



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Diseño e implementación de Plan de Requerimientos de Materiales para mejorar la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, EMPRESA IFM S.A.C.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Vega García, Jefferson

ASESOR:

Ms. Galarreta Oliveros, Gracia Isabel

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

CHIMBOTE - PERÚ

2015

## **PÁGINA DEL JURADO**

## **Dedicatoria**

A Dios y a mis padres Jaime y Epper

**Jefferson Vega García**

## **Agradecimiento**

A Dios, a mi hermano Jonathan Steven y mi amigo Manuel Aguilar

**Jefferson Vega García**

## Declaratoria de autenticidad

Yo, Jefferson Vega García, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo filial Chimbote, declaro que el trabajo académico titulado "Diseño e implementación de Plan de Requerimientos de Materiales para mejorar la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, EMPRESA IFM S.A.C" presentado en 71 folios, para la obtención del título profesional de Ingeniero Industrial, es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo a lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresadamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios

De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Chimbote, 9 de julio del 2015



---

Jefferson Vega Garcia

DNI N°47558841

## Índice

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de gráficos.....	x
Índice de figuras.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema.....	16
1.1.1. Problema general.....	16
1.1.2. Problemas específicos.....	16
1.2. OBJETIVOS.....	17
1.2.1. Objetivo General.....	17
1.2.2. Objetivos Específicos.....	17
II. MARCO METODOLÓGICO.....	18
2.1. Hipótesis.....	18
2.1.1. Hipótesis General.....	18
2.1.2. Hipótesis Específicas.....	18
2.2. Variables.....	18
2.2.1. Variable Independiente:.....	18
2.2.2. Variable Dependiente:.....	18
2.3. Operacionalización de Variables.....	19
2.4. Metodología.....	20
2.5. Tipos de estudio.....	20

2.6. Diseño .....	20
2.7. Población, Muestra y Muestreo.....	20
2.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
2.8.1. La observación. ....	22
2.9. Métodos de análisis de datos .....	23
2.10. Aspectos éticos.....	23
III. RESULTADOS .....	24
3.1. Estado actual de productividad .....	24
3.1.1. Productividad de personas.....	24
3.1.2. Productividad de maquinaria.....	25
3.1.3. Productividad multifactorial.....	26
3.4. Registro de inventario .....	30
3.4.1. Tiempo de entrega para componentes .....	30
3.4.2. Estructura MRP.....	30
3.5. Nueva productividad después de la implementación .....	39
3.5.1. Nueva productividad de personas.....	39
3.5.2. Nueva productividad de maquinaria.....	40
3.5.3. Nueva productividad multifactorial.....	41
IV. DISCUSIÓN .....	42
V. CONCLUSIONES .....	43
VI. RECOMENDACIONES .....	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
Anexos.....	48
Anexo 1: Consumo de mano de obra .....	48
Anexo 2: Diagrama de gantt.....	49
Anexo 3: Lista modular de aceros.....	52
Anexo 4: Vista de planta de la planta evaporadora de agua de cola .....	53
Anexo 5: Vista frontal de una planta evaporadora de agua de cola .....	54

## Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables .....	19
Tabla 2: Equipos fabricados por la empresa IFM S.A.C en el año 2015 .....	21
Tabla 3: Número de paradas por falta de material .....	24
Tabla 4: Extracto de anexo 1. Consumo de mano de obra .....	24
Tabla 5: Horas hombre por área de trabajo .....	24
Tabla 6: Porcentaje de horas hombre .....	25
Tabla 7: Horas máquinas disponibles.....	25
Tabla 8: Porcentaje de horas máquina.....	26
Tabla 9: Programa maestro de producción.....	26
Tabla 10: Costo de material y número de materiales por juego .....	27
Tabla 11: Tiempo de entrega.....	30
Tabla 12: Plan de requerimientos brutos.....	31
Tabla 13: Requerimientos netos de planta agua de cola .....	32
Tabla 14: Requerimientos netos de efectos.....	32
Tabla 15: Requerimientos netos de ductos.....	32
Tabla 16: Requerimientos netos de plataforma.....	32
Tabla 17: Requerimientos netos de ciclón .....	33
Tabla 18: Requerimientos netos de eyector .....	33
Tabla 19: Requerimientos netos de desorizador.....	33
Tabla 20: Requerimientos netos de exhaustor.....	33
Tabla 21: Requerimientos netos del condensador.....	34
Tabla 22: Requerimientos netos de ángulo A36 3/16" .....	34
Tabla 23: Requerimientos netos de canal AU A36 4" .....	34
Tabla 24: Requerimientos netos de canal AU A36 6" .....	34
Tabla 25: Requerimientos netos viga A36 H6".....	35
Tabla 26: Requerimientos netos plancha inox C-304 12 .....	35



Tabla 27: Requerimientos netos de plancha estriada comercial 3/16" .....	35
Tabla 28: Requerimientos de plancha inox c-304 6 .....	35
Tabla 29: Requerimientos de plancha inox c-304 16 .....	36
Tabla 30: Requerimientos de plancha inox c-304 8 .....	36
Tabla 31: Requerimientos de plancha inox c-304 3 .....	36
Tabla 32: Requerimientos de plancha inox c-304 4.5 .....	36
Tabla 33: Requerimientos de plancha inox c-304 3/16" .....	37
Tabla 34: Tubería inoxidable 1.1/2" Ø.....	37
Tabla 35: Calendario de aprovisionamiento de material .....	38
Tabla 36: Número de paradas en el año 2015 .....	39
Tabla 37: Horas hombre por área de trabajo .....	39
Tabla 38: Porcentaje de horas hombre .....	39
Tabla 39: Horas máquinas disponibles.....	40
Tabla 40: Porcentaje de horas máquina.....	41

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Diagrama de Pareto de ingreso de ventas .....	21
Gráfico 2: Rentabilidad por equipos .....	22
Gráfico 3: Diagrama de Pareto de número de materiales.....	27
Gráfico 4: Diagrama de Pareto de costo de material.....	28

## Índice de figuras

Figura 1: Lista fantasma del efecto .....	28
Figura 2: Lista fantasma del eyector .....	28
Figura 3: Lista estructurada de materiales.....	29

## **Resumen**

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un plan de requerimientos materiales para mejorar la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C, con la finalidad de reducir el número de horas hombre y horas máquina.

El tipo de estudio es aplicado, preexperimental. La población estuvo conformada por ocho equipos fabricados en el primer semestre del año 2015. Los instrumentos de recolección de datos fueron la observación y la inspección del banco de datos del área de producción. Los resultados demuestran que la pérdida de productividad multifactorial de mano de obra y maquinaria era de 0,0079 horas perdidas por horas disponibles.

El estudio concluye que después de la implementación del plan se obtuvo una disminución de 0.0045 horas perdidas por horas disponibles; demostrando una efectiva reducción en las horas hombre y máquina.

Palabras clave: planificación de requerimientos materiales, productividad, productividad multifactorial, horas hombre, horas máquina.

