado el denominado diagrama SIPOC. Este diagrama muestra a detalle los proveedores y clientes de cada actividad. Se ha utilizado este diagrama para poder observar el proceso relacionado a todas las actividades para una comprensión más exacta de las mismas.

Tabla 4:
Diagrama SIPOC de las actividades relacionadas al proceso del flujo de información.

PROVEEDOR	ENTRADA	ACTIVIDAD	SALIDA	CLIENTE
Ventas	Detalle de venta	Venta al cliente	Ingresar un desglose de los materiales a efectuarse en la orden creada.	Despiece
			Ingresar la orden a un sistema de producción que compila todas las ordenes de la semana	Despiece
Despiece	Desglose de materiales	Agrupa información de ERP	Requerimiento de materiales	Bodega
	Ingreso de orden		Genera un sistema de corte	Producción
Bodega	Requerimiento de materiales	Verifica existencia de materiales	Despacho de materiales	Producción
			Orden de compra	Compras

Elaborado por: El Autor

4.1.7. Determinación de los modelos de tablero a analizar

A continuación se muestra una lista de los tableros que entrarán en el estudio, dichos tableros se escogieron porque tienen una demanda previa y están dentro del catálogo 2012.

Tabla 5:
Resumen de tableros, catálogo para los años 2010 y 2011

TIPO DE TABLERO	CLASES
DURAFIBRA	1
DURAPLAC	8
FIBRAPLAC	1
MADEFIBRA	5
NOVOKOR	31

Elaborado por: El Autor

Como se muestra en la tabla 5, se encuentran diferentes modelos de tableros, cada familia de tablero abarca diferentes modelos de clasificación. Por ejemplo, del tipo NOVOKOR se encuentra la mayor clasificación, con 31 modelos distintos, la lista desglosada se detalla en el Anexo 3, los tableros que se escogen para el análisis son aquellos que se ajustan al catálogo 2012 de Madeval.

4.1.8. Identificación del costo e impacto del problema

A continuación se muestra el costo promedio de los tableros. Actualmente Madeval no maneja un registro de falta de materiales al momento de producir, por lo que no se puede identificar el impacto por falta de materiales.

Para el análisis del proyecto se utiliza un promedio ponderado del costo de los diferentes tableros:

Tabla 6:
Costos de los tableros

Familia	Costo Ponderado	Modelos de tablero	Ponderación
DURAFIBRA	44,2	1	44,2
DURAPLAC	62,9	8	503,1
FIBRAPLAC	82,5	1	82,5
MADEFIBRA	121,9	5	609,3
NOVOKOR	47,5	31	1473,3
	suma	46	2668,1
		Promedio	58,0

Elaborado por: El Autor

Para futuros análisis, se utilizará como costo promedio, la compra o adquisición de un tablero a un precio de \$58, como se puede ver en la tabla 6. Para mayor desglose de los costos de tableros, remitirse al Anexo 4.

4.1.9. Enunciado del problema

Los niveles de inventario de los tableros en la bodega de Madeval, ubicada en San Antonio de Pichincha, están causando problemas en el área contigua de producción, acarreado atrasos a la fabricación de muebles modulares. Además, los niveles de inventario no están definidos por lo que los niveles de stock de tableros no son los adecuados, teniendo como resultado la acumulación de inventario. Se podría lograr un ahorro significativo si se manejara una política clara de inventario que definiera los niveles de stock para los diferentes modelos de tableros.

4.2. Fase Medir

La fase Medir tiene como objetivo hacer la recolección de datos. Para el caso de Madeval, consiste en analizar la información del Kardex enviada, la que consiste en una agrupación de la materia prima. Para el año 2010, se cuenta con la agrupación de toda la materia utilizada en el año, mientras que para el año 2011 se recolectó solo la información de los modelos de tablero. Una vez recolectada la información, se filtró la misma para aquellos tableros que entran en el catálogo 2012. A continuación se muestra la demanda de los modelos de tableros para los diferentes meses.

Tabla 7:
Demanda de tableros para sus respectivos años

Meses	Suma de Q_2010	Suma de Q_2011
enero	924	751
febrero	836	1160
marzo	888	1488
abril	766	1000
mayo	652	828
junio	777	1643
julio	792	1118
agosto	1180	1756
septiembre	1224	787
octubre	1122	672
noviembre	931	911
diciembre	1094	902
Total general	11183	13016

Elaborado por: El Autor

Como se puede observar, la demanda de los modelos para los distintos años mantiene una relación; por otro lado, se observa que la cantidad de tableros es mayor para el año 2011, esto no es dependiente de la demanda, es debido a que en el año 2011 se requirieron nuevos modelos de tablero que se repitieron en el catálogo 2012 de Madeval.

Además se observa que la cantidad de modelos de tableros demandados es alta, por lo tanto, para su respectivo análisis se realizará una agregación de los mismos, caso contrario no se podría realizar el estudio para ciertos tableros que no cuenten con la información suficiente.

4.2.1. Plan de agregación para Madeval

El objetivo de realizar una planeación agregada es determinar niveles adecuados de producción para un número “n” de artículos; es decir, se enfoca en una perspectiva macro de tipos de familias. En el caso estudiado, en particular, se desarrolla un plan integral que abarque los diferentes modelos de tableros en grupos de acuerdo a un común denominador.

En el acápite 2.2.2.3 se menciona la jerarquía en la que se debe realizar Planes Agregados, este menciona una agregación de “Artículos” en “Familias” y los mismos en “Tipos”. De acuerdo a la jerarquía mencionada, se puede representar a cada artículo como los diferentes modelos de tableros, a las familias se los representa como el conjunto de modelos de tableros que pertenecen a un “Tipo” o Grupo.

En vista a la cantidad de tableros que maneja Madeval en la producción de muebles modulares, se realiza un plan de agregación de acuerdo a unidades de tablero compradas, es decir, unidades demandadas por el área de bodega, para la producción de cada semana de trabajo.

Dado que la empresa otorgó información de la demanda mensual de modelos de tableros comprados para el año 2010 y 2011 y varios de los diferentes modelos de tableros son nuevos, en otras palabras no existe información de uno de los años, se procedió a ordenar de la siguiente manera:

En primer lugar, se realizó la clasificación de tableros, que consiste en ordenar a cada modelo de tablero de acuerdo a su promedio mensual de tableros demandados o comprados por Madeval, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8:
Modelos de tableros ordenados por su demanda

Modelo	q
NOVOKOR 7*8*15 BLANCO/BLANCO	5554
NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO	1426
NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO	1290
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/BLANCO	881
DURAFIBRA 6*8*15 BLANCO/CRUDO	817
NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/BLANCO	562
NOVOKOR 7*8*15 ROBLE/BLANCO	397
NOVOKOR 7*8*15 SAPELI/BLANCO	386

Elaborado por: El Autor

Una vez ordenados los modelos de tablero de acuerdo al promedio demandado para sus dos años, se clasificó a los diferentes modelos de tablero con su respectiva demanda para cada uno de sus años, como se muestra a continuación.

Tabla 9:
Explicación Plan de Agregación

1	Grupos #	#	Nombre de table	2010 ME	q	2011 ME	q	Promedio	Redondea
2	2	2	NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO	enero	74	enero	55	65	65
3				febrero	103	febrero	110	106,5373523	107
4				Marzo	25	Marzo	173	99,00953107	99
5				Abril		Abril	67	67	67
6				Mayo		Mayo	63	63	63
7				junio		junio	216	216	216
8				julio		julio	108	108	108
9				Agosto		Agosto	319	319	319
10				septiembre		septiembre	159	159	159
11				Octubre		Octubre	40	40	40
12				Noviembre		Noviembre	96	96	96
13				diciembre		diciembre	76	76	76
14						TOTAL	202	TOTAL	1482
15	2	3	NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO	enero	138	enero	94	116,0544034	116
16				febrero	90	febrero	114	102,0350934	102
17				Marzo	131	Marzo	160	145,547541	146
18				Abril	78	Abril	89	83,54212734	84
19				Mayo	70	Mayo	93	81,54169844	82
20				junio	133	junio	139	136,0406977	136
21				julio	70	julio	81	75,52168319	76
22				Agosto	145	Agosto	87	116,0702917	116
23				septiembre	147	septiembre	87	117,0910694	117
24				Octubre	156	Octubre	41	98,53945864	99
25				Noviembre	107	Noviembre	152	129,5307854	130
26				diciembre	107	diciembre	77	92,05580442	92
27			TOTAL	1373	TOTAL	1214	1296		

Elaborado por: El Autor

Como se puede observar en el modelo de tablero NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO, existen meses sin demanda, es decir, meses en los que no se realizaron pedidos por el departamentos de compras, por lo que a estos meses no se aplicó el promedio y se tomó en consideración solo la demanda del año que contiene datos, en este caso, el 2011.

Una vez que se realizó la clasificación de acuerdo a su valor porcentual, se realiza un gráfico de barras con su demanda promedio. Para tener una perspectiva clara de la tendencia de

los tableros que utiliza Madeval para la producción de muebles modulares, a continuación se muestra el siguiente gráfico de barras.

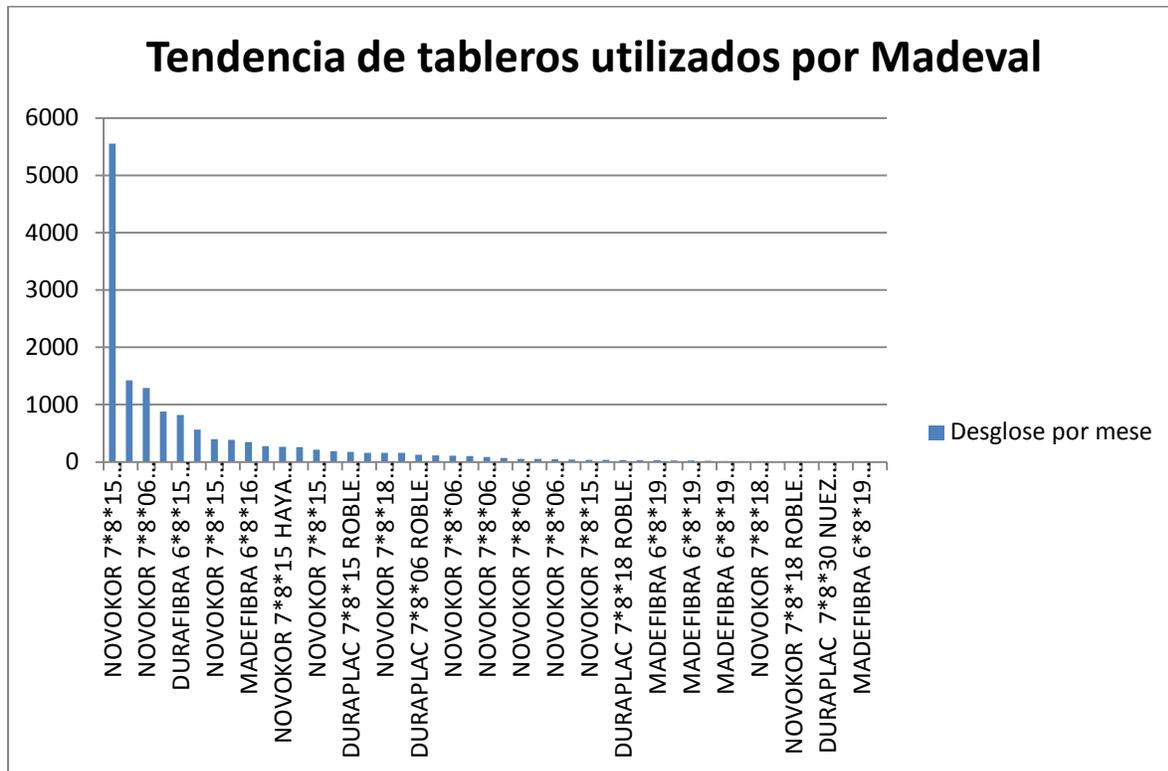


Figura 6:
Tendencia de tableros demandados por Madeval

En el gráfico de barras, se demuestra que existen tableros que dominan la demanda de Madeval, incluso existe un solo modelo de tablero que mantiene una demanda por encima de los demás modelos de tableros.

Una vez ordenados los diferentes modelos de tableros de acuerdo a sus cantidades, se realiza la siguiente agrupación:

Se estructuró por orden descendente a todos los modelos de tableros, y se obtuvo el promedio de los mismos, con el fin de identificar un patrón similar, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10:
Modelos de tablero con sus respectivos puntos porcentuales

Modelo	q	%	Grupos
NOVOKOR 7*8*15 BLANCO/BLANCO	5554	Punto extremo	1
NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO	1426	15,68%	2
NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO	1290	14,19%	2
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/BLANCO	881	9,69%	3
DURAFIBRA 6*8*15 BLANCO/CRUDO	817	8,98%	3
NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/BLANCO	562	6,18%	4
NOVOKOR 7*8*15 ROBLE/BLANCO	397	4,37%	4
NOVOKOR 7*8*15 SAPELI/BLANCO	386	4,25%	4
MADEFIBRA 6*8*16 SAPELI/SAPELI	346	3,81%	5
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/NUEZ	276	3,04%	5
NOVOKOR 7*8*15 HAYA CATEDRAL/BLANCO	262	2,88%	5
NOVOKOR 7*8*15 LINO/BLANCO	259	2,85%	5
NOVOKOR 7*8*15 GRIS/GRIS	217	2,39%	5
NOVOKOR 7*8*15 CHAMPAGNE/BLANCO	185	2,03%	5
DURAPLAC 7*8*15 ROBLE FRANCES/ROBLE FRANCES	177	1,95%	5
NOVOKOR 7*8*15 MOKA MATRIX/MOKA MATRIX	159	1,75%	5

Elaborado por: El Autor

Es importante notar que existen 46 tableros en el análisis, en la tabla 10 se muestran los primeros 15 modelos de tableros ordenados de mayor a menor.

