

**MODELO DE ALTERNANCIA PARA OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL EFICIENCIA Y
COSTO OPERACIONAL EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA COMPAÑÍA
CHALLENGER S.A.S.**

HÉCTOR FRANCISCO RUÍZ FLECHAS

JAIRO HUMBERTO SILVA MORA

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN –MBA-
BOGOTA D.C
2019**

**MODELO DE ALTERNANCIA PARA OPTIMIZACIÓN DEL NIVEL EFICIENCIA Y
COSTO OPERACIONAL EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA COMPAÑÍA
CHALLENGER S.A.S.**

HÉCTOR FRANCISCO RUÍZ FLECHAS

JAIRO HUMBERTO SILVA MORA

**Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Administración - MBA**

**NELSON RODRÍGUEZ MONTAÑA
M. Sc. Ingeniero Industrial**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN –MBA-
BOGOTA D.C
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de Maestria

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., octubre de 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García -Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Maestría en Administración - MBA

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Este trabajo de grado, para la obtención del título de Maestría en Administración de Negocios, lo dedicamos en primer lugar a Dios, quien nos ha mirado con bondad y premiado con la oportunidad de enriquecer nuestros conocimientos, lo cual hace que seamos seres privilegiados, brindándonos la capacidad académica y el liderazgo para desarrollar esta propuesta.

En segundo lugar, dedicamos este trabajo a todo el cuerpo Docente de la Fundación Universidad de América quienes, con su compromiso y dedicación, lograron motivar e incentivar este proyecto y nos brindaron el respaldo académico y profesional para cumplir con esta meta.

Destacando en adición, que se tuvo la participación activa al interior del desarrollo del trabajo y el compromiso de Gerardo Sánchez (Analista de Ingeniería de Planta en de Challenger S.A.S.) para el suministro y recabado de la información y de David Santiago López (estudiante de matemáticas aplicadas a las ciencias de la computación en la Universidad del Rosario), en la construcción del algoritmo de validación y por supuesto, del M. Sc. Nelson Rodríguez Montaña (director del Trabajo de Grado) con el acertado direccionamiento y estructuración del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

De igual forma, agradecemos especialmente a nuestras familias, a quienes les limitamos una parte del tiempo que compartimos y se constituyeron en el apoyo y soporte que requeríamos para este proyecto.

Finalmente, agradecemos a todos nuestros compañeros del grupo de la maestría, quienes hicieron de este viaje al conocimiento y saber, una de las experiencias más gratas que, de seguro, recordaremos toda la vida.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se fundamenta en establecer un modelo de programación que se pueda ejecutar en escenarios futuros de producción en ambientes *MPS* y *MRP II* para mejorar la eficiencia global de planta (*OEM*), a través de la disminución de los tiempos destinados a montajes basados en la disminución del número de los mismos, más que en la reducción del tiempo de montaje en sí mismo, en los procesos productivos de las compañías manufactureras, sin afectar los requerimientos de la demanda y buscando minimizar los factores de pérdida asociados a los cambios requeridos para atender la misma, a ser validado por procesos de simulación en una de las plantas de electrodomésticos de Challenger S.A.S.

El área de gestión de producción y operaciones afecta de forma significativa los resultados de las empresas la razón es bien simple, en los procesos de producción es donde la empresa genera su mayor o menor valor agregado sobre los recursos que utiliza en dichos procesos y este valor es la fuente del beneficio que obtendrá la empresa. De esta forma la gestión se basa en optimizar el valor agregado de tales procesos. Este enfoque ha demostrado que, con la adecuada estrategia que involucre al sistema productivo pueden alcanzarse niveles elevados de eficiencia y por tanto de competitividad.

Los sistemas de información son el conjunto de procesos que operando sobre una colección de datos es tratada según las necesidades de la empresa, elaboran y distribuyen la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, apoyando el tema de decisiones necesarias para desempeñar los procesos de negocio de acuerdo con la estrategia empresarial, la gestión de Challenger S.A.S. se apoya con base en la evolución tecnológica en un sistema de planeación de recursos empresariales ERP, adecuados al tamaño de sus operaciones y a la medida de sus necesidades.

Esta experiencia permitió demostrar la disminución en el aumento de montajes y desperdicios de material, lo que conlleva a una mayor eficiencia en la utilización de la mano de obra, así como liberación de la capacidad de producción en planta que se tradujeron en resultados económicos debido a las bondades de la aplicación del modelo de alternancia.

Palabras claves: Gestión de Producción de Operaciones, Sistemas de Información, Modelo de Alternancia, Capacidad de Producción y Gestión de Inventarios.

ABSTRACT

Present research work is based on establishing a programming model that allows execution in future production scenarios in MPS and MRP II environments to improve the Overall equipment manufacturing efficiency through reduction of preparation and setting times by the elimination of a percentage of the preparation events, over the techniques of effective reduction of the time taken to do that, in the productive processes of the manufacturing companies, with not negative effect in demand requirements and looking minimize loss factors associated to required changes to fulfill it, to be validated by simulation processes at one of the house hold appliances of Challenger S.A.S.

Production management and operations area significantly affects the results of the companies, the reason is very simple, in the production processes it is where the company generates its greater or lesser added value on the resources it uses in these processes and this value is the source of the benefit that the company will obtain. In this way the management is based on optimizing the added value of such processes. This approach has shown that, with the appropriate strategy that involves the productive system, high levels of efficiency and therefore of competitiveness can be achieved.

Information systems are the set of processes that operate on a collection of data is treated according to the needs of the company, prepare and distribute the information necessary for the operation of said company and for the corresponding management and control activities, supporting the issue of decisions necessary to perform business processes in accordance with business strategy, the management of Challenger S.A.S. It is based on technological evolution in an ERP enterprise resource planning system, appropriate to the size of its operations and tailored to its needs.

This experience allowed us to demonstrate the decrease in the number of settings and waste of material, which led to greater efficiency in the use of labor as well as release of the production capacity in plant that translated into economic results due to the benefits of the application of the alternation model.

Keywords: Operations production management, information system, alternation model, production capacity, stock management.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
OBJETIVOS	20
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.3 NECESIDAD DEL MODELO	25
1.4 VENTAJAS DEL MODELO	25
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. ESTADO DEL ARTE (MARCO TEÓRICO)	27
3.1 PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN	27
3.1.1 Modelos de planeación de producción	27
3.2 MODELOS INDUSTRIALES	27
3.2.1 Sistemas MRP	29
3.2.2 Escenarios de simulación	30
3.2.3 Planificación agregada	30
3.2.4 Planificación regenerativa	30
3.2.5 Posponement	31
3.2.6. Método	31
3.2.7 Modelos actuales	32
3.3 GESTIÓN DE INVENTARIOS	33
3.3.1 Programa Maestro de Producción (PMP).	35
3.3.2 Objetivos del plan maestro de producción	36
4. HIPÓTESIS	37
4.1 LIMITACIONES	37
4.2 ¿ENTONCES CUÁL ES LA PROPUESTA?	37
4.2.1 Base del concepto	37
4.2.2 Bondad del concepto	37
5. METODOLOGÍA	39
5.1 ETAPA IDEACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN	42
5.1.1 Propuesta del modelo	43
5.1.2 Instrumento de operación del modelo	47
5.2 ETAPA DE CARACTERIZACIÓN	50
5.3 ETAPA ANÁLISIS	51
5.4 ETAPA PROCESO DE DESARROLLO	51
5.5 ETAPA VALIDACIÓN	56
5.6 ETAPA EJECUCIÓN DEL MODELO	58

6. ALGORITMO	60
6.1 MODELO CONCEPTUAL DE DESARROLLO DE LA PROPUESTA	60
6.2 EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE PROPUESTA	62
6.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN	62
6.3.1 Etapa de preparación	63
6.3.2 Etapa de desarrollo	64
6.3.3 Etapa de evaluación	65
6.4 MATRICES DE DATOS EN INTERFAZ DE DESCARGA	65
6.5 SEUDOALGORITMO	66
6.6 MATRICES DE SALIDA EN EXCEL	71
6.7 ALGORITMO	71
6.8 MATRIZ DE COMPARACIÓN	71
6.9 CORRIDA DEL ALGORITMO	71
7. RESULTADOS	72
7.1 CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS	72
7.2 VARIACIÓN EN MEJORAMIENTO EN LOS FACTORES Y VARIABLES DEPENDIENTES CONSIDERADAS	76
8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	88
8.1 RESPUESTA A OBJETIVOS ESPECÍFICOS	88
8.2 VARIACIÓN EN EFICIENCIA	88
8.3 REDUCCIÓN DE COSTO POR MANO DE OBRA	89
8.4 COSTO DEL INVENTARIO DE PRODUCTO EN PROCESO	89
8.5 IMPACTO EN COSTO DE PRODUCTO	89
8.6 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	89
9. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Diferentes modelos	27
Cuadro 2. El Sistema MRP	29
Cuadro 3. Cronología	34
Cuadro 4. Familias y productos	45
Cuadro 5. Elementos comunes en producción	47
Cuadro 6. Listado de productos	49
Cuadro 7. Seudoalgoritmo	66
Cuadro 8. Versiones del Seudoalgoritmo	70
Cuadro 9. Costo mensual en planeación	73
Cuadro 10. Movimiento mensual en producción	74
Cuadro 11. Comparativo mes a mes y sus variaciones	75

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema Metodológico de Trabajo	40
Figura 2. Electrodomésticos Challenger S.A.S.. Cocina 1.6951.73	46
Figura 3. Electrodomésticos Challenger S.A.S.Campanas CX1.4762.73	46
Figura 4. Electrodomésticos Challenger S.A.S.Horno Eléctrico 1.2651.73	47
Figura 5. Áreas de transformación y líneas de ensamble	52
Figura 6. Almacenes	57
Figura 7. Líneas de producción A	60
Figura 8. Líneas de producción B	61
Figura 9. Líneas de producción C.	61
Figura 10. Variables	63
Figura 11. Condición actual de planeación de operaciones y costo	64
Figura 12. Sobre el modelo	65
Figura 13. Situación actual de la planta	65
Figura 14. Diagrama de flujo pseudoalgoritmo	69
Figura 15. Horno Eléctrico 1.2651.73	96
Figura 16. Campana CX 1.4762.73.	100
Figura 17. Cocina 1.6951.73	103

LISTA DE GRAFICOS

	pág.
Grafico 1. Comparativo costos por tiempo operativo	76
Grafico 2. Comperativo costo por tiempo de montajes	77
Grafico 3. Comparativo costo por desperdicio material plástico	77
Grafico 4 Comparativo costo por desperdicio material metálico	78
Grafico 5. Comparativo incremento costo de logística	79
Grafico 6. Comparativo incremento costos de almacenamiento	79
Grafico 7. Comparación costo por tiempo operativo	84
Grafico 8. Comparación costo tiempo montajes	84
Grafico 9. Comparación costo desperdicio material plástico	86
Grafico 10. Comparativo costo por desperdicio de material metálico	87

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Figuras de productos	96
Anexo B. Challenger S.A.S.- procedimiento para la planeación recursos de manufactura MRP	106
anexo C. Challengers.a.s. Procedimiento para la planeación maestra de la producción MPS	107
anexo D. Consolidado - matrices en excel	108
anexo E Algoritmo	109

GLOSARIO

ALTERNANCIA: Concepto de cambio cíclico

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA: Elemento sistémico que identifica las fallas potenciales en el proceso antes de que ocurra, con el fin de minimizar el riesgo que lo conlleva. (Valencia D.J, citado por Argüelles, O. J. L. 2018).

BAAN: ERP utilizado en Challenger SAS para planeación.

DDMRP: Demand driven manufacturing resources planning, planeación de recursos de manufactura bajo demanda.

ERP: Enterprise Resources Program.

FROZEN: congelado, en referencia a dejar inmovilizada la planeación de producción de un artículo.

LEAD Time Tiempo de entrega.

MAPA DE IDEAS: Es una herramienta fundamental que tiene como componente y elementos esenciales un conjunto de preguntas sobre el diseño, el cambio de diseño, el nuevo proceso, modificaciones en el proceso mismo en la optimización y la calidad que se especifica. (Argüelles, O. J. L.2018).

MAPA DE PROCESOS: Herramienta esencial en un sistema de gestión que describe un proceso completo e identifica las áreas de fortaleza y debilidad. Permite reducir la duración y los defectos del ciclo y a su vez identifica el valor de contribución individuales (GE, Coporate, Argentina, 2012 citado por Argüelles, O. J. L. 2018).

MAPA DE PRODUCTO: Es un instrumento que tiene por objeto visualizar los productos y marcas que resultan del mercado que se especifica ya que existe la necesidad del análisis de la información sobre los mercados actuales con el objeto de planificar estrategias de un nuevo producto con el cual se debe establecer criterios de análisis que pueden ser variables y cambiantes (Argüelles, O. J. L. 2018).

MPS: Master Planning Scheduling.

MRP II: Manufacturing Resources Planning.

MRP: Material Resources Planning.

MTO: Make to Order (Fabricación bajo pedido).

MTS: Make to Stock (Fabricación para Inventario).

PROCESO PRODUCTIVO: Dividió en tres partes diferenciados, con características propias de la industria, la primera parte dedicado a la investigación y al desarrollo se introduce al proceso de producción para disminuir los costos y cambiar las características del producto final. La segunda parte está dedicada a la producción sus componentes suman todas las etapas donde se involucra los insumos de alta tecnología y la ciencia que los interviene en el proceso de la producción. y por último la parte del trabajo productivo por la suma de todos los procesos mano de obra continua. (Minian, I. 2006)

PULL: Producción en Línea Sin Buffers llenos y basado en la demanda.

PUSH: Espacios de almacenamiento de paso en línea, o entre centros de trabajo de transformación.

REINGENIERÍA DE PROCESOS: Herramienta que tiene como la disrupción del sistema existente en su totalidad para edificar uno nuevo, libre de todo vicio de trabajo y con mejorías en el servicio, los costos, la optimización en los procesos entre otras. (IKaizen citado por Argüelles, O. J. L. 2018)

SISTEMA DE INFORMACIÓN: Representa una herramienta que induce a la eficacia y por tanto a la productividad siendo un conjunto de elementos interrelacionados aprensión, almacenamiento procesamiento y distribución de la información con objeto de apoyar la toma de decisión del control análisis y visión de la institución (Rodríguez, M. G., Balestrini, A. S., & Balestrini, A. S. 2002).

WIP: Work in process, inventario en proceso.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, existen en la actualidad herramientas sistematizadas disponibles que apoyan la planificación de la producción y las operaciones, las cuales incluyen la administración de prácticamente toda la cadena de suministros y son conocidas como ERP (Enterprise Resources Planing, por sus siglas en inglés). Cabe decir que estos softwares administran la demanda desde los pronósticos hasta la gestión de almacenes, pasando por la administración de compras, planificación de producción inventarios y distribución primaria a almacenes. En algunos casos enlazados con los clientes y sus demandas a través de los CRM (Customer Relationship Managment) y WMS (Warehousing Managment Systems) y con proveedores, a través de los SCM (Supply Chain Management).

Bajo las actuales circunstancias de producción, en la compañía Challenger S.A.S., se entiende la necesidad urgente de crear un modelo que evite comprometer un tiempo importante en cambios y cuadros de máquina, que además no genere inventario de partes más allá del necesario, permitiendo una reacción más corta para atender las demandas de los productos padres, mediante los cuales se busque minimizar el nerviosismo del sistema ante los cambios en el plan maestro, manteniendo el WIP, el nivel de servicio y, de manera indirecta, permitiendo al sistema de planificación una adecuada flexibilidad para migrar a procesos de planificación regenerativa y agregada, para conducir a la organización a disminuir los niveles de inventario de producto terminado.

No se debe olvidar que, en esencia, la planificación de compras y fabricación se basa en el plan maestro de fabricación de producto terminado, *MPS* (Máster *Production Schedule*) y el *MRP*, hoy desarrollado al nivel de *MRP II* que, por sus siglas en inglés indican *Material Requirements Planning*, y *Manufacturing Resources Planning* en su orden. Según esto, el *MPS* busca equilibrar la oferta con la demanda, considerando los inventarios de seguridad parametrizados, mediando en ellos el análisis de capacidades de centros de ensamble final y las fechas de necesidad, con las fechas de posibilidad.

A su vez, el *MRP* y el *MRP II*, buscan balancear la demanda dependiente de semielaborados, basados en rutas y listas de materiales, con las capacidades de los recursos involucrados, la disponibilidad de inventarios de materias primas y la capacidad de suministro de proveedores. Para este balance se recurre a los inventarios de seguridad de materias primas, componentes y semielaborados, a los plazos de seguridad y a los tiempos extras de producción. Se debe agregar que la capacidad del sistema *MPS / MRPII* de responder a la demanda depende, en esencia, de dos factores, (Considerando un modelo de producción anónima o especulativa; es decir *Up to Stock*). El primero es el asertividad de los pronósticos, el segundo es la correcta parametrización del software en términos de políticas de inventarios, lotificación, ratas de producción y capacidades de recursos.

La asertividad en los pronósticos se logra, en alguna medida, mediante procesos de planeación de ventas y operaciones, donde se busca elevar el nivel de servicio al cliente mediante métodos estadísticos que buscan considerar las condiciones de mercado y utilizar técnicas estadísticas para establecer presupuestos de ventas y pronósticos rodantes para predecir y ajustar, con adecuada anticipación, las demandas futuras del mercado y así ofrecer una información más precisa a los procesos que soportan el plan maestro de fabricación y se optimizan, mediante la evaluación del *mape* y el *wmape*, (*mean absolute percentage error*, y *weghted mean absolute percentage error*) a fin de evolucionar en la precisión de los pronósticos de ventas.

Los *ERP* tienen en todas sus funcionalidades dos áreas donde se consolida el modelo general de la empresa y la gestión de sus recursos. Una de estas áreas es el conjunto de parámetros que deben definirse en cada una de las funcionalidades del mismo, como almacenes, finanzas, compras ventas, planeación producción, etc., en donde se registra, cómo debe desempeñarse el software y cómo funcionan los algoritmos que lo componen en función del modelo de gestión predeterminado. La otra área es simplemente el conjunto de los datos dinámicos que entran y salen como consecuencia de la misma transaccionalidad generada en la operación diaria de la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer un modelo de programación que permita ejecutar la planificación de producción en ambientes MPS y MRP II, para mejorar la eficiencia en el proceso de producción en la planta de electrodomésticos Challenger S.A.S., sin afectar los requerimientos de la demanda, pero buscando minimizar los factores de pérdida asociados a cambios en el proceso de demanda, así como las cantidades de semielaborados resultantes de los procesos actuales de planificación de los programas de producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el modelo de programación que permita disminuir el número de montajes y arranques de máquinas.
- Reducir los desperdicios de materiales por cambios, arranques y calibraciones de máquina, en las operaciones de la planta.
- Disminuir la mano de obra dedicada a cada uno de los montajes y cuadros de máquina.
- Liberar capacidad de planta, para operaciones generadoras de valor.
- Estructurar un algoritmo para comprobar la funcionalidad del modelo diseñado y su puesta a punto para que muestre las bondades previstas, instrumento que valide la planificación alternante en ambiente *PUSH/PULL*.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Challenger S.A.S. es una compañía que tiene competencia no solamente con fabricantes locales como HACEB, MABE, etc., sino con algunos comercializadores de nivel internacional a saber, WHIRPOOL, LG, SAMSUNG, etc., por lo que se obliga a trabajar continuamente en hacer más liviana la carga de costos y lograr la eficiencia del proceso productivo.

En este sentido las empresas de fabricación de electrodomésticos nacionales se han interesado, en los últimos años, en mejorar su productividad y controlar sus costos de fabricación, con lo cual se tiene la necesidad de modelos y sistemas que les permitan obtener la información y elementos de juicio para una mejor administración del sistema productivo, y esta necesidad se ha tratado de satisfacer con la adaptación de software estandarizados que no han dado suficiente respuesta a todas las necesidades de eficiencia operacional en los sistemas productivos en las industrias (Bermeo 2002).

Las empresas deben establecer nuevas técnicas e implementar herramientas que les permitan mejorar su gestión, dada la inmensa competencia que imponen los mercados. Si bien es cierto, las empresas han realizado importantes avances tecnológicos y han implementado sistemas de planificación y control, también lo es, que siempre habrá lugar para la implementación de nuevos desarrollos que aporten mejoras sustanciales a los niveles de competitividad.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una organización manufacturera como Challenger S.A.S., enfrenta enormes retos de organización y planificación interna, considerando que el 68 y el 80% de sus costos totales están constituidos por los costos de fabricación.

En consecuencia, la competitividad misma de las organizaciones mantiene, en gran medida, una estrecha relación con la eficiencia con la que se pueda administrar esta parte de la ecuación. “En un entorno de alta competitividad, como el actual, es incuestionable la necesidad de ajustarse a la demanda, con el mínimo de recursos. Si se dispone de recursos en exceso, el ajustarse a la demanda no es difícil, lo que no es tan sencillo es ser capaz de atender una demanda con alta variabilidad y con el mínimo de recursos” (Ruiz de Arbulo López y Alvaréz Meaza 2010 citado de Bermeo 2002).

De la manera en que esta tarea se realice y el resultado que se obtenga en función de la satisfacción del cliente, depende la efectividad con la cual el capital invertido en las organizaciones, revierta los dividendos esperados por los inversionistas, y más allá de esto se pueda, o mejor se deba, constituir en un inductor de generación de valor económico que contribuya al diferencial de competitividad de la organización, y la lleve al nivel de organización de clase mundial.

En este objetivo las empresas entran al paradigma de satisfacer al cliente a toda costa, pero con la premisa de lograr el costo más bajo posible y para ello auscultan todas las posibilidades que ofrece la ingeniería industrial y las ciencias de la administración, además se apoyan en otras disciplinas y modelos entre los que se destacan como los más populares y, hasta ahora efectivos, las propuestas de planificación de recursos empresariales ERP, basados en la gestión de la demanda y la oferta y su equilibrio, y apoyados en los MRP ver anexo A (Material Resources Planing, por sus siglas en inglés), a través de modelos computacionales que ofrecen el software disponible en el mercado, el cual se encuentra en permanente evolución.

Según esto, el punto está en que la evolución generalmente se ve orientada hacia la rapidez de ejecución de sus algoritmos, o a través de la presentación de información en tiempo real con actualización simultánea en todos los ambientes de consulta, o la integración de los medios de conectividad, ya no solo en los intranets sino en los extranets, y las redes abiertas que permiten cada vez mayor flujo de información, con clientes, proveedores y, en general, con las partes interesadas (Stakeholders).

A lo anterior también se puede agregar que, en lo esencial, la evolución no ha sido tan dramática, y los pocos avances se han concentrado en las propuestas japonesas inicialmente enunciadas por Deming, y asumidas por los japoneses de forma extrema y efectiva, con tales resultados que se constituyeron en la base de la transformación del Japón de la postguerra que todos conocen.

Estas propuestas en la actualidad son una filosofía que pretende ser emulada casi universalmente, con las limitaciones culturales o físicas que cada escenario ofrece; además, sobre estas y de manera paralela, se han propuesto algunos modelos que pretenden generar cambio, como la reingeniería de los años 90 o los más modernos y extendidos sistemas de gestión integrados, los cuales responden hoy a una variedad de normas de carácter internacional, ante las cuales las organizaciones se ven forzadas o comprometidas en mayor o menor grado, a incorporarlas en sus esquemas productivos.

Estos modelos o métodos propenden por una mayor eficiencia en el control de operaciones administración de inventarios y disminución de desperdicios, así como un uso mucho más eficiente de la mano de obra directa; además, el cambio en lo esencial del proceso de planificación de operaciones, ha venido de la mano del MRP II, el cual no se limita hoy a la planificación de requerimiento de materiales, sino que se extiende a la planificación de todos los recursos de la manufactura, proponiendo análisis de capacidades, y confrontando escenarios de planificación para revertir el MPS ver anexo B (Plan maestro de producción) cuando el balance de demanda y oferta no esté en equilibrio, o cuando, estando en equilibrio, no resulta consistente con el plan de capacidades, o eventos indeseables de insuficiencia de inventarios, o las consabidas desviaciones de costo sobre el estándar.

En este interés de investigar nuevas formas de optimización, dentro de la operación de plantas industriales, ha aparecido recientemente el DDMRP, por sus siglas en inglés, (demand driven material resources planing), es una evolución propuesta sobre la clásica forma de planificar conocida como MRP, o MRP I, que hace referencia a la planeación del requerimiento de materiales, planteada por Chad Smith y Carol Ptak, discípulos de Eliyahu Goldrat, y fundadores del DDMRP Institute. Esta evolución parte de que siendo el MRP I la base de la planificación actual en las industrias, y de que no ha evolucionado desde 1965, se queda algo corta ante el entorno complejo en que hoy en día compiten las industrias, la alta variabilidad de la demanda y los mercados.

En esencia el planteamiento de estos autores se basa en las siguientes premisas:

- “*El MRP I* fue diseñado como un calculador perfecto de planes de producción “make to order”, hecho bajo pedido, por lo cual generalmente tiende a netear a 0 las cantidades a fabricar.
- *El MRP I* no fue diseñado para administrar inventarios.
- *El MRP I* solo produce programas realistas cuando se cumplen tres principios básicos que son:
 - La demanda es conocida y no cambia en el tiempo.
 - No hay variabilidad durante la ejecución del programa.
 - Los tiempos de suministro están dentro de los límites de tiempo tolerables por el cliente (*CCT*)” (Smith, Chad 2019)

La conclusión a la que se llega es que debido a lo anterior los *MRP*, los *MRP* no son suficientes para atender adecuadamente las necesidades de respuesta rápida de las compañías para la atención de sus mercados, o de aquellas que en esencia buscan competitividad a través de bajos inventarios y excelente nivel de servicio en tiempos cortos a sus clientes.

La propuesta busca, Busca la propuesta no inducir los planes de fabricación en virtud de los pronósticos y periodos congelados largos, buscando eficiencia en planta, sino que proponen usar como vector la demanda real en sí misma, para lo cual se requieren tiempos por debajo del tiempo tolerable de espera de los clientes, y para lograrlo proponen un diseño de buffers intermedios y no de *SKU*, (clasificación con código de producto final en la cadena de suministro), dinámicos y estacionales, que permitan no solo disponibilidad rápida al llamado de una orden, si no que permite a la estructura de inventarios ajustarse previendo los eventos o circunstancias especiales.

Esta propuesta es definitivamente interesante y aporta soluciones adicionales a los dilemas de inventarios clásicos, además que puede optimizar el nivel de servicio, y demanda un diseño de warehousing específico acorde a esta nueva situación en la planta.

En tanto la presente propuesta busca, mediante medios similares, la optimización de costos en la micro logística de planta en términos de las implicaciones de los cambios y sus consecuentes desperdicios generados en los, no muy acertados, intentos de ajustar los planes a la demanda, dentro del mismo contexto de *MRP I*, logrando de forma paralela un efecto directo en la disminución de inventarios de productos terminados, pero mejorando aun, sobre la propuesta del *DDMRP I*, los niveles de inventarios de producto en proceso, igualmente bajos, a los propuestos por el sistema de programación por lotes que requiere el concepto de *buffers* proflujo.