## **Abstract**

The objective of this research was to design and implement a plan of material requirements to improve productivity in the manufacture of glue water evaporation plants, IFM S.A.C, in order to reduce the number of man and machine hours.

The type of study is applied, pre-experimental. The population was composed of eight equipments manufactured in the first semester of 2015. The instruments of data collection were the observation and inspection of the data bank of the production area. The results show that the loss of multifactorial productivity of labor and machinery was 0.0079 hours lost per available hour.

The study concludes that after the implementation of the plan a decrease of 0.0045 lost hours per available hours was obtained; demonstrating an effective reduction in man and machine hours.

**Keywords:** planning of material requirements, productivity, multifactorial productivity, man hours, machine hours.

## I. INTRODUCCIÓN

Dentro del presente trabajo se desea proponer la ejecución del método de requerimientos materiales, hacia aumentar la productividad de la fabricación en plantas evaporadoras de agua de cola de película descendente de la empresa IFM S.A.C; siendo una empresa metalmeccánica especializada en diseño, fabricación y montaje de equipos y estructuras para la industria pesquera, minera, agroindustria, siderúrgica, centrales hidroeléctricas, naval, petrolera, construcción y metalmeccánica en general; además, presta servicios de rolado, maquinado, plegado, grúa, etc.

La implementación de este plan en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola de película descendente en la empresa IFM S.A.C trae consigo grandes beneficios tales como reducir el tiempo de espera del aprovisionamiento del material por faltante de material debido a una mala planificación generando paradas de maquinaria y mano de obra, incrementar el número de horas-hombre y horas-máquina disponibles; y permitir mayor espacio físico en planta para la fabricación simultánea de diversos subensambles pertenecientes a otros equipos. Además, permite obtener las órdenes liberadas planeadas de fabricación de los ensambles y materiales. Es por ello que el resultado que se pretende alcanzar al implementar el método de requerimientos materiales es acrecentar la productividad de personas y de maquinaria.

Actualmente empresas manufactureras buscan una técnica que solucione el problema tradicional sobre producción, el cual consiste en el control y coordinación de materiales para que se hallen a punto cuando son precisos de propio tiempo sin necesidad de tener un excesivo involuntario; reduciendo al mínimo su invención, maximizando la eficiencia de operaciones y mejorar el servicio al cliente. Cabe resaltar que la técnica del MRP permite coordinar de forma holística las actividades de todas las áreas de una empresa, cuya concepción es sistemática y por ende optimiza sus beneficios. En Perú existen empresas con problemas para organizar sus procesos productivos, teniendo baja calidad, retrasos en la entrega, así como una inadecuada planeación de sus operaciones; y que aún no cuentan con un plan de requerimientos materiales. Siendo el motivo principal por el cual no tienen implementado en sus organizaciones dicho plan, la carencia de tecnologías de la información para llevar un registro de inventario, una estructura de componentes, capacidad de planta, órdenes de adquisición y construcción con precisión de tiempo real.

Para lograr obtener resultados de acrecentamiento de la productividad de personas y máquinas, procediéndose a utilizar la metodología del MRP (planificación de requerimientos materiales) enfocada al entorno de fabricación por pedido, determinando un programa de ensamblaje final o de necesidades brutas, registros de inventarios y la lista de materiales para luego calcular los requerimientos netos necesarios para liberar las órdenes planificadas de compra y producción. Algunos problemas resultantes por la ausencia de una mejora en la planificación e inspección de

operaciones son: tiempos muertos por faltantes de material, así como parada de maquinaria y mano de obra; por ello es importante mejorar los sistemas productivos.

Para poder reducir los tiempos muertos por faltantes de materiales y la correspondiente de horas hombre y horas máquina es necesario tener una adecuada planeación de la producción, así como de los requerimientos de materiales, dicha información incide de forma definitiva en la capacidad de cualquier empresa para poder tener un eficiente aprovisionamiento de recursos. Es por ello que en toda empresa que se dedique a la producción, el conocer la cantidad de materiales que serán necesarios para cubrir las necesidades de su entorno es información vital; que incide de manera definitiva en la capacidad de la empresa de gestionar de manera eficiente sus recursos.

La planeación de los requerimientos materiales es una actividad sumamente importante para suministrar los requerimientos materiales que previenen faltantes en el inventario, además de que permite calcular los elementos que serán necesarios para llevar a cabo una determinada producción. El MRP proporciona información confiable, que permite una adecuada toma de decisiones. Los sistemas MRP han probado ser de suma utilidad en reducir el costo de paradas de planta por faltante de material. Sin embargo, necesitan valores numéricos precisos y no pueden manejar variables que tengan un cierto grado de incertidumbre, lo que limita la posibilidad de aplicarlos cuando alguno de los valores es incierto.

Consultando los trabajos de investigación realizados a la fecha en el resto del país y en el mundo entero, a través de la herramienta de internet, se encontraron los siguientes fundamentos que optimizan el desarrollo del presente trabajo.

Según la investigación de Sánchez Santistevan (2005) hecha en Ecuador. Planteándose una aplicación del Sistema MRP. Siendo su meta mejorar la producción en la planta de jabones de Laboratorios Fabell, aumentando la eficiencia operativa y la productividad. El objetivo se logra aprovechando las ventajas que brinda este sistema, tales como: mejorar respuesta a la demanda de jabones en el mercado y reducir los tiempos improductivos. Los métodos son: observación y recopilación de la información, tabulación y cuantificación de datos de los registros de paradas de máquinas de planta. Esta información ayudó a la identificación del problema “planificación deficiente de la producción”. Siendo la solución más adecuada la implementación del sistema MRP. De esta manera se procedió a realizar el análisis de costo de la implementación. La inversión se basa en la contratación de un planificador de producción; procediéndose a la adquisición del software BS1 Enterprise with Mfg 3.06 y capacitación para su buen uso y correcto funcionamiento. Teniendo una relación costo – beneficio de 3,07%, ósea la inversión al ser implementada se recuperaría en un 97,93% en tres meses. Concluyendo que la propuesta es totalmente factible para la empresa.

Asimismo, Salazar Cela y Pérez Salguero (2007) en su estudio en Ecuador. Diseñaron una técnica MRP para verificar el proceso productivo de la compañía mediante la toma de decisiones sobre inventarios, adquisiciones y fabricaciones; resultando fundamental por impedir atrasos en la fabricación, precisando el término de plazos a los pedidos del usuario, plan de requisición y plan de eficiencias. El estudio es concebido como una investigación del tipo aplicada y pre experimental. Concluyendo que el programa MRP diseñado, permite la programación de insumos mínimos para la fabricación maximizando la eficiencia de cada subproceso. Asimismo, el método MRP hace seguimiento al proceder de los distribuidores respecto a los períodos de suministro con precio y calidad; permitiendo la selección del distribuidor en eventuales pedidos, siendo importante al área de adquisiciones. Además, para un buen funcionamiento en la implantación del MRP I se recomienda que todo el personal se involucre y se capacite en el manejo y funcionamiento del sistema en especial las áreas de control de producción y bodega.