Se pueden observar grupos de tableros que se encuentran en un mismo rango. Por ejemplo, los últimos modelos de tableros mantienen puntos porcentuales muy similares (0% a 4%), se los puede considerar como un tipo de familia. Si se sigue con la separación de 4 puntos porcentuales para los demás tipos de tablero, se ve un agrupamiento parejo, que se ajusta a los rangos de la tableros, mientras que si se agrupa por 3 puntos porcentuales, el modelo

NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO se encontraría por fuera de un tipo de familia, lo mismo ocurre, si se agrupa con 5 puntos porcentuales, se deja por fuera al modelo NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO. Por esta razón, se escoge 4 puntos porcentuales para el plan integral, como se muestra a continuación.

Tabla 11:
Agrupación de los modelos de inventario, por tipos

Grupo	# Modelos	Porcentajes
1	1	$G1 \geq 16\%$
2	2	$12\% \leq G2 < 16\%$
3	2	$8\% \leq G3 < 12\%$
4	3	$4\% \leq G4 < 8\%$
5	38	$0\% < G5 < 4\%$

Elaborado por: El Autor

La tabla 11 describe cómo el primer grupo corresponde a un solo artículo de la familia de tableros que maneja Madeval. De hecho, este modelo se lo considera como un punto extremo, debido a la demanda notoria, por esta razón se lo analiza de manera independiente.

Existe una cantidad alta de modelos de tableros en el grupo 5. De hecho, cada modelo de tablero por separado no tiene una repercusión importante en el uso mensual de Madeval, no obstante, en grupo tienen un efecto importante equivalente al 36,67% del total porcentual de la agrupación. Una vez definidos los 5 grupos en los que se encuentran distribuidos los diferentes

modelos de tableros, se realiza la agregación para cada grupo, la misma se la hizo de dos formas.

Para la explicación se toma como ejemplo al “Grupo 3”.

Primero, se obtuvo la sumatoria de la demanda de tableros comprados para cada mes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12:
Sumatoria de la demanda

2010 MES q		2011 MES q	
enero		enero	31
enero	39	enero	50
.Enero	39	Enero	81

Elaborado por: El Autor

Una vez terminada la agrupación, se reordenó de forma bimensual con el fin de minimizar el ruido existente entre los primeros meses y finales meses del año, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13:
Tabla bimensual

				Bimensual	Q
.Enero	39	Enero	81	1y2	130
.Febrero	91	Febrero	52	3y4	174
.Marzo	88	Marzo	92	5y6	104
.Abril	86	Abril	73	7y8	163
.Mayo	56	Mayo	40	9y10	188
.Junio	48	Junio	71	11y12	200
.Julio	90	Julio	127	1y2	133
.Agosto	73	Agosto	166	3y4	165
.Septiembre	93	Septiembre	71	5y6	111
.Octubre	95	Octubre	74	7y8	293
.Noviembre	121	Noviembre	117	9y10	145
.Diciembre	79	Diciembre	70	11y12	187

Elaborado por: El Autor

Obtenida la tabla Bimensual, se calculan estimaciones de 6 períodos, correspondientes a un año.

La segunda agrupación consiste en sumar los promedios que se obtuvieron de la demanda de tableros comprados en cada año en los diferentes meses; es decir, se realiza un promedio para el mismo tablero para luego agrupar la sumatoria del total de tableros para cada mes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14:
Tabla por promedio (Elaboración propia)

2010 MES	q	2011 MES	q	Promedio	Redondeo	Ponderado		
enero		enero		31	31	31		
febrero		febrero		40	40	40		
Marzo		Marzo		72	72	72		
Abril		Abril		23	23	23		
Mayo		Mayo		32	32	32		
junio		junio		71	71	71		
julio		julio		127	127	127		
Agosto		Agosto		166	166	166		
septiembre		septiembre		71	71	71		
Octubre		Octubre		74	74	74		
Noviembre		Noviembre		117	117	117		
diciembre		diciembre		57	57	57		
TOTAL						881	51,88%	
enero	39	enero		50	44,5	45		
febrero	91	febrero		12	51,5	52		
Marzo	88	Marzo		20	54	54		
Abril	86	Abril		50	68	68		
Mayo	56	Mayo		8	32	32		
junio	48	junio		0	48	48		
julio	90	julio		0	90	90		
Agosto	73	agosto		0	73	73		
septiembre	93	septiemb		0	93	93		
Octubre	95	octubre		0	95	95		
Noviembre	121	noviembr		0	121	121		
diciembre	79	diciembre		13	46	46		
TOTAL						817	48,12%	

Elaborado por: El Autor

Cabe recalcar que se hacen presentes dos modelos de agrupamiento, la primera opción es para los tipos de familia 2, 3, 4, 5, donde se utilizan los totales sumados de la demanda de cada

período, puesto que el propósito es desarrollar un plan integral macro de pronósticos que abarque, en su totalidad, a los diferentes modelos de tableros y los mismos no sean excluidos por falta de información; mientras que la opción dos corresponde al grupo 1, donde encuentra un solo modelo de tablero, por lo tanto no hay necesidad de agregar.

4.3. Fase Analizar

La fase *Analizar* tiene como objetivo, realizar los pronósticos de los 5 grupos. Los métodos de pronósticos que se utilizan para cada grupo dependen de la tendencia, estacionalidad o uniformidad; dados estos factores, se escogerá el mejor modelo para el grupo. Una vez que se conozca la futura demanda, se escoge un modelo de inventario que aplique a las necesidades de Madeval, el *output* del modelo se convierte en la política a implementar en los pedidos de modelos de tableros; basados en la el plan de desagregación de cada grupo.

4.3.1. Pronósticos

Una vez efectuada la agrupación correspondiente a los diferentes modelos de tableros, se procede a realizar los pronósticos para cada grupo. Los pronósticos cuentan con datos predecibles y repetibles, por lo que se puede escoger el modelo de pronóstico adecuado para cada grupo. Para el análisis de los diferentes pronósticos de cada grupo, se utiliza un software computacional (Minitab).

4.3.2. Análisis de serie de tiempo

Para el análisis de pronósticos, se utilizarán los diferentes modelos en base al patrón que se identifique en cada Grupo. A continuación se muestra el análisis que fue aplicado para cada uno de los grupos, identificando su patrón, el método a utilizar y su respectivo error en el pronóstico.

4.3.2.1. Para el grupo 1 se tiene el siguiente análisis.

A continuación se analizan los dos períodos del grupo 1, es decir, se analiza la demanda por años, para detectar patrón del mismo.

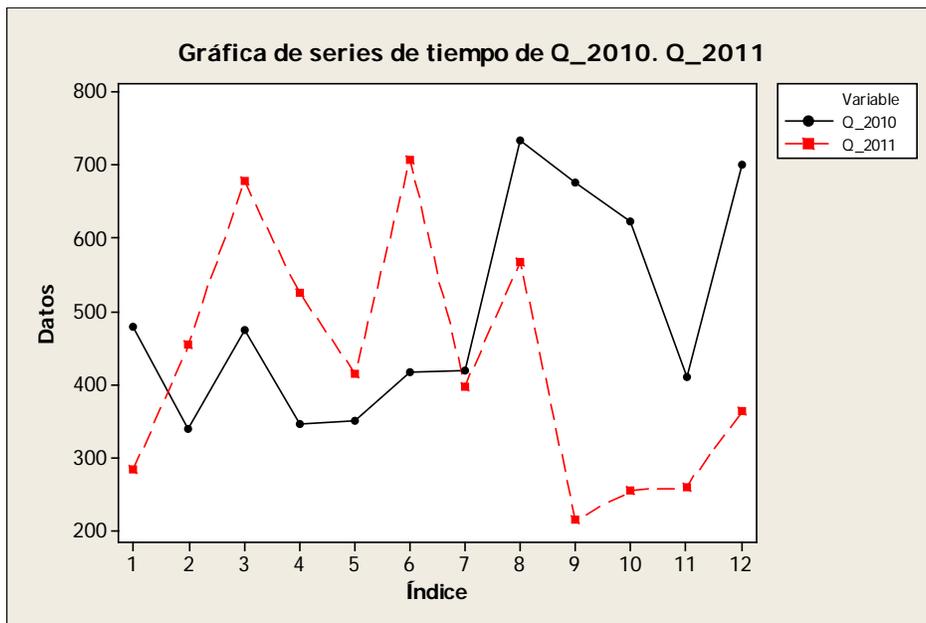


Figura 7: Serie de tiempo por años Grupo1

Como se observa en la figura, existe un criterio de pedido diferente para cada uno de los años, además de estacionalidad con tendencia positiva para el año 2011, correspondiente a los meses de marzo, abril y junio. Por el contrario, para los meses de julio en adelante, se observa una tendencia negativa en el año 2011 y una tendencia positiva en el año 2010. Según el Jefe de Planta (Darío Regalado) hace referencia a una planificación económica en el año 2010, donde la empresa hace una inversión importante, debida a la alza de precios de los modelos de tableros en año nuevo. Mientras que para el año 2011, se ve una tendencia negativa bastante notable en la que no existió la planificación económica por alza de materiales. Además, como se identificó en la Fase *Definir*, la demanda de modelos de tablero para el 2010 es mayor que la del 2011. Por lo

tanto, siendo este modelo de tablero el de mayor rotación, se puede identificar en la serie de tiempo la reducción de la demanda del mismo.

Debido a la diferencia notable en cada año, por la planificación económica del 2010, el análisis adecuado para el grupo 1 está dado por el promedio de cada mes, en el que se centralizarán las diferencias que existen para cada año. Caso contrario, se incurre en una tendencia negativa en el análisis de pronósticos. A continuación se muestra la serie de tiempo a analizar de acuerdo a los promedios de cada mes.

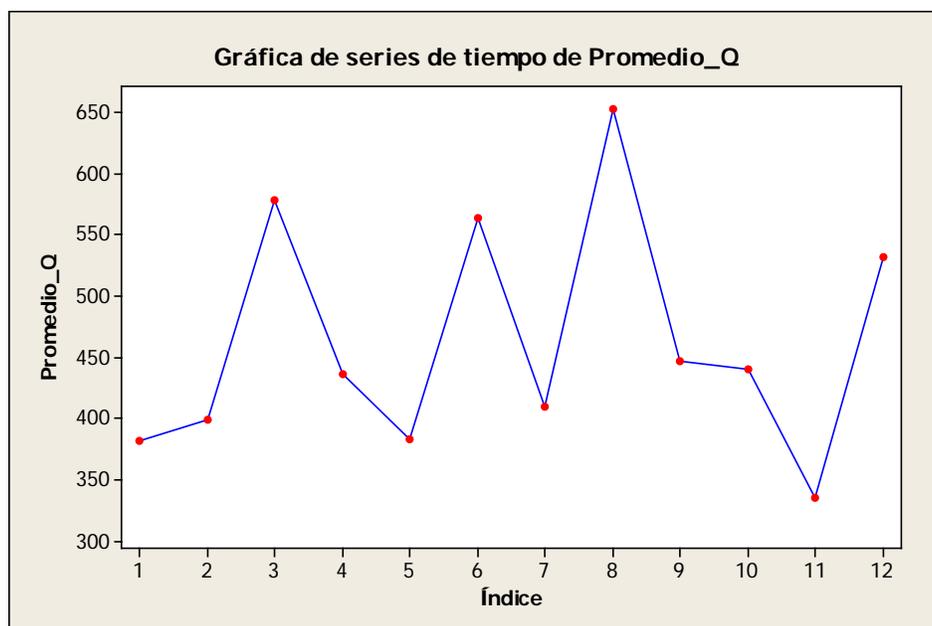


Figura 8: Serie de tiempo Grupo 1

Como se puede observar en la figura, la demanda para cada uno de los meses mantiene uniformidad, los diferentes puntos en el grafico oscilan en un rango notorio que se extiende a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se pueden utilizar dos métodos para pronosticar este tipo de series. El primero es el promedio móvil, que es el promedio aritmético de las N observaciones más recientes, es decir, solo toma en cuenta las últimas observaciones de acuerdo a la longitud

asignada y genera el pronóstico. El segundo es el suavizamiento exponencial simple, donde el pronóstico actual es el promedio ponderado de todos sus datos pasados, por lo tanto, el método del suavizamiento exponencial se ajusta con mayor veracidad a la serie de tiempo.

4.3.2.2. Para el grupo 2 se tiene el siguiente análisis

A continuación se analizan los dos períodos del grupo 2, es decir, se analiza la demanda por años para detectar el patrón de la misma.

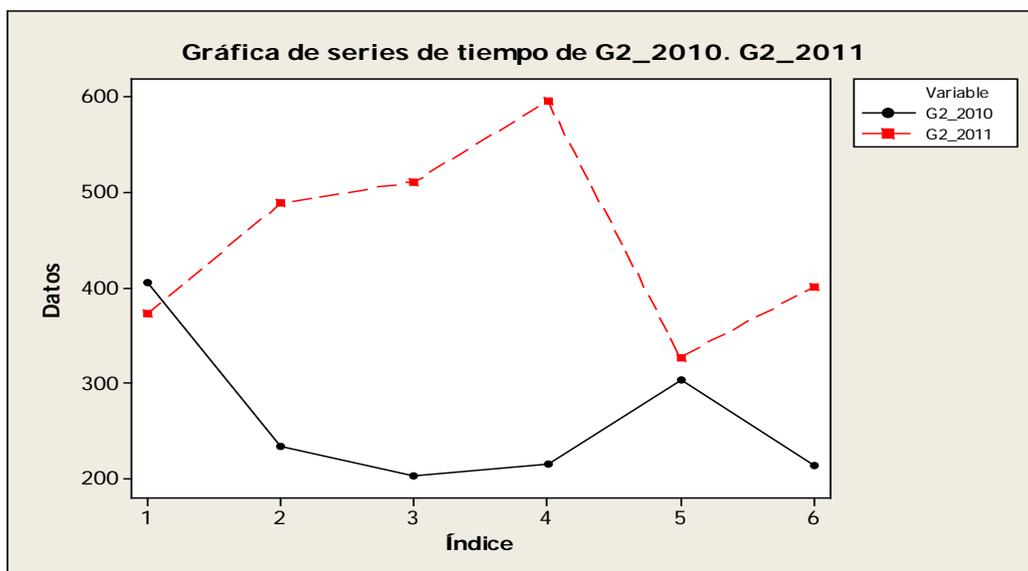


Figura 9: Serie de tiempo por años

En el figura, los datos equivalentes al 2010 están por debajo del 2011, se puede concluir un creciente uso de este tipo de familia para la construcción de muebles modulares, a continuación se analiza en método requerido para el grupo 2.