A esta necesidad no escapa Challenger S.A.S., que en la actualidad es líder de rentabilidad y eficiencia en su sector, y la cual entiende los retos que el entorno presenta en este contexto de globalización, donde enfrenta la competencia de jugadores de muy alto peso y cubrimiento mundial, debiendo acudir a todos los medios disponibles para optimizar aún más su rendimiento y desempeño productivo.

De igual forma hoy por hoy Challenger S.A.S. atiende a sus clientes con un nivel de servicio satisfactorio, por encima del (92%) en las líneas de gasoelectrodomésticos, las cuales aportan en conjunto casi el 60% de la facturación. Para lograr este nivel de servicio, es imprescindible mantener un inventario de producto terminado con un costo tal, que se constituye en el segundo activo de la organización, lo cual castiga el costo de manera importante.

En paralelo a la muestra de una eficiencia operacional (*OEE, Overall Equipment Effectiveness*, por su sigla en inglés, en referencia a la Eficiencia global de planta, entendida como la relación entre los tiempos estándar de operación y los tiempos reales Consumidos), que medida de la forma más rigurosa no llega a Niveles de 70%.

Lo anterior plantea una inmensa oportunidad de mejora, obstaculizada por la alta variedad de partes procesos y materias primas que deben incorporarse para la obtención de productos terminados, que además de sumar más de 1400 *SKU's*, tienen cada uno de los volúmenes muy bajos para lograr eficiencias y economías de escala más competitivas frente a lo que empresas de cobertura global pueden disfrutar dado su tamaño y nivel de producción.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar la eficiencia en el proceso de producción en la planta de electrodomésticos de Challenger S.A.S., manteniendo el nivel de servicio en escenarios de competitividad?

1.3 NECESIDAD DEL MODELO

El objetivo propuesto y la investigación se centra en crear un modelo (algorítmico para poder ser desarrollado como programa de computador, capaz de resolver la complejidad numérica que demanda el volumen de datos y la velocidad requerida para llegar a las soluciones requeridas), que evite comprometer los tiempos actualmente requeridos en cambios y cuadros de máquina, tiempo que no genera valor real transferible al precio de venta, y que no genere inventario de partes más allá del necesario, que permita una reacción más corta para atender demandas de los productos padres, que minimice el nerviosismo del sistema ante los cambios en plan maestro, manteniendo el nivel del inventario de producto en proceso y el nivel de servicio.

1.4 VENTAJAS DEL MODELO

El modelo debe conducir a la organización a disminuir:

- El número de montajes y arranques de máquinas
- Desperdicios de materiales por cambios, arranques y calibraciones de máquina.
- La mano de obra dedicada a montajes y cuadros de máquina.
- Liberar capacidad de la planta.

2. JUSTIFICACIÓN

La planificación de la producción en Challenger S.A.S., como en la gran mayoría de las organizaciones, se desarrolla en la actualidad con base en un plan maestro, orientado por presupuestos, como información de entrada estático, sin actualizar las demandas reales que permitan una planificación regenerativa o agregada, y que ajusten de manera oportuna los planes de producción de forma más cercana a la demanda real, manteniendo o incluso, mejorando el nivel de servicio y consecuentemente bajando los inventarios de producto terminado.

Si bien este no es el punto sobre el cual se centra esta propuesta de investigación, dado que la corrección de este vacío está disponible en el software actual y solo es cuestión de ajuste paramétrico del sistema ERP actual de la compañía (Baan 5) y obviamente de una evolución cultural que requiere otro tratamiento y terapia, si lo es que una de sus consecuencias arrastra e impacta un alto costo y captura de capacidad que se subutiliza y generación de desperdicios que son indeseables, aunque aún no del todo determinados, y que corresponden a la aplicación del modelo estándar actual *MRP II*.

Esta situación se debe mejorar con la propuesta de este proyecto de investigación, desarrollando un método, que en la condición actual de planificación de Challenger S.A.S. permita mejores resultados en cuanto a la liberación de capacidad, al disminuir el número de puestas a punto y arranques de equipos y maquinas, y que aisle los centros de trabajo de la fabricación de partes, de la dependencia estricta de la demanda de productos finales, cuya relación tiempos y volúmenes vía tiempos de suministro genera restricciones e ineficiencias que se solventan con los inventarios de producto terminado.

Eficiencia operacional baja y la necesidad de incrementar competitividad (El costo de los desperdicios de materiales, tiempo, mano de obra, energía y costos de máquina, no convertible en precio es una restricción a la rentabilidad, De otro lado, el Inventario de WIP representa una cifra material en los Estados Financieros de la Compañía y no se debe incrementar con la aplicación del modelo).

El modelo de planificación alternante en el ambiente *PUSH/PULL* en su aplicación, debe otorgar un beneficio económico al disminuir los costos operativos y los costos de mantenimiento de inventarios, dados por el costo y la logística del inventario en exceso y producido en el tiempo estimado para iniciar la alternancia. El modelo deberá tener la capacidad de interactuar con el ERP que sirve de interface en la recepción de datos y la entrega de los mismos debidamente procesados para orientar la asertividad y la toma de decisiones respecto de la gestión de la producción y las operaciones en Challenger S.A.S.

3. ESTADO DEL ARTE (MARCO TEÓRICO)

3.1 PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN

3.1.1 Modelos de planeación de producción. Desde la aparición del hombre hace más de dos millones de años, este ha tenido la necesidad de desarrollar dispositivos y herramientas para facilitar su vida, involucrándose en una actividad de desarrollo que lo ha llevado a generar productos cada vez más elaborados y complejos. Para este fin el hombre produce, utiliza conocimiento y realiza actividades generalmente cíclicas que lo llevan a tener un producto ya sea para solucionar una necesidad del día a día o como se hace en la actualidad con un fin comercial.

Dada la importancia para Challenger S.A.S., no solo desde el punto de vista de generación de valor sino desde el punto de vista de bienestar y de avance de la misma, en este capítulo se presenta un grupo de modelos identificados en la literatura consultada. Los modelos se agrupan desde dos ópticas, primero los modelos adoptados a nivel industrial y un segundo grupo con los modelos teóricos y académico-investigativos.

Estos modelos investigados serán el soporte teórico y científico para cumplir con el objeto principal de este trabajo de grado

3.2 MODELOS INDUSTRIALES

Algunos de estos se pueden resumir en el cuadro 1:

Cuadro 1. Diferentes modelos

MODELOS / CARACTERÍSTICAS		
MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
<i>Up to project</i>	<i>Up to designe</i>	<i>Up to stock</i>
Sistema basado en las necesidades de planificación de actividades requeridas para la realización de construcciones o desarrollos de una sola ocasión con definición basado en necesidades particulares e irrepetibles, muy definidas en el tiempo	Sistema de planificación de actividades, para el desarrollo de soluciones a necesidades particulares, pero que aceptan ingeniería previa de producto proceso o servicio, e implican diseños específicos dentro de concepto de producto básico o estándar	Sistema de planificación basado en productos estandarizados fabricados de manera especulativa basados en demandas estimadas mediante procesos probabilísticos, y que van a inventarios para atender pedidos aún no realizados.

Cuadro 1. (Continuación)

MODELOS / CARACTERÍSTICAS		
MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
<i>UP to project</i>	<i>Up to designe</i>	<i>Up to stock</i>
Usualmente de larga duración y comprometimiento de recursos ingentes, que implican profundo desarrollo de ingeniería o diseño.	Permite el uso de recursos tecnologías de uso común, aunque con protocolo específico al producto, diseñado este sistema aplica por ejemplo a la producción de cocinas o muebles para clientes específicos	
Este sistema aplica por ejemplo a la construcción de un puente o una termoeléctrica		

Fuente: Elaboración propia

En general los ERP pueden atender cualquiera de estas necesidades de planificación con la adecuada parametrización, y dentro de los ambientes respectivos moverse dentro de diferentes concepciones de administración de inventarios, niveles de servicio y utilización de recursos, donde las configuraciones de *PULL* o *PUSH production* atienden estos requerimientos, así como los inventarios de seguridad, plazos de seguridad, lotes, balanceos de recursos, las políticas de lotificación y otros parámetros que sirven de base para la mejor administración de los recursos empresariales dentro de los objetivos y comprensión de cada organización frente a su modelo de negocio.

Los sistemas de planificación más modernos son los ofrecidos por las casas de desarrollo de *ERP's*, en sus últimas versiones, en las que encontramos modelos de planificación que combinan sistemas *MRP-JIT* para balancear los factores de oferta demanda, lo cual implica una identificación de productos que en sí corresponden a demandas de baja cantidad vs productos de alta cantidad, lo que permite ajustar los lead time consecuentemente, pero no cubre los requerimientos de liberación de capacidad sin afectar de manera directa el inventario de producto en proceso.

Saldarriaga argumenta que la gestión de los stocks es uno de los procesos más críticos e importantes que las empresas deben revisar, pues se convierte en una oportunidad de mejora de cualquier organización. Sea del sector industrial, comercial, de servicios, etc. (Saldarriaga, D. 2014), esta deberá manejar algún tipo de inventario. Es este, sin lugar a dudas, uno de los retos logísticos más importantes dentro de la cadena de suministro. La alta competitividad de los mercados y los productos provenientes de China a precios bastante bajos, obligan a fijar una estrategia de cadena de suministro y logística, bien sea para empresas que desean exportar o que abastecen el mercado local, la cual difiere de acuerdo al tamaño de la empresa, principalmente por los recursos tecnológicos utilizados, la estructura, y la cultura bajo la cual operan, así como el lenguaje mismo, por cuanto en la gran

empresa se debe operar con altos niveles de capacitación e importantes recursos económicos (Velasquez, A. 2003).

3.2.1 Sistemas MRP. Este sistema tiene las siguientes características

El sistema *MRP* al que nos hemos referido anteriormente, está caracterizado por algunos aspectos que han evolucionado a través del tiempo como se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. El Sistema MRP

SISTEMA MRP	
ASPECTOS / EVOLUCIÓN	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Evolución del software de gestión 1940	Durante la Segunda Guerra Mundial los estadounidenses aprovecharon la creación de computadores para la industria militar, posteriormente los aplicaron para la creación de programas de gestión de materiales en la industria. Andonegi (Martiz & Casadesus FA, 2017)
1950. Sistema MRP	La disponibilidad de computadores, capaces de procesar cantidades inimaginables de información, supuso la eliminación de los métodos de control de inventarios, vigentes hasta esos días, pudiéndose simplificar mucho el manejo de la información dentro de las empresas (Wight, Oliver W. 2017).
1955 – 1965	Para mediados de los años 60, se generalizó el uso de los sistemas MRP, siendo los estadounidenses quienes los emplearon en la industria principalmente en los controles de inventario, facturación, pago y registros de las nóminas (Quonext, 2017)
1970 – 1971	Comienza la aplicación de software para la automatización de los procesos de producción, es capaz de generar horarios para las operaciones y compra de materias primas, así como su estructura y los más importantes: los niveles de inventarios, teniendo como fin primordial el decidir dónde y cuándo. (Suarez, R. C. 2017)
Joseph Orlicky 1975	Este genial autor revolucionó los MRP, contribuyendo con sus aportes al éxito de dichos sistemas, al considerarse su libro la biblia de los sistemas MRP. Donde explica por qué la gestión de inventarios es inseparable de la planificación de la producción (Uricky J y Plossii, George W. 2017).
Olivert Wigth, 1981	Desarrolla los planteamientos iniciales, y hace el enlace de los nuevos procesos asociados a la producción, aprovisionamiento, previsión de la demanda, así como la logística de entrada (Quonext 2017).
Olivert Wigth 1983	Desarrollo la planificación de recursos de fabricación, trae como consecuencia la planificación maestra, planificación de la capacidad de partes, los requisitos de capacidad y la planificación (Wight, oliver W 2017).

Cuadro 2. (Continuación)

SISTEMA MRP	
ASPECTOS / EVOLUCIÓN	CARACTERÍSTICAS GENERALES
1990 – 1995 ERP	Los dos sistemas existentes MRP y MRP II, resultaron insuficientes para hacer frente a los requerimientos de un mundo cada vez más globalizado, por esto, se creó el nuevo sistema ERP, este sistema permite tener control sobre áreas como: contabilidad, finanzas, administración de órdenes de venta, logística, etc. (A2000. Software ERP de GCS 2017)
2000 - 2020 ERP	La tecnología empresarial de los ERP sigue evolucionando, toda vez que dichos sistemas tienen las herramientas tecnológicas integradas, llegan al e-business; pudiendo importar y exportar información de forma flexible, los e-business, son la integración de sus sistemas con el internet (Gestiwed, 2017)

Fuente: Elaboración propia

¿Cuándo la demanda real no se comporta como lo indica el pronóstico, que herramientas ofrece el *MPS* y *MRP* para mantener el nivel de servicio?

Hoy el estado del arte de los *ERP*'s ofrece unas herramientas de ajuste a saber:

3.2.2 Escenarios de simulación. La corrida del *MPS* y el *MRP* y su respectivo análisis de capacidades y evaluación de tiempos de respuesta permiten desarrollar varias alternativas de plan de fabricación, los cuales se ajusten en mayor o menor medida a la atención de las demandas reales ya confirmadas, siendo estas privilegiadas sobre la reposición de inventarios de seguridad o la atención de demandas pronosticadas que aún no están en firme.

3.2.3 Planificación agregada. La corrida del *MPS* ya realizada permite, con esta función, sumar referencias o cantidades a lo planeado originalmente para recibir demandas adicionales en el plan de producción ya establecido y realizar el análisis de capacidades nuevamente para ver su efecto, para de ser procedente correr el *MRP*, con lo cual las órdenes planeadas pueden re-lotificarse y las ya lanzadas o en firme pueden ser acompañadas por nuevas órdenes que cargan centros de trabajo y consumen capacidad por lo que requieren su respectivo análisis de capacidades y evaluación de tiempos de respuesta ante el nuevo escenario y así desarrollar varias alternativas de plan de fabricación, dando respuesta a las demandas adicionales agregadas y así atender el mercado y mantener el nivel de servicio en los niveles correctos y eliminar ventas perdidas.

3.2.4 Planificación regenerativa. La corrida del *MPS* ya realizada permite, con esta función, sumar y restar referencias o cantidades a lo planeado originalmente y

modificar fechas de necesidad para ajustar demandas adicionales o cancelar las que fueron base de la planificación anterior, para llevar el plan actualizado a una condición más cercana al comportamiento real de la demanda, hasta donde lo ya comprometido en órdenes en firme lo permitan. En todo caso, el *MRP* debe correrse después de cada corrida de *MPS*, para realizar el análisis de capacidades nuevamente y ver su efecto sobre los recursos y validar tiempos de entrega, con lo cual las órdenes planeadas pueden re lotificarse y las ya lanzadas o en firme pueden ser acompañadas por nuevas órdenes, la limitante está en las órdenes ya en proceso que deberán permanecer en el nuevo escenario. Así se alinea el esfuerzo de producción a los requerimientos reales del mercado.

3.2.5 Posponement. La corrida del *MPS* y del *MRP II* ya realizada permite, con esta función, simplemente posponer la ejecución de una orden, bien de producto terminado o de semielaborados, y aun de comprados, para privilegiar la inclusión de otras órdenes respaldadas en demandas en firme que actualizan el plan a una condición más cercana al comportamiento real de la demanda, pero sin cancelar las órdenes previamente lanzadas a planta que continuarán consumiendo capacidad pero, en un momento futuro del escenario de planificación. El *MRP* las reconocerá con nuevas fechas de necesidad, pero mantendrá la alerta sobre las mismas contra la razón que originalmente las originó, cederán materiales y recursos para otras necesidades, sin consumirlos para demandas que probablemente estén diluidas por lo menos para los periodos de planificación inmediatos.

3.2.6. Método *PULL PUSH Postponement* production. Este concepto más que una función es el conjunto de parámetros que aplicados bajo un criterio de selección sobre los productos semielaborados del maestro de artículos en términos de cantidad de orden en función del *EOQ*, inventarios de seguridad en valores iguales o diferentes a cero, y relativos a la demanda, más políticas de lotificación y agrupación por periodos, permiten que algunos de ellos se comporten bajo una modalidad de *PULL* y otros bajo la modalidad de *PUSH* y otros bajo condición de inmovilizados, aún bajo las mismas condiciones de demanda e incluso de productos padres compartidos, con lo cual se balancean en algunos casos diferentes leads tiempos de suministro y en otras capacidades, considerando:

- Qué artículos se trabajan bajo *PULL* y qué artículos se trabajan como *PUSH*, y cuales, bajo *Frozen*, al respecto nos dice Alberto Mora Gutiérrez lo siguiente:
 - Criterios técnicos de los *MTS PUSH*, *MTO PULL* y *MTF frozen*. En los inventarios la manera en que se demanda se convierte en un elemento esencial en la metodología *MTS*, *MTO*, *MTF*, centrada en la demanda, por lo cual el criterio movilidad es de los más impactantes en las características *PUSH*, *PULL*, *frozen*. Esto amerita detenerse en su tratamiento y en el procedimiento respectivo de trabajo para su configuración y valoración. El puntaje total de los cinco criterios técnicos debe trabajar sobre una base numérica fácil de manejar,

se sugiere sobre 100, aunque la eficiencia total en planta de cada empresa determina la cifra que desea” (Mora Gutiérrez, A. 2016).

- Todas las herramientas anteriores son capaces de mejorar de manera importante la capacidad del sistema de planificación y producción de atender el mercado de forma efectiva, pero dependen para su éxito de la idoneidad del planificador maestro para lograr el balance correcto entre oferta y demanda, a través de la permanente simulación de escenarios, en las frecuencias correctas y con los análisis correctos, y la interacción con el o los planificadores MRPII y la evaluación de capacidades respecto a las actividades de control de piso y avance de la producción y reporte correcto de órdenes y operaciones según corresponda.
- Además, es necesaria una parametrización del *ERP* inteligente y dinámica a las condiciones de operación y mercado. Por ello se puede afirmar que el estado del arte es el expuesto de manera muy general, hasta este punto y con el único propósito de establecer un punto de referencia sobre el cual edificar esta propuesta de método de alternancia de inventarios.
- Las herramientas existentes se han centrado mucho en optimizar la capacidad de los sistemas productivos y sus soportes de administración de inventarios en el objetivo de atender la demanda con un alto nivel de servicio, manteniendo el mínimo nivel de inventarios posible, lo cual además de necesario es complejo y no consulta ni hace intervención metodológica alguna sobre el nerviosismo que genera la razón de cambios que se introduce al sistema sobre su propia capacidad operacional, su impacto en la eficiencia global de planta y los desperdicios de recursos que de allí se pueden derivar.

3.2.7 Modelos actuales. *DDMRP (Demand Driven MRP)* es el sistema ampliamente explicado en este documento, que está en proceso de profundización en términos de su aplicación, después de años de investigación y que surge como una propuesta que avanza sobre lo que ha sido conocido hasta ahora como procesos PVO, (planeación de ventas y operaciones) que se centran más en afinar la precisión de los pronósticos mediante procesos estadísticos llevados a su máxima capacidad prospectiva, pero que en la actualidad y debido a la volatilidad de los mercados, por la rápida evolución de factores que los afectan de manera súbita e imprevisible, han demostrado no ser tan atractivos por su relativamente baja capacidad de disminuir el error porcentual absoluto medio (MAPE) y elevar el nivel de servicio sin incrementar los inventarios de producto terminado.

El *Demand Driven MRP (DDMRP)*, busca más aumentar las capacidades de las organizaciones para reaccionar de manera rápida a la demanda por medios diferentes a los inventarios de producto terminado, trabajando sobre los leads time y los inventarios de partes, pero no entra en los efectos sobre la eficiencia operacional como factor de mejoramiento e impacto positivo en el costo.

3.3 GESTIÓN DE INVENTARIOS

En el entorno empresarial se conoce la gestión de inventarios como el proceso encargado de asegurar la cantidad de productos adecuados en la organización, de manera tal que asegure la continua operación de los procesos de comercialización de productos a los clientes, garantizando además que las operaciones de manufactura y distribución no se detengan, cumpliendo con las promesas de entrega de productos a los clientes” (Zapata, J.,2014).

Durante los últimos años no sólo en Colombia, sino en todo el mundo, se ha dado una transformación tecnológica en el sector de los electrodomésticos, mejorando la calidad, tamaño y funcionalidad, que ha generado cambios en los hábitos de consumo, los cuales traen consecuencias directas en el proceso de comercialización, lo que requiere de una planeación apropiada de la gestión de operaciones, que permita ubicar en el lugar y momento oportuno, el producto solicitado por el cliente.

En este sentido, el proceso de toma de decisiones relacionadas con la gestión de inventarios es fundamental debido a sus características, las cuales generan problemas con dos clases de complejidad: en primer lugar, se tiene la gran magnitud de productos que comprenden las líneas comercializadas y, en segundo lugar, la naturaleza del sistema y sus variables externas, las cuales influyen en su comportamiento. Así es posible que las empresas, mediante la implementación de diferentes herramientas de optimización, logren el dinamismo y la flexibilidad para permitir la adaptación a las condiciones cambiantes del entorno y a las necesidades y expectativas de los clientes, logrando así un alto nivel de complejidad.

El modelo de alternancia genera un área de oportunidad para el desarrollo de esta investigación, debido a que la gestión de inventarios se ha convertido en un elemento estratégico clave, que determina el éxito o fracaso de objetivos importantes.

Su gestión debe responder a las necesidades de mantener, en todas las fases del proceso logístico, un nivel óptimo de materiales y productos que sean capaces de incrementar la rentabilidad de los recursos financieros de la empresa que se han invertido en la operación. El sistema de inventarios de una empresa debe “Garantizar a los clientes la calidad del servicio deseado, mantener en los niveles más bajos posibles el capital inmovilizado en inventarios y gestionar la función con los costos más bajos posibles para la empresa” (Ediciones Díaz de Santos 1996).

El objetivo principal de estos sistemas es controlar el proceso de producción en empresas cuya actividad se desarrolla en un entorno de fabricación. La producción en este entorno supone un proceso complejo, con múltiples etapas intermedias, en las que tienen lugar procesos industriales que transforman los materiales empleados, se realizan montajes de componentes para obtener unidades de nivel

superior que a su vez pueden ser componentes de otras, hasta la terminación del producto final, listo para ser entregado a los clientes externos. La complejidad de este proceso es variable, dependiendo del tipo de productos que se fabriquen.

Históricamente el manejo de inventarios sea desarrollado como se puede observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cronología

TABLA CRONOLÓGICA	
Segunda Guerra Mundial	El gobierno estadounidense empleó programas especializados que se ejecutaban en las enormes y complejas computadoras recién surgidas al principio de la década de los años 40 para controlar la logística u organización de sus unidades en acciones bélicas
	Estas soluciones tecnológicas, son conocidas como los primeros sistemas para la planificación del requerimiento de materiales ('Material Requirements Planning Systems o MRP Systems).
A finales de los años 50	Los sistemas MRP brincaron las trincheras del ejército para hallar cabida en los sectores productivos, en especial de los Estados Unidos de Norte América.
	Las compañías que los adoptaron se dieron cuenta de que estos sistemas les permitían llevar un control de diversas actividades tales como el control de inventario, facturación, pago y administración de nómina.
	La evolución de las computadoras favoreció el crecimiento de estos sistemas en cuanto al número de empresas que optaban por ellos. Claro que esas computadoras eran muy rudimentarias, pero contaban con la capacidad de almacenamiento y recuperación de datos que facilitaban el poder procesar transacciones, es decir, manejar información y canalizarla de manera apropiada a aquellas áreas que, al integrarla, podían ejecutar acciones mucho más rápidamente.
En los años 60 y 70	Los sistemas MRP evolucionaron para ayudar a las empresas a reducir los niveles de inventario de los materiales que utilizaban en su proceso productivo, esto era debido a que, al planear sus requerimientos de insumos, basándose en lo que realmente se les demandaba, los costos se reducían, ya que se compraba sólo lo necesario y cuando era necesario.

Fuente: Elaboración propia

Los sistemas básicos para planificar y controlar estos procesos constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la producción. Todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de materiales en la empresa para alcanzar eficientemente los objetivos de producción. Estos objetivos comportan el poder ajustar los inventarios, la capacidad, la mano de obra, los costes de producción, los plazos de fabricación y las cargas de trabajo en las distintas secciones a las necesidades de la producción.

Las técnicas MRP (Materials Requirement Planning, Planificación de las requisiciones de materiales) son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se estén disponibles cuando se precisan y sin necesidad de tener un inventario excesivo.

La gran cantidad de datos que hay que manejar y la enorme complejidad de las interrelaciones entre los distintos componentes trajeron consigo que, antes de los años sesenta, no existiera forma satisfactoria de resolver el problema mencionado, lo que propició que las empresas siguiesen, utilizando los stocks de seguridad y las técnicas clásicas, así como métodos informales, con el objeto de intentar evitar en lo posible problemas en el cumplimiento de la programación debido a falta de stocks.

Por desgracia, no siempre conseguían sus objetivos, aunque casi siempre incurrían en elevados costos de almacenamiento. Hubo que esperar a los años sesenta para que la aparición del ordenador abriera las puertas al MRP, siendo ésta algo más que una simple técnica de gestión de inventarios. El MRP no es un método sofisticado surgido del ambiente universitario, sino que, por el contrario, es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que, gracias al ordenador, funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de demanda dependiente, su aparición en los programas académicos es muy reciente.

La popularidad creciente de esta técnica es debida no sólo a los indiscutibles éxitos obtenidos por ella, sino también a la labor publicitaria realizada por la A.P.I.C.S. (American Production and Inventory Society), que ha dedicado un considerable esfuerzo para su expansión y conocimiento, encabezado por profesionales como J. Orlicky, O. Wight, G. Plossl y W. Goddard. Todo ello ha propiciado que el número de empresas que utilizan esta técnica haya crecido de forma rápida (Vanessa, M.,2012).

3.3.1 Programa Maestro de Producción (PMP). El programa maestro de producción establece el volumen final de cada producto que se va a terminar cada semana del horizonte de producción a corto plazo. Los productos finales son productos terminados o componentes destinados como productos finales. Los

productos finales pueden destinarse a clientes o llevarse al inventario. Los Gerentes de Operaciones se reúnen semanalmente para revisar:

- Los pronósticos de mercado
- Los pedidos de clientes
- Los niveles de inventarios

La carga de las instalaciones y la información de capacidad, de manera que puedan desarrollarse los programas maestros de producción. El PMP es un plan de producción futura de los artículos finales durante un horizonte de planeación a corto plazo que, por lo general, abarca de unas cuantas semanas a varios meses.

3.3.2 Objetivos del Plan Maestro de Producción. Programar productos finales para que se terminen con rapidez y cuando se hayan comprometido ante los clientes.

Evitar sobrecargas o subcargas de las instalaciones de producción, de manera que la capacidad de producción se utilice con eficiencia y resulte bajo el costo de producción (Gaither, N 1999).

4. HIPÓTESIS

La aplicación del modelo de planificación alternante en el modelo *PUSH/PULL* es viable y se debe validar una reducción en los costos de operación y la liberación de capacidad de planta en una proporción significativa.