Por otro lado, Amat de Swert (2009) elaboró su artículo en España. Esbozó un método de programación MRP para la organización y planificación de manufactura de los centros de mecanizado fabricados, y a la vez reducir las deficiencias existentes de la presente fabricación. El estudio es concebido como una investigación del tipo aplicada y pre experimental; para lo cual realizó la implantación de un sistema MRP y considera como estrategia de implantación la One Shot, por la elevada personalización de las máquinas. Llegando a conclusión que a través de la inserción especializada de la metodología MRP se ha logrado los objetivos propuestos del proyecto como: reducción del tiempo de organización de la producción, reducir y precisar detalladamente los términos de entrega, reducción de costes de montaje, disminución de cotas de stock. Además, en el caso de que en el montaje de la máquina se utilice tecnología nueva para la compañía, permite determinar en qué momento será necesario un curso de formación.

De igual forma Hernández Galán (2010) diseñó su trabajo en México. Propone una planificación de producción que permita una adecuada inspección de inventarios hacia la minimización de costos asociado a un eventual acrecentamiento de ingresos; y vinculado a la posibilidad de ganar participación de mercado. El estudio es concebido como una investigación del tipo aplicada y pre experimental. Se efectuó una evaluación de la realidad actual de la compañía, una clasificación ABC para determinar los modelos a estudiar; donde los modelos que son explosionados y estructuras indentadas son los productos "A". Los modelos se estructuran y programan con el software Win QSB, para mostrar los resultados obtenidos como el M.R.P, la capacidad de la planta, costos y la demanda programada. Llegando a concluir que se alcanzó reducir los costes de lapsos extras en colaboradores, penalidades por aplazamientos de entrega, prima abonada al seguro por incidentes y supresión de pedidos de urgencia. También, se determinó que el programa Win QSB es un programa



muy útil en la planeación de la programación de la producción, pero solo tiene la capacidad suficiente para programaciones de artículos pequeños.

De la misma manera, Cano Arenas (2011) con su informe de maestría realizado en Colombia. Determinó cómo varía el costo total de un plan de producción al igual que otras salidas importantes como la complejidad computacional del modelo y el nivel de inventarios. El estudio es concebido como una investigación del tipo descriptiva, para lo cual realizó una metodología para el control de incertidumbre en sistemas MRP cerrados, multiperiodo, multiproducto y multinivel con restricciones de capacidad. Se puede concluir que el parámetro difuso de disponibilidad de inventarios es el que más influye en los costos totales del plan de producción debido a que es el parámetro que crea planes de producción con diferencias mayores en costos totales; y además hace que los resultados del modelo DCFDITE sean muy similares en valores y comportamientos a los resultados del modelo DDI.

También Palomino Adame (2012) con informe de maestría titulado en México. Cuya meta fue detectar aquellos factores internos primordiales que intervienen en la productividad para proponer estrategias que aumenten la productividad del área de fundición de una empresa. La investigación es documental del tipo descriptivo, se contó con documentos y el apoyo de una persona asignada. Para lo cual se utilizó el método de planeación de requerimientos de material (MRP) teniendo como resultado un mayor control sobre los materiales y un incremento en la productividad; duplicándose los productos realizados a la semana. Los factores que impactan la productividad se determinan con una evaluación de la situación presente del área de fundición. Concluye que la instalación del sistema MRP se ajusta a las necesidades de la organización permitiendo: reducir el plazo de entrega, mantener un stock óptimo, reducir las entregas de material urgente; incrementando la productividad alrededor del 50 %. Se recomienda adquirir el software propuesto para agilizar la planeación, reduciendo costos, vinculando la información con otras áreas para tener un mejor control de la producción y cumplir con las fechas de entrega acordada.

Lara Estrella y Tenemaza Morocho (2012) en su trabajo en Ecuador. Su meta principal es minimizar el número de inventario de insumos en construir coberturas de cartón corrugado, con la aplicación del MRP, verificando el número y tiempo preciso de reabastecimiento. El estudio es concebido como una investigación del tipo aplicada y pre experimental. Llegando a la conclusión que el modelo MRP aplicado en un software matemático GAMS ayuda notablemente a disminuir el nivel de inventario final en un 36%, reduce el costo de almacenamiento y maximiza la rotación de materia prima. Además, es eficaz porque determina el momento exacto para comprar la materia prima o producirla; planifica los presupuestos de compra y cantidad de personal. El Modelo MRP aplicado en un software es eficaz porque determina los días exactos que se tiene que hacer pedido para poder cubrir las demandas y respetando el lead time al tener un orden al momento de comprar la materia

prima o producirla; facilitará a la empresa a tener un mayor control en los diferentes departamentos, ósea se podrán planificar presupuestos de compra, cantidad de personal que se requiere para la producción. De tal manera se recomienda utilizar en forma sistemática el MRP en la integración de los diferentes sectores de la empresa, con reuniones mensuales y comunicación efectiva; para lograr un proceso de producción eficiente.

EL autor Cure Morán (2012) con su tesis de maestría en Venezuela. Tiene como finalidad analizar el proceso de planificación de requerimientos materiales utilizados en Empresas Mixtas de Occidente Región Zulia, identificar cada acción de los procesos internos en el requerimiento de materiales, determinar los factores que inciden en la creación de las políticas, establecer procesos de la gestión de compras y proponer estrategias ajustadas a la planificación en los requerimientos de materiales. Es una investigación descriptiva, emplea la técnica observacional con: detalles, defectos y causas para llegar a emitir juicios. En cuanto a los resultados de la investigación, realizan el aporte esperado sobre la materia, luego de un estudio detallado de la programación de necesidades materiales; siendo de utilidad para futuras investigaciones y para la comprensión de temas como: procesos logísticos, planeación de requerimientos materiales, manejo de inventario, entre otros. Se recomienda tomar en cuenta los resultados de esta investigación, haciendo énfasis en aquellos elementos de tendencia negativa; los cuales dieron paso a los objetivos de aportes tales como: lineamientos para la gestión de compra y lineamientos para el manejo de los inventarios.

Según Flores Santos (2013) cuyo trabajo de maestría realizado en Perú. Investigó optimizar su programación e inspección de la fabricación. Es concebido como una investigación del tipo descriptiva. Se realizó una calificación y diagnóstico del proceso de programación e inspección de la manufactura de la compañía. Expone el MRP II, plan de implementación del software GEN-ERP con sus fases de puesta en marcha y un análisis costo beneficio. Se puede concluir que los beneficios operacionales de la implementación del MRP-II serán la reducción del periodo de espera, acrecentamiento de ventas y óptimo servicio al usuario. Además, la inversión en la adquisición del GEN-ERP es económica con respecto de otros paquetes del mercado, por ser modelo Cloud Computing. La valoración coste beneficio expresa que la ejecución del GEN-ERP es viable porque la empresa abona mensualmente por su uso.