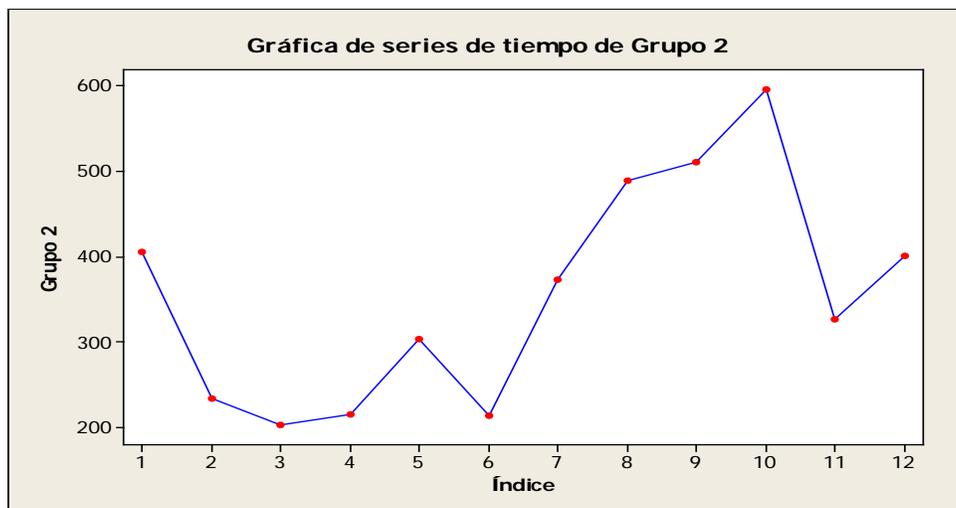


Figura 10: Serie de tiempo Grupo 2

Se observa claramente la existencia de tendencia en la serie de tiempo. Para este tipo de modelos, el método recomendable es la tendencia lineal y el suavizamiento exponencial doble. Por la cantidad pronunciada de modelos de tableros comprados en los diferentes años, la tendencia lineal se ajusta a futuras proyecciones, mientras que el suavizamiento exponencial doble no marcaría la tendencia con igual veracidad debido a que la misma calcula ecuaciones separadas para el pronóstico de intercepción y pendiente, dando como resultado una pendiente con menor pronunciamiento que de la regresión lineal.

4.3.2.3. Para el grupo 3 se tiene el siguiente análisis

A continuación se analizan los dos períodos del grupo 3, es decir, se analiza la demanda por años, para detectar el patrón de la misma.

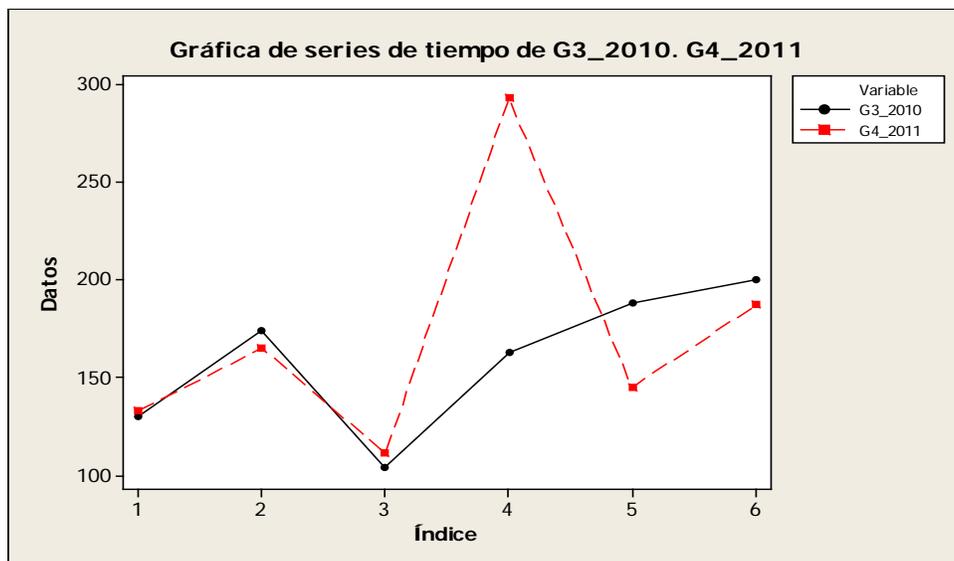


Figura 11: Serie de tiempo por años (Grupo 3)

Se puede observar que los datos mantienen un mismo patrón de estacionalidad y existe una tendencia positiva al final de cada uno de los períodos. Del mismo modo, al final del año 2010 existió una alta demanda de modelos, que dio como resultado poco movimiento de tableros en principio del 2011.

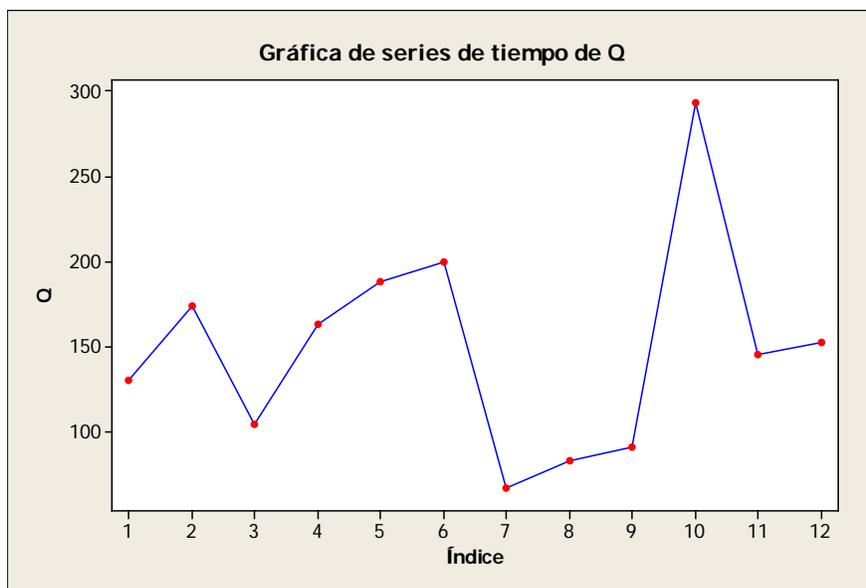


Figura 12: Serie de tiempo Grupo 3

El grupo 3 mantiene una ligera tendencia positiva y un patrón de estacionalidad en sus diferentes períodos, por lo tanto, se debe utilizar el método Winters para el análisis del grupo 3.

4.3.2.4. Para el grupo 4 se tiene el siguiente análisis

A continuación se analizan los dos períodos del grupo 4, es decir, se analiza la demanda por años para detectar el patrón de la misma.

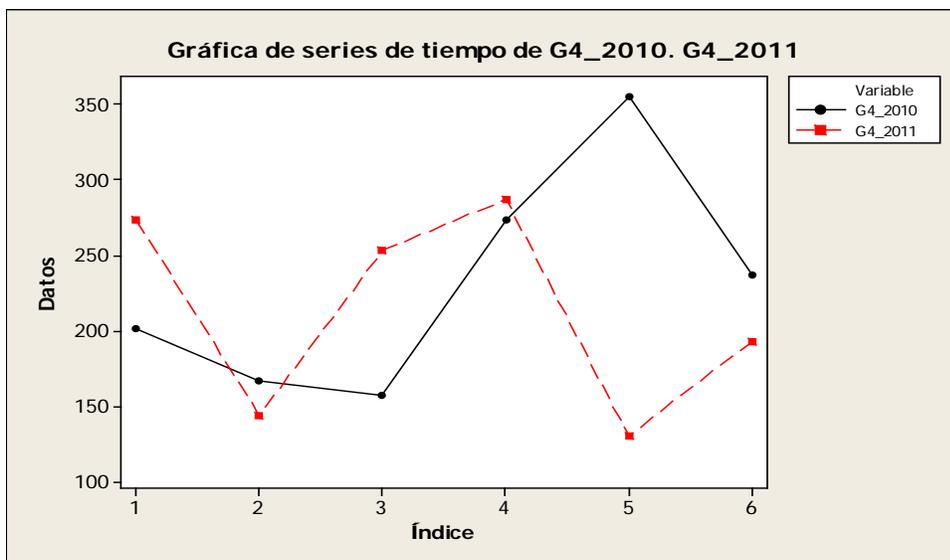


Figura 13: Serie de tiempo por años (Grupo 4)

Se observa que el criterio demandado entre períodos varía drásticamente, la mitad de los datos sigue una misma tendencia, mientras que la otra mitad no la sigue; no se puede ver una estacionalidad definida y tampoco se encuentra una tendencia en los datos. A continuación se muestra la serie completa.

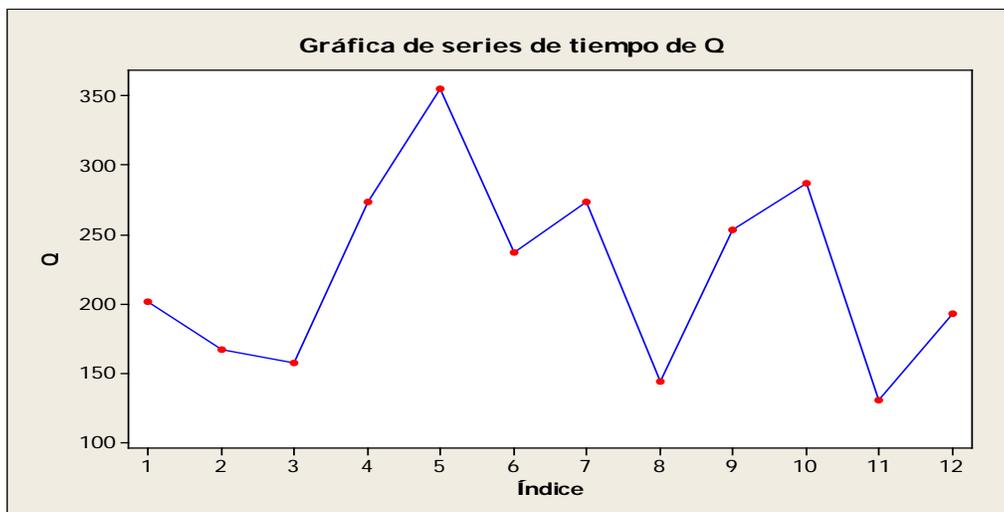


Figura 14: Serie de tiempo Grupo 4

La demanda de los tableros sigue un intervalo uniforme, existe un punto extremo que corresponde al año 2010, mientras que en el año 2011 se mantuvo constante. Para este tipo de análisis se utiliza el suavizamiento exponencial simple, dado que este modelo pronostica por una parte en base al promedio de la observación más reciente y del ajuste anterior; por otra parte si se aplica el promedio móvil de longitud de dos períodos, los pronósticos estarían por debajo de la mayoría de los datos debido a que también toma en cuenta como base los últimos períodos de la serie.

4.3.2.5. Para el grupo 5 se tiene el siguiente análisis

A continuación se analizan los dos períodos del grupo 4, es decir, se analiza la demanda por años para detectar el patrón de la misma.

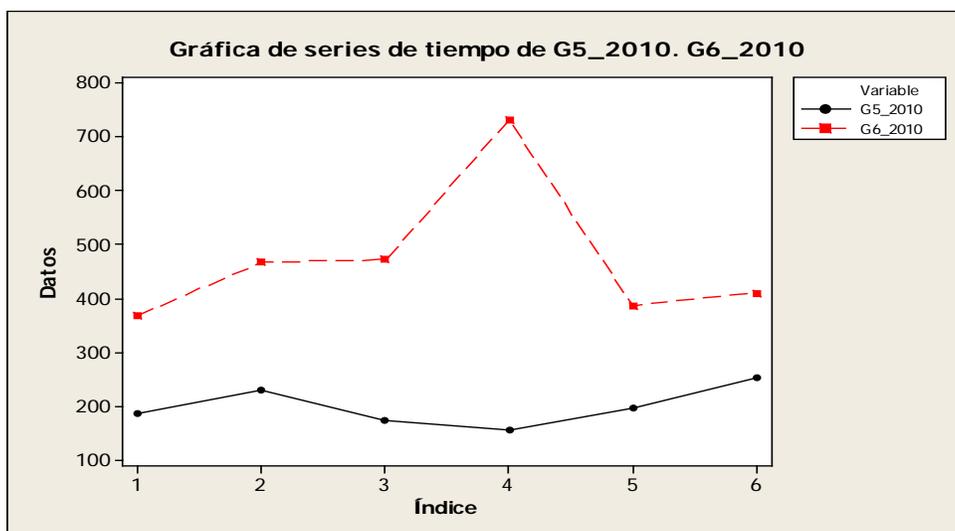


Figura 15: Serie de tiempo por años (Grupo 5)

La figura indica cómo cada subgrupo de datos maneja un mismo patrón, es decir, en cada año se manejó la misma demanda de compra de los diferentes modelos de tableros, a excepción de un punto extremo perteneciente al año 2011. Se puede observar una tendencia notable en la proporción de tableros comprados para el 2011, todos los períodos están por encima de los períodos del 2010. A continuación se muestra la serie de tiempo completa.