4.1 LIMITACIONES

El tiempo requerido para la preparación del sistema de planificación es una etapa de transición, la cual debe considerarse dentro del modelo mismo para asegurar el logro de las condiciones mínimas para aplicar la alternancia.

Aspectos culturales y de formación son obstáculos para poder madurar el sistema actual de planificación al punto de llegar a una condición que pueda ser entendido el modelo de alternancia, ser implementado optimizado y desarrollado a su máximo nivel.

4.2 ¿ENTONCES CUÁL ES LA PROPUESTA?

El eterno debate en los sistemas de planificación y producción es la disyuntiva omnipresente entre la eficiencia de equipos y planta en general obtenida en los tirajes largos con alto rendimiento y eficiencia, y las consecuencias que ello genera en términos de costos de inventarios, comprometimiento de capacidad, rigidez a los cambios y riesgo de obsolescencia de los productos en inventario.

Cómo romper esta disyuntiva logrando reducir los costos por desperdicios, minimizando el nerviosismo del sistema productivo, ¿controlando a la vez el nivel de los inventarios en proceso y garantizando, de igual manera, la adecuada atención de la demanda con el nivel de servicio esperado?

4.2.1 Base del concepto. Extender al máximo la definición y aplicación del concepto *PULL* y del concepto *PUSH*, llevando el *PULL* a un *frozen* al 100 %, (cantidad cero dentro el periodo) mediante una combinación de identificación de artículos a trabajar bajo condición *PUSH* con artículos a trabajar bajo la condición *frozen*, basado en balanceo de capacidades de recursos involucrados, con la característica de que reciben esta asignación solo por un periodo de planificación, (por ejemplo mes), y al siguiente, cada artículo alterna de su asignación de *PULL* a *frozen* y así sucesivamente de periodo en periodo, y de esta dinámica se deriva el nombre de método de alternancia.

4.2.2 Bondad del concepto. Esta alternancia en la asignación como *PULL* o *PUSH*, (o *frozen*) permite llevar a cero la cantidad a producir para los *PULL* o *frozen*, y duplicar la cantidad predeterminada (basada en todos los criterios de lotificación aplicables) de los *PULL*, logrando para los segundos maximizar el nivel de eficiencia

operacional, durante el periodo en que mantengan esta asignación, e igualmente para los frozen en el siguiente periodo cuando cambien su asignación.

¿Pero entonces como se surte a los centros de ensamble con aquellos clasificados como frozen en el periodo X?

En esencia, el método propone alimentar los centros de ensamble con la mitad de los semielaborados, requeridos desde las áreas de transformación y la otra mitad de los semielaborados requeridos desde almacenes de producto terminado. Para que esto pueda ocurrir es que en un periodo se produce el doble de los requerimientos de la mitad de las referencias de semielaborados requeridos, y nada de la otra mitad, cuyos requerimientos vienen de almacén, que fue surtido en el periodo anterior con el excedente producido al haber programado el doble del requerimiento de esta mitad de referencias.

Ahora bien, para llegar a este estado de inventarios disponibles hay un proceso de preparación mediante el cual y a través de la reasignación de *PUSH* "forzado" por ejemplo al 20% más sobre la cantidad que ya considere los inventarios de seguridad, como lo indicaría la clasificación *PUSH A*, (según la clasificación del método *PUSH, PULL, FROZEN* (Mora Gutiérrez A. , Primera edición, 2016.) se logrará en 5 meses, para este ejemplo, la construcción del inventario necesario de una de las mitades de referencias, para un periodo completo, momento en el cual se inicia la alternancia, no fabricando de esta mitad nada y de la otra mitad el doble, cuyo sobrante pasa a inventario para el siguiente periodo y así sucesivamente.

5. METODOLOGÍA

Para este proyecto se desarrollará un escenario tipo entendido como un periodo de la planeación derivado del sistema ERP (BAAN) que reflejará una condición de demanda, sobre el cual se llevarán a cabo simulaciones de corridas MRP, bajo el entorno puro de la salida de requerimiento de partes que el MRP convencional generaría.

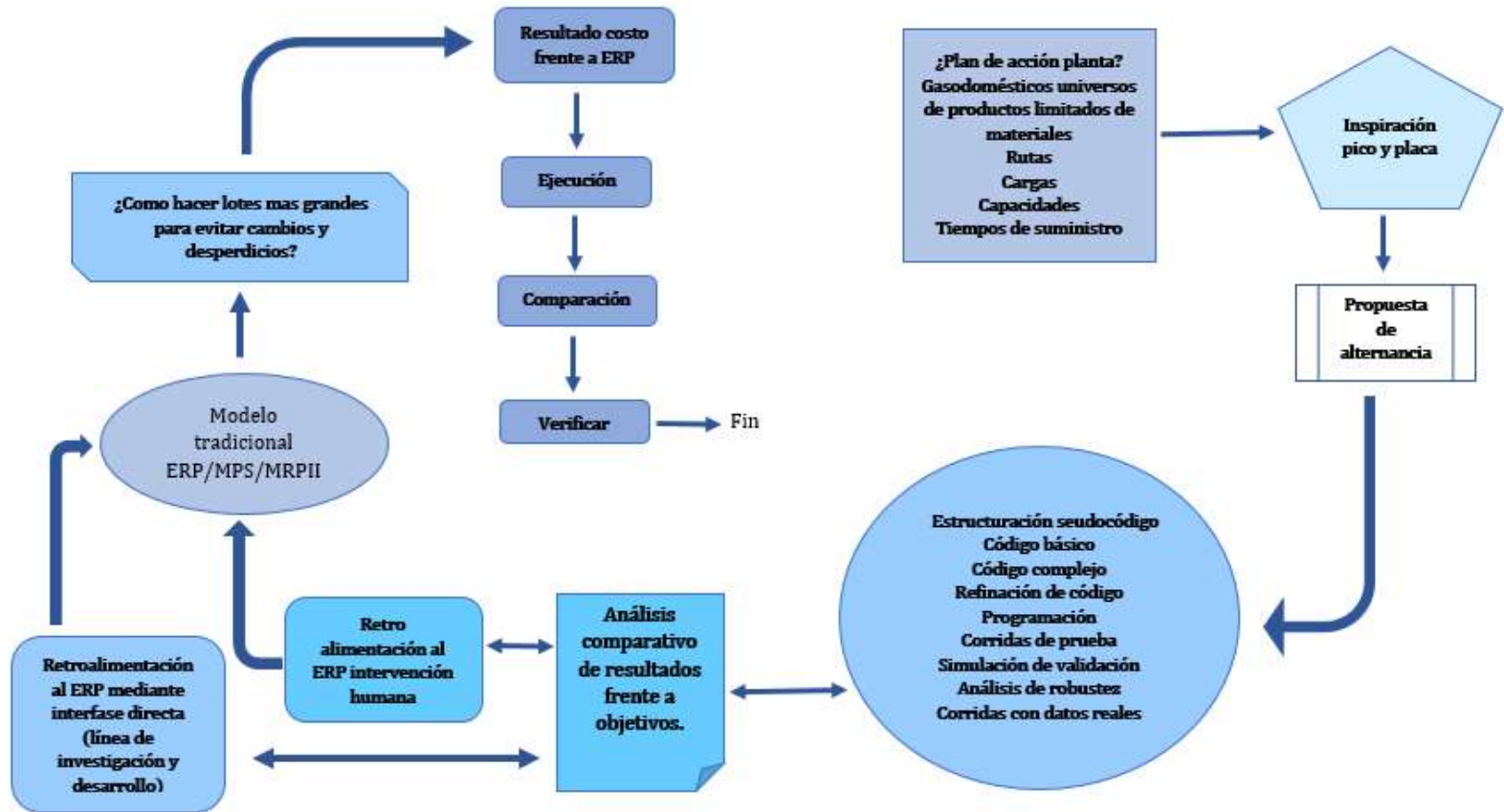
“Los modelos de simulación, aunque pueden representar una gran variedad de problemas, no pueden ser usados efectivamente para optimizar un problema dado, sino más bien para evaluar una medida de desempeño” (Mula J. B., Poler R. E., et al. 2004).

De esta manera los autores Mula y Poler mencionan que la simulación de sistemas se ha convertido en una poderosa herramienta para la toma de decisiones, la cual permite, entre otros aspectos:

- Predecir resultados en forma teórica basado en la producción de elementos comunes.
- Determinar posibles cuellos de botella y evaluar la reprogramación de los flujos de proceso para el balanceo de las cargas de trabajo.
- Efectuar análisis de sensibilidad y presupuestar variaciones en la demanda para medir capacidad de respuesta.

Para mayor comprensión de las etapas del trabajo se elaboró el siguiente esquema metodológico que parte de un plan de acción en la planta piloto de gas en la cual se seleccionan tres (3) productos: estufas, hornos y campanas, a los cuales se les aplica el modelo de alternancia para la fabricación de sus partes y componentes.

Figura 1. Esquema Metodológico de Trabajo



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura 1, la metodología se desarrolla con base en la necesidad de fabricar lotes de producción más largos para disminuir el intervalo entre cambios de referencias, su frecuencia y número y consecuentemente liberar capacidad y disminuir desperdicios de todo tipo.

Existe una restricción, que es la capacidad finita de los recursos que no permiten hacer cambios sin alterar el oportuno abastecimiento de las demás partes requeridas.

En los software existe la opción de hacer planificación avanzada, APS por sus siglas en inglés, *Advanced planning scheduling*, la cual es muy poderosa para planificar en condiciones de capacidad finita, que es el escenario real de las compañías, pero la complejidad en la parametrización y los tiempos de corrida más el bajo valor agregado del resultado hacen poco frecuente su uso en las empresas. Incluso los escenarios de planificación agregada o regenerativa generan ciertos niveles de desorden en la planta cuando no hay buena sincronización entre las áreas de planeación, compras, logística y producción ante los cambios, bien agregados o bien regenerados.

Los ERP, tienen estos módulos de planificación que son algoritmos basados en modelos matemáticos avanzados de varios tipos que en esencia han dado respuestas a estos conceptos básicos de planeación basados en procesos continuos, o transversales donde la continuidad y lógica le da el módulo de rutas de fabricación, y que buscan el uso de capacidades basados en fechas de requerimientos, tiempos de transferencia, espera y fechas de demanda, pero no consultan capacidades, lo cual debe ser labor humana.

Viveros y Salazar nos referencian a Pochet y Wosley y su propuesta de modelamiento a través de programación lineal entera mixta como algoritmo de solución, a los aspectos de programación agregada, que busca localizar nuevas demandas en un plan ya definido y en ejecución sin perjuicio de las fechas de entrega ya comprometida, y no busca respuesta a los problemas de tiempos no productivos, por lo cual la heurística que sustenta este trabajo se basa en el conocimiento funcional de los ERP, y de la programación fina de piso, y la experiencia de los autores de la presente investigación.

Se debe tener en cuenta que los procesos de mejoramiento disponibles para optimización de los procesos y sus actividades conexas ya han sido implementados en Challenger S.A.S. desde hace años de forma constante y permanente, como la estandarización, la combinación, la eliminación y la optimización sobre la cual se trabajan las técnicas de Gemba Kaizen, para hacer arreglos y distribuciones de planta eficientes y efectivas y permitir cambios rápidos así como el control de pérdidas, pero bajo la premisa de que no se debe hacer eficientemente lo que no se debe hacer, se busca con el presente modelo eliminar el mayor número de

montajes posible a fin de rescatar esos tiempos y los costos y perdidas asociados a ellos.

Para ello hacemos uso del concepto base de Pico y Placa; las vías son insuficientes, luego los vehiculos deben hacer uso de ellas alternadamente; el principio es la asignacion de recursos limitados en funcion de permisos de uso, segmentados entre los usuarios concurrentes; para no limitar simplemente el uso mediante una restriccion arbitraria y sin opciones.

En la planta de produccion de gasodomesticos la aplicación del modelo alternante se hace de manera progresiva para permitir la creacion de inventarios adicionales, durante un periodo de transicion hasta contar con suficiencia de suministro para entrar en la fabricacion alternante de partes y componentes.

De este analisis parte la creacion de la logica basica para determinar los segmentos del universo sobre el cual o los cuales se reparten las capacidades, y en que proporcion, tanto en la etapa de transicion dada precisamente la limitacion de capacidad, y de esta segmentacion se inicia la determinacion de demanda de capacidad por recurso, su balanceo y contrabalanceo hasta lograr la condicio optima, y los datos de salida a ingresar al ERP. Estos aspectos se constituyen en la base fundamental del analisis y actuan como variables o constantes en la ecuacion de alternancia

5.1 ETAPA IDEACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN

El proyecto surge de una necesidad empresarial dentro del entorno actual que necesariamente debe representar no solo una utilidad académica, sino también una mejora sustancial en la competitividad empresarial, para lo cual se toma como base y se aplica, desde la experiencia en la planta de producción de Challenger S.A.S., la heurística desde la praxis, para lo cual se ha definido un plan de acción sobre una base teórica, que genera y representa los resultados propuestos, y a su vez, como demostración de la funcionalidad del modelo, una vez diseñado, pueda ser representado matemáticamente. Es fundamental, considerar siempre la utilidad de un proyecto de esta naturaleza y estructurarlo de tal forma, que sus beneficios sean medibles y carezca de cualquier grado de rigidez, esto es, que sea flexible, bajo el entendimiento que el proceso productivo se rige por las necesidades de la demanda, situación que riñe con la definición de “producir a todo costo”, por cuanto la demanda misma depende de lograr la satisfacción integral del cliente, la cual corresponde a la mejor calidad por el menor precio.

Esta experiencia permite intuir que, se puede trabajar en disminuir el número de montajes, que de seguro conllevan una menor cantidad de desperdicio de materiales y, por ende, mayor eficiencia en la utilización de horas hombre. Así las cosas, el modelo desarrollado se basa en una propuesta de incrementar paulatinamente en número de unidades a producir en un esquema que balancea la

capacidad instalada y los tiempos disponibles en producción, separando los ítems a producir en “pares” y “nones” de forma aleatoria, para iniciar un balanceo de tiempos disponibles y capacidad de planta, construyendo un stock adicional cada mes, con una meta de lograr un 100% de componentes pares para un programa tipo mensual, en un determinado número de meses, liberando capacidad instalada al cabo de este período, la cual se dedicará a la fabricación del 200% de stock de nones, y a partir de este momento, lograr alternar la producción cada mes (uno en producción de pares y el siguiente en la producción de nones), disminuyendo al menos en un 50% el número de montajes, respondiendo de forma efectiva a las necesidades de producto del área comercial, las cuales aún cuando en principio y para efectos de este trabajo se consideraron constantes, la realidad es que son variables y el modelo deberá responder a esta nueva circunstancia.

5.1.1 Propuesta del modelo. Realizado esto, se deben comparar los niveles de consumo de tiempo y materiales en uno y otro caso para establecer los ahorros totales en función del costo, la diferencia en capacidades de producción, y las diferencias en lead time para entrega a las estaciones de trabajo finales que disminuyen los tiempos retro prospectivos y su impacto positivo en los inventarios de producto terminado bajo el mismo modelo de planificación MPS actual.

El resultado permitirá determinar el impacto total en costo para la organización y el nivel de mejora en competitividad.

En este punto, damos forma a la idea y con base en la experiencia, se concluye que es posible reducir el número de montajes en determinada serie de productos, comunes a las líneas de Campanas, Hornos y Estufas; además la ventaja de contar con los registros históricos tanto de planificación como de producción real, permiten establecer un punto de partida, determinando la meta a la cual se desearía llegar con el proyecto de alternancia de los productos o componentes que son fabricados en planta, para las líneas referidas. El proceso de modelación lo estructuramos con las siguientes características:

- Creación de una plantilla de referencia para registrar y comparar las variables del proceso de Montajes, principalmente mano de obra, tiempo máquina y tiempo de montaje.
- Parametrización de los costos actuales, para iniciar el proceso de sensibilización y cambios proyectados, determinado los posibles beneficios, los cuales se deben traducir en términos de disminución de costos y liberación de capacidad productiva (tiempo máquina).
- Al final, se deberán comparar los costos con y sin el modelo de alternancia, y la economía adicional en desperdicio de material, por cambios de material, cambios de herramientas, limpiezas de materiales en máquina, etc.

La metodología propuesta de alternancia define una mecánica para:

- Balancear los artículos semielaborados ante la asignación entre *PUSH* y *frozen*, (Para nuestros efectos en pares y nones) basados en la capacidad de los recursos que comparten para mantener el equilibrio en la carga de producción resultante.
- Verificar la permanencia del balance de la distribución inicial frente a los cambios de demanda entre periodos.
- Hacer el ajuste de asignaciones para recuperar el balance en caso de que los cambios de demanda lo hayan afectado.
- Activar el principio de alternancia mediante las mismas fórmulas de cruce de inventarios clásica de Programa, a saber:

Ecuación 1. Balance oferta demanda

$$\text{cantidad} = \text{demanda lotificada} + \text{inventario de seguridad} - \text{existencias}$$

En la fase inicial del desarrollo de este proyecto, se debe destacar el aspecto de complejidad de la programación, dado que en este escenario se está trabajando con base solamente en tres (3) productos; campanas, hornos y estufas, que requieren de una gran cantidad de elementos para su ensamble, el cual se desarrolla en los cuarenta y dos (2) centros de trabajo adecuados para tal fin, con diferentes recursos, diferentes capacidades y diferentes costos, lo que obliga al desarrollo de una logística y un sistema de información, en virtud a que si una persona o un grupo de programadores van a realizar esta cobertura de forma manual para aportar resultados a la organización y principalmente a la planeación, el proceso se torna denso y complejo.

Por lo anterior, es importante destacar en el desarrollo de este proyecto, la cantidad de aspectos que se deben considerar tan solo en la fabricación de tres (3) productos y la gran cantidad de ejecución que conlleva el proceso de planeación para el logro del resultado. Esta situación obliga a centrarse en un aspecto fundamental denominado micro logística, para lograr realizar un análisis más profundo y más a detalle y con un grado de refinación tal, que se traduzca en la eficiencia de los centros de trabajo.

Si se considera entonces que, para las tres familias de productos seleccionadas para este proyecto (campanas, hornos y estufas), confluyen entre veinticuatro (24) y veintiocho (28) referencias, las cuales significan entre setenta y ocho (78) y ochenta (80) productos terminados, de los cuales cada uno involucra entre veintisiete (27) y cuarenta (40) semielaborados, claro está, algunos de ellos comunes en los productos y en otros no comunes; por lo anterior, se debe definir

como entrada otro aspecto y este es la selectividad, por cuanto cada una de esas familias tiene varios modelos, lo cual aumenta la densidad de la red, teniendo muy claro la información de lo que se produce en los cuarenta y dos (42) centros de trabajo, cada uno con su potencial de tiempo disponible y su correspondiente capacidad y tiempos de elaboración de los productos.

Entonces, se toma como base el plan maestro de producción para las tres (3) familias seleccionadas, generado en el sistema BAAN implementado en Challenger S.A.S., el cual procesa en MRP la orden de producción con el correspondiente inventario de seguridad, tanto en componentes, semielaborados como en producto terminado; donde es importante aclarar que este tipo de salvaguardas van a ser conservadas dentro del modelo propuesto. Con base en esta información se realiza una distribución de tiempos y cargas de trabajo (capacidad instalada) y, en concordancia con el modelo propuesto, se realiza el balanceo que permita producir un porcentaje adicional en determinado número de ítems el cual, en un periodo por estimar, permite generar el stock de un número determinado de componentes que represente el 100% de las necesidades de producción mensual.

Cuadro 4. Familias y productos

Familia	Productos	Despliegue
Gasodomésticos	Hornos	semielaborados nivel 1
Refrigeradores	Campanas	semielaborados nivel 2
Televisores	Estufas	semielaborados nivel 3
		semielaborados nivel 4

Fuente: Elaboración propia

Los planos de producto y su respectivo despiece permiten evidenciar la cantidad de componentes para ensamble que forman parte de estos productos (Hornos, Campanas y Estufas). (Ver anexo A).

Figura 2. Electrodomésticos Challenger S.A.S. Cocina 1.6951.73



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Electrodomésticos Challenger S.A.S. Campanas CX1.4762.73



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Electrodomésticos Challenger S.A.S.Horno Eléctrico 1.2651.73



Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Instrumento de operación del modelo. El instrumento que se plantea para hacer operativo el modelo propuesto

Cuadro 5. Elementos comunes en producción

ELEMENTOS COMUNES EN PRODUCCION									
Equipo	Parte	CW	Equipo	CW	Equipo	CW			
CAMPANAS	1 Visera	10701	Horno	1	10600	Estufa	1	90001	
	2 Bisagra	10701		2	10701		2	90002	
	3 Lateral derecho	10701		3	10601		3	90002	
	4 Lateral izquierdo	10702		4	10701		4	10601	
	5 Evoluta	10702		5	10601		5	10703	
	6 Frontal superior	10703		6	10703		6	10704	
	7 Frontal inferior	10704		7	10704		7	11900	
	8 Cuerpo superior	10705		8	10705		8	11800	
	9 Cuerpo inferior	10706		9	10705		9	11800	
	10 Boton A	10707		10	10705		10	11800	
	11 Boton B	10780		11	11800		11	11900	
	12 Filtro	10790		12	11800		12	12000	
	13 Cierre Filtro	10800		13	11890		13	11800	
	14 Posterior	10810		14	11900		14	11705	
					15		12008		
					16		12100		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro 5. En los datos de entrada se hace referencia a las campanas, Hornos y Estufas con sus partes y componentes debidamente codificados, con el atributo de ser común a los tres productos.

Cuadro 6. Cuadro comparativo de estructuras de modelo

DEMANDA	MODELO MRP	MODELO DE ALTERNANCIA																																								
Producto A: 100 unidades /mes																																										
parte 1 _A - 2X und.																																										
parte 2 _A - 1X und.																																										
parte 3 _A - 2X und.																																										
parte 4 _A - 1X und.																																										
Producto B: 100 unidades /mes																																										
parte 1 _B - 2X und.																																										
parte 2 _B - 1X und.																																										
parte 3 _B - 2X und.																																										
parte 4 _B - 1X und.																																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Período 1</th> <th>Período 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200 1_A</td> <td>200 1_A</td> </tr> <tr> <td>100 2_A</td> <td>100 2_A</td> </tr> <tr> <td>200 3_A</td> <td>200 3_A</td> </tr> <tr> <td>100 4_A</td> <td>100 4_A</td> </tr> <tr> <td>100 1_B</td> <td>100 1_B</td> </tr> <tr> <td>200 1_B</td> <td>200 1_B</td> </tr> <tr> <td>100 1_B</td> <td>100 1_B</td> </tr> <tr> <td>200 1_B</td> <td>200 1_B</td> </tr> <tr> <td>1200 und</td> <td>1200 und</td> </tr> </tbody> </table>	Período 1	Período 2	200 1 _A	200 1 _A	100 2 _A	100 2 _A	200 3 _A	200 3 _A	100 4 _A	100 4 _A	100 1 _B	100 1 _B	200 1 _B	200 1 _B	100 1 _B	100 1 _B	200 1 _B	200 1 _B	1200 und	1200 und	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Período 1</th> <th>Período 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>400 1_A</td> <td>0 1_A</td> </tr> <tr> <td>0 2_A</td> <td>200 2_A</td> </tr> <tr> <td>0 3_A</td> <td>400 3_A</td> </tr> <tr> <td>200 4_A</td> <td>0 4_A</td> </tr> <tr> <td>200 1_B</td> <td>0 1_B</td> </tr> <tr> <td>0 1_B</td> <td>400 1_B</td> </tr> <tr> <td>0 1_B</td> <td>200 1_B</td> </tr> <tr> <td>400 1_B</td> <td>0 1_B</td> </tr> <tr> <td>1200 und</td> <td>1200 und</td> </tr> </tbody> </table>	Período 1	Período 2	400 1 _A	0 1 _A	0 2 _A	200 2 _A	0 3 _A	400 3 _A	200 4 _A	0 4 _A	200 1 _B	0 1 _B	0 1 _B	400 1 _B	0 1 _B	200 1 _B	400 1 _B	0 1 _B	1200 und	1200 und
Período 1	Período 2																																									
200 1 _A	200 1 _A																																									
100 2 _A	100 2 _A																																									
200 3 _A	200 3 _A																																									
100 4 _A	100 4 _A																																									
100 1 _B	100 1 _B																																									
200 1 _B	200 1 _B																																									
100 1 _B	100 1 _B																																									
200 1 _B	200 1 _B																																									
1200 und	1200 und																																									
Período 1	Período 2																																									
400 1 _A	0 1 _A																																									
0 2 _A	200 2 _A																																									
0 3 _A	400 3 _A																																									
200 4 _A	0 4 _A																																									
200 1 _B	0 1 _B																																									
0 1 _B	400 1 _B																																									
0 1 _B	200 1 _B																																									
400 1 _B	0 1 _B																																									
1200 und	1200 und																																									
	total montajes = 8/mes	total montajes = 4/mes																																								

Fuente: Elaboración propia

Una vez logrado este stock, se procede con la fabricación alternada mensual de pares y/o nones en cada mes subsiguiente al logro de la meta, como se puede ver en el cuadro 6. Para lograr evaluar la viabilidad del modelo, se debe entender que fue construido un algoritmo que toma como entrada esta información base y realiza los cálculos necesarios, procesándolos matemáticamente y para generar una nueva programación que, durante los meses requeridos, genera el stock adicional fijado como meta y a partir de ese punto desarrolla la producción en modelo alternativo, bajo la misma presentación del BAAN. Vale decir que este algoritmo fue desarrollado y en su aparte, será explicado con detenimiento y puesto en práctica para poder comprobar las bondades del modelo.

Cuadro 7. Listado de productos

LISTADO DE PRODUCTOS			
	Tiempo Sict	Tiempo Total	
1 A1		2500	Par
2 B2		3000	Non
3 B2		2800	Par
4 C1		2600	Non
5 D1		7000	Par
6 E1		2800	Non
7 E2		2900	Par
8 E3		6000	Non
<u>15200</u> >= 14400 x 1,05	<u>Pares</u>	<u>Nones</u>	BUSCAR EL MENOR
	2500	3000	
	2800	2600	A < B
	7000	2800	A < C
Equilibrar	2900	6000	A < E
	<u>15200</u>	<u>14400</u>	Hago = x
	2500 +	2500 +	
	2800 -	2800 -	Cap. Total A + B* 1,2
			105 - 100 = <u>29600</u>
	<u>14900</u>	<u>14700</u>	29000

Fuente: Elaboración propia

Iniciado el balanceo entre ítems definidos como pares y nones en dos listas separadas, se procede a verificar las necesidades de la demanda y se comparan con la capacidad instalada, considerando la suma de tiempos (tiempo de operación y tiempo de montaje) de cada lista, considerando un porcentaje de aceptación (para efectos del ejercicio hemos considerado 5% de tolerancia), ver cuadro 7.