Por último, el autor Condori Condori (2007) cuya averiguación en Perú. Siendo la meta principal el diagnóstico de la ejecución del método de proyección de requerimientos de insumos MRP I y proponer la utilización de su segunda fase MRP II. El estudio es una investigación aplicada y pre experimental porque realiza un análisis aplicado de enfoques y técnicas de procedimientos holísticos de gestión de manufactura. Se valora y contrasta los métodos de proyección, para seleccionar una metodología de planificación óptima, siendo fundamental contar con información real. Concluyendo que, según las deficiencias encontradas en planificación y procediendo a su corrección; es

fundamental plantear una nueva metodología llamada MRP II a través de un software que agregue más elementos e inputs reales.

La investigación se justifica a nivel teórico, en enfoques científicos organizados sistemáticamente acerca de la planificación de requerimientos materiales, a fin de explicar las manifestaciones del conjunto de variable que intervienen en el trabajo dentro del marco del sector metal mecánico, aportando datos que incrementan la información existente en esta área de estudio y constatando la realidad presente en estas empresas, obteniendo resultados que servirán para reafirmar las ventajas ofrecidas. En su aspecto práctico, se justifica la investigación ya que propone un plan de requerimientos materiales en la sociedad IFM S.A.C; lo cual permitió garantizar una mejora de la productividad en la fabricación, respondiendo a la misión de la empresa. Así como beneficios en la gestión de esta organización metalmeccánica mediante informaciones necesarias para que el método de requerimientos de insumos sea llevado notoriamente, de tal manera que permita lograr así los objetivos planteados. De igual forma mejorar las relaciones operacionales integradas con el proceso de producción, ingeniería, logística y finanzas. Asimismo, es importante determinar que utilizando la planeación de necesidades de insumos se evita faltantes de inventario, de tal manera que la producción fluye adecuadamente de acuerdo con la planificación, optimizando los niveles de inversión del inventario de materiales y de trabajos en curso.

En cuanto al ámbito metodológico, el estudio es susceptible de medición científica y puede ser llevado a la aplicación práctica. Se acude al empleo de técnicas metodológicas como el instrumento de medir a través de la observación y consulta de registros de base de datos de la situación actual presentada en la fabricación de plantas evaporadora de agua de cola de película descendente en la empresa IFM S.A.C. Siendo de utilidad para futuras investigaciones y para mayor comprensión de temas como son los procesos de logística, fabricación de equipos pesqueros, programación de necesidades de insumos. Asimismo, como productividad de personas y de maquinaria. De su aspecto social, los resultados derivados de la misma permiten conocer los alcances, limitaciones y beneficios que existen en el plan de requerimientos materiales para ofrecerle a los clientes internos y externos, mejoras en los plazos de entrega, tiempos muertos por falta de material y como afecta a la productividad, la cuales beneficia indirectamente a los organismos no gubernamentales, los municipios y la población; por cumplir con los objetivos propuestos en las leyes para la preservación y conservación del medio ambiente. Estas leyes importantes, para la mitigación de emisiones nocivas al medio ambiente provenientes de las plantas pesqueras a través de la innovación tecnológica son el fundamento principal para la realización del presente informe de tesis.

Dado que el estudio se dirige a la implementación del MRP en la sociedad IFM S.A.C, su marco teórico se centra en la conceptualización de los aspectos referidos al proceso de planificación de requerimientos materiales y la productividad, en dichos temas se utilizan a distintos autores expertos

en el área haciendo mención a los objetivos de estudio, sirviendo como base para este proyecto. La planeación y la programación son procesos de toma de decisiones que son usados de manera regular tanto en la industria manufacturera como los servicios. Las funciones de planeación y programación se basan en técnicas matemáticas y métodos numéricos para asignar recursos limitados a las actividades a realizar (Glynn y Robinson 2005).

La administración de la producción es antiquísima, siendo sus principales problemas debido a su creciente complejidad y dinámica. En el nivel estratégico, se toma decisiones de uso de tecnologías de producción (flow shop, job shop, manufactura flexible, etc.) de información, capacidad física, layout, o también al sistema logístico de producción o las instalaciones de almacenamiento. En el nivel táctico de planeación, referido a semanas y años, se realiza la planificación de los programas de producción, en este rango se pueden encontrar la gestión de proyectos (para la instalación de la capacidad física y de producción), además se puede establecer sistemas de administración de inventarios, políticas y herramientas para el mantenimiento y el control de calidad. También está en función de la capacidad de la empresa y las cifras de ventas que provienen de la comercialización; dado que generalmente es un intento de ajustarse a las previsiones de ventas, así como a las capacidades existentes o previsibles como también tener control sobre la disponibilidad de materias primas y otros recursos (Anglani, et al. 2005). En el nivel operacional, los periodos de tiempo pueden estar dados en minutos o días; y se encuentra el control en producción como: programación, despacho, balanceo de línea, procesos de optimización en producción continua, mantenimientos, control de calidad y control en inventarios (Zimmermann 2006).

Los modelos de planificación de la producción a mediano plazo optimizan una cadena de suministro, son diseñados para la producción de diferentes productos en distintas instalaciones. Determinan el tamaño óptimo del lote de una familia de productos, cuando se elige producirla en una instalación (Glynn y Robinson 2005). La producción de una familia de productos es una función de costos de instalación y almacenamiento. Los modelos de planeación difieren de los modelos de programación. Primero, los de planeación cubren varias etapas y se optimizan en horizontes de mediano plazo; pero los de programación son diseñados para una sola etapa o instalación y optimizados en horizontes de corto plazo. Segundo, los de planeación usan información agregada; pero los de programación usan información detallada. (Zimmermann 2006). Sin embargo, entre ambos modelos se comparte información e interactúan entre sí (Bruccoleri, et al. 2005).

Las estrategias de fabricación evolucionaron hacia la personalización en masa con métodos de proyección e inspección de manufactura: sistemas push o pull. Un sistema push construye productos finales sin realizar previsiones; a diferencia del sistema pull que sólo fabrica cuando existe la demanda real (Haan, Yanamoto y Lovink 2001). Los sistemas push o pull son asociados al MRP y la filosofía JIT. La toma de decisiones de aprovisionamiento en sistemas push es en almacén central;

y en sistemas pull por almacén. Las órdenes de compra o fabricación de materiales en sistemas push es de acuerdo a programas determinados; y en sistemas pull sólo hasta que el usuario final lo requiera. La fabricación de productos finales en sistemas push es a partir de un programa ya establecido; y en sistemas pull sólo son fabricados cuando el usuario disponga (Huang 2002). En planificación, el MRP es un sistema pull, porque la cantidad requerida es estimada del MPS (sistema marco de fabricación) proveniente de pronósticos de demanda; pero desde una perspectiva operativa es un sistema push (Al-Hakim y Jenney 1991).