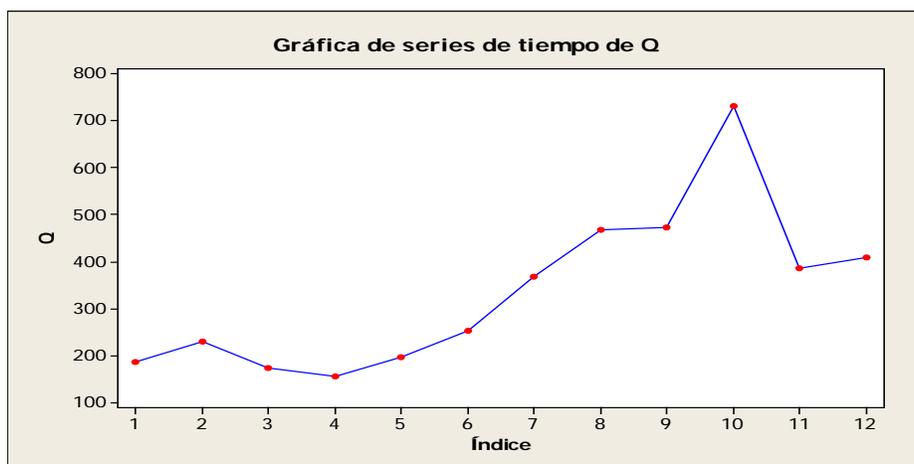


Figura 16: Serie de tiempo Grupo 5

Se observa en el grupo 5 una tendencia notable en sus períodos, por tal razón, el método de pronóstico es la tendencia lineal o el método de suavizamiento exponencial doble. Por la cantidad pronunciada de modelos de tableros comprados en los diferentes años, la tendencia lineal se ajusta de mejor manera a la creciente demanda de los diferentes modelos de tableros, mientras que el suavizamiento exponencial doble no marca la tendencia con igual veracidad debido a que la misma calcula ecuaciones separadas para el pronóstico de intercepción y pendiente, dando como resultado una pendiente con menor pronunciación que de la regresión lineal.

De acuerdo al análisis anteriormente realizado, se detalla el método de pronóstico seleccionado y el error MAPE el cual demuestra la veracidad del pronóstico. Es importante recalcar que en el análisis citado anteriormente se mencionó a posibles métodos de pronóstico para cada grupo, por lo que la siguiente tabla 15 resume las combinaciones de variables más eficientes para cada uno de los grupos.

Tabla 15:
Métodos de pronósticos seleccionados con su respectivo MAPE

Grupo	Método Seleccionado	Variables	Error del Pronóstico MAPE
1	Suavizamiento exponencial simple	$\alpha=0,13$	16,03
2	Tendencia lineal		27,5
3	Winters	$\alpha= 0,01$ $\beta= 0,94$ $\delta= 0$	13,11
4	Suavizamiento exponencial simple	$\alpha= 0,13$	27,59
5	Tendencia lineal		27,00

Elaborado por: El Autor

En la tabla 15 se puede observar el método seleccionado para cada grupo. Además, se pueden identificar las diferentes variables. Para los grupos en los que se utilizaron modelos de pronóstico Winters y suavizamiento exponencial simple, las variables de suavizamiento se escogen de acuerdo al ARIMA óptimo de Minitab, el cual modela el comportamiento de la serie de tiempo y genera el pronóstico de acuerdo al método seleccionado. Para detalle de las gráficas de los pronósticos, referirse al Anexo 5.

Los respectivos errores se realizan de acuerdo al error porcentual absoluto; existen otros tipos de medidas para indicar la exactitud del pronóstico, pero las mismas son dependientes de los valores de la serie. Por lo tanto, se escogió el valor MAPE como guía en los errores de pronósticos.

4.3.3. Inventarios

Una vez realizados los pronósticos, se obtienen las proyecciones de cuánta cantidad de modelos de tableros se debe ordenar en una tasa bimensual para el año 2012. Ahora hace falta contestar dos preguntas: ¿cuándo se debe ordenar un pedido?, y ¿cuánto se debe pedir? Para contestar estas preguntas, se hace uso de modelos de inventarios.

Existen ciertas características que son propias para encontrar el modelo de inventario adecuado, a continuación se relacionan las siguientes.

La demanda de un proceso se puede modelar de forma determinística y probabilística. Los de forma determinística asumen demanda y plazos de entrega ciertos y constantes, como también variables. Mientras que los probabilísticos asumen demanda y plazos de entrega inciertos y aleatorios.

Mediantes los pronósticos previamente realizados, se puede deducir una demanda determinística constante para los tipos 1 y 4, debido a que su pronóstico es igual para sus

diferentes períodos y una demanda determinística variable para los tipos 2,3,5, debido a que la demanda cambia conforme al tiempo determinado.

Los tiempos de entrega que maneja Madeval están dados bajo la política de tres días para los modelos de tablero del tipo 1 y 2; mientras que para los tipos de familia 3, 4 y 5 se maneja un tiempo de entrega de 5 días.

En resumen, se pueden desarrollar modelos determinísticos ya que se cumple con los supuestos del mismo, es decir, una demanda conocida y tiempos de entrega constantes.

El siguiente paso es escoger modelos de inventarios que cumplan con los supuestos antes mencionados. Entre los modelos de inventario determinísticos se hace referencia a: modelos EOQ y modelos de tamaño de lote. Para el modelo EOQ se manejan los siguientes supuestos:

- Entrega inmediata
- Demanda determinística
- Tasa de demanda conocida
- Costos de *setup* conocidos y constantes
- Un solo producto o productos separables

Para los modelos de tamaño de lote se hace referencia a Wagner-Whitin (WW). Mediante este modelo se pueden resolver problemas con demanda dinámica, dado que se maneja en base a una política de loteo óptimo y la tasa de demanda está de forma bimensual. Los resultados del modelo manejan lotes bimensuales, lo cual resulta costoso y es restrictivo con la capacidad de espacio de la empresa. Por esta razón, no es factible un modelo de inventario Wagner-Whitin (WW). Para más detalle, se realiza una comparación de los dos modelos en el acápite 4.3.5.3. (Comparación EOQ y Wagner-Whitin).

Una vez analizadas las razones, se escoge al modelo EOQ para determinar el tamaño de lote óptimo para los diferentes tipos de familia. A continuación se detallan los costos de inventario.

4.3.4. Determinación de los costos de inventario

Los costos relativos a inventarios están definidos por: Costo de Ordenar o *Setup*, Costo de Adquisición, Costo mensual por mantener Costo por ordenar o *Setup* (A).

4.3.4.1. Costo por ordenar o *Setup* (A)

El costo relacionado a ordenar equivale a horas/hombre del departamento de bodega, horas/hombre del departamento de compras, además del costo de la llamada. El costo de transporte no entra en la especificación debido a que este costo corre de parte del proveedor siempre y cuando el pedido sea mayor a cinco tableros (que por lo general lo es). Según las características del modelo de inventario, un costo por ordenar bajo repercutiría en una mayor cantidad de pedidos de tableros. Para penalizar y manejar un número limitado de tableros al mes, se maneja un costo del 10% del costo de tablero, que implica un coste de 5,8 dólares americanos.

4.3.4.2. Costo de adquisición (C)

El costo de adquisición representa el costo del tablero, según la ponderación que se realizó en la tabla 6 (costo de tableros), se concluyó que el costo para el modelo de inventario, es de 58 dólares americanos.

4.3.4.3. Costo mensual por mantener en inventario (h)

Para fijar el costo de mantener inventario, se utiliza la tasa de interés que maneja el Banco Central del Ecuador. Dicha tasa es del 8,17% de interés nominal. Para la resolución del problema se debe utilizar la tasa nominal capitalizada mensualmente, por lo tanto la tasa que se va a utilizar es:

$$\frac{0,0817}{12} = 0,0068(\text{Mensual}), \text{ y } \frac{0,0817}{6} = 0,014(\text{Bimensual}).$$

El costo de propiedad no estaría especificado, la empresa maneja el área de bodega dentro de las instalaciones de producción, por lo tanto, el área especificada no podría obtener un costo estimado ya que el área donde se apilan los diferentes modelos de tablero pertenece a producción. En conclusión, el costo de propiedad es un costo de oportunidad que se ahorra la empresa.

Por lo tanto el costo designado por mantener inventario equivale a la tasa capitalizada mensualmente multiplicada por el costo del tablero, equivalente a 0,38 dólares americanos y \$0,81 de forma bimensual.

4.3.4.4. Costo de faltante de inventario (K)

Para el costo de faltante, primero se debe aclarar. Sucede cuando hay carencia de algún modelo de tablero en el área de producción y no se puede pedir directamente a los proveedores porque el lote mínimo es de cinco tableros y, por ende, se tiene que pedir a los diferentes puntos de venta que mantienen los proveedores.

El costo de faltante está relacionado con el costo del tablero USD58 (cincuenta y ocho dólares americanos) más el costo de transporte USD15 (quince dólares americanos), en total USD73 (Setenta y tres dólares americanos).

4.3.5. Determinación de los niveles de inventario

Para determinar el pedido económico óptimo, se utiliza el modelo de inventario antes propuesto, en el que se obtuvieron las siguientes conclusiones para los diferentes tipos de familia.

4.3.5.1. Análisis del grupo 1

A continuación se muestran los resultados del modelo de inventario para el grupo 1.

Tabla 16:
Modelo de inventario EOQ Grupo 1

	Q* =	Tiempo de ciclo	Costo de mantener inventario	Tiempo de Re-orden	Espacio ocupado	
Enero	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Febrero	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Marzo	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Abril	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Mayo	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Junio	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Julio	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Agosto	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Septiembre	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Octubre	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Noviembre	114	0,25	22,16	69	8,9	m3
Diciembre	114	0,25	22,16	69	8,9	m3

Elaborado Por: El Autor

Como se puede observar, el pedido económico óptimo equivale a 114 artículos de esta familia, y el tiempo de re-orden se lo aplica cuando el inventario llega a los 69 tableros en bodega.

4.3.5.2. Análisis del grupo 2

A continuación se muestran los resultados del modelo de inventario para el grupo 2.

Tabla 17:
Modelo de inventario EOQ Grupo 2

	Q*	Tiempo de ciclo	Costo de mantener inventario	Tiempo de Re-orden	Espacio ordenado	m3
1y2	82	0,16	32,49	36	6,47	m3
3y4	84	0,16	33,15	38	6,60	m3
5y6	86	0,16	33,80	39	6,73	m3
7y8	87	0,15	34,44	41	6,86	m3
9y10	89	0,15	35,06	42	6,98	m3
11y12	90	0,15	35,68	44	7,10	m3

Elaborador por: El Autor

El pedido económico óptimo es diferente para los diferentes períodos, el mismo oscila en un rango de 82 a 90 artículos del grupo.

4.3.5.3. Comparación EOQ y Wagner Whitin (WW)

Tabla 18:
Comparación Modelo EOQ vs WW

Tasa Bimensual	EOQ	Costo de mantener inventario	Tiempo de ciclo en días	Costo de pedido	Costo de pedido	Costo acumulado
486	82	227,42	7	\$ 5,50	\$ 38,50	\$ 38,50
506	84	232,05	7	\$ 5,50	\$ 38,50	\$ 77,00
526	86	236,60	7	\$ 5,50	\$ 38,50	\$ 115,50
546	87	206,62	6	\$ 5,50	\$ 33,00	\$ 148,50
566	89	210,37	6	\$ 5,50	\$ 33,00	\$ 181,50
586	90	214,05	6	\$ 5,50	\$ 33,00	\$ 214,50
		\$ 1.327,10				
	WW					
486	486	192	1	\$ 5,50	5,5	\$ 5,50
506	506	200	1	\$ 5,50	5,5	\$ 11,00
526	526	208	1	\$ 5,50	5,5	\$ 16,50
546	546	216	1	\$ 5,50	5,5	\$ 22,00
566	566	224	1	\$ 5,50	5,5	\$ 27,50
586	586	231	1	\$ 5,50	5,5	\$ 33,00
		\$ 1270				

Elaborado por: El Autor

Como se puede observar en la tabla 18, el tiempo de ciclo para el modelo de inventario para el EOQ es de 6 días en un bimestre, lo que genera un costo global de pedidos de \$214,5, mientras que el modelo WW genera un costo de \$33. A simple vista se puede deducir que el mejor modelo de inventario es WW.

Como se indica, EOQ maneja lotes de pedidos por cada 6 días, mientras que WW realiza un pedido en cada bimestre. Es importante notar que usando WW se disminuye el costo de realizar un pedido y se reduce el costo de mantener el inventario, pero se realizan pedidos equivalentes a 42m³ de un total disponible de 129.10 m³, por lo tanto no es factible, debido a la restricción de espacio que maneja la planta. Se deben adquirir lotes pequeños y constantes para

que cumpla con las restricciones de capacidad de la empresa. Por lo tanto, para este caso en general, la política del modelo EOQ es aplicable a los modelos de inventario.

4.3.5.4. Análisis del grupo 3

A continuación se muestran los resultados del modelo de inventario para el grupo 3.

Tabla 19:
Modelo de inventario EOQ Grupo 3 (Elaboración propia)

	Q*	Tiempo de ciclo	Costo de mantener inventario	Tiempo de Re orden	Grupo 3 total de tableros	
1y2	48	0,29	18,82	20	3,74	m3
3y4	58	0,23	22,93	30	4,56	m3
5y6	45	0,30	17,81	18	3,54	m3
7y8	51	0,27	20,31	24	4,04	m3
9y10	50	0,27	19,72	22	3,92	m3
11y12	60	0,23	23,67	32	4,71	m3

Elaborado por: El Autor

El pedido económico óptimo es diferente para los diferentes períodos, el mismo oscila en un rango de 45 a 60 artículos del grupo.

4.3.5.5. Análisis del grupo 4

A continuación se muestran los resultados del modelo de inventario para el grupo 5.

Tabla 20:
Modelo de inventario EOQ Grupo 4 (Elaboración propia)

	Q*	Tiempo de ciclo	Costo de mantener inventario	Tiempo de Re orden	Grupo 4 total de tableros	
1y2	55	0,25	21,61	27	4,30	m3
3y4	55	0,25	21,61	27	4,30	m3
5y6	55	0,25	21,61	27	4,30	m3
7y8	55	0,25	21,61	27	4,30	m3
9y10	55	0,25	21,61	27	4,30	m3
11y12	55	0,25	21,61	27	4,30	m3

Elaborado por: El Autor

Como se puede observar, el pedido económico óptimo equivale a 55 artículos de esta familia, y el tiempo de re-orden se lo aplica cuando el inventario llega a los 27 modelos de tableros pertenecientes al Grupo 4.

4.3.5.6. Análisis del grupo 5

A continuación se muestra los resultados del modelo de inventario para el grupo 5.

Tabla 21:
Modelo de inventario EOQ Grupo 5

	Q*	Tiempo de ciclo	Costo de mantener inventario	Tiempo de Re-orden	Grupo 5 total de tableros	
1y2	89	0,156318189	35,18	71	7,01138663	m3
3y4	92	0,15160399	36,28	76	7,22940908	m3
5y6	95	0,147292091	37,34	80	7,44104622	m3
7y8	97	0,143328348	38,37	85	7,64682823	m3
9y10	100	0,139668297	39,38	89	7,84721576	m3
11y12	102	0,136275038	40,36	94	8,04261204	m3

Elaborado por: El Autor

El pedido económico óptimo es diferente para los diferentes períodos, el mismo oscila en un rango de 89 a 102 artículos del grupo.