Realizado el cálculo se practica un test de aceptación (ver cuadro No. 6); en el evento que la capacidad no acepte la propuesta, se parte del ítem con tiempo más alto (máximo) de la lista y se dirige a la lista con menor tiempo, recalculando la capacidad y así sucesivamente hasta que se logre el balanceo de producción y capacidad instalada. En caso de que no se logre el balanceo, se parte de cero nuevamente y se trabaja con los ítems con menor tiempo. En caso de que definitivamente el balanceo no se logre, se disminuye la producción de stock en exceso, lo cual extiende el tiempo para el logro de la meta fijada para el mes de inicio de la alternancia.

En el modelo matemático el porcentaje se varía y la programación permite una sensibilización más ágil, dado que o se aumenta el porcentaje aceptable o se amplía el plazo de la meta.

Al interior del Algoritmo, se designarán artículos hijos de cualquier nivel, como A y B, basados en pares y nones por orden de secuencia los cuales serán fabricados en dos grupos partiendo de las estructuras de fabricación preestablecidas en el BOM (Bill of Materials) – Explosión de Materiales

5.2 ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

La implementación del modelo de planificación combinada y alternante en ambientes *PULL/PUSH* es viable, pero se debe validar una reducción en los costos de operación y una liberación marginal pero significativa de capacidad de planta.

Dado lo anterior este proyecto se desarrolla en un escenario de demanda estándar sobre la cual se corren simulaciones normales en ambiente MPS/MRP, generando los resultados de salida como punto de comparación, luego se corre el programa de alternancia sobre la misma condición de demanda y se establecen los valores de salida y se analizan los resultados y sus diferenciales.

En la programación de la producción hay que identificar el tamaño del lote de producción, el tamaño del lote de transferencia, el modelo de desplazamiento de los objetos de trabajo, el tipo de programa y la secuenciación”. (3)

Posteriormente se asignarán unos códigos de artículos de demanda dependiente dentro del mismo escenario de planificación, como A y otros como B, determinando un balance de demanda de capacidad por centros de trabajo y se parametrizará la demanda de los A con niveles de sobredemanda en tantos periodos como sea necesario para cubrir la demanda total de un periodo de planificación dado; a continuación, desde este punto se establecen los parámetros que anularían la generación de órdenes de los artículos sobre producidos, con el fin de que no consuman capacidad, en tanto los centros de trabajo demandantes se alimentan de estos inventarios generados en el siguiente periodo de planificación, con lo que la capacidad disponible se duplica para permitir generar órdenes de los productos codificados como B, con cantidades duplicadas para el siguiente periodo de planificación, cuya sobreproducción irá a reemplazar en inventario a los codificados como A y consumidos en el periodo inmediatamente anterior.

De este periodo en adelante se mantiene la alternancia planteada, con lo que se logra que en cada periodo sólo se requiera de la mitad de los montajes y cambios, con la consecuente disminución en igual proporción de los desperdicios de materiales y tiempos improductivos.

5.3 ETAPA ANÁLISIS

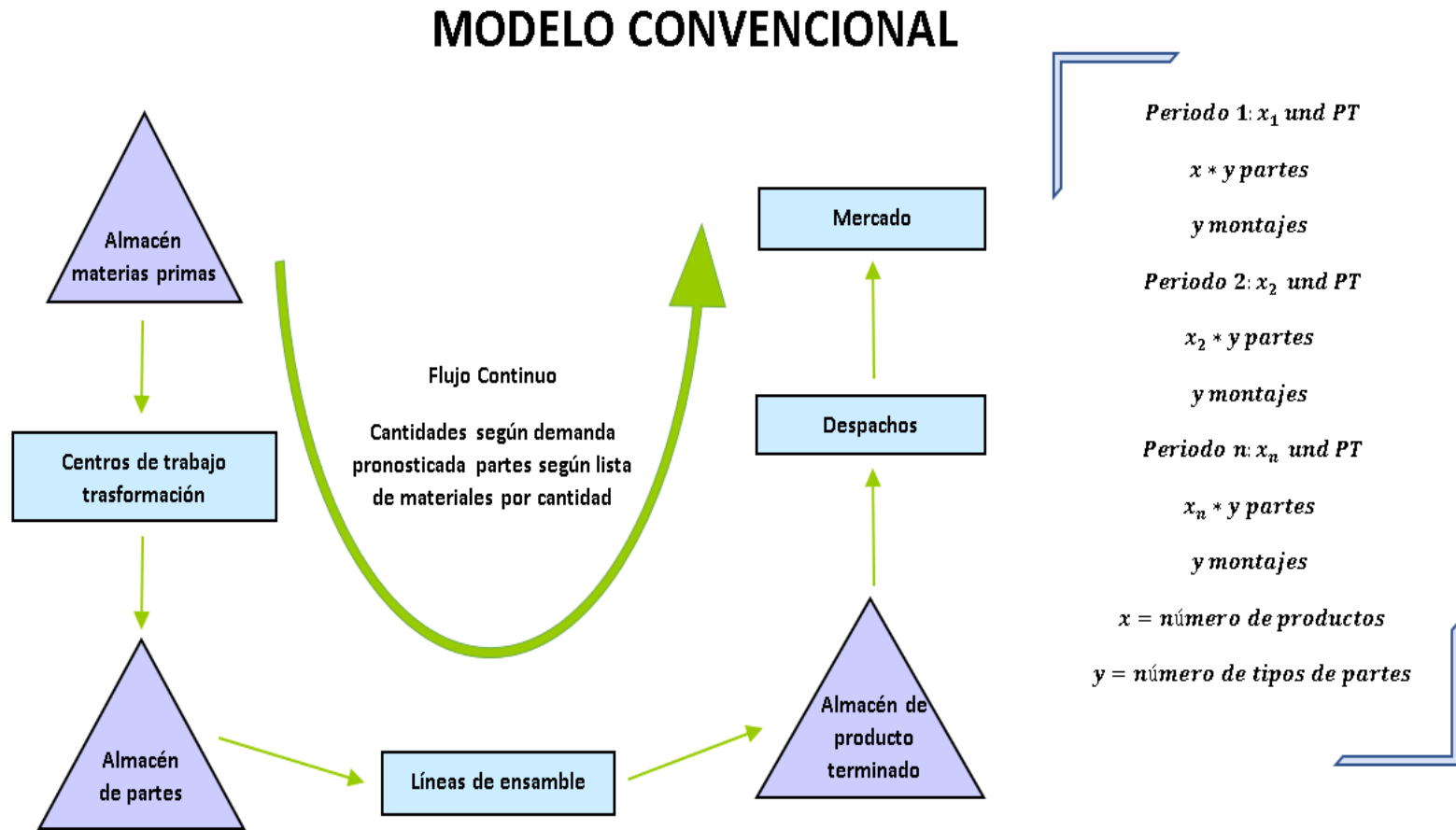
En esta etapa se realiza una evaluación en la que se busca determinar los factores que afectan la planeación, considerando los siguientes aspectos:

- Predecir el resultado de las acciones que se tomen sobre el proceso o sistema de control.
- Explorar los efectos de las modificaciones.
- Evaluar ideas y su viabilidad e identificar sus ineficiencias.
- Optimizar los procesos (ahorros de energía, cuellos de botella, mejoras de los rendimientos, entre otros).

5.4 ETAPA PROCESO DE DESARROLLO

Se debe considerar que hay un flujo continuo según la demanda programada de partes según la lista de materiales por cantidad; los productos tienen un flujo desde el almacén de materias primas pasando los centros de trabajo para transformación, y una vez procesado ingresan al almacén de partes. Posteriormente se alimentan las líneas de ensamble y los elementos fabricados hacen tránsito hacia el almacén del producto terminado. (Ver figura 5).

Figura 5. Áreas de transformación y líneas de ensamble



Fuente: Elaboración propia

Hay centros de trabajo en los cuales tan solo se procesan tres (3) ítems y al final suman en el tiempo, por lo cual puede permanecer constante o invariable y no requiere balanceo dado que cualquier cambio es inmaterial. El algoritmo permite monitorear que la producción de artículos se encuentre dentro del tiempo disponible en planta, si el sistema detecta que este no es suficiente, genera mensaje de alerta al planeador para que aumente este tiempo disponible implementando tiempos adicionales (horas extras o más operarios), situación que puede ocurrir a su vez, con la capacidad instalada, lo cual a su vez genera una alerta, pero en este caso el planeador debe modificar la cantidad a producir en virtud a que la capacidad ya está predeterminada y no es flexible a cambios.

El MRP maneja lo que se denomina “planificación decalada (analizada por periodos) en el tiempo”, identificando de quién es hijo y que hijos tiene cada artículo y procede a la disminución de algunos ítems, corre nuevamente el *MPS* cambiando cantidades y realiza la corrida del sistema. En el algoritmo del modelo de alternancia se hace la corrida y si se mantiene el equilibrio procede a aprobar el proceso, en caso contrario, genera una alerta. El sistema toma los pares y aumenta 20% (a manera de ejemplo) revisando si la capacidad es suficiente, luego procede a calcular en cuantos períodos (meses) construye el stock en exceso hasta llegar a la meta, que es el punto en el cual se logró el 100% de stock en una de las listas (pares) y para el siguiente mes se trabajara en un 200% tan solo de la segunda de las listas (nones).

Para el desarrollo del modelo, se toman en consideración los Consumos totales del Recurso para el total de artículos. Se organizan los tiempos de montaje y se define su incidencia. Posteriormente se crean las listas de Pares y Nones.

Entonces, partiendo de un análisis de costos en MRP para cada línea, hornos, cocinas y estufas, en un mes tipo, que para este caso es enero de 2.019, con cifras reales, en donde se define en principio un período de cinco (5) meses para construir el inventario para la alternancia. Terminado mayo, se logra llegar a la meta de 100% de inventario en exceso para los productos denominados pares, lo que permite trabajar a partir del mes seis (junio de 2.019) en el modelo alternante; esto es, como ya se tiene la cantidad requerida de productos pares en junio, durante ese mes no se fabrican estos ítems y se procede a la producción del 200% de los productos denominados nones.

En el ejemplar No. 43 de la Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, los autores del artículo “Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento”, presentan una revisión de los modelos de gestión para el diseño de políticas de inventarios de productos terminados y de materias primas en cadenas de abastecimiento, teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda y de los tiempos de suministro. Estos dos aspectos inducen un grado de dificultad mayor a los modelos de gestión de inventarios y se puede afirmar que sus efectos han sido casi ignorados en la industria nacional, bien sea por

desconocimiento o por limitaciones de recursos. En este contexto, se evidencia la necesidad de generar herramientas de apoyo para mejorar la gestión de dicho sistema, brindando soporte a las decisiones que deben tomarse en niveles tácticos y operativos del sistema, tales como:

- ¿Qué metodología debe implementarse para darle tratamiento de manera óptima a la aleatoriedad de la demanda de bienes finales y materias primas?
- ¿Cómo pueden modelarse los tiempos de suministro entre los nodos de una cadena de abastecimiento? Y
- c) ¿Cómo pueden estimarse de manera conjunta las políticas de inventarios de producto terminado y materias primas a lo largo cadena de abastecimiento? (Gutiérrez y Vidal 2008).

No obstante que en el medio industrial colombiano apenas se está empezando a reconocer la variabilidad del tiempo que toma una orden desde que se expide hasta que se recibe (tiempo conocido como tiempo de reposición o *Lead Time* – LT), es lógico pensar que dicho fenómeno sigue un comportamiento aleatorio.

El tratamiento de la aleatoriedad de los LT no es un campo nuevo de estudio. Las cinco principales formas de tratar los tiempos de reposición para la toma de decisiones en sistemas de inventarios es asumir que los LT son:

- nulos, es decir tasa de reposición infinita,
- diferentes de cero y determinísticos,
- diferentes de cero, aleatorios y son independientes e idénticamente distribuidos (I.I.D.),
- diferentes de cero, aleatorios, pero no distribuidos (I.I.D.),
- el último caso es analizar la demanda durante el LT a través de pronósticos y crear LT de seguridad.

En la estimación de políticas de inventarios en distintos ambientes de producción, el trabajo de Sarmiento y Nagi (Sarmiento A.M y Nagi R. 2017) describe los trabajos que se han desarrollado en el análisis integrado de sistemas de producción y distribución, cuestionando cómo los aspectos logísticos han influenciado el campo de trabajo y cuáles son las ventajas competitivas que se obtienen de la integración de las funciones de distribución con las funciones de producción en distintas empresas, en los niveles estratégico y táctico.

Bhatnagar et al (Bhatnagar, R., Chandra, P., Goyal, S. K, 1993.) se centra en la coordinación de la planeación de la producción cuando hay múltiples plantas en una empresa integrada verticalmente e identifican los aspectos que deben considerarse para determinar las decisiones de producción e inventarios para varias plantas, de

modo que se logre un óptimo global. En este contexto, los autores clasifican la investigación de los aspectos a tener en cuenta en dicha coordinación en tres categorías:

- planeación de producción y abastecimiento.
- planeación de producción y distribución.
- la planeación y distribución de los inventarios.

Algunos autores citados por Bhatnagar et al., estudian la problemática del nerviosismo en sistemas de planeación. La principal desventaja de estos trabajos es que se asume que los inventarios de seguridad son nulos, por lo que no se estudia la variabilidad de los tiempos de reposición de materias primas.

Por su parte Rosa obtiene parámetros y políticas de control en la industria manufacturera del vidrio, en el cual se considera un sistema de producción inventarios, multiproducto, multietapas de capacidad discreta en el tiempo, con ocurrencia de demanda aleatoria cada periodo (Rosa M.N. 2017). En el trabajo se analizan tres estrategias de producción:

- *Make to Order (MTO)*,
- *Make to Stock (MTS)*,
- *Delayed Differentiation* (DD de su sigla en inglés, que puede entenderse como principio de posponer de forma, o más conocido como *postponement*).

El autor utiliza datos del sector, y logra definir políticas de control de inventarios mediante simulación, que corresponde enteramente al esquema en que se va a desarrollar nuestra investigación.

Las oportunidades de investigación en las cuales Gutiérrez, Vidal (2008) están trabajando actualmente, son:

- La identificación de las herramientas computacionales existentes en el uso de pronósticos de demanda y su evaluación para la aplicación en el medio industrial colombiano.
- La aplicación de las nuevas metodologías de modelación de la demanda como los procesos estocásticos y el refinamiento de herramientas computacionales existentes.
- La evaluación y comparación de las políticas de control básicas mediante indicadores como el costo total, el nivel de servicio y diversos indicadores logísticos y financieros que pueden ser fundamentales para la empresa, tales como la rotación del inventario, el porcentaje de inventario pagado y el retorno sobre la inversión en inventarios.

- La generación y evaluación de nuevas técnicas para crear metodologías que permitan determinar la mejor forma de relacionar la demanda independiente con la demanda dependiente en los diversos sectores de la industria y,
- La formulación y solución de modelos más robustos que permitan darle solución al problema de investigación planteado, integrando la aleatoriedad de la demanda y los tiempos de reposición, la determinación de inventarios de seguridad, la localización de inventarios y la diversidad y complejidad que se alcanza cuando se consideran múltiples ítems de diversas características.

Factores que, orientados a nuestra investigación, pueden determinar la viabilidad del objetivo propuesto.

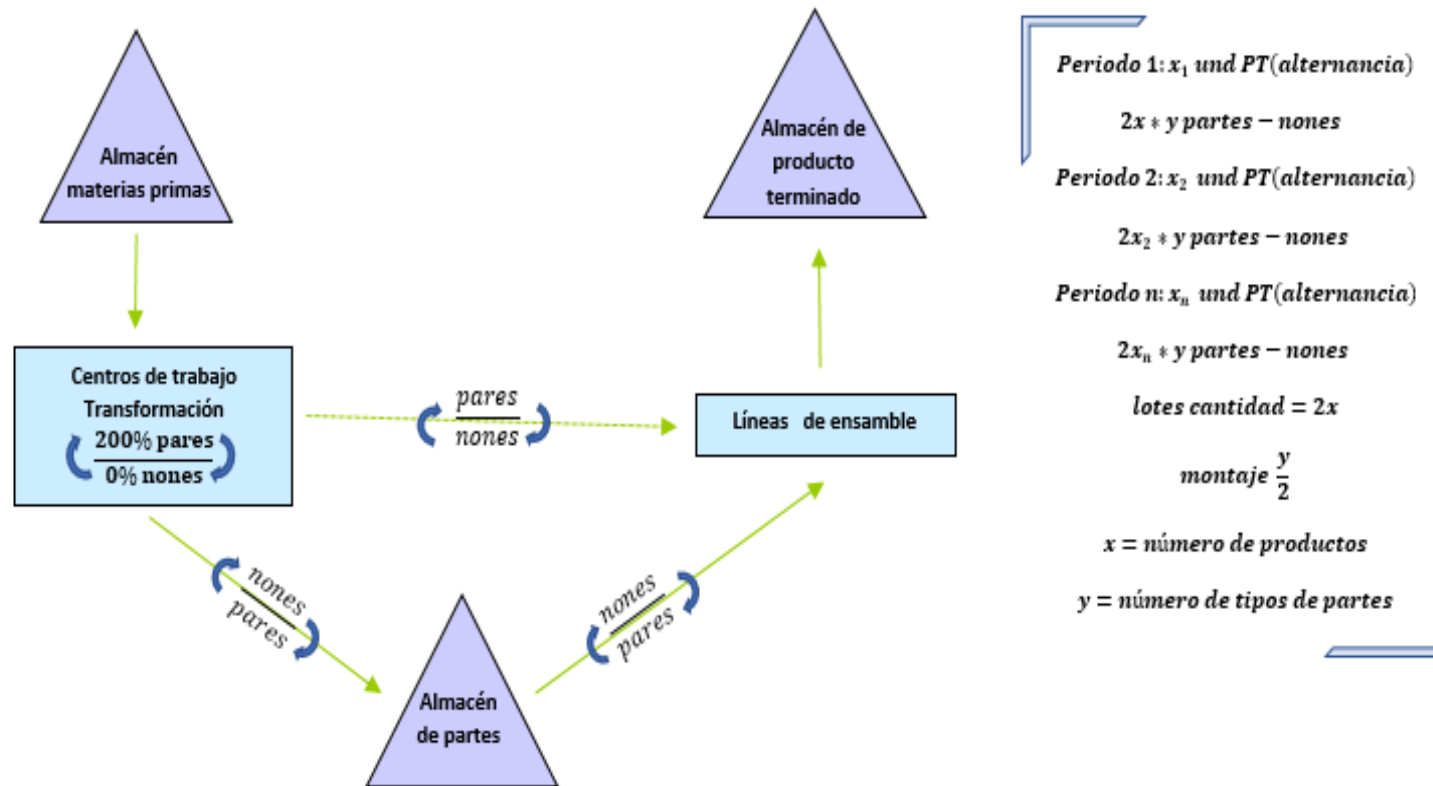
5.5 ETAPA VALIDACIÓN

En conclusión y recogiendo lo hasta acá expuesto se define como variable principal de afectación directa el costo directo de fabricación, que será una variable dependiente cuyo comportamiento dependerá de la capacidad de optimización que el modelo ofrezca en cuanto a la programación de los recursos de manufactura y su impacto positivo en la disminución neta de tiempos de montaje y generación de desperdicios.

Realizados los cálculos pertinentes, se encuentra que el sistema es funcional y para probarlo, se alimenta el algoritmo con la base de programación de cinco (5) meses reales y se procesa bajo el modelo de alternancia. A partir del sexto mes, ya se cuenta con el inventario de los componentes pares y se alternan los meses, fabricando el 200% de los elementos nones. Indudablemente el modelo funciona, para un programa de producción basado en ventas correspondientes con la planeación del área.

Figura 6. Almacenes

MODELO DE ALTERNANCIA



Fuente: Elaboración propia

Con los componentes conceptuales de las fases antes descritas, se propone el modelo de alternancia objeto de esta investigación como se observa en la figura 6. El modelo está organizado siguiendo un orden lógico en concordancia con los modelos consultados y utilizados como referentes conceptuales para esta propuesta.

Como variable de control se mantendrá el inventario de producto en proceso, que se espera permanezca en los niveles actuales, con algún incremento temporal mientras se logra la estabilización de los inventarios alternantes y se estabiliza el algoritmo en función del balance de las cantidades de artículos por su clasificación y su consumo de capacidad.

Una segunda variable, que debe verse positivamente afectada, pero que llamaremos de segundo orden será el nivel y costo de inventario de producto terminado, pues la efectividad del modelo implementado para la programación de partes intermedias o semielaborados debe permitir alguna disminución del lead time, lo cual permitirá disminuir en alguna proporción los inventarios de seguridad de producto terminado sin afectar el nivel de servicio de la compañía. El comportamiento de esta variable está dentro del contexto probabilístico y depende de variables fuera del alcance de esta investigación como es la asertividad de los pronósticos, por lo cual será una variable no comparada para los efectos de este trabajo y no evaluado su comportamiento dentro de los resultados del mismo.

Por último, se determina, por lo menos de forma tentativa una segunda variable de control, que es el nivel de servicio, que debe permanecer constante en el peor de los casos, lo cual ya permitirá una optimización del costo, sin perjuicio del nivel de atención del mercado ya logrado por Challenger S.A.S. Claro una mejora en esta variable es deseada y buscada dentro del interés general de las organizaciones, pero no siendo propósito de esta investigación no se incluye en el proceso de evaluación comparativa de resultados.

5.6 ETAPA EJECUCIÓN DEL MODELO

Es claro, que durante los cinco (5) primeros meses del año tipo usado como referencia (2.019) el costo tiende a crecer, en virtud del mayor volumen fabricado y en adición, se incrementan los costos por almacenamiento en virtud a que se está ocupando una mayor área en la bodega, pero este último ítem se regula o nivela nuevamente al sexto mes, en virtud a que el espacio área ocupada en el almacén vuelve a ser la mismas.

Como se han estructurado las cinco (5) matrices de producción (enero a mayo), con los tiempos y recursos (mano de obra y tiempos de montaje) que consumen las cantidades a producir, se adicionan en estas planillas las simulaciones correspondientes a la construcción del inventario para la alternancia y, por supuesto, se consolidan en un costo total, que al cierre de este período, reflejan el incremento

por el mayor volumen de producción, pero es pertinente aclarar que el balanceo ha permitido mantener los costos controlados, dada la disponibilidad de recurso.

Concluido ese quinto mes (mayo 2019), se procede con el inicio del programa de alternancia, el cual consiste en producir cero (0) unidades de pares y 200% de los requerimientos de unidades de nones, alternado pares y nones en cada mes, hasta llegar al cierre en diciembre 2019.

Resumiendo, se parte de la condición actual de operación y costo en la que se consideran las siguientes variables:

- Costos de operación (mano de obra y costos de montaje)
- Costo de Inventario (almacenamiento)
- Planeación de operaciones de productos semielaborados, bajo el esquema MRP
- Consolidación de los costos de operación y de almacenamiento.

Los cuales posteriormente se desarrollan en la misma forma con el modelo de alternancia. Para este efecto, se podrán consultar las matrices de enero a diciembre de 2019.ver anexo C.

Los resultados mensualizados se consolidan mes a mes y se llega al acumulado de diciembre en el cual se pueden establecer las diferencias. Ver anexo D

6. ALGORITMO

La herramienta desarrollada cobró vital importancia, en la medida que permitió evaluar posibles falencias del modelo y abrió la posibilidad de visualizar oportunidades de mejora. Para un mejor entendimiento, se hizo una separación en tres (3) versiones del modelo desarrollado, las cuales coinciden con el momento en que se estaban implementando las variaciones en las plantillas Excel que contenían la información de la programación de producción en condiciones normales (modelo MRP) y el desarrollo propuesto (modelo Alternancia).

Es muy importante destacar que, aún cuando la propuesta en el presente trabajo se basa en modelo de alternancia, a medida que se fueron desarrollando las plantillas con la programación MRP y la estructura de alternancia, se diseñó este Algoritmo, que no solo contribuyó a realizar más rápidamente las sensibilizaciones necesarias, sino que permitió corroborar la validez y la funcionalidad del modelo, expresando su utilidad en números o cifras reales; luego este Algoritmo se constituyó en una herramienta fundamental para la validación del modelo en sí.

6.1 MODELO CONCEPTUAL DE DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Considerando el tamaño de la compañía y la diversidad de las líneas de producto, se consideró prudente tomar solamente las tres (3) líneas incluidas en esta propuesta.

Figura 7. Líneas de producción A



Fuente: Elaboración propia

Nota: fotografía tomada a la línea de ensamble de la planta de Challenger S.A.S. por los autores en agosto 12 de 2019

Figura 8. Líneas de producción B



Fuente: Elaboración propia

Nota: fotografía tomada a la línea de ensamble de la planta de Challenger S.A.S. por los autores en agosto 12 de 2019

Figura 9. Líneas de producción C.



Fuente: Elaboración propia

Nota: fotografía tomada a la línea de ensamble de la planta de Challenger S.A.S. por los autores en agosto 12 de 2019

En estas condiciones, se hizo eficiente el levantamiento de la información y la consolidación de los reportes diseñados como herramientas, para la sensibilización de cifras, considerando siempre la capacidad instalada y los tiempos disponibles.

6.2 EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE PROPUESTA

Indudablemente, desde el inicio del proyecto, consideramos fundamental el garantizar la certeza de las cifras, para lo cual contamos con el apoyo de Challenger S.A.S., quienes permitieron el acceso a toda la información (por supuesto protegida bajo un acuerdo no escrito de confidencialidad), y por ello, aun cuando los primeros esquemas y borradores se trabajaron durante el año 2.018, se logró estructurar un avance significativo en nuestras herramientas, para fijar un punto de partida en enero de 2.019 para lograr evaluar los resultados al cierre del mismo año; vale la pena anotar, que los meses de junio a diciembre se trabajaron con cifras proyectadas, dado que también tuvimos acceso al plan de ventas presupuestado para el año 2.019 en la compañía.

Una vez propuesto el modelo de desarrollo de producto y dando continuidad a la metodología planteada en el capítulo introductorio de este trabajo de grado de maestría, se procedió a hacer la evaluación y validación del mismo.