El progreso del sistema MRP supuso una revolución en occidente. Inicialmente la producción basada en computadoras estaba orientada básicamente a la programación de la producción, la cual incluía normas de despacho para asignar y secuenciar las tareas (Glynn y Robinson 2005). Sin embargo, el campo de uso de computadoras se amplió gracias al surgimiento del MRP; la cual tradujo la demanda para productos finales en un programa escalonado que relacione órdenes de compra y órdenes de producción para el número de componentes. El MRP afectó los programas de producción al crear un nuevo método que no sólo afecta la liberación de órdenes en planta, sino que también entrega a los programadores la facilidad de observar órdenes futuras, incluyendo las cantidades de producción y las fechas de entrega (Hermann 2004). La proyección de necesidades materiales es un método que abarca la desagregación de la demanda de materiales primarios en relación al sistema marco de fabricación culminado y del período de suministro de materiales (Hicks 1999). Es un método de demanda accesoria que utiliza estructuras de materiales, inventarios, recepciones esperadas y un sistema marco de la fabricación para calcular las necesidades de componentes (Heizer y Render 2007).

El MRP trata del procesamiento de necesidades netas de productos terminados, subproductos, componentes y materiales primarios. Incluye el tiempo de manufactura o de adquisición de los artículos; conllevando a organizar periódicamente las necesidades ya que señala el momento de construir o abastecer los componentes con el debido descuadre relacionado a su uso en la subsecuente etapa de construcción (Fonollosa y Guardiet 2009). En oposición a los métodos de demanda independiente de gestión de existencias, el MRP convierte un MPS en un especificado procesamiento de demanda dependiente de componentes y materiales primarios; abarcando desde la explosión general a la neta, ósea la programación de su demanda hacia atrás. Además, no considera disponibilidad de tiempo y capacidad. Su viabilidad se determina según los outputs generados. En sentido contrario, una inviabilidad de tiempo y por capacidad cambia el MPS y las actividades de notificación respectivamente (Orlicky 1975).

Un sistema MRP es un recurso que permite verificar y coordinar los materiales para su disponibilidad cuando se requieran sin ser indispensable poseer un inventario de gran tamaño. El MRP determina cuántos componentes son necesarios, convirtiéndolos en órdenes concretas de compra de materiales

y de fabricación. Un sistema MRP planea los requerimientos de insumos en base a la necesidad real, reduciendo los costos porque compra lo necesario, su objetivo es verificar el proceso de producción donde existen diversas fases intervalos cuyos materiales empleados tienen diversas transformaciones, y una vez terminado un producto se convierte en un componente de otro hasta la terminación del producto final (Domínguez Machuca 1995). Los objetivos del MRP son: minimización de inventarios, minimización de períodos de espera en manufactura y entrega, maximizar la eficacia, generar una señal anticipada, proporcionar un ambiente de planificación a largo plazo. La aplicación eficaz del sistema requiere que el gerente comprenda el sistema marco de fabricación, las especificaciones o listas de materiales, disponibilidad de inventario, órdenes de compra pendientes y períodos de entrega. Aquellos componentes son indispensables para la construcción del método (Gaither y Frazier 2003).

El sistema marco de la fabricación (MPS) detalla el número de productos o artículos terminados que se van a construir y cuándo. El programa tiene que ser coherente con el plan de manufactura. Dicho plan constituye un nivel, que de forma holística asocia los outputs, como por ejemplo en: familias de productos, volúmenes de dinero y tiempos estándar. Así el sistema marco de la manufactura, se descompone un programa detallado de producción por cada componente que está comprendido en un artículo terminado. La estructura de materiales, es un listado del número de subcomponentes, ingredientes e insumos indispensables para fabricar un artículo. Una manera de formular el producto a través de la estructura de materiales es diseñando una jerarquía del producto, la cual se constituye por intermedio de piezas designados padres y subcomponentes llamados hijos. Por último, una vez que se determina cuando son necesarios los productos, hay que establecer cuándo comprarlos. El período necesario para comprar, asimismo como el de producir o montar se llama plazo de entrega. En un producto comprado, el periodo de entrega es el tiempo que acontece comenzando en cuanto se encarga; hasta que esté disponible en la producción. En un producto manufacturado, dicho plazo de entrega comprende el tiempo necesario por componente para ser transportado, preparado, montado y procesado (Heizer y Render 2007).

Para Sipper y Bulfin (1998) los tres suministros del método MRP son: el sistema marco de la fabricación, los registros de inventario y la lista de componentes. El MPS es el suministro principal del sistema MRP, porque la finalidad de este método es recabar los requerimientos por cada fase del producto terminado e interpretarlos en requerimientos de componentes individuales. Se usan dos insumos adicionales para generar la salida del sistema: las órdenes de componentes originadas en fuentes externas a la planta, y los pronósticos de los artículos sujetos a demanda independiente. Los registros del inventario incluyen la situación de cada uno de los artículos en inventario. El registro está actualizado con las transacciones del inventario, la recepción, retiros o asignaciones de un artículo de o para el inventario. Si se registra en forma adecuada cada transacción se logra la

integridad del archivo del inventario. Estos registros de inventario también incluyen factores de planeación que contienen el tiempo de entrega del artículo, inventario de seguridad, tamaño del lote, desperdicios. El usuario del sistema determina los factores de planeación según la política de inventarios, o de acuerdo con restricciones exógenas (tiempo de entrega de proveedores). Acerca del método MRP, no hay un reglamento para efectuarlo; pero debe considerarse su ámbito de aplicación, su integridad con los flujos de datos del proceso de manufactura (Nahmias 2007).

El sistema marco de fabricación, las estructuras de componentes, el inventario utilizable y los tiempos de suministrar, son los insumos de un método de planeación de necesidades materiales. Una vez que las componentes están disponibles y son exactos, la siguiente fase es construir un plan de necesidades brutas materiales. Dicho plan es una programación coordinada entre un programa marco de producción y la programación en el tiempo; señalándose cuándo debe pedirse un subcomponente a los abastecedores en caso no presente disponibilidad en inventario, o iniciarse la fabricación de un subcomponente para cubrir la solicitud de productos terminados en los plazos establecidos. Cuando hay existencias disponibles de un artículo padre, disminuyen las necesidades del artículo padre y de todos sus componentes; por lo que las necesidades netas serán menores a las necesidades brutas. Dentro de su metodología propone la data de necesidades de componentes de un artículo, su línea de tiempo y el número de componentes disponibles en la semana cero. Se clasifican de acuerdo a símbolos específicos, posteriormente por componente se admite el número de necesidades brutas; y si hay registro de netas por alguna admisión programada, ósea cuándo se encomienda el pedido planificado. El MRP facilita la planeación de manufactura de recursos materiales de una línea de tiempo establecida (Heizer y Render 2007).