4.3.6. Análisis: cuándo reordenar (r) y cuánto reordenar (Q) para los tipos de familia

Actualmente, Madeval no maneja una política clara de inventario para los diferentes modelos de tablero, es decir, no maneja la cantidad a pedir y el tiempo en que se debe realizar un pedido.

Según entrevista sostenida con Darío Regalado y los encargados del proceso, se especifica que el encargado de ubicar los diferentes modelos de inventario es también la persona que se encarga de dar seguimiento a la materia prima. El operario encargado comunica al jefe de

Bodega la inexistencia o cantidad mínima de los diferentes modelos de inventario y este, a su vez, comunica al departamento de compras para realizar la gestión.

Mediante el modelo de inventario EOQ, se busca desarrollar una política de inventario para los 5 tipos de familia; cabe recalcar que cada tipo maneja familias de tableros o modelos de tableros agregados, en base a un plan integral antes mencionado. Por lo tanto, se debe desagregar a cada tipo o grupo en sus respectivos modelos de tablero para obtener la política a los diferentes modelos de tablero.

4.3.7. Desagregación del plan agregado

Una vez que se elabora la política de pedido económico para los diferentes tipos de familia, se debe desagregar; es decir, cada modelo de inventario debe tener su propio pedido económico. Por lo tanto, se desarrolla un plan de desagregación consistente con la agrupación antes realizada (Tipos, Familias, Artículos), la explicación del modelo se la muestra en el acápite 2.2.3.4 (desagregación de planes agregados).

Para desarrollar el siguiente problema matemático de programación se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \frac{K_j \lambda_j}{Y_j}$$

Donde

K_j : costo de preparación para la familia

λ_j : Demanda bimensual esperada para la familia j

Y : cantidad de unidades pertenecientes a la familia j

Como se puede observar, la demanda bimensual esperada es un factor que no se conoce para el año 2012, por lo tanto, se debe estimar su crecimiento para cada modelo de tablero. Según un estudio publicado por el financiero Francisco Alemán Vargas (Profesor de la Escuela Superior Politécnica del Ejercito), se asegura que “Ecuador tendrá un buen crecimiento con relación al 2011, donde especifica que los productos de Madera y Papel, tendrán un crecimiento del 5.6%.” (Alemán Vargas, 2012).

Consiguientemente, se estima un crecimiento del 5,6% para la industria maderera. Para modelar la tendencia para los diferentes modelos de tablero y proveer una variabilidad al crecimiento, se efectúa la teoría del paseo aleatorio, que hace referencia a movimientos impredecibles que no están influenciados por movimientos anteriores (para detalle del modelo, referirse al acápite Paseo aleatorio 2.2.3.5.). Una vez desarrollado el paseo aleatorio para las demandas bimensuales a cada uno de los tipos de familia, se desarrolló el modelo de programación descomponiendo a todas las familias en sus respectivos artículos o modelos de tableros.

Para ejecutar el modelo de programación, se utiliza el complemento de Excel – Solver, a continuación se muestra el resultado para el grupo 2.

Tabla 22:
Desagregación de Grupos de inventario

	NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO	NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO
1y2	41	41
3y4	42	42
5y6	43	43
7y8	43	43
9y10	44	45
11y12	45	45

Elaborado por: El Autor

Una vez desarrollado el modelo para los diferentes tipos de tableros (ver Anexo 6) se puede establecer la propuesta de la política de inventario para Madeval.

4.3.8. Análisis de la política de Madeval

Una vez establecida la política de inventario para los diferentes modelos de tableros, se resumen los siguientes resultados.

**Tabla 23:
Comparación Global de la cantidad de tableros en planta**

	Cantidad de tableros Global Madeval	Cantidad de tableros Global EOQ
promedio	1274	1398
max	2745	1456
min	406	1341

Elaborado por: El Autor

Una vez realizada la política de inventario para los diferentes modelos de tableros, se pueden sacar las siguientes conclusiones: para la cantidad promedio, se puede observar un mayor flujo de tableros al igual que en la cantidad mínima, debido al crecimiento potencial del año 2012 y porque el modelo EOQ aumenta el inventario a mano, pero reduce la frecuencia de pedidos. Es importante notar que mantener un nivel bajo de inventario no es óptimo, porque se puede incurrir en paralizaciones de producción, mientras que con la propuesta de stock mínimos, se mitiga este efecto.

Se puede notar que los niveles máximos de inventarios que maneja Madeval son considerablemente altos para la empresa, mientras que en la propuesta la reducción es notoria.

Tabla 24:
Espacio Global de tableros de Madeval

Espacio ocupado	Espacio ocupado Madeval	Espacio de tableros EOQ
promedio	100,3	110,0
max	216,0	114,5
min	32,0	105,5

Elaborado por: El Autor

El espacio estimado para los diferentes modelos de tableros es 129m³. Como se puede observar, el espacio no es una restricción para la política de inventario propuesta, mientras que en la actualidad en Madeval, como se puede notar, los stocks máximos de inventario sobrepasan el espacio especificado. En las fotografías de la bodega de Madeval, se puede observar que los tableros están por fuera del límite especificado, incluso los modelos de tableros, se los coloca de formas no adecuadas.

4.4. Fase Mejorar

Dado que se tiene que crear una política para el manejo de inventario, se busca hacer mejoras que ayuden y faciliten los diferentes procedimientos que realiza el área de bodega.

4.4.1. Política 5s

Una de las mejoras que apoyan a una buena política de inventario, es mantener el lugar de trabajo organizado y limpio; por lo tanto, se acude a los componentes de Lean Manufacturing, específicamente a la filosofía 5s, que tiene como objetivo mantener un lugar agradable para trabajar. Para lograr un impacto representativo, se debe hacer una capacitación a los empleados, dando a conocer las ventajas de una política de 5s, como por ejemplo: mejorar las condiciones de

trabajo, lo que llevaría a reducir tiempos muertos tanto de personal como de máquina, mejorando la calidad del producto.

Ya identificadas las diferentes oportunidades de mejora, se procede a aplicar los diferentes elementos de la política. A continuación se presenta una gráfica con la representación del sistema 5s.

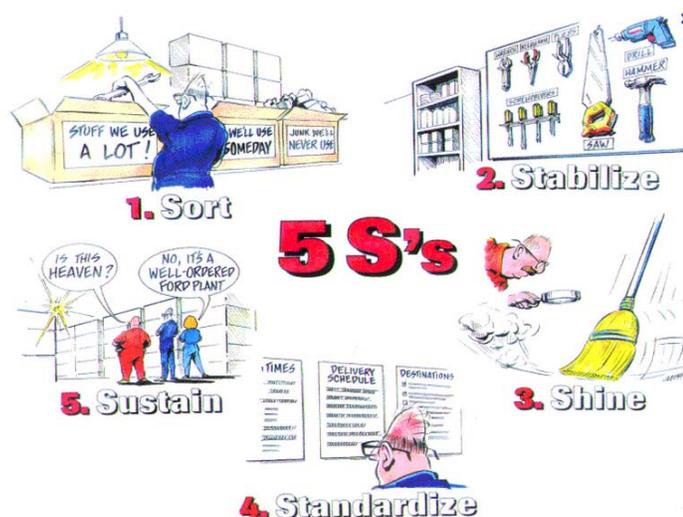


Figura 17: Pasos a seguir en la metodología 5s(TPF EUROPE BV)

Clasificar

El objetivo de esta fase es separar material de uso normal con material que está fuera del proceso.

Ordenar

El objetivo de la fase es ubicar de acuerdo a un orden determinado la clasificación ABC, se especifican los espacios para los diferentes modelos de tablero.

Limpieza

El objetivo de esta fase es eliminar focos de suciedad, manteniendo un lugar de trabajo limpio y organizado.

Estandarización

El objetivo de esta fase, como su nombre lo indica, es actuar de acuerdo a un estándar no solo en el proceso, sino también en los cambios que se realizan para apoyar al proceso.

Mantenimiento de la disciplina

El objetivo de esta fase es crear indicadores que midan el proceso de cambio y aseguren no regresar a la situación anterior.

4.4.2. Política de inventario

Para una buena funcionalidad en el sistema de inventarios de Madeval, se propondrá utilizar las mejoras dentro del sistema 5s. Este sistema se utiliza como prueba piloto en el área de bodega; tanto operarios como administrativos y gerencia podrán ver los beneficios de un lugar limpio y ordenado, eliminando tiempos de espera, mejorando las condiciones del puesto de trabajo, por lo tanto mejorará la calidad y el desempeño de los trabajadores.

4.4.3. ¿Cómo empezar?

Se presenta un plan de implementación de esta política en Madeval.

4.4.3.1. Clasificar

4.4.3.1.1. Responsable 5s

Mediante una reunión con la alta gerencia, se debe escoger a un grupo de personas que se familiaricen con los conceptos y la metodología a seguir; una vez comprendida la metodología y sus beneficios, se deben difundir los conceptos a través de la empresa; para esto, se pueden

realizar charlas o, mejor aún, videos. Así se estimula a los miembros de la empresa, a un sistema más ordenado y limpio. Las personas responsables, para la prueba piloto, serán el jefe de la planta y el encargado de bodega; estas personas conocen el proceso, sus falencias y tienen la capacidad de implementar el sistema.

4.4.3.1.2. Definir el equipo del proyecto

Como se mencionó antes, la prueba piloto se realizará en el área de bodega; por lo tanto, el equipo estaría conformado por: Darío Regalado (Jefe de plata) y Rafael Macías (Encargado de bodega).

4.4.3.1.3. Salida de campo

Se define a *salida de campo* como la oportunidad de encontrar aquellos elementos que no agregan valor alguno al proceso, es decir, basura, duplicados, maquinas dañadas, material sin utilidad cercana, etc. En esta parte del proceso hay que ser objetivos y se debe separar lo necesario de lo innecesario. A estos elementos se los identifica mediante membretes con la clasificación a la que representa y su respectiva fotografía, como se muestra en la siguiente foto.



Fotografía 5: Membretes de los equipos (Eukalit, 2008)

Mediante la clasificación, se puede tener un panorama amplio de los materiales innecesarios en el proceso.

4.4.3.1.4. Entregable 1: elementos innecesarios

Se elaborará una lista completa de los elementos innecesarios, detallando la cantidad, su clasificación, observaciones y área. Esta lista será el *input* para la toma de decisiones por parte de la alta gerencia (Anexo 7). En el caso del área de bodega, se enfoca en clasificar aquellos tableros, retazos de tableros y demás elementos que están en bodega.

4.4.3.1.5. Reunión con la alta gerencia

Una vez identificados los elementos innecesarios, se deben tomar acciones correctivas a los mismos; por lo tanto, se contestan cuatro preguntas con el fin de dar el alcance respectivo a la acción a tomar (Anexo 8).

Una vez elaborado el instrumento con las preguntas, se debe colocar el indicador que debe estar dentro del documento, donde se señalará la mejora realizada mediante una fotografía. Esto motiva a los trabajadores a ver el cambio e indica al auditor la forma en la que debe estar el área optimizada, además se presentará un indicador que contenga las actividades a realizar (Anexo 9).

4.4.3.1.6. Conclusión Clasificar

Actualmente, Madeval tiene identificados en las áreas de bodegaje aquellos materiales que están fuera de rotación (se muestran en las fotografías 3 y 4); además, los modelos de tableros discontinuados se encuentran apilados dentro del área de producción, interfiriendo el trabajo diario. Por ejemplo, en la fotografía 4) se puede observar que se encuentran retazos de tableros que dificultan el movimiento del montacargas, al momento de recibir la materia prima. Para los tableros y retazos que no se usan, se debe encontrar un espacio fuera del área de

producción. Este espacio se puede utilizar para almacenar los tableros que están descontinuados y, sobre todo, los retazos que podrían ser utilizados. Por lo tanto se propone:

1. Inventariar la materia prima, dar un orden específico a los diferentes materiales.
2. Traslados a la nueva bodega.
3. Mantener la clasificación en un software sencillo como Excel o crear un módulo nuevo para el ERP de la empresa.

4.4.3.2. Ordenar

4.4.3.2.1. Salida de campo

Una vez clasificado y eliminado lo innecesario, se realiza la salida de campo, con el fin de identificar el espacio para cada elemento y que cada elemento esté en su espacio. Para el área de bodegaje, se debe enfocar en los tableros y demás elementos que se encuentran en bodega, como son cantos y fórmicas.

4.4.3.2.2. Definir criterios de ubicación

Para definir la ubicación de los tableros, se debe enfocar en la clasificación ABC que se realizó anteriormente. En el área de bodega, la cantidad de columnas de tableros que entran en el área total corresponde a seis columnas; por lo tanto, los dos primeros espacios que se encuentran cerca de la línea de corte corresponderán a los tableros del grupo 1, las siguientes dos columnas corresponden a los tableros de los grupos 2 y 3 y, finalmente, las dos columnas siguientes corresponderán a los tableros de los grupos 4 y 5.

4.4.3.2.3. Identificar cada elemento con su respectivo nombre

Mediante membretes, se debe identificar a cada uno de los tableros, herramientas y demás elementos que rodeen al área de bodega. Se realiza esta operación con el fin de que cada operario sepa qué es y dónde está el elemento solicitado.

4.4.3.2.4. Reunión con la alta gerencia

Una vez terminado de implantar el sistema, se especificará el avance a la alta gerencia, entregando el informe de las actividades del indicador de seguimiento 5s y se documentará.

4.4.3.2.5. Conclusión Ordenar

Una vez identificados los tableros que no manejen una demanda alta, es decir los modelos de tableros de los grupos 3,4 y 5, se recomienda pedir el número necesario para la semana de producción, mas no en lotes pequeños, debido a que se puede acumular stock con los diferentes tableros.