6.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN

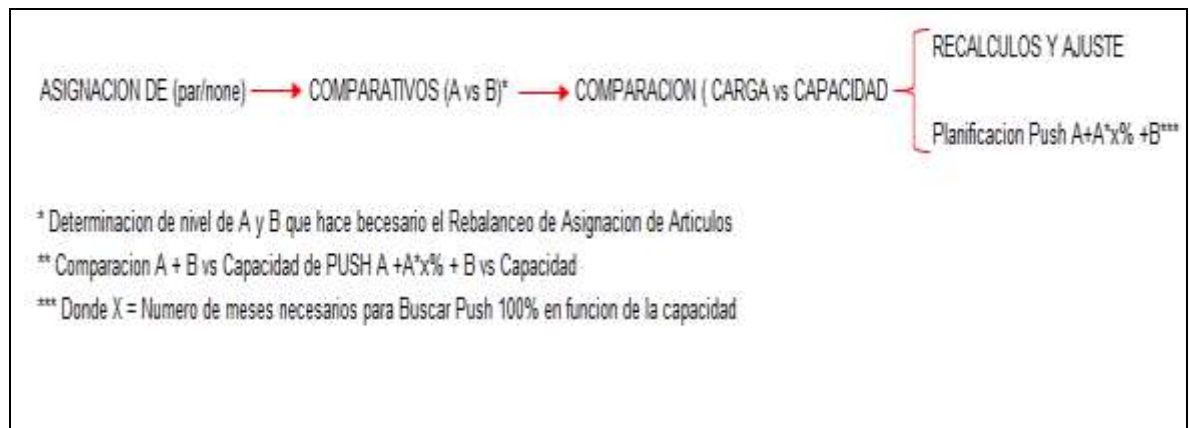
Para evaluar el modelo desarrollado, se estableció un comparativo entre la programación MRP; con las cantidades de producción presupuestadas, las cuales manejan un programador en el ERP BAAN, luego fueron seleccionados los centros de costo involucrados, valorizando la mano de obra y la carga por operación (incluido el costo de montaje). Posteriormente y bajo los mismos parámetros se estructuró la construcción de un stock para alternancia, en cual, en principio, se estableció en cinco (5) meses, lo que requería una carga adicional en los productos definidos como pares, correspondiente al 20% mensual, logrando el cumplimiento de la meta en mayo del mismo año. Como esta producción excedente, tiene un componente de mano de obra y costos de montaje, es correcto afirmar que, durante estos cinco meses, por efectos de la mayor producción, se generó una utilización mayor del recurso, a los cuales adicionamos el costo de almacenamiento del producto resultante de esta programación adicional.

Como la utilización del recurso a partir del mes seis (6) vuelve a sus niveles habituales, el costo de almacenamiento va a permanecer constante, solamente que se van a producir 100% adicional de unos ítems (pares o nones), pero se va a lograr una disminución en los costos de montaje (alistamiento y cambio de herramientas, desperdicios de material, cuadros de máquina, tiempos muertos, etc.), que se van

a ver reflejados en la disminución de costos que debe surgir de la implementación del modelo y será contrastada al final del trabajo.

Para esta etapa se diseñaron dos instrumentos de tipo comparación para cuantificar lo referente a mejoramiento de las variables dependientes.

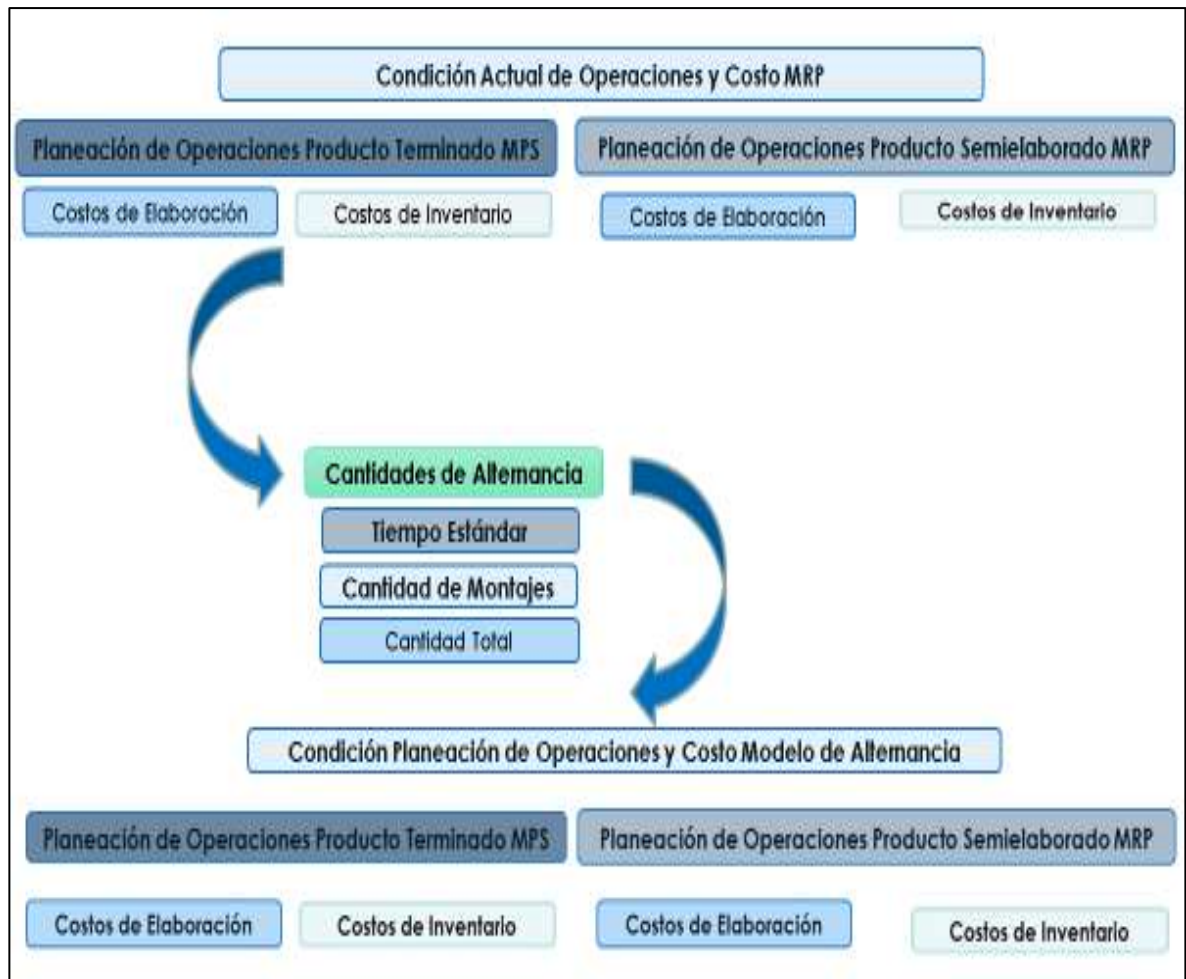
Figura 10. Variables



Fuente: Elaboración propia

6.3.1 Etapa de preparación. El levantamiento de la información referente a las condiciones de operación y costo actuales bajo el esquema MRP, fue revisado y contrastado incluso con los registros de ingreso al almacén, para dar fiabilidad a las cifras.

Figura 11. Condición actual de planeación de operaciones y costo

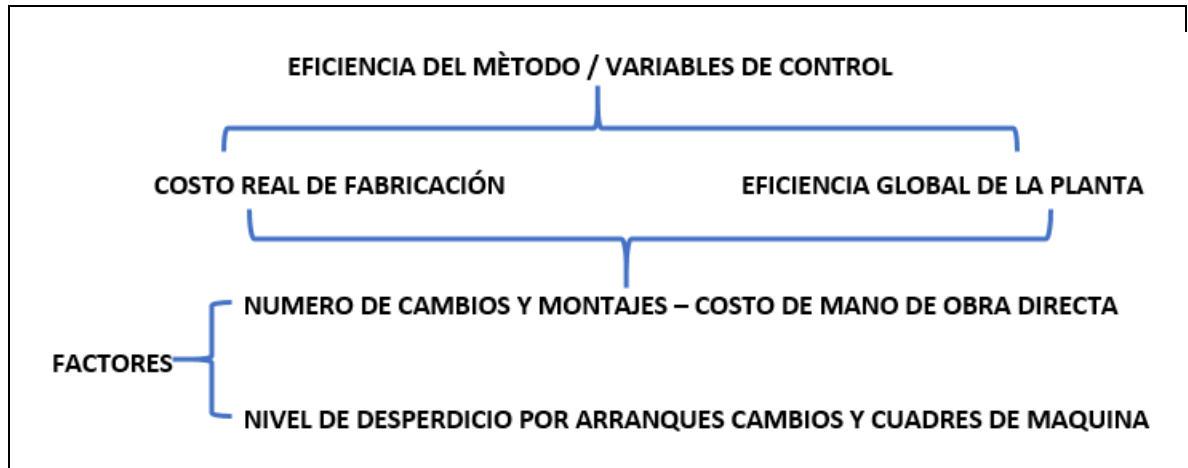


Fuente: Elaboración propia

Aun cuando los ítems requeridos para la producción en los meses de junio a diciembre son proyectados, fueron procesados bajo los mismos parámetros, para lograr una comparación razonable y establecer, de una manera muy cercana a la realidad, el beneficio generado por la implementación del modelo.

6.3.2 Etapa de desarrollo. Durante esta etapa, se desarrollaron las actividades de los elementos conceptuales descritos y se diligenciaron todas las matrices denominadas prueba base modelo, correspondiente a cada uno de los meses planificados para la implementación del modelo.

Figura 12. Sobre el modelo



Fuente: Elaboración propia

Se efectuaron procesos de simulación buscando siempre conservar los parámetros de operación y los tiempos de montaje, para poder realizar una medición adecuada y coherente con la situación actual de la planta y la implementación propuesta.

Figura 13. Situación actual de la planta



Fuente: Elaboración propia

6.3.3 Etapa de evaluación. En cada una de las matrices (prueba base modelo) se registraron las programaciones en MRP y con la inclusión del modelo de alternancia, resumiendo en la hoja fina los costos por operación y los costos de montaje en cada uno de los esquemas. Estos resultados se consolidan por mes y se comparan al cierre del periodo, para medir eficientemente los resultados del modelo de alternancia.

6.4 MATRICES DE DATOS EN INTERFAZ DE DESCARGA

Se presentan las matrices receptoras de datos desde el ERP Para su procesamiento independiente, con el propósito de calcular el valor de las variables actuales, y tomar

datos desde esta matriz para alimentar el software del modelo de alternancia, donde se encuentra programado el algoritmo. (Ver anexo D).

6.5 SEUDOALGORITMO

Describe la lógica básica que guía el procesamiento de datos y la inducción desde su transaccionalidad hacia los siguientes pasos, hasta lograr los resultados que se esperan desde la idealización del modelo. La lógica básica del modelo fue descrita inicialmente en un esquema denominado pseudoalgoritmo, como se describe en el cuadro 7.

Cuadro 6. Pseudoalgoritmo

ACCION BÁSICA	LÓGICA	REFERENCIA	REACCIÓN
10 Seleccionar artículos por centro de trabajo	acción		
20 Listar artículos por centro de trabajo con carga según programa de producción			
22 Leer listado centro de trabajo $N=n+1$			
30 Sumar capacidad consumida total operación efectiva por centro de trabajo N según programa de producción, hágalo igual a A			
31 Sumar capacidad consumida total operación montaje por centro de trabajo N según programa de producción, hágalo igual a B			
32 $A + B =$ carga total sobre el centro de trabajo			
40 Comparar carga total por centro de trabajo con capacidad disponible. Lea primer centro de trabajo, $C =$ Lea espacio $C = C + 1$	c mayor que cd	si	vaya a 50
		no	vaya a 60
50 Comparar carga por centro de trabajo con capacidad instalada	c mayor que si	si	vaya a 70
		no	vaya a 80
60 Calcule carga sobre capacidad instalada denominélo % de ocupación del centro de trabajo para plan 01			
61 % ocupación centro de trabajo menor o igual a 85%		si	vaya a 62
		no	vaya a 86
62 haga $kn = (capacidad instalada \cdot 0,85) - carga$			
64 Envíe aviso "tiempo sobrante centro de trabajo $N = KN$ "			
65 vaya a 86			
70 Sobre carga = $(carga total sobre centro de trabajo - capacidad instalada) / capacidad instalada \times 100$			
71 Enviar mensaje "sobrecarga del XXX%" replanificar			

Cuadro 7. (Continuación)

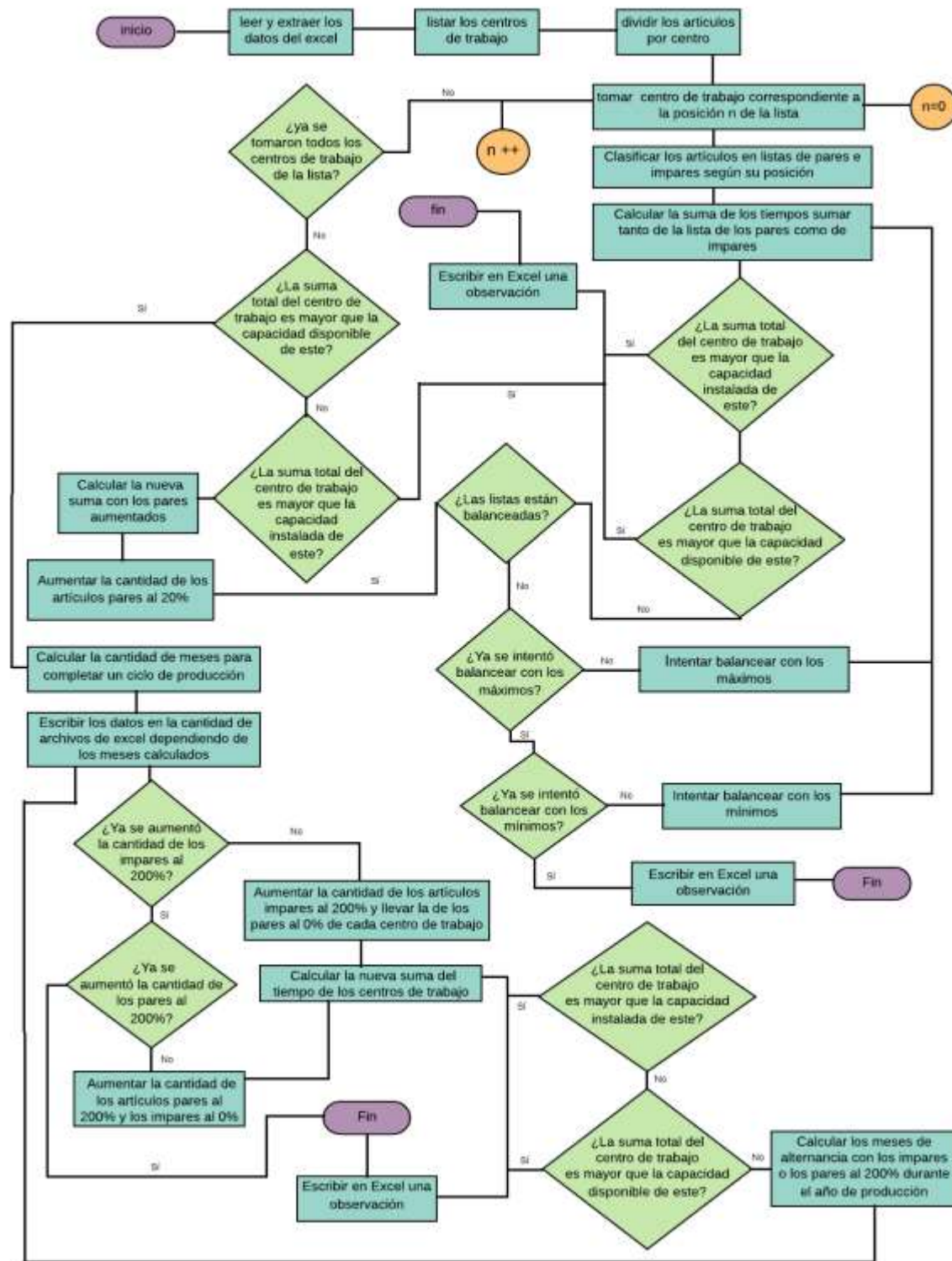
72	FIN			
80	Carga total sobre el centro de trabajo- capacidad disponible menor o igual a (capacidad disponible*0,20)		si	vaya a 82
			no	vaya a 84
82	envíe aviso "Programé horas extras"			
84	Envíe aviso "replanifiqué sobre pasatiempo extra posible"			
86	¿Centro de trabajo igual a 64?	si		vaya a 90
		no		vaya a 22
90	leer listado centro de trabajo N			
92	ítem es par?	si		vaya a 94
		no		vaya a 96
94	llévalo a sumatoria A			
96	llévelo a sumatoria B			
98	ejecute sumatoria A			
100	Ejecute sumatoria B			
110	Valoradas de (A-B)	si		vaya a 115
		no		vaya a 170
115	lea Q1 (cantidad programada mes de articulo) en sumatoria de A			
117	programar pares (sumatoria A) para el mes cantidades iguales a $Q1*(1+X)$, donde x			
118	confirmar producción completa de pares, entrar dato de producción			
119	producción confirmada mayor o igual a programada_?	si	vaya a 130	
		no	vaya a 140	
130	haga $I = Q *(1/\#meses de construcción del inventario alternante) + inventario anterior$			
135	Programar nones (sumatoria de B) cantidades = cantidades netas			
140	¿I mayor o igual a Q?	si	vaya a 210	
		no	vaya a 117	

Cuadro 7. (Continuación)

170	busque menor valor de sumandos de A			
180	réstelo de la sumatoria de A			
190	agréguelo a la sumatoria de B			
200	vaya a 98			
210	Q mes n+1 mayor o igual que $Q_n \cdot 1.05$?	si	vaya a 20	
		no	vaya a 220	
220	programe cantidades de nones (artículos b) con $Q_1 = 2Q$ para mes siguiente			
230	programe cantidades de pares (artículos A) con $Q_1 = 0$ para mes siguiente			
240	I de B mayor a $2Q$	si	vaya a 242	
		no	vaya a 250	
242	programe cantidades de pares (artículos A) con $Q_2 = 2Q$ para mes siguiente más 1			
243	vaya a 30			
250	I de A mayor a $2Q$	si	vaya a 260	
		no	vaya a 240	
260	programe cantidades de nones (artículos b) con $Q_2 = 2Q$ para mes siguiente más 1			
265	vaya a 30			
260	programe cantidades de nones (artículos b) con $Q_2 = 2Q$ para mes siguiente más 1			

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Diagrama de flujo seudoalgoritmo



Fuente: Elaboración propia

Conceptos necesarios

- Tiempo sumar → Tiempo operación por artículo + Tiempo de montaje
- n ++ → Se le suma 1 al valor de n
- Listas balanceadas → La diferencia entre los tiempos a sumar de las listas
no superan el porcentaje de aceptación dado
con
respecto a la suma total del centro de trabajo

Cuadro 7. Versiones del Seudoalgoritmo

VERSIONES DEL SEUDOALGORITMO	
Versión 1.0	En esta versión del código se implementó una estructura de datos conjunta en el manejo de los archivos de Excel, es decir, el algoritmo partía de la lectura de todos los archivos de Excel y almacenaba la información recolectada en diversas estructuras de datos para luego procesarla y devolverla a los archivos.
	Sin embargo, el tiempo de ejecución se convirtió en una limitante, puesto que, al realizar la lectura y los cálculos en forma simultánea, este parámetro se incrementaba exponencialmente con respecto a la cantidad de datos.
Versión 2.0	En esta versión se logró mejorar el tiempo de ejecución por medio de una segmentación por meses, es decir, los archivos de Excel ya no son leídos de manera conjunta, sino que se lee uno a uno y así mismo, se corre el programa mes a mes, lo cual se tradujo en mejoras sustanciales en el tiempo de ejecución y almacenamiento de datos.
	Sin embargo, esta versión no estaba preparada para algún cambio en la demanda que se pudiese presentar durante el proceso de estructuración del inventario alternativo, por lo que solo tenía capacidad de procesar los datos adquiridos si tenían demanda predeterminada.
Versión 3.0	Para solucionar este problema se generó esta última versión del código, la cual se divide en dos partes, la primera se encarga de la planeación de los meses de pre-alternancia, con el fin almacenar los requerimientos justos para poder llevar acabo la alternancia y evitar la producción innecesaria.
	Además, cuenta con la capacidad de adaptarse al cambio de demanda durante dichos meses y conservar un inventario de reserva en caso de ser requerido cuando se encuentre en los meses de alternancia.

Fuente: Elaboración propia

Seguido de esto, se ejecuta la segunda parte, la cual se encarga de llevar a cabo la alternancia teniendo en cuenta los datos recolectados durante la etapa de planeación, para evitar el gasto innecesario de recursos y estar preparado ante los cambios de demanda que se puedan dar durante la alternancia. Ver anexo No. B

6.6 MATRICES DE SALIDA EN EXCEL

Son las matrices de salida de los datos procesados en el software desarrollado, tiene la misma estructura lógica de las matrices de entrada para mantener la consistencia del manejo de datos, en los estadios de pre y postratamiento en el modelo de alternancia, y sobre la cual se consolidan los valores de las variables intervenidas. Ver anexo C

6.7 ALGORITMO

Ver anexo E

6.8 MATRIZ DE COMPARACIÓN

Es la matriz que recoge los datos de los valores de las variables intervenidas en los estadios de pre y pos-intervención con el modelo de alternancia y que permite la consolidación de estos a fin de evidenciar el resultado de la intervención del modelo y comparar la diferencia obtenida y la eficacia del modelo.

6.9 CORRIDA DEL ALGORITMO

Cuando el proceso de la herramienta es ejecutado (corrido) es posible visualizar en pantalla, la realización de los cálculos formulados en el modelo de alternancia, describiendo el proceso y los tiempos de ejecución ver anexo D

7. RESULTADOS

Para determinar la utilidad por la implementación del modelo, se establecieron los costos bajo la programación en MRP y fue desarrollada con el modelo de alternancia, encontrando que se genera un beneficio económico de COP \$

La siguiente tabla resume el comparativo de dos años, un año inicial en el cual se construye el inventario adicional para dar inicio al proceso de alternancia y el año siguiente que ya tiene implementado el proceso de alternancia.

Tabla 1. comparativa de resultados.

COSTOS	Año 1 - TRANSICIÓN	Año 2 - ALTERNANCIA PLENA
Tiempo Operativo	\$ 107.964.067,10	\$ 32.970.378,26
Tiempo de Montajes	-\$ 172.674.463.97	-\$ 345.348.927.93
Desperdicio Materia Prima Plásticos	-\$ 25.648.000.00	-\$ 51.926.000.00
Desperdicio Materia Prima Metales	-\$ 87.512.600.00	-\$ 175.025.200.00
Micrologística	\$ 599.798.09	\$ 0.00
Almacenamiento	\$ 17.453.117,65	\$ 0.00
TOTAL INCREMENTO O DISMINUCIÓN	-\$ 159.818.101.13	-\$ 604.640.506,19

Fuente Elaboración propia.

7.1 CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS

A continuación, se presenta una matriz de contrastación del cumplimiento de los objetivos específicos planteados en el capítulo introductorio de esta investigación. Para determinar la utilidad por la implementación del modelo, se establecen los costos bajo la programación en MRP y la desarrollada con el modelo de alternancia, encontrando que se genera un beneficio económico durante el ejercicio del año tipo, correspondiente a COP \$ 159.818.101.03, considerando que el costo de la operación bajo el esquema MRP es de COP \$ 3.856.945.306.39 y el costo una vez aplicado el modelo de alternancia equivale a la suma de COP \$ 3.697.127.205.26; los beneficios proceden de la mayor eficiencia en la utilización de los equipos y la reducción del desperdicio por cambios y montajes, tanto en material plástico, como en material metálico.

A continuación, se puede observar los meses tipo y su evolución económica durante la construcción del inventario para la alternancia y la implementación del modelo:

El cuadro 9, representa el costo mensual correspondiente a la planeación de producción bajo el esquema *MRP*, considerando que los primeros cinco (5) meses son reales y las restantes siete (7) meses corresponden a la proyección de producción para dicho período.

Cuadro 8. Costo mensual en planeación

	SUBTOTALES DE COSTO POR CONCEPTO SITUACION ACTUAL MRP							TOTAL COSTO OPERACIÓN PLANTA PROGRAMA PRODUCCIÓN MES	
	MESES	Costo por tiempo operativo	Costo por tiempo de montajes	Costo total de operación	Costo por desperdicio de material plástico	Costo por desperdicio de material metálico	Costo extra de logística		Costo extra de almacenamiento
R E A L	Enero	\$ 201.342.490,98	\$ 61.343.710,03	\$ 262.686.201,02	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	\$ 3.856.945.306,39
	Febrero	\$ 254.033.948,37	\$ 61.343.710,03	\$ 315.377.658,40	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Marzo	\$ 255.428.351,18	\$ 61.343.710,03	\$ 316.772.061,21	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Abril	\$ 276.067.517,15	\$ 61.343.710,03	\$ 337.411.227,18	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Mayo	\$ 96.749.091,76	\$ 61.343.710,03	\$ 158.092.801,80	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
P R O Y E C T A D O	Junio	\$ 79.650.056,43	\$ 61.343.710,03	\$ 140.993.766,46	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Julio	\$ 201.342.490,98	\$ 61.343.710,03	\$ 262.686.201,02	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Agosto	\$ 254.033.948,37	\$ 61.343.710,03	\$ 315.377.658,40	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Septiembre	\$ 255.428.351,18	\$ 61.343.710,03	\$ 316.772.061,21	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Octubre	\$ 276.067.517,15	\$ 61.343.710,03	\$ 337.411.227,18	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Noviembre	\$ 370.134.566,02	\$ 61.343.710,03	\$ 431.478.276,05	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Diciembre	\$ 79.650.056,43	\$ 61.343.710,03	\$ 140.993.766,46	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	TOTAL	\$ 2.599.928.385,99	\$ 736.124.520,40	\$ 3.336.052.906,39	\$ 103.488.000,00	\$ 417.404.400,00	\$ -	\$ -	

Fuente: Elaboración propia

Nota: El cuadro 9, representa el costo mensual correspondiente a la planeación de producción bajo el esquema MRP, considerando que los primeros cinco (5) meses son reales y las restantes siete (7) meses corresponden a la proyección de producción para dicho período.

Cuadro 9. Movimiento mensual en producción

		SUBTOTALES DE COSTO POR CONCEPTO ALTERNANCIA							TOTAL COSTO OPERACIÓN PLANTA PROGRAMA PRODUCCIÓN MES
	MESES	Costo por tiempo operativo	Costo por tiempo de montajes	Costo total de operación	Costo por desperdicio de material plástico	Costo por desperdicio de material metálico	Costo extra de logística	Costo extra de almacenamiento	
R E A L	Enero	\$ 225.922.277,04	\$ 61.343.710,03	\$ 287.265.987,08	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ 49.184,54	\$ 1.163.541,18	\$ 3.697.127.205,26
	Febrero	\$ 274.878.075,25	\$ 61.343.710,03	\$ 336.221.785,28	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ 84.706,70	\$ 2.327.082,35	
	Marzo	\$ 279.463.484,31	\$ 61.343.710,03	\$ 340.807.194,35	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ 114.763,92	\$ 3.490.623,53	
	Abril	\$ 297.994.531,48	\$ 61.343.710,03	\$ 359.338.241,52	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ 157.117,27	\$ 4.654.164,71	
	Mayo	\$ 398.635.708,99	\$ 61.343.710,03	\$ 459.979.419,02	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ 194.005,67	\$ 5.817.705,88	
P R O Y E C T A D O	Junio	\$ 99.424.885,63	\$ 61.343.710,03	\$ 160.768.595,66	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Julio	\$ 187.469.763,81	\$ 29.958.800,97	\$ 217.428.564,78	\$ 3.892.000,00	\$ 19.170.900,00	\$ -	\$ -	
	Agosto	\$ 200.292.145,45	\$ 35.169.919,23	\$ 235.462.064,69	\$ 4.788.000,00	\$ 21.205.800,00	\$ -	\$ -	
	Septiembre	\$ 213.517.054,98	\$ 29.960.543,40	\$ 243.477.598,38	\$ 3.892.000,00	\$ 19.182.800,00	\$ -	\$ -	
	Octubre	\$ 232.190.362,42	\$ 35.197.144,75	\$ 267.387.507,17	\$ 4.816.000,00	\$ 21.217.700,00	\$ -	\$ -	
	Noviembre	\$ 184.450.354,75	\$ 29.998.671,42	\$ 214.449.026,17	\$ 3.892.000,00	\$ 19.194.700,00	\$ -	\$ -	
	Diciembre	\$ 113.653.808,96	\$ 35.102.716,47	\$ 148.756.525,43	\$ 4.816.000,00	\$ 21.217.700,00	\$ -	\$ -	
	TOTAL	\$ 2.707.892.453,09	\$ 563.450.056,43	\$ 3.271.342.509,52	\$ 77.840.000,00	\$ 329.891.800,00	\$ 599.778,09	\$ 17.453.117,65	

Fuente: Elaboración propia

Nota: El cuadro 10 representa el movimiento mensual en producción, considerando que ya se implementó el modelo y las cifras proyectadas corresponden a la misma programación.