Para Sipper y Bulfin (1998) la transformación de insumos en productos es sistemática: explosión, ajuste a netos, compensación y tamaño del lote. El proceso de explosión simula el desensamble del producto final en sus componentes. Con el MPS y la lista de materiales, se desciende a través de la estructura del producto y para cada padre se evalúa la cantidad de hijos y sus requerimientos netos. En el proceso de adquisiciones se ajustan los requerimientos en conjunto y el inventario disponible. Los requerimientos netos son los requerimientos en conjunto menos el inventario disponible. Este ajuste es en todas las jerarquías de la lista de materiales y por cada intervalo de tiempo. En cada jerarquía, las necesidades en conjunto se ajustan para obtener las cantidades netas antes de hacer la explosión de los requerimientos para el siguiente nivel. Sin inventario disponible, los requerimientos netos son iguales a los requerimientos en conjunto. El cálculo de la explosión refiere un conjunto de reglas para los requerimientos en una jerarquía de la estructura del producto, traducándose en el programa de producción para dicha jerarquía y en requerimientos en niveles inferiores.

El diagrama de esquema de productos está en el centro del MRP. Detalla la vinculación principal y hereditaria sobre los componentes y artículos de cada nivel, la cantidad de periodos que se requieren

para la producción de cada componente y el número de componentes que se requieren en la jerarquía hijo para producir un elemento en la jerarquía padre. Determinando cómo se fabrica todos los productos terminados, especificando cada artículo y subcomponente, su serie de integración, su cantidad por unidad terminada y cuáles son las sedes del trabajo manufacturero. Esta información se extrae de los informes de bosquejo del producto, de evaluación del flujo de trabajo y de otro protocolo concerniente a la fabricación (Nahmias 2007).

Después de establecerse el sistema marco de fabricación del artículo final se transforma en una colección de requerimientos brutos en el tiempo. La siguiente fase consiste en sustraer cualquier inventario disponible o entradas programadas para obtener los requerimientos netos. Éstos se trasladan hacia atrás en el tiempo por una cantidad igual al periodo de demora de pedidos, para obtener los requerimientos trasladados. Finalmente, se realiza una adecuación del volumen del lote y se aplica a los requerimientos llevados a cabo por fases, para obtener la liberación de pedidos planeados. Los resultados del MRP se convierten en objetos programables por la oficina de manufactura, ya que recolecta los datos sobre la cantidad de material requerida en la emisión de pedidos planificados, y los agrupa en el horizonte temporal (Nahmias 2007).

Para Vollmann, et al. (2005) el MRP consta de cuatro procedimientos básicos: el uso futuro anticipado de la demanda para el artículo durante cada periodo (ósea los requerimientos brutos), las órdenes existentes de reabastecimiento para el artículo que vence al inicio de cada periodo (ósea los recibos programados), el estatus actual y proyectado del inventario al final de cada periodo (ósea el saldo disponible proyectado) y las órdenes planeadas de reabastecimientos para el artículo al inicio de cada periodo (ósea liberación planeadas de órdenes). El MRP estima los requerimientos brutos, obtenidos en el sistema marco de fabricación para los artículos terminados, y las demandas resultantes de una simulación previa del MRP para sus componentes. El énfasis es minimizar inventario mediante la programación de los requerimientos exactos de los proveedores en los plazos requeridos. Trabajando de manera adecuada sólo si la capacidad instalada sea mayor a la demanda que atiende, sino se rompe el supuesto básico de capacidad infinita y los planes de un MRP no serán factibles en la realidad.

Sipper y Bulfin (1998) destacan que el resultado es un plan de materiales en términos de cantidades por intervalo, que se transforma en un presupuesto por intervalo. Esto se verifica y compara con el plan de presupuesto de materiales para hacer ajustes, implantándose la política de administración de inventarios. Durante la etapa de puesta en marcha, el MRP controla y reduce de inventarios. Una aplicación primordial del sistema MRP es la identificación de faltantes y excedentes futuros. Cuando se identifica una situación de faltantes, se realiza una acción correctiva que acelera las órdenes existentes (recepciones programadas). En el caso de sobrantes, se retrasan o se anulan las órdenes generadas.



Además Nahmias (2007), Heizer y Render (2007) exponen las ventajas de implementar sistemas MRP: generar holguras para los tamaños de lote en diversos niveles para reducir costos relacionados, planear la producción a todos los niveles de la empresa por varios periodos futuros, mejora el servicio al cliente reduciendo los tiempos de entrega propuestos, reduce los niveles de inventario, mejora la eficiencia operativa e incrementa la flexibilidad en la planificación para adaptarse a cambios en: la demanda, a más establecimientos y la gestión de personas. Las firmas reportaron 40% menos en inversiones de inventario debido a: mejoramiento del servicio al cliente, mejora de productividad, reducción de costes de adquisición, reducción en costes adicionales, reducción de obsolescencia y de las horas extraordinarias. Las deficiencias en los sistemas MRP comerciales suponen una capacidad de producción infinita, ya que no considera ninguna restricción de capacidad debiendo absorberse por el establecimiento apropiado de los tiempos de entrega.

El MRP II (planeación de recursos de fabricación) está compuesto sobre las funciones entrelazadas de: planificación, ventas, operaciones y sistemas de apoyo en materiales y capacidad: MPS, MRP y CRP. Genera los siguientes documentos financieros: plan de empresa, informe de compromisos de adquisición, presupuesto de remesas, previsiones de existencias. La programación MRP II es inexacta porque se basa en periodos de envío y cantidad de lotes previamente determinados con capacidad infinita. El MRP I y II no están optimados para la toma de decisiones de producción como: la minimización de costes o maximización de beneficios. Se deben optimizar mediante modelos de programación matemática (Wight 1981). EL ERP (planificación de recursos empresariales) no necesariamente incluye los módulos de los sistemas MPS, MRP y CRP. El MRP II es un ERP que requiere los siguientes parámetros: cantidad de lotes, existencias de seguridad, periodos de envíos, etc. Asimismo, no considera capacidad finita y no crea planes de producción alternativos en situaciones de: cantidades erradas, baja calidad y cuando ciertos componentes o materiales son escasos (Chase, Jacobs y Aquilano 2009).

Nahmias (2007) destaca la necesidad de desarrollar una estructura que cuantifique todos los estados posibles de incertidumbre. El MRP II las determina del entorno y/o sistema que absorbe la variación de tiempos de entrega, que aumentan constantemente. La inclusión de incertidumbre, tiempos de entrega/producción, rendimiento, nerviosismo del sistema e integridad de los datos son desafíos para el método MRP. La incertidumbre afecta las cantidades futuras de producción, abastecimiento y tiempos de entrega. Se evita creando cierta cantidad de margen de seguridad en las cantidades de producto terminado, lo que generará automáticamente un inventario de seguridad en todos los niveles. En ambos casos, existe el peligro de tener niveles de inventario excesivos (Sipper y Bulfin 1998).