Una vez clasificados los tableros de acuerdo al plan agregado en el área de bodegaje, se debe dar la señalización correspondiente, marcando con colores el área para tableros, para los diferentes tipos de familia, además de membretes que faciliten la búsqueda de los mismos. Así los operarios nuevos se familiarizarán con las ubicaciones rápidamente. Adicionalmente, los tableros no solo deben estar en su sitio sino que, mediante auditorías que se mencionan más adelante, se debe controlar el proceso.

Como se mencionó, la clasificación va dirigida a todos los componentes del área de bodegaje. Un componente importante es el montacargas; el espacio del mismo debe considerarse fijo, evitando algún tipo de molestia tanto al área productiva como al área de bodega.

4.4.3.3. Limpieza

4.4.3.3.1. Eliminar focos de suciedad

Para el área de bodega, se identifica que los focos de suciedad se dan por las máquinas que se encuentran en el área de producción; no existe un foco contaminante grave dentro del área de Bodega.

4.4.3.3.2. Definir procedimientos de limpieza

Se deben implantar manuales de limpieza a todos los miembros que controlan el proceso. Por lo tanto, para el área de bodega, los operarios y el encargado de bodega deben saber específicamente el área a limpiar, la frecuencia en que se la tiene que limpiar, el tiempo estándar para hacerlo y los elementos necesarios para realizar la actividad; esto se mantiene mediante una plantilla presentada en el Anexo 10.

4.4.3.3.3. Encontrar lugares de difícil acceso

Para mantener el área de Bodega limpio, se deben identificar aquellos espacios de difícil acceso como, por ejemplo, la parte del suelo donde están situados los tableros, o donde se encuentra los cantos y las fórmicas. Se deben especificar fechas destinadas a limpiar este tipo de lugares.

4.4.3.3.4. Conclusión Limpieza

Dado que el área de bodega se encuentra dentro de la de producción, se debe marcar una línea que las separe, para que las herramientas que se utilizan en producción no interactúen con el área de bodega, ya que esto entorpece las actividades para las dos áreas. Se deben eliminar focos de suciedad, detallar lugares de difícil acceso y mantener un plan de limpieza. Al final del

día, se debe especificar un tiempo coherente para limpiar todo tipo de desperdicio o material que se encuentre en el suelo; Madeval debe especificar la política de limpieza por operario.

4.4.3.4. Estandarización

4.4.3.4.1. Política de inventario

Para la disposición de stocks, se tomarán en cuenta los niveles de inventarios propuestos para Madeval (ver Anexo 6). Se propone la creación de tarjetas(ver Anexo 11) para todos los tableros que constan en el catálogo 2012, en los que constan el nombre del tablero, el tipo de clasificación que corresponde, cantidad mínima de tableros y cantidad de pedido óptimo, con la finalidad de saber cuándo reordenar y qué se debe reordenar. El operario del montacargas entregará las tarjetas al encargado de bodega y este, a su vez, comunica al departamento de compras, a través de tarjetas con su respectiva identificación.

4.4.3.4.2. Conclusión Estandarización

Una vez clasificados los diferentes modelos de tableros, se implementará una tarjeta visual a los mismos; así el encargado del proceso, en este caso el operario del montacargas, sabrá manejar el flujo de tableros de acuerdo al modelo de inventario propuesto, como se presenta a continuación.

En la fotografía 6, se especifica de forma visual el nivel mínimo de inventario; una vez que el operario se encuentre con la tarjeta, dará conocimiento al encargado de bodega y este pasará el pedido a compras.



Fotografía 6 Propuesta de tarjeta visual

4.5. Fase Controlar

La metodología DMAIC, propone el paso final: controlar, por lo tanto, la herramienta del último punto de las 5s, que es Disciplina, se enfocará en encontrar los indicadores que mejor se ajusten al proceso, como se mostrará en los dos puntos finales de la metodología 5s.

4.5.1. Disciplina

4.5.1.1. Auditoría 5s

Para un buen seguimiento de las 5s, debe haber una buena auditoría, la cual debe ser constante y periódica. Se propone realizarla de forma semanal. Una vez adquirida la disciplina por parte de los involucrados en el proceso, se podrá disminuir la frecuencia de la auditoría. Para esto se cuenta con un formato presentado en el Anexo 12.

4.5.1.2. Mejora continua

La mejora continua forma parte del crecimiento de cualquier empresa. Las compañías, en los actuales tiempos, deben estar ajustadas a los cambios del futuro, por lo tanto, deben estar en una constante búsqueda de optimización. Para la metodología 5s, es importante seguir mejorando, por lo tanto, se desarrolló un documento que facilitara estos resultados. El mencionado documento se enfocará en mejoras futuras. Esto se realiza a través de una plantilla presentada en el Anexo 13.

4.5.1.3. Conclusión Disciplina

Se deben dar capacitaciones continuas sobre los beneficios que tiene un puesto de trabajo organizado y ordenado.

Las plantillas mencionadas en las líneas anteriores tienen la opción de comparar el antes versus el después de la situación de Madeval. Por otro lado, este indicador es de suma importancia para la motivación de los empleados.

4.5.1.4. Cómo se va a seguir

Una vez concluido el proceso de 5s en el área de bodega, se debe expandir el proyecto a las demás áreas, identificando las más críticas. Expandir el proyecto a los diferentes departamentos direccionará a la compañía en nuevas políticas de calidad.

4.5.1.5. Tiempo de ejecución

El tiempo de ejecución está estimado en 28 días laborables. Cabe mencionar que el proceso de abordaje está enfocado al departamento de bodega. Una vez concluido, se tiene que expandir a otras áreas. El proceso de abordaje está diseñado para consolidarse en cualquier área, se tienen que implementar los mismos puntos señalados anteriormente. En el diagrama de Gantt se muestra el procedimiento de abordaje (Anexo 14).

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones:

- La recopilación de datos como las entrevistas a los dueños del proceso, fueron de suma importancia para aclarar los problemas que maneja la empresa.
- Una vez definido el listado de tableros pertenecientes al catálogo 2012, se encontró que había tableros sin suficiente información para ser analizados; no obstante mediante un plan agregado de los mismos, el análisis fue sencillo.
- Pronosticar a través de tipos de familias otorga suficiente información y elimina ruido. Se pueden reconocer con facilidad las tendencias, uniformidades o ciclos que una serie de tiempo puede tener.
- La política de inventario propuesta mejora la administración de los tableros, eliminando los picos extremos de inventario; por lo tanto, se mitigan las fallas de producción por falta de materiales.
- Mediante el sistema 5s, se optimiza al máximo la política de inventario, se estandarizan espacios para la clasificación de los tableros (cada tipo tendrá su propia identificación y política a seguir). Por lo tanto, se minimizan las fallas de producción.
- Mediante los pronósticos, se puede notar un crecimiento en la demanda de los diferentes modelos de tableros, debido a que los grupos 2, 3 y 5 mantienen una tendencia positiva, mientras que el grupo 1 y 4 mantienen uniformidad. Una vez que se conoce la demanda para cada uno de los grupos y los tiempos de entrega,

se desprende que el modelo de inventario a seguir debe ser determinístico ya que cumple con los supuestos del mismo.

- Mediante el modelo de inventario propuesto para cada grupo se obtuvo un promedio global mensual de 1.398 tableros en bodega y sus puntos máximo y mínimo varían en 58 tableros con respecto al promedio; este supuesto mitigará paralizaciones de producción por falta de materiales y stock en exceso en el área de bodega.
- El modelo de inventario EOQ es el apropiado para cada grupo debido a que los grupos 1 y 4 manejan demandas y plazos de entrega ciertos y constantes. Por otro lado, los grupos 2, 3 y 5 manejan demandas y plazos de entrega inciertos y aleatorios; por consiguiente se puede utilizar otro tipo de modelos de inventario como Wagner y Whitin (WW), pero la solución del mismo maneja lotes de pedidos bimensuales, lo que no es factible debido a la cantidad de tableros que se mantendrían en bodega. Por lo tanto, se utiliza el modelo de inventario EOQ ya que se manejan lotes pequeños y constantes para cada uno de los Grupos conformados.
- En la función del modelo de programación, no se conoce una variable que es la demanda futura para cada uno de los modelos de tableros. Por lo tanto, se realiza un pronóstico para la demanda de acuerdo a la teoría de paseo aleatorio el mismo que, mediante un ruido blanco y de acuerdo al último dato, pronostica la demanda de cada uno de los modelos de tableros.

Recomendaciones:

- El estudio 5s debe ser aplicado a la totalidad de la planta, la prueba piloto se realizará en el área de Bodega. Una vez concluido, se tiene que implementar en las diferentes áreas productivas de la empresa.
- Se propone crear una política que reduzca los tableros que se encuentran fuera de catálogo. Construir muebles con estos tableros al precio de fábrica, recuperaría la inversión realizada.
- Se debe crear, dentro del ERP de la empresa, la opción de bodegas virtuales, que identifique fácilmente los tableros disponibles, además de los retazos de tableros que son utilizables.
- Para los tableros que son nuevos, es decir aquellos que no entran en catálogo, se debe incluir como Grupo 5, registrar la demanda y, mediante la información, identificar los niveles de inventario.
- Se recomienda construir un espacio específico para el material que no se usa y que está dentro de la planta. Este material ocupa espacio y está dificultando el trabajo del operador de montacargas, así como el de los operadores en la zona de producción.

Bibliografía

5's Workplace organisation and standar. (s.f.).

Albeanu, M., Hunter, I., & Radford, J. (2010). *Six Sigma in HRTransformation*. Burlington: Gower Publishing Limited.

Alemán Vargas, F. (19 de 01 de 2012). *El Financiero*. Obtenido de El Financiero:

http://www.elfinanciero.com/economia/tema_05_2012/economia_01_2012.pdf

Anderson, D. R., Sweeney, D., & Thomas, W. (2004). *Métodos Cuntitativos para los negocios*.

Buenos Aires: Argentina.

Durán, A., & Ferreirós, J. (2001). *El Valor de las Matemáticas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

EDIMCA. (s.f.). *Historia de la empresa*. Recuperado el 11 de 02 de 2012, de EDIMCA:

<http://www.edimca.com.ec/>

Eukalit (Dirección). (2008). *Metodología 5s Euskalit* [Película].

George, M. (2005). *The Leam six sigam pocket toolbook*. New York: McGraw-Hill.

Ghiani, G., Laporte, G., & Roberto, M. (2004). *Introduction to Logistic System Planning and Control*. Chichester: John Wiley & Sons.

Gil, A. (2009). *e-libro Universidad San Francisco de Quito*. Recuperado el 19 de Octubre de 2011, de

<http://site.ebrary.com/lib/bibusfqsp/docDetail.action?docID=10316216&p00=inventario>

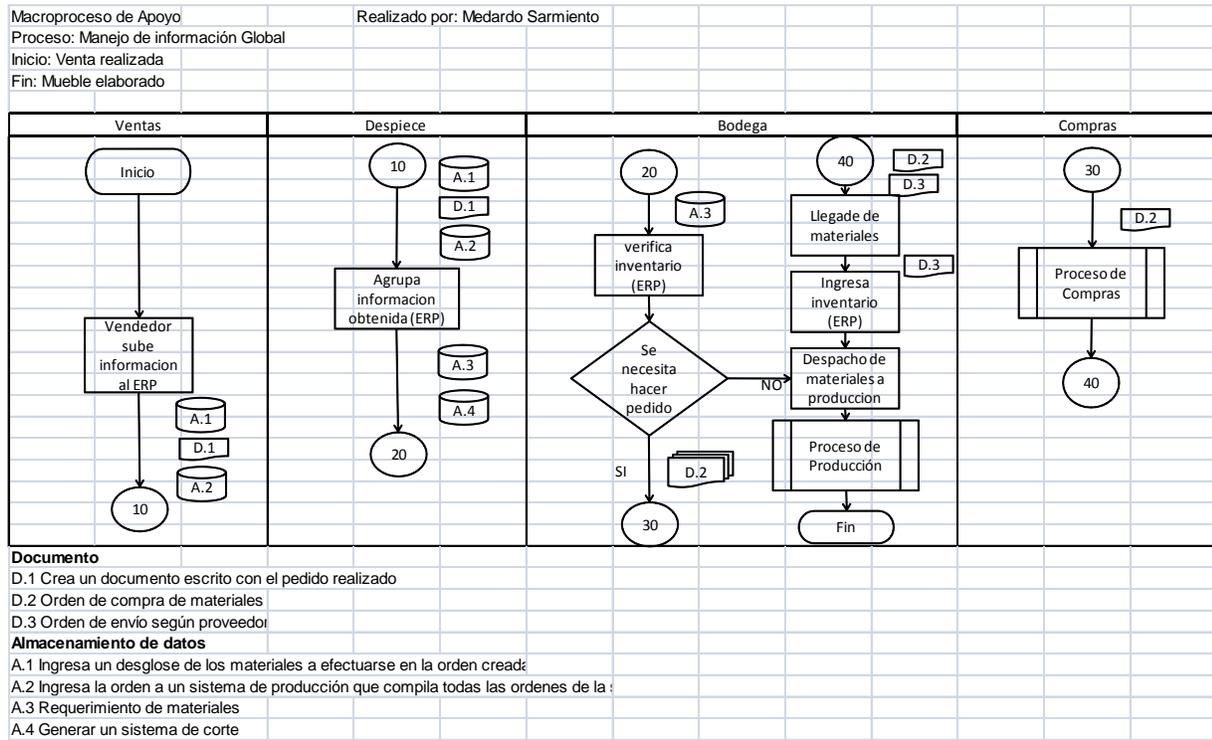
s

Gonzales, A., & Andrade, O. (Mayo de 2010). Propuesta para la reduccion de producto no conforme en el proceso de reencauche al frio en Industrial Oso Tires S.A. Quito, Pichincha.