Cuadro 10. Comparativo mes a mes y sus variaciones

		RAZON DE CAMBIO							TOTAL CAMBIO
	MESES	Costo por tiempo operativo	Costo por tiempo de montajes	Costo total de operación	Costo por desperdicio de material plástico	Costo por desperdicio de material metálico	Costo extra de logística	Costo extra de almacenamiento	DECOSTO OPERACIÓN PLANTA PROGRAMA PRODUCCIÓN MES
R E A L	Enero	\$ 24.579.786,06	\$ -	\$ 24.579.786,06	\$ -	\$ -	\$ 49.184,54	\$ 1.163.541,18	-\$ 159.818.101,13
	Febrero	\$ 20.844.126,88	\$ -	\$ 20.844.126,88	\$ -	\$ -	\$ 84.706,70	\$ 2.327.082,35	
	Marzo	\$ 24.035.133,14	\$ -	\$ 24.035.133,14	\$ -	\$ -	\$ 114.763,92	\$ 3.490.623,53	
	Abril	\$ 21.927.014,34	\$ -	\$ 21.927.014,34	\$ -	\$ -	\$ 157.117,27	\$ 4.654.164,71	
	Mayo	\$ 301.886.617,22	\$ -	\$ 301.886.617,22	\$ -	\$ -	\$ 194.005,67	\$ 5.817.705,88	
P R O Y E C T A D O	Junio	\$ 19.774.829,20	\$ -	\$ 19.774.829,20	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
	Julio	-\$ 13.872.727,17	-\$ 31.384.909,07	-\$ 45.257.636,24	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.612.800,00	\$ -	\$ -	
	Agosto	-\$ 53.741.802,91	-\$ 26.173.790,80	-\$ 79.915.593,71	-\$ 3.836.000,00	-\$ 13.577.900,00	\$ -	\$ -	
	Septiembre	-\$ 41.911.296,20	-\$ 31.383.166,63	-\$ 73.294.462,83	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.600.900,00	\$ -	\$ -	
	Octubre	-\$ 43.877.154,73	-\$ 26.146.565,28	-\$ 70.023.720,01	-\$ 3.808.000,00	-\$ 13.566.000,00	\$ -	\$ -	
	Noviembre	-\$ 185.684.211,27	-\$ 31.345.038,62	-\$ 217.029.249,89	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.589.000,00	\$ -	\$ -	
	Diciembre	\$ 34.003.752,53	-\$ 26.240.993,57	\$ 7.762.758,97	-\$ 3.808.000,00	-\$ 13.566.000,00	\$ -	\$ -	
TOTAL	\$ 107.964.067,10	-\$ 172.674.463,97	-\$ 64.710.396,87	-\$ 25.648.000,00	-\$ 87.512.600,00	\$ 599.778,09	\$ 17.453.117,65		

Fuente: Elaboración propia

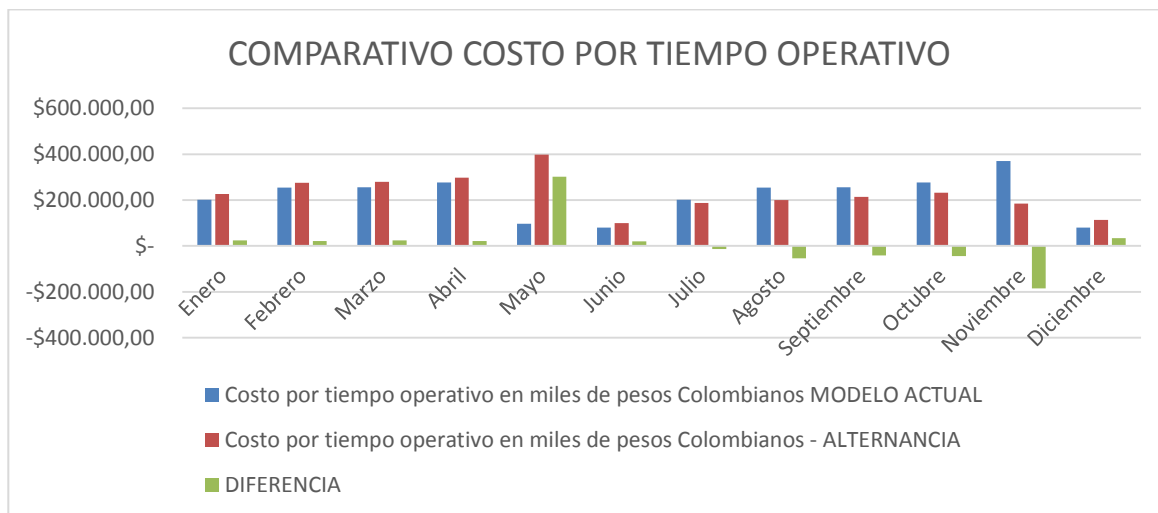
Nota: Para concluir, en el cuadro 11 se muestra el comparativo mes a mes y la variación que se va desarrollando mes a mes; nótese como en los primeros meses el costo aumenta por los ítems de logística y almacenamiento, pero una vez implementado el modelo, se va disminuyendo por efecto de la reducción en el número de montajes y la reducción del desperdicio de materias primas.

7.2 VARIACIÓN EN MEJORAMIENTO EN LOS FACTORES Y VARIABLES DEPENDIENTES CONSIDERADAS

Como se enunció anteriormente, sorprendió gratamente el resultado logrado, pero estaba presupuestado en virtud de que se propuso desde un principio la reducción del número de montajes para una mejor utilización de la capacidad instalada y la mano de obra involucrada en los procesos.

A continuación, se describe en el gráfico No. 1, el comportamiento de la variable Costo por Tiempo Operativo:

Gráfico 1. Comparativos costos por tiempo operativo

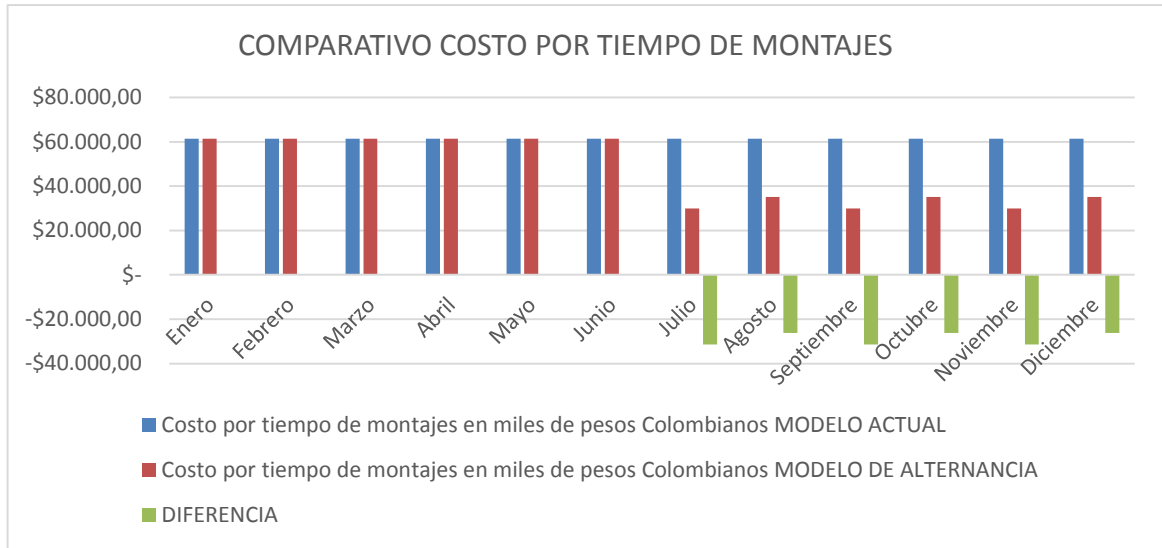


Durante los meses de enero a mayo se nota un incremento en este rubro, en virtud de la construcción del inventario pre-alternancia; la tendencia al alza se mantiene y al cierre del primer año se presenta la siguiente variación:

Comparativo Costos Tiempo Operativo	
Modelo Actual	\$2.599.928.385,99
Alternancia	\$2.707.892.453,09
Diferencia	\$ 107.964.067,10

Sin embargo, el comportamiento se invierte en el rubro costo de montajes como se observa a continuación en el gráfico 2.

Gráfico 2. Comparativo costo por tiempo de montajes

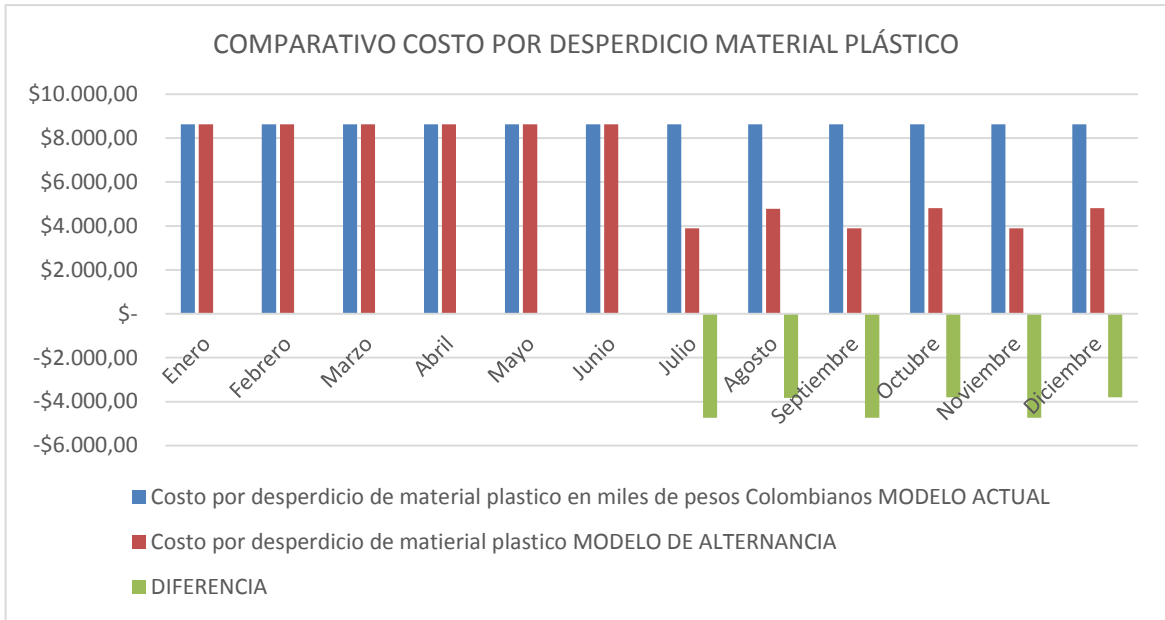


A partir del mes de junio, una vez construido el inventario en exceso para el inicio de la alternancia, el número de montajes se reduce y se empieza a reducir el costo; al cierre del primer año se reduce este rubro en \$ 172.674.463,97, los cuales compensan suficientemente el monto excedido por tiempo de operación.

Comparativo Costos de Montaje	
Modelo Actual	\$ 736.124.520,40
Alternancia	\$ 563.450.056,43
Diferencia	-\$ 172.674.463,97

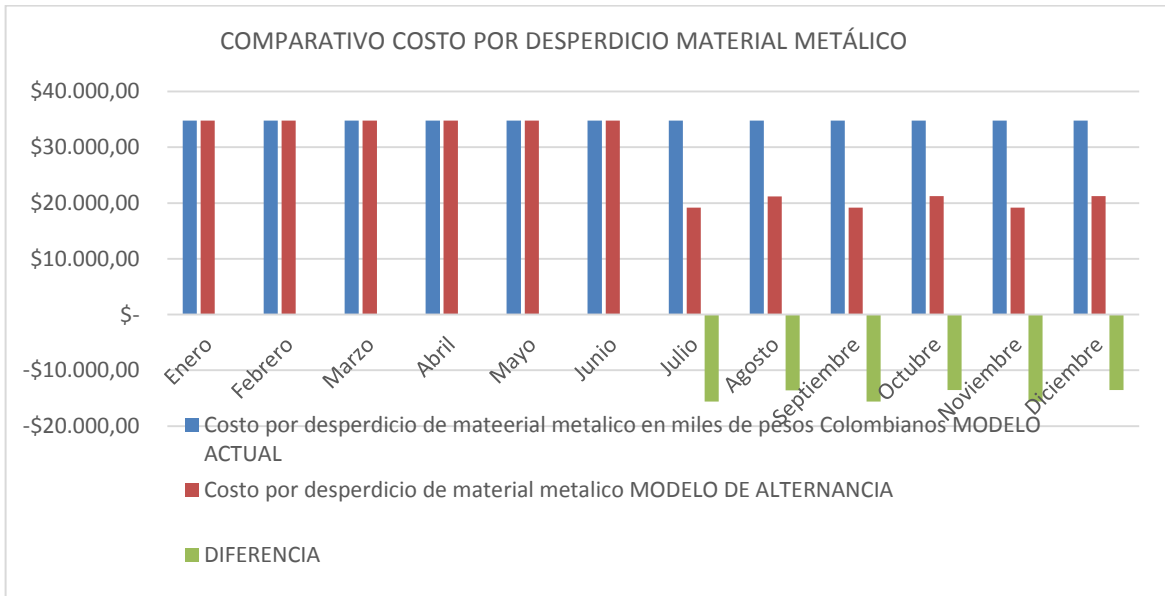
Como consecuencia de la reducción del número de montajes, se presenta menos desperdicio de material plástico y material metálico, como se detalla a continuación en los gráficos 3 y 4

Gráfico 3. Comparativo costo por desperdicio material plástico



Comparativo Costos desperdicio Material Plástico	
Modelo Actual	\$ 103.488.000,00
Alternancia	\$ 77.840.000,00
Diferencia	-\$ 25.648.000,00

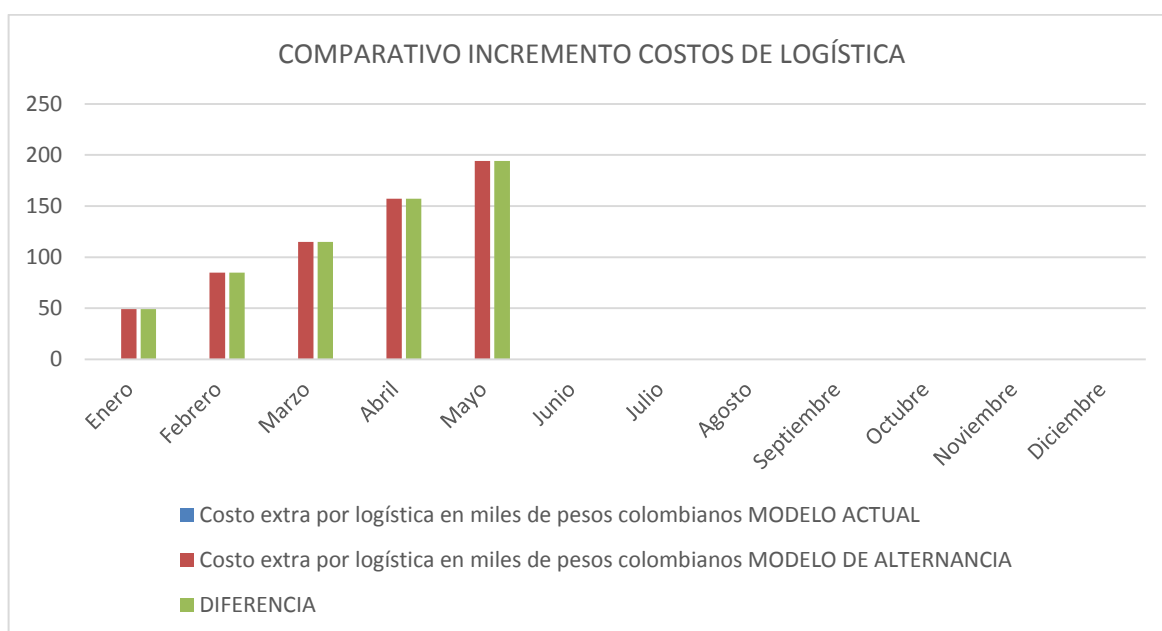
Gráfico 4 Comparativo costo por desperdicio material



Comparativo Costos desperdicio Material Metálico	
Modelo Actual	\$ 417.404.400,00
Alternancia	\$ 329.891.800,00
Diferencia	-\$ 87.512.600,00

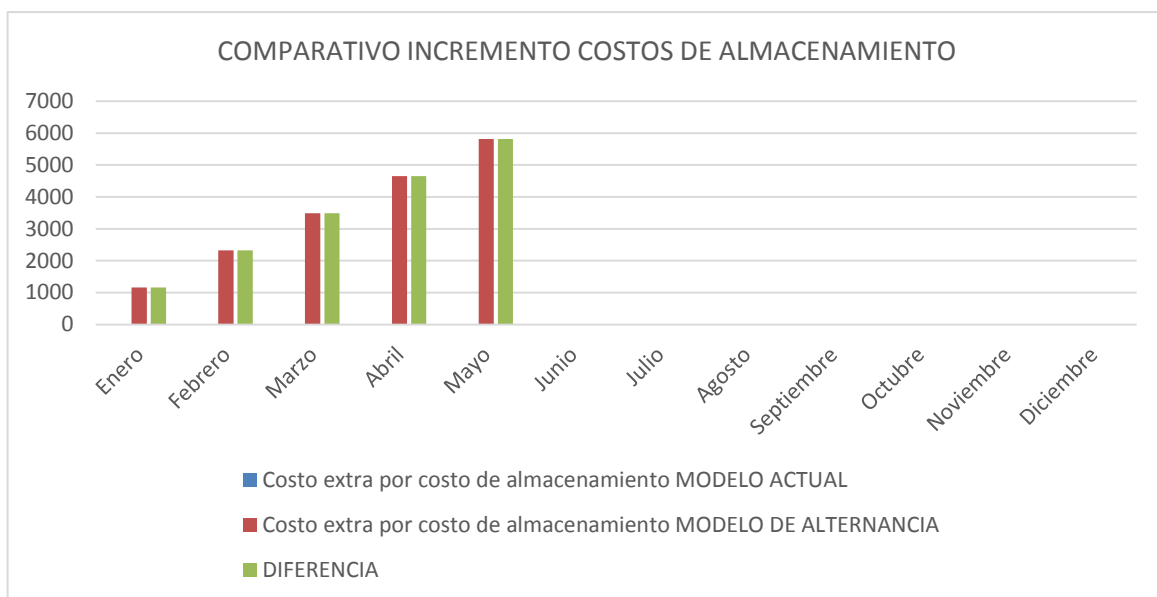
Pero en adición debemos considerar que, durante el periodo de construcción del inventario para la alternancia, se presenta un incremento en los costos de Logística y almacenamiento, por cuanto se presentan movimientos adicionales de enero a mayo. Ver graficas 5 y 6.

Gráfico 5. Comparativo incremento costo de logística



Comparativo Costo Extra por Logística	
Modelo Actual	\$ -
Alternancia	\$ 599.778,09
Diferencia	\$ 599.778,09

Gráfico 6. Comparativo incremento costos de almacenamiento



Comparativo Costo Extra por Almacenamiento	
Modelo Actual	\$ -
Alternancia	\$ 17.453.117,65
Diferencia	\$ 17.453.117,65

A partir del mes de junio que corresponde al período en que se inicia la alternancia, estos rubros de Logística y almacenamiento se van a mantener constantes, dado que se almacena uno de los ítems en exceso y menor cantidad del segundo ítem.

Cuadro 11. Costo mensual en planeación año 2.

		SUBTOTALES DE COSTO POR CONCEPTO SITUACION ACTUAL MRP						TOTAL COSTO OPERACIÓN PLANTA PROGRAMA PRODUCCIÓN MES ACTUAL CONDICIÓN ACTUAL MRP	
MESES	Costo por tiempo operativo	Costo por tiempo de montajes	Costo total de operación	Costo por desperdicio de material plástico	Costo por desperdicio de material metálico	Costo extra de logística	Costo extra de almacenamiento		
PROYECTADO	Enero	\$ 201.342.490,98	\$ 61.343.710,03	\$ 262.686.201,02	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	\$ 3.856.945.306,39
	Febrero	\$ 254.033.948,37	\$ 61.343.710,03	\$ 315.377.658,40	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Marzo	\$ 255.428.351,18	\$ 61.343.710,03	\$ 316.772.061,21	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Abril	\$ 276.067.517,15	\$ 61.343.710,03	\$ 337.411.227,18	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Mayo	\$ 96.749.091,76	\$ 61.343.710,03	\$ 158.092.801,80	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Junio	\$ 79.650.056,43	\$ 61.343.710,03	\$ 140.993.766,46	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Julio	\$ 201.342.490,98	\$ 61.343.710,03	\$ 262.686.201,02	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Agosto	\$ 254.033.948,37	\$ 61.343.710,03	\$ 315.377.658,40	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Septiembre	\$ 255.428.351,18	\$ 61.343.710,03	\$ 316.772.061,21	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Octubre	\$ 276.067.517,15	\$ 61.343.710,03	\$ 337.411.227,18	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Noviembre	\$ 370.134.566,02	\$ 61.343.710,03	\$ 431.478.276,05	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	Diciembre	\$ 79.650.056,43	\$ 61.343.710,03	\$ 140.993.766,46	\$ 8.624.000,00	\$ 34.783.700,00	\$ -	\$ -	
	TOTAL	\$ 2.599.928.385,99	\$ 736.124.520,40	\$ 3.336.052.906,39	\$ 103.488.000,00	\$ 417.404.400,00	\$ -	\$ -	

Nota: Ahora bien, si el resultado del primer año es interesante, para el segundo año se logran aprovechar al máximo los beneficios del modelo de alternancia, en virtud de que ya no se requiere construir inventario en exceso, sino que la alternancia fluye de manera continua y los costos de logística y almacenamiento se mantienen constantes. A continuación, el cuadro 12 permite observar una programación bajo el esquema actual sin la necesidad de construir inventario en exceso para la alternancia:

Cuadro 13. Movimiento mensual en producción

		SUBTOTALES DE COSTO POR CONCEPTO ALTERNANCIA						TOTAL COSTO OPERACIÓN PLANTA PROGRAMA PRODUCCIÓN MES ACTUAL CONDICIÓN DE ALTERNANCIA
MESES	Costo por tiempo operativo	Costo por tiempo de montajes	Costo total de operación	Costo por desperdicio de material plástico	Costo por desperdicio de material metálico	Costo extra de logística	Costo extra de almacenamiento	
PROYECTADO	Enero	\$ 229.556.903,77	\$ 29.958.800,97	\$ 259.515.704,74	\$ 3.892.000,00	\$ 19.170.900,00	\$ -	\$ -
	Febrero	\$ 247.513.151,69	\$ 35.169.919,23	\$ 282.683.070,93	\$ 4.788.000,00	\$ 21.205.800,00	\$ -	\$ -
	Marzo	\$ 273.018.228,24	\$ 29.960.543,40	\$ 302.978.771,64	\$ 3.892.000,00	\$ 19.182.800,00	\$ -	\$ -
	Abril	\$ 304.132.016,68	\$ 35.197.144,75	\$ 339.329.161,43	\$ 4.816.000,00	\$ 21.217.700,00	\$ -	\$ -
	Mayo	\$ 238.404.903,43	\$ 29.998.671,42	\$ 268.403.574,84	\$ 3.892.000,00	\$ 19.194.700,00	\$ -	\$ -
	Junio	\$ 142.759.313,53	\$ 35.102.716,47	\$ 177.862.030,00	\$ 4.816.000,00	\$ 21.217.700,00	\$ -	\$ -
	Julio	\$ 187.469.763,81	\$ 29.958.800,97	\$ 217.428.564,78	\$ 3.892.000,00	\$ 19.170.900,00	\$ -	\$ -
	Agosto	\$ 200.292.145,45	\$ 35.169.919,23	\$ 235.462.064,69	\$ 4.788.000,00	\$ 21.205.800,00	\$ -	\$ -
	Septiembre	\$ 213.517.054,98	\$ 29.960.543,40	\$ 243.477.598,38	\$ 3.892.000,00	\$ 19.182.800,00	\$ -	\$ -
	Octubre	\$ 232.190.362,42	\$ 35.197.144,75	\$ 267.387.507,17	\$ 4.816.000,00	\$ 21.217.700,00	\$ -	\$ -
	Noviembre	\$ 184.450.354,75	\$ 29.998.671,42	\$ 214.449.026,17	\$ 3.892.000,00	\$ 19.194.700,00	\$ -	\$ -
	Diciembre	\$ 113.653.808,96	\$ 35.102.716,47	\$ 148.756.525,43	\$ 4.816.000,00	\$ 21.217.700,00	\$ -	\$ -
	TOTAL	\$ 2.566.958.007,73	\$ 390.775.592,47	\$ 2.957.733.600,20	\$ 52.192.000,00	\$ 242.379.200,00	\$ -	\$ -

\$ 3.252.304.800,20

Nota: En el cuadro 13 se describe el comportamiento de la producción con la implementación del modelo de alternancia:

Cuadro 14. Comparativo mes a mes y sus variaciones, año dos con alternancia plena