Otro enfoque es tener un inventario de seguridad a nivel de materia prima y usar Pareto para permitir distintos niveles de inventario de seguridad para los artículos A, B y C. Los artículos B y C se unen

en grupos de tiempo de entrega, donde este tiempo se da para cada grupo. El MRP se usa en un entorno dinámico, actualizándose y ampliándose. En un horizonte de planeación de 12 meses, una actualización de un mes después requerirá añadir otro mes al final de los 11 restantes. Como resultante, los cambios introducidos en la nueva actualización varían las cantidades de órdenes planeadas; ocasionando modificar las recepciones programadas. Este fenómeno se conoce como nerviosismo del sistema. Para evitarlo los sistemas MRP introducen un horizonte congelado; ósea mantienen constantes el MPS y las órdenes planeadas durante cierto número de intervalos futuros. Estos intervalos son de seis semanas. Un sistema MRP es muy sensible a inexactitudes en datos. Los archivos de lista de materiales e inventario poseen un alto grado de integridad. Las listas de materiales tienen la última versión de la estructura del producto. Los registros de inventario son muy precisos. (Sipper y Bulfin 1998).

Desde el nivel gerencial, algunas desventajas que presenta el sistema básico MRP, según Chase, Jacobs y Aquilano (2009) son causadas por factores organizacionales y de comportamiento como: falta de compromiso de la alta gerencia, no reconocer que el MRP es una herramienta de software, falta de integración del MRP con el JIT. Actualmente, muchas instalaciones de manufactura se basan en los sistemas MRP, sin embargo, en un ambiente de producción complejo; no es fácil para los sistemas MRP establecer planes y programas detallados satisfactoriamente. Las empresas modernas emplean equipos o estaciones de trabajo conectados a través de una red de área local a un servidor central, cada estación de trabajo ingresa información y elabora planes y programas, además se retroalimenta el sistema de programación con información relacionada con cambios en la situación laboral, estados de las máquinas, o niveles de inventario (Glynn y Robinson 2005).

Desde el nivel técnico, según Nahmias (2007): no estima la imprevisibilidad de los pronósticos, excede las restricciones de capacidad, considera a los plazos de entrega inamovibles, no calcula pérdidas por artículos defectuosos ocurridos independientemente de los tamaños de lote; escatima los tiempos de inactividad de máquinas, sobre todo cuando hay componentes que se utilizan en diversos productos se hace necesario vincular cada orden a un artículo de nivel superior. Esencialmente el MRP excluye: capacidad de planta y ciclos de retroalimentación con niveles superiores (Chase, Jacobs y Aquilano 2009). Las razones de estas falencias a un nivel operativo son: ignorar restricciones de capacidad, no soportar la dinámica de planta de fabricación, cantidad de lotes, existencias de seguridad y periodos de envío fijos. Resultando en implementaciones rígidas. Su incertidumbre causa una alta reprogramación que exhibe altos costos de penalización y nerviosismo del método (Murthy y Ma 1991).

La segunda variable afectada es la productividad, siendo la razón entre los salientes (bienes y servicios) y los entrantes (personas y capital). La función del gerente es optimizar la productividad a través de una simplificación de los entrantes mientras los salientes permanecen invariables, o

aumentando los salientes mientras los entrantes permanecen invariables. En el sentido financiero, las entrantes son: personas y efectivo; cuya gestión está coordinada con el sistema de fabricación, diseñado por la gerencia. Una manufactura alta no significa alta productividad, sino más personas laborando y con bajo desempleo. Si los rendimientos sobre las personas y efectivo ascienden sin aumentar la ratio de productividad, los precios se elevan. Éstos tienen tendencia a la baja cuando la productividad aumenta, porque se intensifica más la fabricación con los mismos recursos. La productividad de un solo factor se calcula con un solo recurso en los entrantes; pero la productividad de múltiples factores o productividad de factor total abarca todos los insumos o entrantes (efectivo, personas, material, energía). Si el acrecentamiento de la productividad laboral solamente es consecuencia del egreso de efectivo, el factor laboral altera los resultados. Las cuantificaciones de productividad de factores múltiples reportan mejor data, pero su problemática es: calidad y ausencia de unidades de medición precisa (Heizer y Render 2007).

Para mayor comprensión del presente informe de averiguación se detallará las características, el proceso de evaporación y la estructura del equipamiento del que se componen la planta de agua de cola conforme al proceso de fabricación realizado por la empresa IFM S.A.C en el año 2015. El agua de cola proveniente de las centrifugas y secadores, son almacenadas en un tanque de almacenamiento de fierro con capacidad de almacenamiento de 12 Tm, para luego ser bombeados a la planta de agua de cola WHE (Waste Heat Evaporator), que utiliza el principio de película descendente con la recuperación de energía de secadores. En el tanque no debe permanecer mucho tiempo ya que se descompone con facilidad a temperaturas menores de 165°C o un ph mayor a 4,5 por ataque microbiano. El agua de cola ingresa con una concentración de 6,5% de sólidos totales y sale como concentrado de 38% de sólidos totales.

Los efectos están contruidos de acero inoxidable, en cuyo interior se ubican placas verticales, separadores, bombas centrifugas, distribuidores, válvulas e instrumentación. Las placas verticales cuyas dimensiones son de 6,00m de largo y 1,25m de ancho, tienen una abertura interior por donde fluye el vapor de 2 pulg. Cada efecto posee un separador de gases-líquido y un ducto de traspaso de los vahos generados, ambos contruidos de acero Inoxidable. El número de distribuidores es idéntico al número de efectos y se instalan en la parte superior, para el abastecimiento de vapor y vahos a cada efecto. En cada efecto, el líquido se almacena en el fondo donde mediante una bomba centrifuga, es recirculada hacia la parte superior del efecto, a través de dos tuberías de acero inoxidable, ubicadas en la parte externa de la calandria del efecto.

La planta de agua de cola posee un conjunto de válvulas de bola, mariposa entre otras. Además de vacuómetros, sensores de temperatura y eyectores. Este último, para recomprimir parte de los vapores generados utilizando vapor de media presión ahorrando el consumo. La planta de agua de cola cuenta con un condensador barométrico, para realizar el vacío del sistema. Este condensador

está construido de acero inoxidable, cuenta con una columna barométrica, para condensación y precipitación de los vahos del último efecto. Mediante aspersion de agua de mar a temperatura ambiente, se produce la condensación de los vahos, lo que provoca la precipitación del condensado a un estanque de agua. Parte de los vahos que tiene contacto directo con el agua de mar, no se condensan, para lo cual se instala una cañería en la parte superior del condensador barométrico y mediante una bomba de vacío se extrae los incondensables. La precipitación de los vahos condensados junto la bomba de vacío, efectúa el vacío del sistema.

Entre los equipos auxiliares que componen la planta evaporadora de agua de cola se cuentan: la torre de enfriamiento, enfriador flash y el lavador de gases. Las torres de enfriamiento son una clase de intercambiadores de calor cuya función es separar la energía calorífica de un flujo constante de agua caliente, por intermedio de aire seco y frío que fluyen en el interior de la torre. El agua caliente puede caer en forma de lluvia y al intercambiar calor con el aire frío, vaporiza una parte de ella, eliminándose de la torre en forma de vapor de agua. Los lavadores de gases, son equipos empleados en la industria para remover partículas, gases y olores en forma simultánea. Los lavadores de gases, también llamados exhaustores combinan los gases de proceso con un medio líquido para la remoción de las emisiones. El enfriador flash seca el condensado succionado del primer efecto y lo separa de vapores generados debido al exceso de temperatura de evaporación.