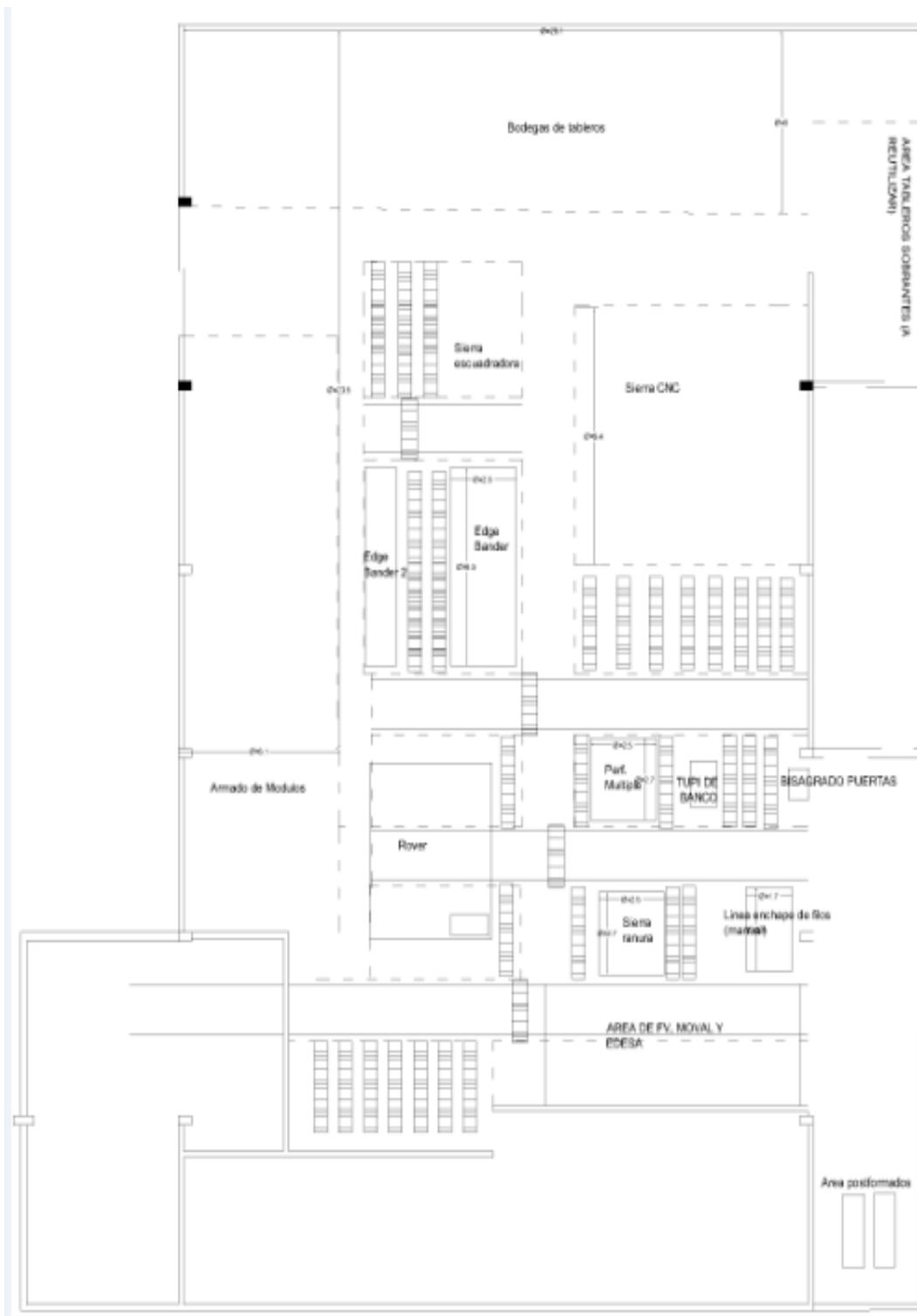
- Hax, A., & Candea, D. (1984). *Production and Inventory Management*. New York: Englewood Cliffs.
- Hopp, & Spearman, M. (2008). *Factory Physics*. New York: McGraw Hill.
- Juran, J., Gryna, F., & Bingham, R. (2005). *Manual de Control de Calidad*. Barcelona: Reverté.
- Madeval. (2010). *Historia de Madeval*. Recuperado el 15 de 10 de 2011, de Madeval 2010:
<http://www.madeval.com/historia.html>
- Montenegro, L. (Mayo de 2007). Optimizacion del proceso de logistica de efectivo con la aplicacion de la metodología Seis Sigma . Quito, Pichincha, Ecuador.
- Nahmias, S. (2007). *Analisis de la produccion y las operaciones*. Mexico D.F: McGraw-Hill.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2006). Ingenieria Industrial. En *Metodos, Estandares y Diseno de trabajo* (pág. 34). Mexico D.F: Alfaomega.
- Pande, P., Neuman, R., & Roland, C. (2004). Las claves practica de seis sigma. En *Una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos* (pág. 67). España: McGra Hill.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbok*. New York: McGraw-Hill.
- Rember, B. (1996). Principios de Administración de Operaciones. Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Reynard, S. (28 de Julio de 2009). *Inventarios*. *ORG*. Recuperado el 11 de 11 de 2011, de <http://inventarios.org/2009/07/28/anlisis-de-pareto/>
- Trujillo Martínez, D. (2011). *Análisis y Mejoramiento de satisfacción al cliente de dod productos de IMPACAF S.A. Utilizando herramientas del Diseño por Six Sigma y del Mejoramiento de Procesos Six Sigma*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Yang, K., & El-Haik, B. (2003). *Design for six sigma*. New York: McGraw Hill.

Anexos

Anexo 1: Diagrama de flujo de información



Anexo 2: Disposición de Madeval



Anexo 3: Listado de tableros para catálogo 2012

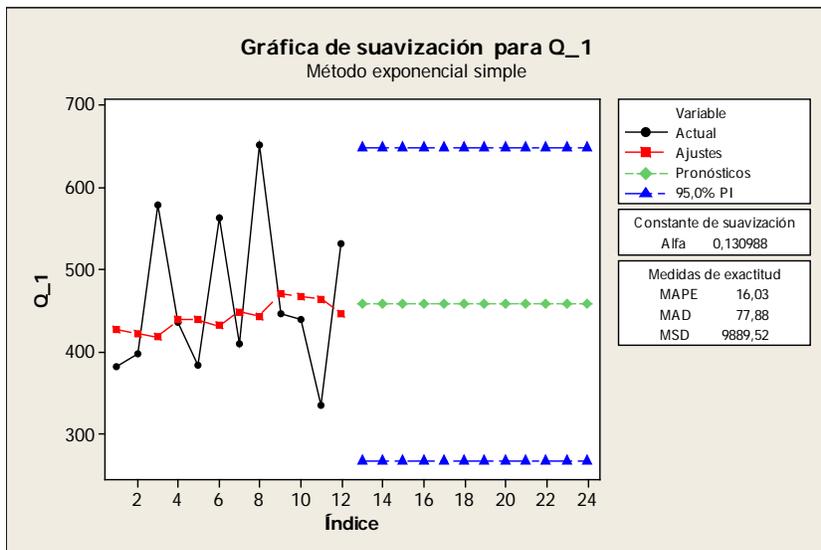
Tableros a utilizar en el catálogo 2012	
NOVOKOR 7*8*15 BLANCO/BLANCO	DURAPLAC 7*8*18 NUEZ/NUEZ
NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO	NOVOKOR 7*8*06 MOKA/BLANCO
NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO	NOVOKOR 7*8*15 ROBLE GRIS MATRIX/BLANCO
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/BLANCO	NOVOKOR 7*8*06 WENGUE/BLANCO
DURAFIBRA 6*8*15 BLANCO/CRUDO	NOVOKOR 7*8*30 MOKA MATRIX/MOKA MATRIX
NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/BLANCO	NOVOKOR 7*8*15 MOKA/MOKA
NOVOKOR 7*8*15 ROBLE/BLANCO	NOVOKOR 7*8*06 LINO/BLANCO
NOVOKOR 7*8*15 SAPELI/BLANCO	DURAPLAC 7*8*18 ROBLE FRANCES/ROBLE FRANCES
MADEFIBRA 6*8*16 SAPELI/SAPELI	NOVOKOR 7*8*18 ROBLE/ROBLE
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/NUEZ	MADEFIBRA 6*8*19 WENGUE/WENGUE PREFAB
NOVOKOR 7*8*15 HAYA CATEDRAL/BLANCO	FIBRAPLAC 6*8*30 CRUDO/CRUDO
NOVOKOR 7*8*15 LINO/BLANCO	MADEFIBRA 6*8*19 ZEBRANO/ZEBRANO PREFAB
NOVOKOR 7*8*15 GRIS/GRIS	NOVOKOR 7*8*18 EBANO MATRIX/EBANO MATRIX
NOVOKOR 7*8*15 CHAMPAGNE/BLANCO	MADEFIBRA 6*8*19 SEIKE/SEIKE
DURAPLAC 7*8*15 ROBLE FRANCES/ROBLE FRANCES	NOVOKOR 7*8*18 WENGUE/WENGUE
NOVOKOR 7*8*15 MOKA MATRIX/MOKA MATRIX	NOVOKOR 7*8*18 WENGUE/WENGUE
NOVOKOR 7*8*18 MOKA/MOKA	DURAPLAC 7*8*30 ROBLE FRANCES 3D/ROBLE FRANCES 3D
NOVOKOR 7*8*15 NOGAL/BLANCO	NOVOKOR 7*8*18 ROBLE GRIS MATRIX/ROBLE GRIS MATRIX
DURAPLAC 7*8*06 ROBLE FRANCES/BLANCO	NOVOKOR 7*8*06 ROBLE GRIS MATRIX/BLANCO
NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/WENGUE	DURAPLAC 7*8*30 NUEZ 3D/NUEZ 3D
NOVOKOR 7*8*06 MOKA/BLANCO	NOVOKOR 7*8*18 LINO/LINO
NOVOKOR 7*8*15 LINO/LINO	MADEFIBRA 6*8*19 TEKA/TEKA
NOVOKOR 7*8*06 ROBLE/BLANCO	NOVOKOR 7*8*15 EBANO MATRIX/EBANO MATRIX

Anexo 4: Costo de modelos de tableros

Modelo de inventario	Costo
DURAFIBRA 6*8*15 BLANCO/CRUDO	\$ 44,23
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/BLANCO	\$ 57,61
DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/NUEZ	\$ 64,68
DURAPLAC 7*8*18 NUEZ/NUEZ	\$ 70,69
DURAPLAC 7*8*06 ROBLE FRANCES/BLANCO	\$ 42,68
DURAPLAC 7*8*15 ROBLE FRANCES/ROBLE FRANCES	\$ 65,20
DURAPLAC 7*8*18 ROBLE FRANCES/ROBLE FRANCES	\$ 71,69
DURAPLAC 7*8*30 ROBLE FRANCES 3D/ROBLE FRANCES 3D	\$ 41,76
DURAPLAC 7*8*30 NUEZ 3D/NUEZ 3D	\$ 88,76
FIBRAPLAC 6*8*30 CRUDO/CRUDO	\$ 82,48
MADEFIBRA 6*8*16 SAPELI/SAPELI	\$ 143,38
MADEFIBRA 6*8*19 SEIKE/SEIKE	\$ 87,34
MADEFIBRA 6*8*19 TEKA/TEKA	\$ 112,04
MADEFIBRA 6*8*19 WENGUE/WENGUE PREFAB	\$ 104,38
MADEFIBRA 6*8*19 ZEBRANO/ZEBRANO PREFAB	\$ 162,19
NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BLANCO	\$ 35,96
NOVOKOR 7*8*06 LINO/BLANCO	\$ 40,97
NOVOKOR 7*8*06 MOKA/BLANCO	\$ 41,86
NOVOKOR 7*8*06 MOKA/BLANCO	\$ 41,86
NOVOKOR 7*8*06 ROBLE GRIS MATRIX/BLANCO	\$ 41,79
NOVOKOR 7*8*06 ROBLE/BLANCO	\$ 1,51
NOVOKOR 7*8*06 WENGUE/BLANCO	\$ 36,71
NOVOKOR 7*8*15 BLANCO/BLANCO	\$ 43,09
NOVOKOR 7*8*15 CHAMPAGNE/BLANCO	\$ 44,88
NOVOKOR 7*8*15 EBANO MATRIX/EBANO MATRIX	\$ 57,82
NOVOKOR 7*8*15 GRIS/GRIS	\$ 53,11
NOVOKOR 7*8*15 HAYA CATEDRAL/BLANCO	\$ 46,26
NOVOKOR 7*8*15 LINO/BLANCO	\$ 48,52
NOVOKOR 7*8*15 LINO/LINO	\$ 54,06
NOVOKOR 7*8*15 MOKA MATRIX/MOKA MATRIX	\$ 57,54
NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLANCO	\$ 46,19
NOVOKOR 7*8*15 MOKA/MOKA	\$ 18,99
NOVOKOR 7*8*15 NOGAL/BLANCO	\$ 48,23
NOVOKOR 7*8*15 ROBLE GRIS MATRIX/BLANCO	\$ 47,91
NOVOKOR 7*8*15 ROBLE/BLANCO	\$ 39,06
NOVOKOR 7*8*15 SAPELI/BLANCO	\$ 48,56
NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/BLANCO	\$ 48,55
NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/WENGUE	\$ 57,77
NOVOKOR 7*8*18 EBANO MATRIX/EBANO MATRIX	\$ 57,24
NOVOKOR 7*8*18 LINO/LINO	\$ 60,37
NOVOKOR 7*8*18 MOKA/MOKA	\$ 56,98
NOVOKOR 7*8*18 ROBLE GRIS MATRIX/ROBLE GRIS MATRIX	\$ 59,81
NOVOKOR 7*8*18 ROBLE/ROBLE	\$ 60,13
NOVOKOR 7*8*18 WENGUE/WENGUE	\$ 60,77
NOVOKOR 7*8*18 WENGUE/WENGUE	\$ 60,77
NOVOKOR 7*8*30 MOKA MATRIX/MOKA MATRIX	\$ 55,97