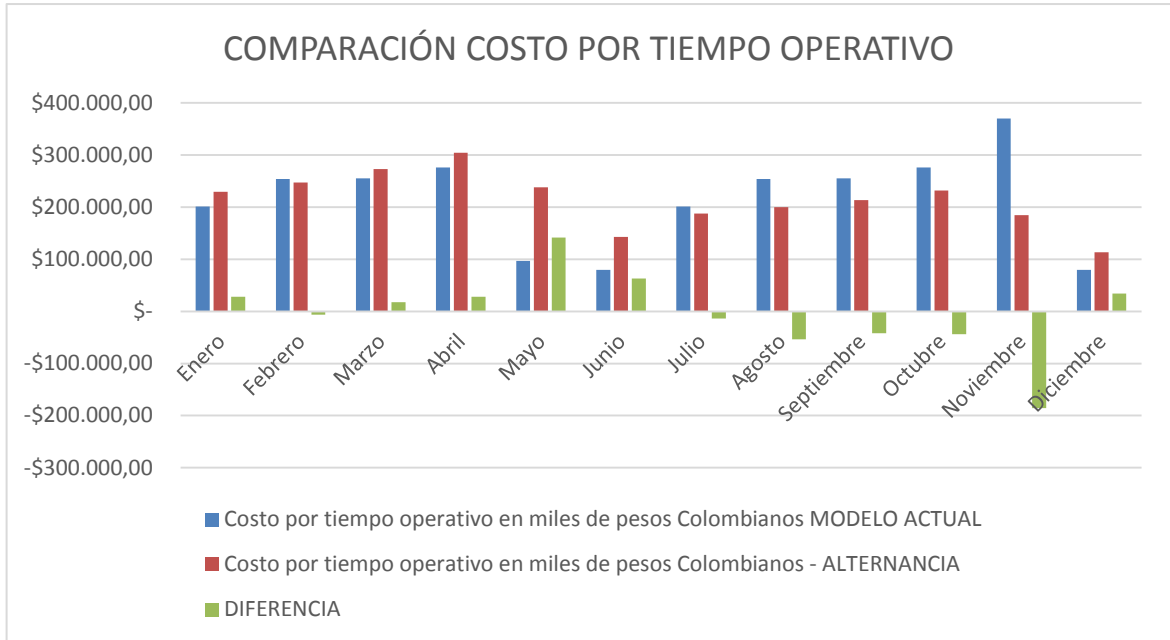
	RAZON DE CAMBIO							TOTAL CAMBIO DECOSTO OPERACIÓN PLANTA PROGRAMA PRODUCCIÓN MES ACTUAL CONDICIÓN DE ALTERNANCIA	
	MESES	Costo por tiempo operativo	Costo por tiempo de montajes	Costo total de operación	Costo por desperdicio de material plástico	Costo por desperdicio de material metálico	Costo extra de logística		Costo extra de almacenamiento
PROYECTADO	Enero	\$ 28.214.412,79	-\$ 31.384.909,07	-\$ 3.170.496,28	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.612.800,00	\$ -	\$ -	-\$ 604.640.506,19
	Febrero	-\$ 6.520.796,67	-\$ 26.173.790,80	-\$ 32.694.587,47	-\$ 3.836.000,00	-\$ 13.577.900,00	\$ -	\$ -	
	Marzo	\$ 17.589.877,07	-\$ 31.383.166,63	-\$ 13.793.289,57	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.600.900,00	\$ -	\$ -	
	Abril	\$ 28.064.499,54	-\$ 26.146.565,28	\$ 1.917.934,25	-\$ 3.808.000,00	-\$ 13.566.000,00	\$ -	\$ -	
	Mayo	\$ 141.655.811,66	-\$ 31.345.038,62	\$ 110.310.773,04	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.589.000,00	\$ -	\$ -	
	Junio	\$ 63.109.257,10	-\$ 26.240.993,57	\$ 36.868.263,54	-\$ 3.808.000,00	-\$ 13.566.000,00	\$ -	\$ -	
	Julio	-\$ 13.872.727,17	-\$ 31.384.909,07	-\$ 45.257.636,24	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.612.800,00	\$ -	\$ -	
	Agosto	-\$ 53.741.802,91	-\$ 26.173.790,80	-\$ 79.915.593,71	-\$ 3.836.000,00	-\$ 13.577.900,00	\$ -	\$ -	
	Septiembre	-\$ 41.911.296,20	-\$ 31.383.166,63	-\$ 73.294.462,83	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.600.900,00	\$ -	\$ -	
	Octubre	-\$ 43.877.154,73	-\$ 26.146.565,28	-\$ 70.023.720,01	-\$ 3.808.000,00	-\$ 13.566.000,00	\$ -	\$ -	
	Noviembre	-\$ 185.684.211,27	-\$ 31.345.038,62	-\$ 217.029.249,89	-\$ 4.732.000,00	-\$ 15.589.000,00	\$ -	\$ -	
	Diciembre	\$ 34.003.752,53	-\$ 26.240.993,57	\$ 7.762.758,97	-\$ 3.808.000,00	-\$ 13.566.000,00	\$ -	\$ -	
	TOTAL	-\$ 32.970.378,26	-\$ 345.348.927,93	-\$ 378.319.306,19	-\$ 51.296.000,00	-\$ 175.025.200,00	\$ -	\$ -	

Nota: Al realizar la comparación del ejercicio de la producción bajo el esquema actual, frente a un año pleno de implementación del modelo de alternancia, como se resume en la figura 14, encontramos un beneficio total de \$ 604.640.506,19 equivalente a una reducción de costos totales en la línea de gasodomésticos del 15.68%, que indudablemente es interesante para cualquier organización y nos permite concluir que se cumplieron tanto el objetivo general, como los objetivos específicos (ver cuadro 14):

Al establecer los comparativos por rubros, se obtienen los siguientes resultados:

La gráfica 7 nos permite observar una disminución en el costo del tiempo de operación, lo que refleja una eficiencia en la utilización de la capacidad:

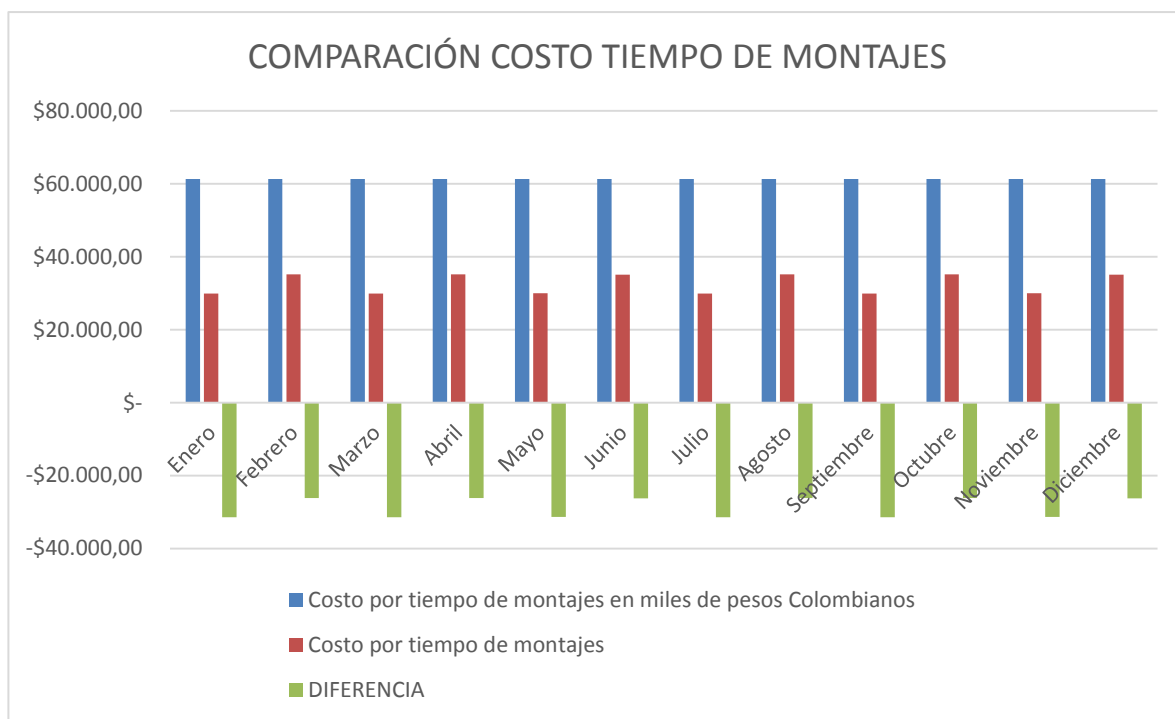
Gráfico 7. Comparación costo por tiempo operativo



Comparativo Costos Tiempo Operativo	
Modelo Actual	\$2.599.928.385,99
Alternancia	\$2.566.958.007,73
Diferencia	-\$ 32.970.378,26

Así las cosas y considerando que la reducción en el número de montajes se consideró como uno de los principales factores a considerar para reducir el costo de producción en el modelo de alternancia, se logra el objetivo propuesto suficientemente, como se detalla a continuación en la gráfica 8.

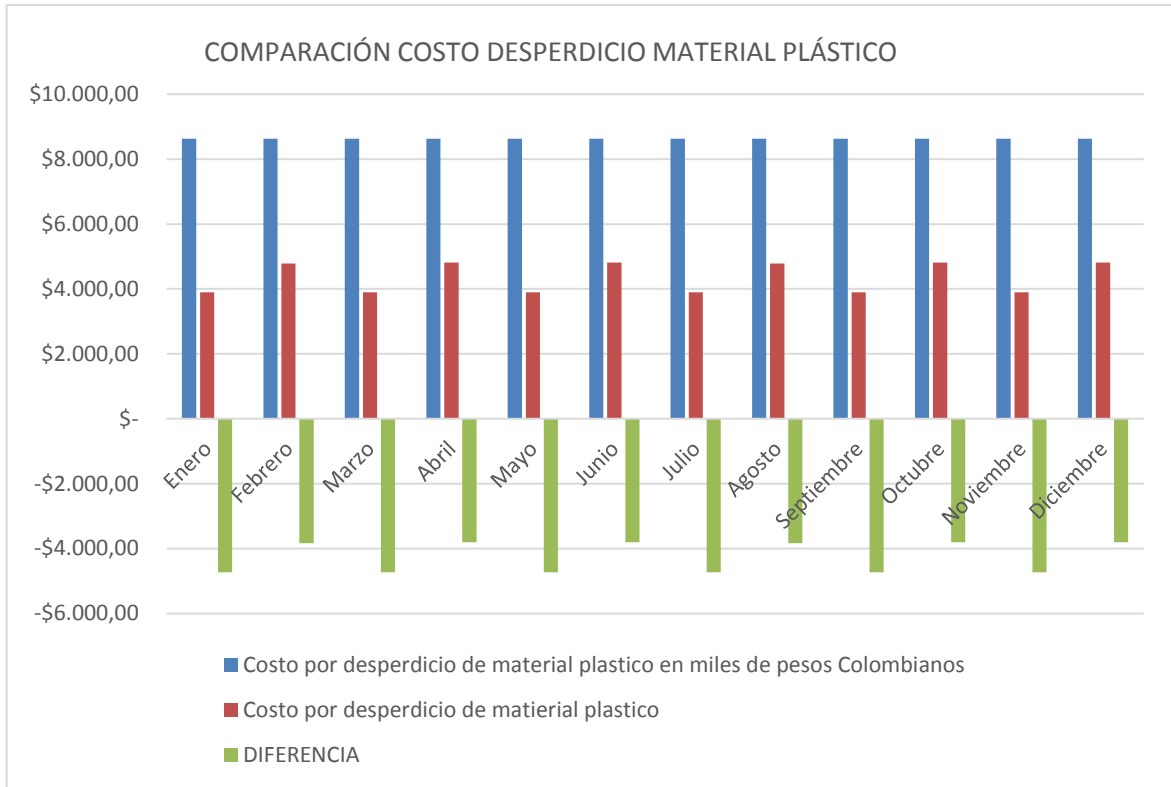
Gráfico 8. Comparación costo tiempo montajes



Comparativo Costos de Montaje	
Modelo Actual	\$ 736.124.520,40
Alternancia	\$ 390.775.592,47
Diferencia	-\$ 345.348.927,93

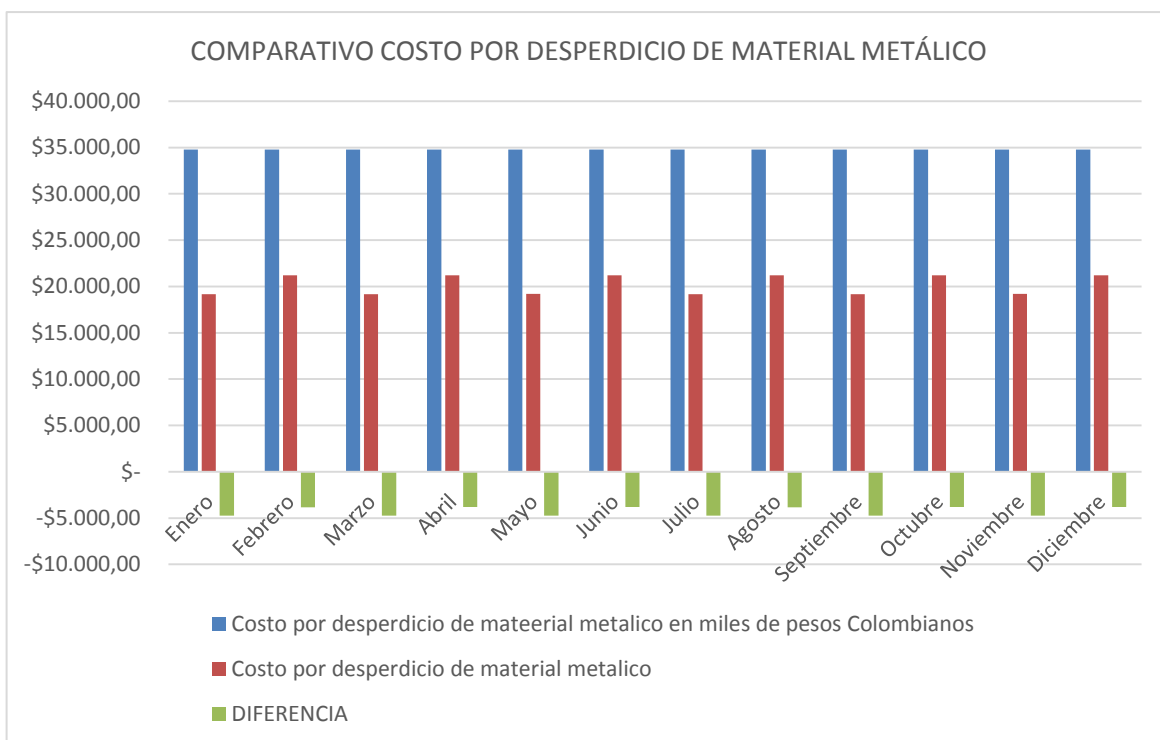
Y como es de esperarse, la reducción en el número de montajes se traduce en un menor desperdicio de los materiales que se consumen en las purgas de máquina (inyectoras de plástico) o calibraciones de troqueles (piezas metálicas), lo cual se describe en las gráficas 9 y 10.

Gráfico 9. Comparación costo desperdicio material plástico



Comparativo Costos desperdicio Material Plástico	
Modelo Actual	\$ 103.488.000,00
Alternancia	\$ 52.192.000,00
Diferencia	-\$ 51.296.000,00

Gráfico 10. Comparativo costo por desperdicio de material metálico



Comparativo Costos desperdicio Material Metálico	
Modelo Actual	\$ 417.404.400,00
Alternancia	\$ 242.379.200,00
Diferencia	\$ 175.025.200,00

Entonces, con las variables incluidas mostrando su tendencia a la baja, fruto de la implantación del modelo de alternancia, se considera cumplido el objetivo propuesto. Vale la pena destacar que en condiciones normales y sin considerar el factor inflacionario, la tendencia deberá mantenerse, hasta tanto lo permita la capacidad instalada.

8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Finalmente, en este capítulo se presentan las conclusiones del trabajo desarrollado, se hace una aproximación a las líneas de investigación y profundización que a futuro se derivan de este trabajo, se hace una contrastación de los objetivos planteados en el capítulo introductorio de este documento y se presentan recomendaciones.

8.1 RESPUESTA A OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Con el desarrollo de este trabajo se muestra la importancia del Desarrollo de Producto a nivel académico e industrial, dentro del contexto de la ingeniería industrial y la administración de empresas, evidenciando el nicho de investigación y futuros desarrollos que esta área de conocimiento constituye, en especial para nuestro país.

Aun cuando el resultado representó en parte, una situación positivamente inesperada, logramos entender la razón en que la eficiencia se incrementó significativamente, con base en que una vez implementado el modelo mediante el software, la capacidad de este de mejorar el balanceo ajustándose en economía de escala (no lineal); debemos reconocer que esperábamos beneficios del 50 al 100% y estamos llegando a uno puntos de 170 y 180%, lo cual fue validado y nos permitió concluir que si corresponde a la realidad, lo que nos permitió descartar el sofisma que con un resultado superior deba generar algún grado de incertidumbre; en verdad, el modelo es bondadoso, lo que ratifica nuestra propuesta de robustez y utilidad académica y empresarial.

8.2 VARIACIÓN EN EFICIENCIA

Este indicador varió al alza, dado que las condiciones

Presupuestadas se cumplieron y fueron validadas tanto en el desarrollo de los cálculos manualmente, como en la corroboración posterior, mediante el algoritmo creado para la medición sistematizada de los cambios propuestos. Indudablemente las cifras reflejan que el costo operacional se reduce por mejoramiento de eficiencia y debemos considerar el valor agregado que generaría una eventual disminución de costo por reducción de desperdicio, el cual no fue considerado en el alcance del trabajo, pero que una vez se avance en este proyecto, de seguro va a reportar beneficios interesantes.

8.3 REDUCCIÓN DE COSTO POR MANO DE OBRA

Uno de los indicadores importantes a considerar, es el costo de la mano de obra; indudablemente al reducir el número de montajes a al 50% cuando menos, se reduce el número de horas de personal calificado para el desarrollo de este proceso y de la misma forma, al no parar los equipos por estos cambios continuos, el operario va a adicionar horas productivas al proceso, con un incentivo adicional y es que la alternancia equivale a una liberación de capacidad productiva para incrementar la eficiencia.

8.4 COSTO DEL INVENTARIO DE PRODUCTO EN PROCESO

En este rubro se mantiene constante a partir de la aplicación del modelo de alternancia, en virtud a que el número de partes acumulado en el esquema actual MRP al inicio del mes, corresponda a 100 partes de elementos catalogados como non; en el modelo de alternancia se almacena al inicio del mes 200 partes del elemento par y cero partes del elemento non por lo cual se va a inicial la fabricación de 200 unidades; el costo de almacenar 200 partes en total, es relativamente el mismo, independiente de la composición cualitativa y cuantitativa del inventario.

8.5 IMPACTO EN COSTO DE PRODUCTO

Por último, se debe considerar que, si todas estas reducciones de costo se trasladan al producto final, este ingresará al disponible para la venta con una mejor valoración, lo cual permitirá al área de ventas una mayor competitividad, si parte de la eficiencia se ve reflejada en el precio de venta.

8.6 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Dado el alcance de esta propuesta se recomienda para futuras investigaciones hacer una evaluación y validación más exhaustiva del modelo planteado, extendiéndolo al nivel de trabajo de grado inicialmente en pregrado y luego a nivel de postgrado, para obtener un espectro de validación amplio.

9. RECOMENDACIONES

La herramienta diseñada para evaluación y comprobación del modelo de alternancia propuesto se constituye en una propuesta de valor agregado fundamental para el área de planeación de producción y puede ser utilizado en Challenger S.A.S. inicialmente para las áreas de producción de Campana, Horno y Estufa, pero debe vincularse al Sistema de Información ERP (BAAN) a su vez escalar en función de los productos Pareto de la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

A2000. Software ERP de GCS. El mejor sistema ERP de ropa disponible en la plataforma más fiable. S.f. Recuperado el 27 de abril de 2017 de: <https://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.a2000software.com/&prev=search>

Argüelles, O. J. L. (2018). Proyectos seis sigmas: El camino a la excelencia operacional. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Bermeo Muñoz E. A., et.al., (2004). "*Informe Del Resultado Del Diagnostico Aplicado A La Pyme Metal Mecanica*" En: Colombia. Ed: Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente v. 7 pp. 106 ISBN: 958-8122-27-9

Bhatnagar, R., Chandra, P., Goyal, S. K. "*Models for multi-plant coordination*". *European Journal of Operations Research*. Vol. 67. pp. 141-160. 1993.

Delgado, A.; Zerega, R. "Evaluación de sistemas de control PUSH y PULL en una línea de producción" (tesis de diploma). Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2010.

Foundation, P. S. (29 de 3 de 19). A Python library to read/write Excel 2010 xlsx/xlsm files. Obtenido de: <https://pypi.org/project/openpyxl/>

Foundation, P. S. Referencia de la Biblioteca de Python. Obtenido de 3.1 sys -- Parámetros y funciones específicas del sistema: <http://pyspanishdoc.sourceforge.net/lib/module-sys.html>. (s.f.)

Foundation, P. S. The Python Standard Library. Obtenido de: <https://docs.python.org/2/library/>. S.f.

Gaither, Norman – FRAZIER, Greg. Administración de producción y operaciones. Cuarta edición. 1999.

Ge, Coporate, Argentina, 2012 citado por Argüelles, O. J. L. (2018). Proyectos seis sigmas: El camino a la excelencia operacional. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Gestiweb. Gestiweb es uno de los promotores y a la vez, lidera el desarrollo del ERP de Software libre, denominado Eneboo... Recuperado el 27 de abril de 2017 de: <https://www.gestiweb.com/?q=content/212-historia-del-erp>

Gutiérrez, Valentina; Vidal, Carlos Julio. Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura *Revista Facultad de*

Ingeniería Universidad de Antioquia, núm. 43, marzo, pp. 134-149. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 2008.

Hopp, W.; Spearman, M. "Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management" (2da. ed. ed.). New York: Ed. McGraw Hill. ISBN 978-1577667391. 2001

Hunt, J. Sistema de control de inventario Push vs. Pull: La voz de houston. 2016. Obtenido de sitio web de La Voz DE HOUSTON: <http://pyme.lavoztx.com/sistema-de-control-deinventario-push-vs-pull-5193.html>.

Ikaizen citado por Argüelles, O. J. L. (2018). Proyectos seis: El camino a la excelencia operacional. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Koh, S.; Bulfin, R. "Comparison of DBR with CONWIP in an unbalanced production line with three stations". *International Journal of Production Research*, vol. 42(no. 2), pp. 391-404. ISSN 1366-588. 2004.

Libro Compras e inventarios, la editorial Ediciones Díaz de Santos, 1996.

Rosa, M. N. Make-to-Stock vs. Make-to-Order in Glass Manufacturing. Máster Thesis. Universidad Técnica de Lisboa. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal. 2001. pp. 29-52.

Martínez, José Miguel; Casadesús Fa, Martí y Zamanillo elguezabal, Ibon. Evolución histórica de los sistemas erp: de la gestión de materiales a la empresa digital. En: *Revista de Dirección y Administración de Empresas*. Nro 12, mayo 2005 pp. 61-72

Enpresen Zuzendaritza eta Administrazioarako Aldizkaria. 12. zenbakia, 2005 maiatza 61-72 orr. Recuperado el 26 de abril de 2017 de: https://www.ehu.eus/documents/2069587/2113623/12_5.pdf

Minian, I. (2006). Progreso técnico e internacionalización del proceso productivo: El caso de la industria maquiladora de tipo electrónica. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Mora Gutiérrez, Alberto. Inventario Cero, Cuanto y cuando pedir. Alfaomega colombiana. Primera edición, 2016.

Mula J. B., Poler R. E., et al. "Aplicaciones de la Teoría de los Conjuntos Difusos en la Planificación de la Producción: Un Estudio de la Literatura." VIII Congreso de Ingeniería de Organización 101-110. 2004.

Orlicky, Joseph y W. Plossl, George. Planificación de necesidades de material de Orlicky. Mac Graw Hill Profesional, 1994. Recuperado el 26 de abril de 2017 de: <https://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=https://books.google.co>

m/books/about/Orlicky_s_Material_Requirements_Planning.html%3Fid%3DAUZ-cbdNegkC&prev=search

QuoNext. Origen y evolución de los sistemas ERP. 18 de marzo de 2014. Recuperado el 27 de abril de 2017 de: <http://www.quonext.com/blog/evolucion-sistemas-erp/>

Revista Espacios. ISSN 0798 1015; Vol. 38 (Nº 53) Año 2017.

Rodríguez, M. G., Balestrini, A. S., & Balestrini, A. S. (2002). Análisis estratégico del proceso productivo en el sector industrial. revista de ciencias sociales. 8(1), 2002. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Ruiz de Arbuló López, Patxi; Zarrabeitia Bilbao, Enara; Alvarez Meaza, Izaskun y Díaz de Basurto Uraga, Pablo. Análisis de la implantación de un sistema de planificación Pull Mixto en un fabricante de componentes para bienes de equipo. XIV Congreso de Ingeniería de Organización. Donostia, San Sebastián, sept. 8-10 de 2010. Disponible en: http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/lean_manufacturing_and_continuous_improvement/889-897.pdf

S.A., “Reingeniería de proceso”, Grupo Kaizen citado por Argüelles, O. J. L. (2018). Proyectos seis sigmas: El camino a la excelencia operacional. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Saldarriaga, D. Gerencia de Inventarios & Planeación de Producción. En D. Saldarriaga, *Gerencia de Inventarios & Planeación de Producción* (págs. 29-446). Bogotá: Zonológica. 2014.

Sarmiento, A. M., Nagi, R. “A review of integrated analysis of production-distribution systems”. IIE Transactions. Vol. 31. 1999. pp. 1061-1074.

Smith, Chad. Demand driven implication in FMCG, Demand driven institute. 2019.

Suárez Rey, Carlos. Sistemas Integrados de Gestión (ERP). La necesidad de un *SOFTWARE* de gestión integral. 2010. Recuperado el 28 de abril de 2017 de: http://www.gcd.udc.es/subido/catedra/presentaciones/economia_competencia_ii/nota_tecnica_sistemas_de_gestion_erp_carlos_suarez_rey_17-03-2010.pdf

Valencia D.J, citado por Argüelles, O. J. L. (2018). Proyectos seis sigmas: El camino a la excelencia operacional. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>
Velásquez, A. Modelo de gestión de operaciones para Pymes innovadoras. *Escuela de Administración de Negocios*, enero-abril (47): 66-87. 2003.