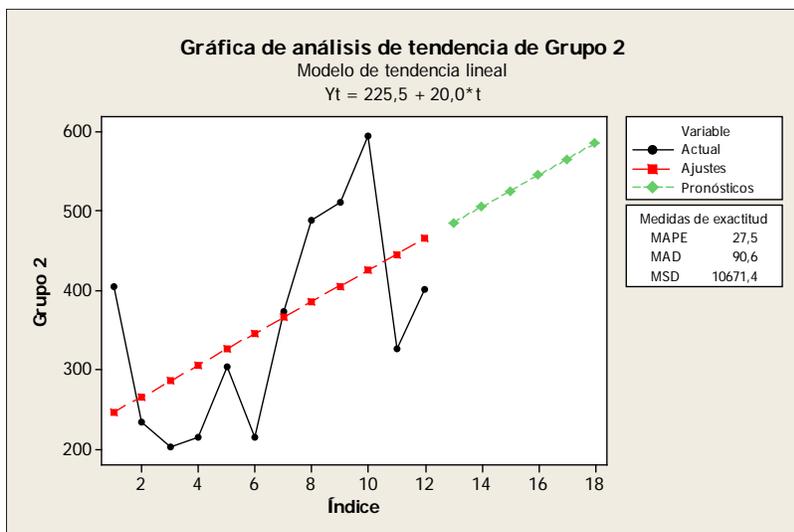
Anexo 5: Gráfica de pronóstico

Grupo 1



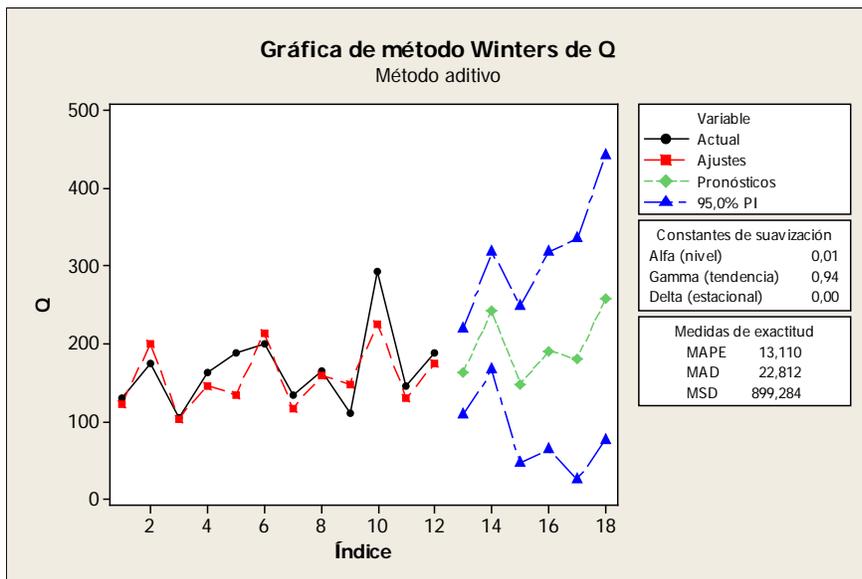
Como se puede ver, el método de pronóstico es el suavizamiento exponencial simple con un error porcentual (MAPE) de 16,03%, se considerara un buen pronóstico para el año 2012.

Grupo 2



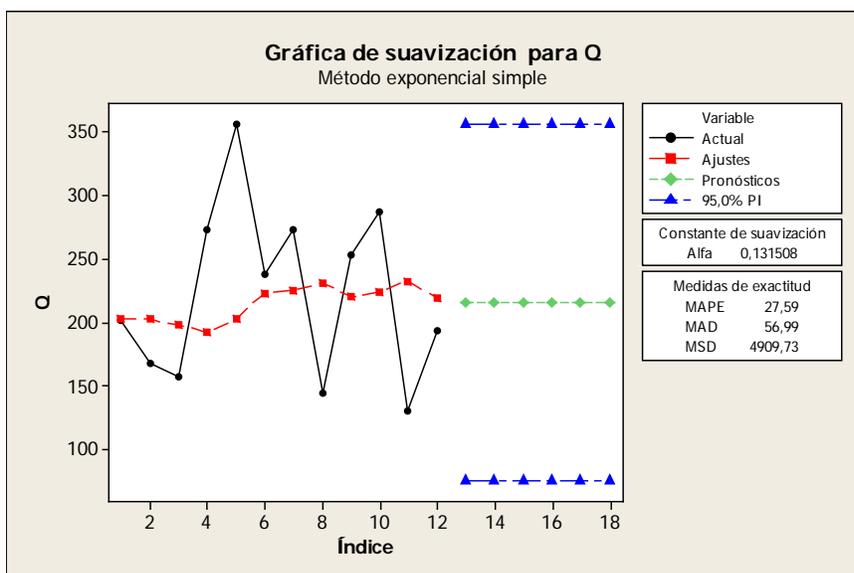
Como muestra el gráfico, el grupo 2 mantiene una tendencia positiva pronunciada en la demanda de los modelos de tableros y se ajusta a un error porcentual aceptable de 27,5%.

Grupo 3



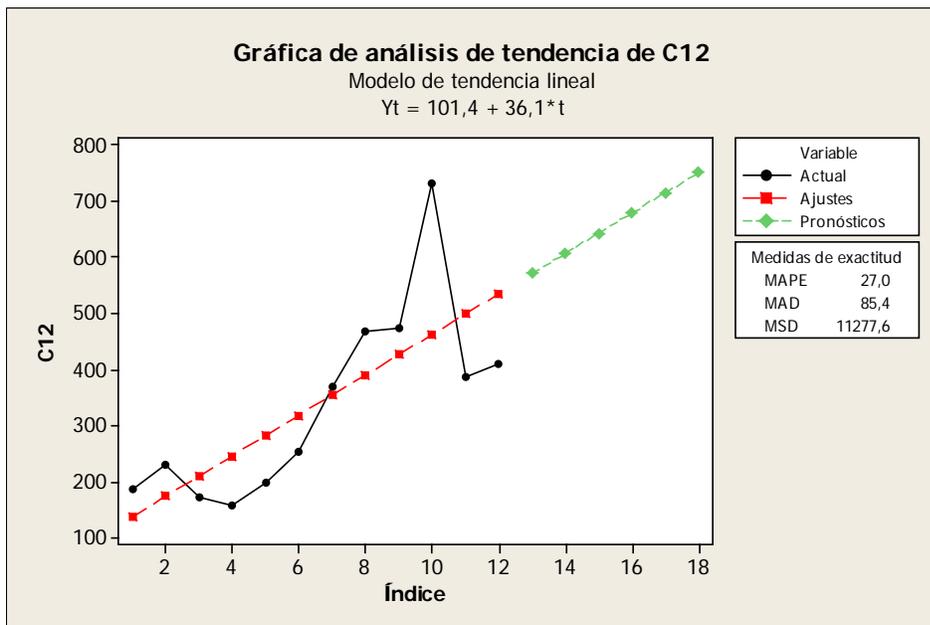
Se puede observar estacionalidad y tendencia, por lo tanto el método de Winters es la mejor opción de pronóstico con un error porcentual aceptable de 13,1%.

Grupo 4



Se puede ver una demanda uniforme que oscila en un rango determinado, por lo tanto se escoge el método de suavizamiento exponencial simple, con un error porcentual aceptable de 27,59%.

Grupo 5



Se puede observar una demanda pronunciada creciente bimestre tras bimestre, por lo tanto se escoge al modelo de tendencia lineal con un error aceptable porcentual de 27%.

Anexo 6: Política de modelos de tablero desagregado

	NOVOKOR 7*8*15 BLANCO/BL ANCO	NOVOKOR 7*8*15 MOKA/BLA NCO	NOVOKOR 7*8*06 BLANCO/BL ANCO	DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/BLAN CO	DURAFIBRA 6*8*15 BLANCO/CR UDO	NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/BL ANCO
1y2	227	41	41	24	24	18
3y4	227	42	42	29	29	23
5y6	227	43	43	21	23	17
7y8	227	43	43	26	24	17
9y10	227	44	45	25	25	17
11y12	227	45	45	30	30	23
	NOVOKOR 7*8*15 ROBLE/BLA NCO	NOVOKOR 7*8*15 SAPELI/BLA NCO	MADEFIBRA 6*8*16 SAPELI/SAP ELI	DURAPLAC 7*8*15 NUEZ/NUEZ	NOVOKOR 7*8*15 HAYA CATEDRAL/ BLANCO	NOVOKOR 7*8*15 LINO/BLAN CO
1y2	17	13	5	6	5	1
3y4	23	12	5	5	8	2
5y6	13	15	7	4	5	1
7y8	13	15	6	5	2	8
9y10	13	15	6	6	4	8
11y12	12	25	7	7	4	5
	NOVOKOR 7*8*18 MOKA/MOK A	NOVOKOR 7*8*15 NOGAL/BLA NCO	NOVOKOR 7*8*15 GRIS/GRIS	DURAPLAC 7*8*15 ROBLE FRANCES/R OBLE FRANCES	NOVOKOR 7*8*15 MOKA MATRIX/M OKA MATRIX	NOVOKOR 7*8*15 CHAMPAGN E/BLANCO
1y2	5	5	4	2	4	4
3y4	3	4	3	2	4	5
5y6	5	4	5	5	4	3
7y8	3	3	4	4	4	4
9y10	3	4	5	4	5	6
11y12	4	3	6	4	2	2
	DURAPLAC 7*8*06 ROBLE FRANCES/B LANCO	NOVOKOR 7*8*15 WENGUE/W ENGUE	NOVOKOR 7*8*15 LINO/LINO	NOVOKOR 7*8*06 MOKA/BLA NCO	NOVOKOR 7*8*06 ROBLE/BLA NCO	DURAPLAC 7*8*18 NUEZ/NUEZ
1y2	1	4	1	3	4	3
3y4	3	2	4	4	3	3
5y6	4	5	1	3	2	3
7y8	4	3	4	4	3	2
9y10	3	3	4	4	3	3
11y12	4	4	4	2	3	1

	NOVOKOR 7*8*06 MOKA/BLA NCO	NOVOKOR 7*8*15 ROBLE GRIS MATRIX/BL ANCO	NOVOKOR 7*8*06 WENGUE/BL ANCO	NOVOKOR 7*8*30 MOKA MATRIX/M OKA MATRIX	NOVOKOR 7*8*15 MOKA/MOK A	NOVOKOR 7*8*06 LINO/BLAN CO
1y2	3	1	2	1	3	1
3y4	4	1	1	3	2	2
5y6	2	3	3	1	1	1
7y8	1	3	2	3	1	2
9y10	1	2	1	1	1	2
11y12	2	3	3	1	1	3
	DURAPLAC 7*8*18 ROBLE FRANCES/R OBLE FRANCES	NOVOKOR 7*8*18 ROBLE/ROB LE	FIBRAPLAC 6*8*30 CRUDO/CRU DO	MADEFIBRA 6*8*19 ZEBRANO/Z EBRANO PREFAB	NOVOKOR 7*8*18 EBANO MATRIX/EB ANO MATRIX	MADEFIBRA 6*8*19 SEIKE/SEIKE
1y2	2	1	2	1	1	2
3y4	2	1	2	1	1	2
5y6	2	1	1	3	2	1
7y8	2	1	2	2	1	1
9y10	2	5	1	1	2	1
11y12	2	1	1	1	3	3
	NOVOKOR 7*8*18 WENGUE/W ENGUE	NOVOKOR 7*8*18 WENGUE/W ENGUE	DURAPLAC 7*8*30 ROBLE FRANCES 3D/ROBLE FRANCES 3D	NOVOKOR 7*8*18 ROBLE GRIS MATRIX/RO BLE GRIS MATRIX	MADEFIBRA 6*8*19 WENGUE/W ENGUE PREFAB	NOVOKOR 7*8*06 ROBLE GRIS MATRIX/BL ANCO
1y2	1	1	1	1	2	1
3y4	1	1	1	1	3	1
5y6	2	2	1	1	1	2
7y8	1	1	2	1	2	1
9y10	1	1	1	1	1	1
11y12	2	2	1	2	2	1
	DURAPLAC 7*8*30 NUEZ 3D/NUEZ 3D	NOVOKOR 7*8*18 LINO/LINO	MADEFIBRA 6*8*19 TEKA/TEKA	NOVOKOR 7*8*15 EBANO MATRIX/EB ANO MATRIX		
1y2	1	1	1	1		
3y4	1	1	1	1		
5y6	1	1	1	1		
7y8	1	1	1	1		
9y10	1	1	1	1		
11y12	1	1	1	1		

Anexo 7: Clasificación de elementos innecesarios

Área: _____

Fotografía	Descrpción	Clasificación	Lugar	Cantidad	Código

Fecha: _____

Elaborado: _____ Firma: _____

Anexo 8: Acciones correctivas a tomar

Cod: _____

Contestación de las 4 preguntas:

¿Qué se debe hacer?

¿Quién lo debe hacer?

¿Cuándo se debe hacer?

Fecha de inicio: _____

Fecha de finalización: _____

¿Dónde se debe hacer?

Indicador de mejora	
Fotografía: Situación anterior	Fotografía: Situación actual

Anexo 11: Tarjeta de identificación

1. Nombre de tablero "G1"
2. Cantidad mínima de tableros
3. Cantidad óptima de pedido

1. Nombre de tablero "G2"
2. Cantidad mínima de tableros
3. Cantidad óptima de pedido

1. Nombre de tablero "G3"
2. Cantidad mínima de tableros
3. Cantidad óptima de pedido

1. Nombre de tablero "G4"
2. Cantidad mínima de tableros
3. Cantidad óptima de pedido

1. Nombre de tablero "G5"
2. Cantidad mínima de tableros
3. Cantidad óptima de pedido

Anexo 12: Auditoría 5s

Factores	Calificación	Observaciones
Clasificación		
Desechos controlados		
Clasificación de materiales		
Ordenar		
Materia prima en zona		
Elementos de apollo en zona		
Materiales de limpieza en zona		
Elementos con su respectivo nombre		
Limpieza		
Elementos de limpieza completos		
Procedimientos de limpieza cumplidos		
Estandarización		
Cumplimientos de stock		
Fallas de producción por falta de stock		
Disciplina		
Auditorías realizadas por tiempo establecido		

Total

Nota: Calificación del 1 al 10, donde 1 es no cumple, 5 aceptable y 10 cumple

Fórmula de cumplimiento: $(\text{Total} * 100) / 110$

Anexo 13: Mejora Continua

Contestación de las 5w

Cuál es el problema?

Qué se debe hacer?

Quién lo debe hacer?

Cúando se debe hacer?

Fecha de inicio: _____

Fecha de finalización: _____

Dónde se debe hacer?

Tiempo de llegada de recursos,

Anexo 14: Cronograma tipo Gantt