Wight, Oliver W. Manufacturing resource planning: MRP II: unlocking America's productivity potential. Segunda edición revisada e ilustrada. Universidad de California, 1984. Recuperado el 24 de abril de 2017 de: https://books.google.com/books/about/Manufacturing_resource_planning.html?id=96W5AAAAIAAJ

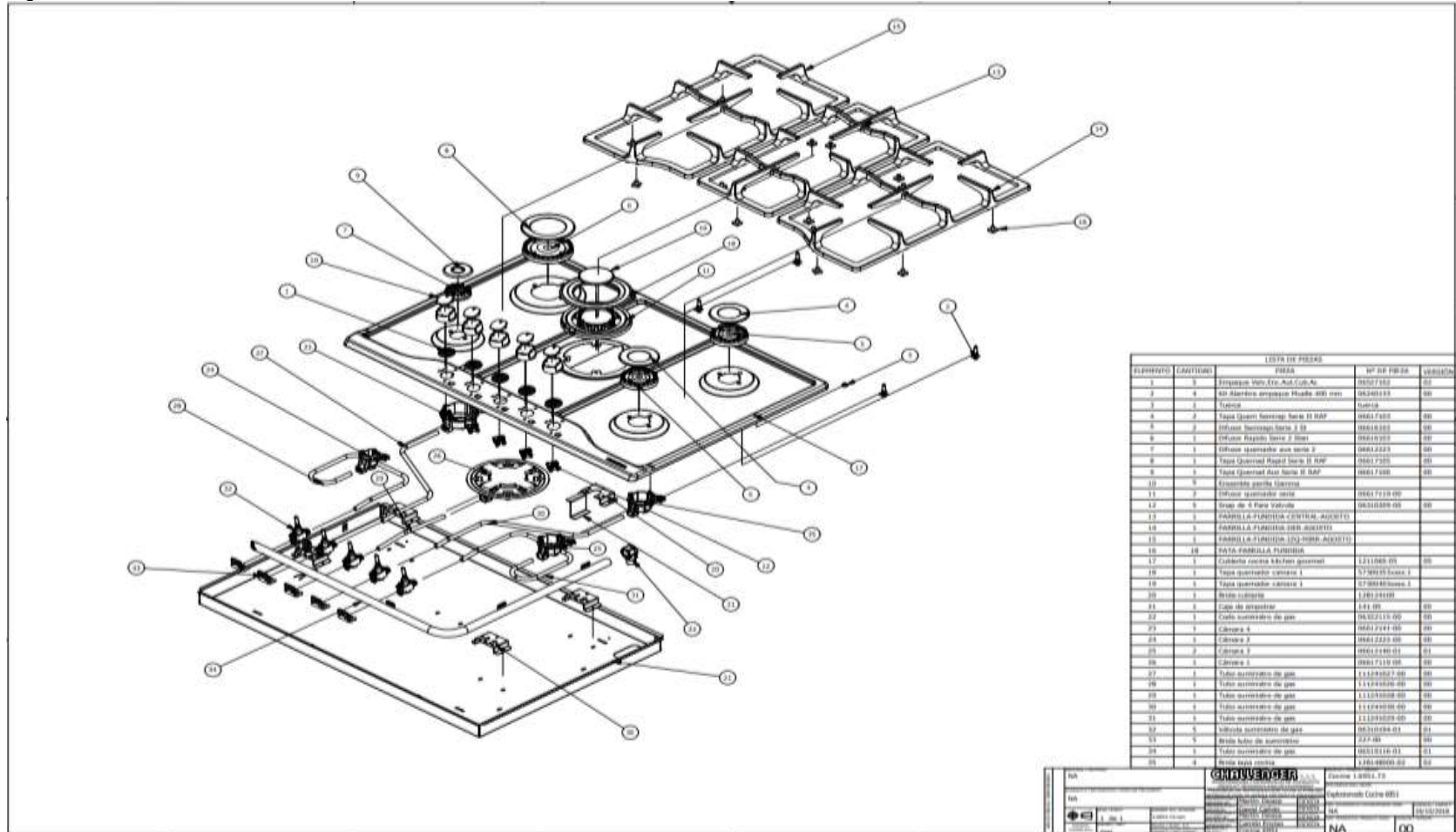
Zapata, J. Fundamentos de la gestión de inventarios. En J. Zapata, *Fundamentos de la gestión de inventarios* (pág. 9). Medellín: Centro Editorial Esumer. 2014.

ANEXOS

Anexo A

FIGURAS DE PRODUCTOS

Figura 15. Homo Eléctrico 1.2651.73



DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PIEZA	Nº DE PIEZA	UNIDAD
1	3	Espiga del eje de la tapa	09527303	03
2	4	Tornillo de fijación de la tapa	06301133	04
3	1	Tornillo	06301133	01
4	2	Tapa Quemador horno II BAP	06617303	02
5	2	Infusor horno horno II BAP	06618303	02
6	1	Infusor horno horno II BAP	06619303	01
7	1	Infusor quemador horno II BAP	06620303	01
8	1	Infusor quemador horno II BAP	06621303	01
9	1	Infusor quemador horno II BAP	06622303	01
10	1	Infusor quemador horno II BAP	06623303	01
11	2	Infusor quemador horno	06624303	02
12	1	Infusor quemador horno	06625303	01
13	1	PARILLA FUNDIDA CONTROL AUXILIO	06310303	01
14	1	PARILLA FUNDIDA CONTROL AUXILIO		
15	1	PARILLA FUNDIDA CONTROL AUXILIO		
16	18	PARILLA FUNDIDA		
17	1	Valvula piloto BAP horno	1211000	01
18	1	Valvula piloto horno I	0730100	01
19	1	Valvula piloto horno I	0730200	01
20	1	Valvula piloto	1201000	01
21	1	Capa de aluminio	121	01
22	1	Capa de aluminio de gas	0631100	01
23	1	Capa de aluminio de gas	0631200	01
24	1	Capa de aluminio de gas	0631300	01
25	2	Capa de aluminio de gas	0631400	02
26	1	Capa de aluminio de gas	0631500	01
27	1	Capa de aluminio de gas	1110100	01
28	1	Capa de aluminio de gas	1110200	01
29	1	Capa de aluminio de gas	1110300	01
30	1	Capa de aluminio de gas	1110400	01
31	1	Capa de aluminio de gas	1110500	01
32	1	Capa de aluminio de gas	0631600	01
33	1	Capa de aluminio de gas	0631700	01
34	1	Capa de aluminio de gas	0631800	01

CHATELAIN Electrodomésticos

Modelo: 1.2651.73

Electrodoméstico: Horno Eléctrico

NA 00

LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CANTIDAD	PIEZA	Nº DE PIEZA	VERSIÓN
1	5	Empaque Valv.Enc.Aut.Cub.Ac	06527102	02
2	4	Kit Alambre empaque Muelle 400 mm Tuerca	06240133	00
3	1	Tapa Quem Semirap Serie II RAF Difusor Semirapi.Serie 2 St Difusor Rápido Serie 2 Stan Difusor quemador aux serie 2 Tapa Quemad Rapid Serie II RAF Tapa Quemad Aux Serie II RAF Ensamble perilla Gamma	tuerca 06617103	
4	2	Difusor quemador serie Snap de 4 Para Válvula	06616102	00
5	2	PARRILLA-FUNDIDA-CENTRAL-AGOSTO PARRILLA-FUNDIDA- DER-AGOSTO PARRILLA-FUNDIDA-IZQ-MIRR-AGOSTO PATA- PARRILLA FUNDIDA	06616103	00
6	1	Cubierta cocina kitchen gourmet Tapa quemador cámara 1	06612223	00
7	1	Tapa quemador cámara 1 Brida-cubierta	06617105	00
8	1	Caja de empotrar	06617106	00
9	1	Codo suministro de gas Cámara 4		00
10	5	Cámara 2		
11	2	Cámara 3	06617119-00	
12	5	Cámara 1	06310209-00	
13	1	Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Válvula suministro de gas Brida tubo de suministro Tubo suministro de gas Brida tapa cocina		00
14	1	Empaque Valv.Enc. Aut.Cub.Ac		
15	1	Kit Alambre empaque Muelle 400 mm Tuerca		
16	18	Tapa Quem Semirap Serie II RAF Difusor Semirapi.Serie 2 St Difusor Rápido Serie 2 Stan Difusor quemador aux serie 2 Tapa Quemad Rapid Serie II RAF Tapa Quemad Aux Serie II RAF Ensamble perilla Gamma		B
17	1	Difusor quemador serie Snap de 4 Para Válvula		
18	1	PARRILLA-FUNDIDA-CENTRAL-AGOSTO PARRILLA-FUNDIDA- DER-AGOSTO PARRILLA-FUNDIDA-IZQ-MIRR-AGOSTO PATA- PARRILLA FUNDIDA	1211065-05	
19	1	Cubierta cocina kitchen gourmet Tapa quemador cámara 1	57300353xxxx.1	
20	1	Tapa quemador cámara 1 Brida-cubierta	57300403xxxx.1	05
21	1	Caja de empotrar	128124100	

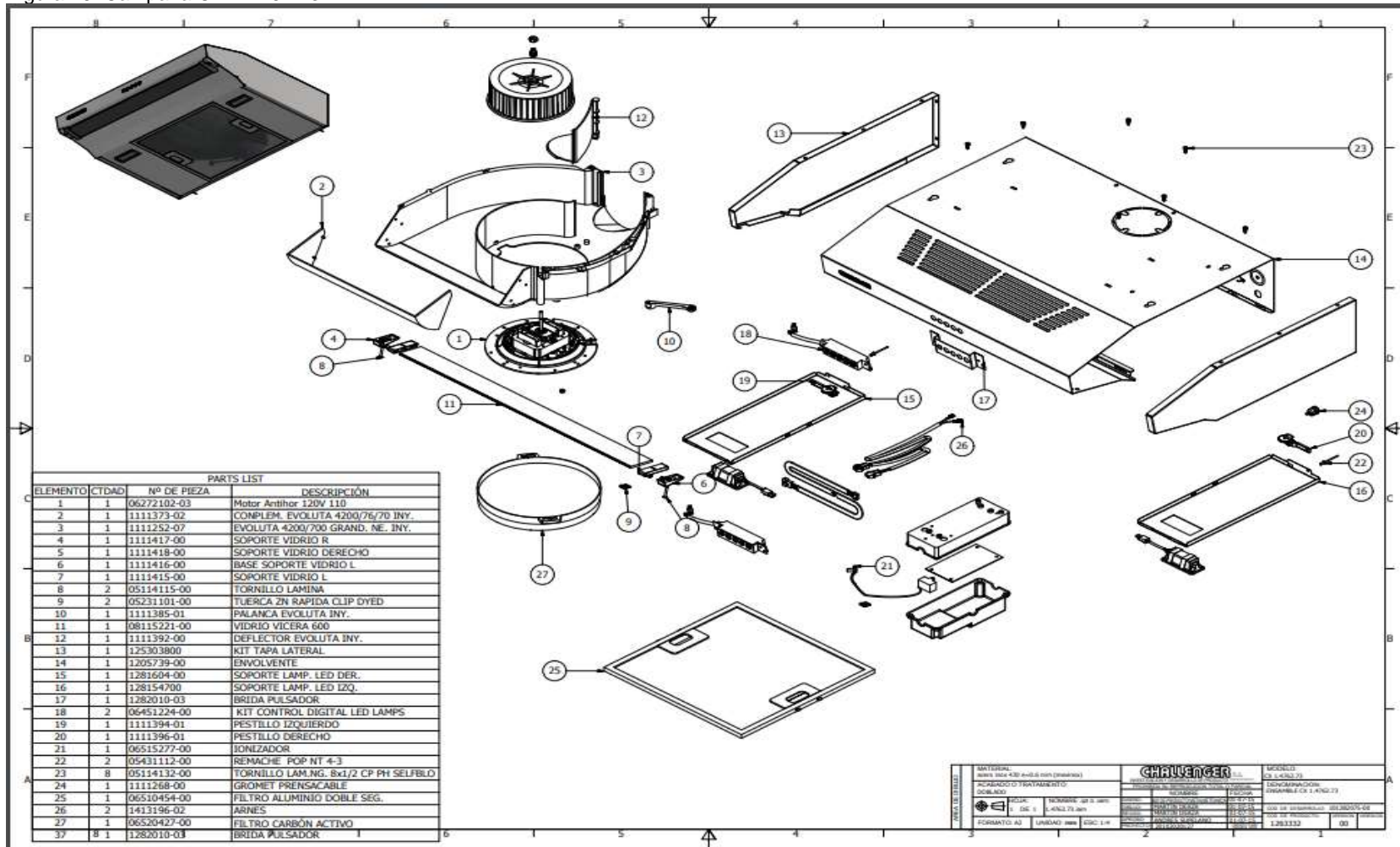
LISTA DE PIEZAS				
ELEMENTO	CANTIDAD	PIEZA	Nº DE PIEZA	VERSIÓN
22	1	Codo suministro de gas Cámara 4	141-05	
23	1	Cámara 2	06322115-00	
24	1	Cámara 3	06612141-00	
25	2	Cámara 1	06612222-00	05
26	1	Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Tubo suministro de gas Válvula suministro de gas Brida tubo de suministro Tubo suministro de gas Brida tapa cocina	06612140-01	00
27	1	Empaque Valv.Enc. Aut.Cub.Ac	06617119-00	00
28	1	Kit Alambre empaque Muelle 400 mm Tuerca	111241027-00	00
29	1	Tapa Quem Semirap Serie II RAF Difusor Semirapi.Serie 2 St Difusor Rápido Serie 2 Stan Difusor quemador aux serie 2 Tapa Quemad Rapid Serie II RAF Tapa Quemad Aux Serie II RAF Ensamble perilla Gamma	111241026-00	01
30	1	Difusor quemador serie Snap de 4 Para Válvula	111241028-00	00
31	1	PARRILLA-FUNDIDA-CENTRAL-AGOSTO PARRILLA-FUNDIDA- DER-AGOSTO PARRILLA-FUNDIDA-IZQ-MIRR-AGOSTO PATA- PARRILLA FUNDIDA	111241030-00	00
32	5	Cubierta cocina kitchen gourmet Tapa quemador cámara 1	111241029-00	00
33	5	Tapa quemador cámara 1 Brida-cubierta	06310194-01	00
34	1	Caja de empotrar	227-00	01
35	4	Codo suministro de gas Cámara 4	06519116-01	02

Fuente: Challenger

MATERIAL / MATERIAL			INVESTIGACION Y DESARROLLO DE PRODUCTO ***** PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL			MODELO Cocina 1.6951.73		
NA				NOMBRE	FECHA	DENOMINACION Explosionado Cocina 6951		
ACABADO O TRATAMIENTO:			Diseño	&D DE PRODUCTO iMETALMETCANICA	19/10/18	COD. DE DESARROLLO: 101282075-00		
NA			Dibujo	Martin Deaza	19/10/18	COD. DE PRODUCTO: 1263332	VERSION 00	VIGENCIA 19/10/2018
	HOJA 1 DE 1	NOMBRE. ipt ó .iam 1.6951.73.iam ESCALA / SCALE:1 FORMATO / SHEET FORMAT	Revisor	MARTIN DEAZA	19/10/18	NA 00		
			Aprobado	Martin Deaza	19/10/18			
			Proyecto Cocina 6951	20102020127	FORMATO PLANO VERSION 2009			

Fuente: Challenger

Figura 16. Campana CX 1.4762.73.

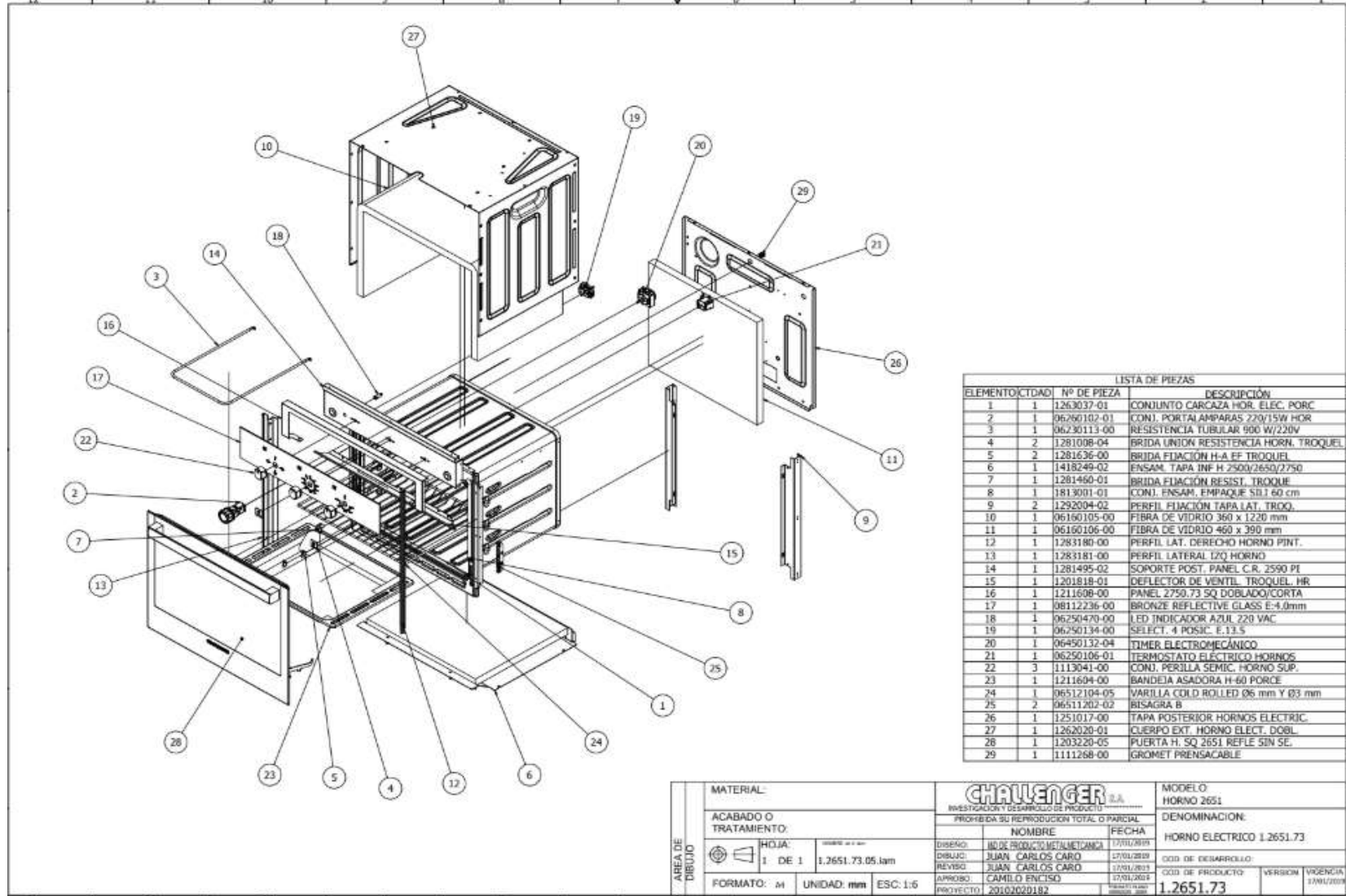


LISTA DE PARTES			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	06272102-03	Motor Antihor 120V 110
2	1	1111373-02	CONPLEM. EVOLUTA 4200/76/70 INY.
3	1	1111252-07	EVOLUTA 4200/700 GRAND. NE. INY.
4	1	1111417-00	SOPORTE VIDRIO R
5	1	1111418-00	SOPORTE VIDRIO DERECHO
6	1	1111416-00	BASE SOPORTE VIDRIO L
7	1	1111415-00	SOPORTE VIDRIO L
8	2	05114115-00	TORNILLO LAMINA
9	2	05231101-00	TUERCA ZN RAPIDA CLIP DYED
10	1	1111385-01	PALANCA EVOLUTA INY.
11	1	08115221-00	VIDRIO VICERA 600
12	1	1111392-00	DEFLECTOR EVOLUTA INY.
13	1	125303800	KIT TAPA LATERAL
14	1	1205739-00	ENVOLVENTE
15	1	1281604-00	SOPORTE LAMP. LED DER.
16	1	128154700	SOPORTE LAMP. LED IZQ.
17	1	1282010-03	BRIDA PULSADOR
18	2	06451224-00	KIT CONTROL DIGITAL LED LAMPS
19	1	1111394-01	PESTILLO IZQUIERDO
20	1	1111396-01	PESTILLO DERECHO
21	1	06515277-00	IONIZADOR
22	2	05431112-00	REMACHE POP NT 4-3
23	8	05114132-00	TORNILLO LAM.NG. 8x1/2 CP PH SELFBLO
24	1	1111268-00	GROMET PRENSACABLE
25	1	06510454-00	FILTRO ALUMINIO DOBLE SEG.
26	2	1413196-02	ARNES
27	1	06520427-00	FILTRO CARBÓN ACTIVO
37	8 1	1282010-03	BRIDA PULSADOR

MATERIAL:			INVESTIGACION Y DESARROLLO DE PRODUCTO ***** PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL			MODELO CX 1.4762.73		
acero inox 430 e=0.6 mm (mexinox)				NOMBRE	FECHA	DENOMINACION ENSAMBLE CX 1.4762.73		
ACABADO O TRATAMIENTO:			Diseño	&D DE PRODUCTO iMETALMETCANICA	01-07-15	COD. DE DESARROLLO: 101282075-00		
DIBKADI			Dibujo	MARTIN DEAZA	01-07-15	COD. DE PRODUCTO: 1263332	VERSION 00	VIGENCIA
	HOJA 1 DE 1	NOMBRE. ipt ó .iam 1.4762.73.iam	Revisor	MARTIN DEAZA	01-07-15			
			Aprobado	ANDRES SUPELANO	01-07-15			
			Proyecto	20102020127	FORMATO PLANO VERSION 2009			

Fuente: Challenger

Figura 17. Cocina 1.6951.73



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO(CANTIDAD)	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1263037-01	CONJUNTO CARCAZA HOR. ELEC. PORC
2	06260102-01	CONJ. PORTAL AMPARAS 220/15W HOR
3	06230113-00	RESISTENCIA TUBULAR 900 W/220V
4	1281008-04	BRIDA UNIÓN RESISTENCIA HORN. TROQUEL
5	1281636-00	BRIDA FIJACIÓN H-A FF TROQUEL
6	1418249-02	ENSAM. TAPA INF H. 2500/2650/2750
7	1281460-01	BRIDA FIJACIÓN RESIST. TROQUEL
8	1813001-01	CONJ. ENSAM. EMPAQUE SBLI 60 cm
9	1292004-02	PERFIL FIJACIÓN TAPA LAT. TROQ.
10	06160105-00	FIBRA DE VIDRIO 360 x 1220 mm
11	06160106-00	FIBRA DE VIDRIO 460 x 390 mm
12	1283180-00	PERFIL LAT. DERECHO HORNO PINT.
13	1283181-00	PERFIL LATERAL IZQ HORNO
14	1281495-02	SOPORTE POST. PANEL C.R. 2590 PI
15	1201818-01	DEFLECTOR DE VENTIL. TROQUEL. HR
16	1211608-00	PANEL 2750.73 SQ DOBLADO/CORTA
17	08112236-00	BRONZE REFLECTIVE GLASS E:4.0mm
18	06250470-00	LED INDICADOR AZUL 220 VAC.
19	06250134-00	SELECT. 4 POSIC. E.13.5
20	06450132-04	TIMER ELECTROMECHANICO
21	06250106-01	TERMOSTATO ELECTRICO HORNOS
22	1113041-00	CONJ. PERILLA SEMIC. HORNO SUP.
23	1211604-00	BANDEJA ASADORA H-60 PORCE
24	06512104-05	VARILLA COLD ROLLED Ø6 mm Y Ø3 mm
25	06511202-02	BISAGRA B
26	1251017-00	TAPA POSTERIOR HORNOS ELECTRIC.
27	1262020-01	CUERPO EXT. HORNO ELECT. DOBL.
28	1203220-05	PUERTA H. SQ 2651 REFLE SIN SE.
29	1111268-00	GROMET PRENSACABLE

AREA DE DISEÑO	MATERIAL:	CHALLENGER S.A. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS <small>PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL</small>		MODELO:	HORNO 2651
	ACABADO O TRATAMIENTO:			DENOMINACIÓN:	HORNO ELECTRICO 1.2651.73
	HOJA:				
	1 DE 1	1.2651.73.05.lam			
FORMATO:	A4	UNIDAD:	mm	ESC:	1:6
		DISEÑO:	JUAN CARLOS CARD	17/01/2019	
		REVISÓ:	JUAN CARLOS CARD	17/01/2019	
		APROBÓ:	CAMELO ENCIÑO	17/01/2019	
		PROYECTO:	20102020182		
				COD DE DESARROLLO:	
				COD DE PRODUCTO:	
				VERSION:	
				VIJENCIA:	17/01/2019
				1.2651.73	

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	1263037-01	CONJUNTO CARCAZA HOR. ELEC. PORC
2	1	06260102-01	CONJ. PORTALAMPARAS 220/15W HOR
3	1	06230113-00	RESISTENCIA TUBULAR 900 W/220V
4	2	1281008-04	BRIDA UNION RESISTENCIA HORN. TROQUEL
5	2	1281636-00	BRIDA FIJACIÓN H-A EF TROQUEL
6	1	1418249-02	ENSAM. TAPA INF H 2500/2650/2750
7	1	1281460-01	BRIDA FIJACIÓN RESIST. TROQUE
8	1	1813001-01	CONJ. ENSAM. EMPAQUE SILI 60 cm
9	2	1292004-02	PERFIL FIJACIÓN TAPA LAT. TROQ.
10	1	06160105-00	FIBRA DE VIDRIO 360 x 1220 mm
11	1	06160106-00	FIBRA DE VIDRIO 460 x 390 mm
12	1	1283180-00	PERFIL LAT. DERECHO HORNO PINT.
13	1	1283181-00	PERFIL LATERAL IZQ HORNO
14	1	1281495-02	SOPORTE POST. PANEL C.R. 2590 PI
15	1	1201818-01	DEFLECTOR DE VENTIL. TROQUEL. HR
16	1	1211608-00	PANEL 2750.73 SQ DOBLADO/CORTA
17	1	08112236-00	BRONZE REFLECTIVE GLASS E:4.0mm
18	1	06250470-00	LED INDICADOR AZUL 220 VAC
19	1	06250134-00	SELECT. 4 POSIC. E.13.5
20	1	06450132-04	TIMER ELECTROMECAÁNICO
21	1	06250106-01	TERMOSTATO ELÉCTRICO HORNOS
22	3	1113041-00	CONJ. PERILLA SEMIC. HORNO SUP.
23	1	1211604-00	BANDEJA ASADORA H-60 PORCE
24	1	06512104-05	VARILLA COLD ROLLED Ø6 mm Y Ø3 mm
25	2	06511202-02	BISAGRA B
26	1	1251017-00	TAPA POSTERIOR HORNOS ELECTRIC.
27	1	1262020-01	CUERPO EXT. HORNO ELECT. DOBL.
28	1	1203220-05	PUERTA H. SQ 2651 REFLE SIN SE.
29	1	1111268-00	GROMET PRENSACABLE

MATERIAL:			INVESTIGACION Y DESARROLLO DE PRODUCTO ***** PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL			MODELO HORNO 2651		
acero inox 430 e=0.6 mm (mexinox)				NOMBRE	FECHA	DENOMINACION HORNO ELECTRICO 1.2651.73		
ACABADO O TRATAMIENTO:			Diseño	&D DE PRODUCTO iMETALMETCANICA	17/01/2019	COD. DE DESARROLLO:		
DIBKADI			Dibujo	JUAN CARLOS CARO	17/01/2019	COD. DE PRODUCTO: 1.2651.73	VERSION 00	VIGENCIA 17/01/2019
FORMATO: A4 UNIDAD: mm ESC: 1:6	HOJA 1 DE 1	NOMBRE. ipt ó .iam 1.2651.73.05.iam	Revisor	JUAN CARLOS CARO	17/01/2019			
			Aprobado	CAMILO ENCISO	17/01/2019			
			Proyecto	20102020182	FORMATO PLANO VERSION 2009			

Fuente: Challenger

Anexo B.

**CHALLENGER S.A.S.- PROCEDIMIENTO PARA LA PLANEACIÓN RECURSOS
DE MANUFACTURA MRP**

Anexo C.

**CHALLENGERS.A.S. PROCEDIMIENTO PARA LA PLANEACIÓN MAESTRA
DE LA PRODUCCIÓN MPS**

Anexo D.
CONSOLIDADO - MATRICES EN EXCEL

Anexo E
ALGORITMO