IFM S.A.C en los últimos años ha aumentado su capacidad de ejecución de obras, abarcando una gran cantidad proyectos metalmecánicos del sector pesquero en la ciudad de Chimbote y del litoral peruano. Debido a la calidad de los trabajos ejecutados, influenciando positivamente en la adjudicación de nuevos proyectos, ya que los clientes poseen una base de datos en la cual califican de acuerdo a calidad del trabajo ejecutado, cumplimiento de las normas laborales, pago a tiempo a los proveedores, y el cumplimiento de los plazos de ejecución del proyecto. La precisión de estos requerimientos hace que las empresas metalmecánicas suban de categoría, permitiendo que obtengan proyectos con mayores inversiones y utilidades. Por esta razón la empresa a través de sus directivos ha decidido optimizar la forma de realizar los procesos en el departamento de producción, logística y planificación de proyectos. Solicitando a esta última área, generar una herramienta que apoye las decisiones de adquisición de materiales, para cumplir anticipadamente los plazos de ejecución y entrega de la planta evaporadora de agua de cola.

El estudio se centra en la última área especificada, porque en el presente el 80% de los proyectos exhiben un atraso en su realización. Una de las causas es el reducido espacio físico que posee la planta, lo cual dificulta en especial las tareas de transporte de ensambles. El otro motivo por el cual no se cumplen los plazos de ejecución del proyecto, es por el atraso en el arribo de los insumos a la planta; siendo consecuencia de que no se posea un plan que determine en qué momento deben solicitarse los materiales. Por último, las paradas de maquinarias. La investigación a realizar consiste

en aplicar una herramienta que determine los tiempos de anticipación de los pedidos de materiales como la cantidad requerida para cada etapa del proyecto ejecutada por la empresa IFM S.A.C, la cual contempla la fabricación de una planta evaporadora de agua de cola de película descendente de 12 tph. Esto ayudará a manejar mejor la gestión de abastecimiento del proyecto, eliminando los tiempos muertos por falta de materiales; garantizando que se cumplan los tiempos de ejecución del proyecto, evitando así futuras multas por no cumplimiento de plazos o que disminuyan los estados de pago, los cuales se determinan por porcentaje de avance del proyecto pactado.

Esta investigación pretende dar respuesta a las preguntas ¿cuáles son las cantidades materiales requeridas para cada etapa del proyecto? ¿cuánto material se requiere este día? ¿qué variables internas y externas afectan en los tiempos de pedidos? Las respuestas a estas preguntas entregarán un plan de abastecimiento que guíe a los administradores de proyectos en la solicitud de los pedidos. Ya que dependiendo de cada material los plazos de entrega serán diferentes, por lo que se podrán tomar decisiones anticipadas acerca de la cantidad de material requerida y plazos de entrega; para que la continuidad del proyecto no se vea afectada. Finalmente, respetar los tiempos de ejecución del proyecto es tan importante como la calidad de éstas; porque son las dos bases de la política de calidad de la empresa registradas en la norma ISO 9001.

## **1.1. Problema**

### **1.1.1. Problema general**

¿En qué medida la implementación del plan de requerimientos materiales mejorará la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el estado actual de productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C?

¿En qué medida la implementación de listas de materiales mejorará la productividad en fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C?

¿En qué medida la implementación de explosiones de requerimientos materiales mejorará la productividad en fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C?

¿Cuál será la nueva productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar e implementar el plan de requerimientos materiales para mejorar la productividad de fabricación en plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Determinar el estado actual de productividad de fabricación en plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C.

Determinar la lista de materiales para mejorar la productividad de fabricación en plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C.

Realizar el cálculo de requerimientos materiales para mejorar la productividad de fabricación en plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C.

Determinar la nueva productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, empresa IFM S.A.C.

## **II. MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1. Hipótesis**

#### **2.1.1. Hipótesis general**

La puesta en marcha del plan de requerimientos materiales mejorará la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C

#### **2.1.2. Hipótesis específicas**

El análisis del estado actual de productividad incrementará la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C

La implementación de listas de materiales acrecentará la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C

La implementación de explosiones de requerimientos materiales mejorará la productividad de fabricación en plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C

El diagnóstico de la nueva productividad aumentará la productividad en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, sociedad IFM S.A.C

### **2.2. Variables**

#### **2.2.1. Variable independiente:**

Plan de requerimientos materiales

#### **2.2.2. Variable dependiente:**

Productividad

### 2.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Plan de requerimientos materiales	Es una técnica de planificación de la producción y de gestión de inventarios; que permite especificar los tiempos y cantidades de fabricación y aprovisionamiento de material.	Presencia o ausencia de una técnica de requerimientos materiales	Estructura de materiales	Número de ensambles	Razón
				Número de sub ensambles	Razón
			Cálculo MRP	Requerimientos brutos	Razón
				Lead time	Razón
				Tamaño de lote	Razón
Requerimientos netos	Razón				
Productividad	Es un indicador que describe la correlación entre el número de productos resultantes y el número de recursos empleados en el contexto de un sistema productivo	$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades obtenidas}}{\text{Insumo utilizado}}$	Productividad de personas	$\text{Pérdida de productividad} = \frac{\text{Horas hombre perdidas}}{\text{Horas hombre disponibles}}$	Razón
			Productividad de maquinaria	$\text{Pérdida de productividad} = \frac{\text{Horas máquina perdidas}}{\text{Horas máquina disponibles}}$	Razón

Fuente: Elaboración propia



## **2.4. Metodología**

Se utilizó la metodología experimental, específicamente el tipo preexperimental, ya que se realiza un test antes y después de aplicar la herramienta de ingeniería industrial; que en este caso sería la puesta en marcha del plan de requerimientos materiales aplicado a la construcción de plantas evaporadoras de agua de cola.

## **2.5. Tipos de estudio**

Es aplicado, debido a que se emplean conocimientos teóricos de planeación e inspección de la manufactura hacia brindar una propuesta de solución a la problemática de la sociedad IFM S.A.C de Nuevo Chimbote, en el año 2015.

## **2.6. Diseño**

Es pre experimental, concretamente de modelo pre y post prueba de un grupo; debido a que el bosquejo consta de tres instantes. El primero es una cuantificación inicial de la variable accesoria (productividad). El segundo es la ejecución de la variable autónoma (plan de requerimientos materiales). El tercero es una cuantificación final de la variable accesoria (productividad).

Representación:

G: O1 – X – O2

Siendo:

G: Grupo experimental

O1: Pre-prueba, productividad antes de la implementación del plan de requerimientos materiales.

X: Implementación del plan de requerimientos materiales.

O2: Post-prueba, productividad después de la implementación del plan de requerimientos materiales.

## **2.7. Población, muestra y muestreo**

Población: según datos obtenidos del área de producción de la sociedad IFM S.A.C se fabricaron 8 equipos en el primer semestre del año 2015.

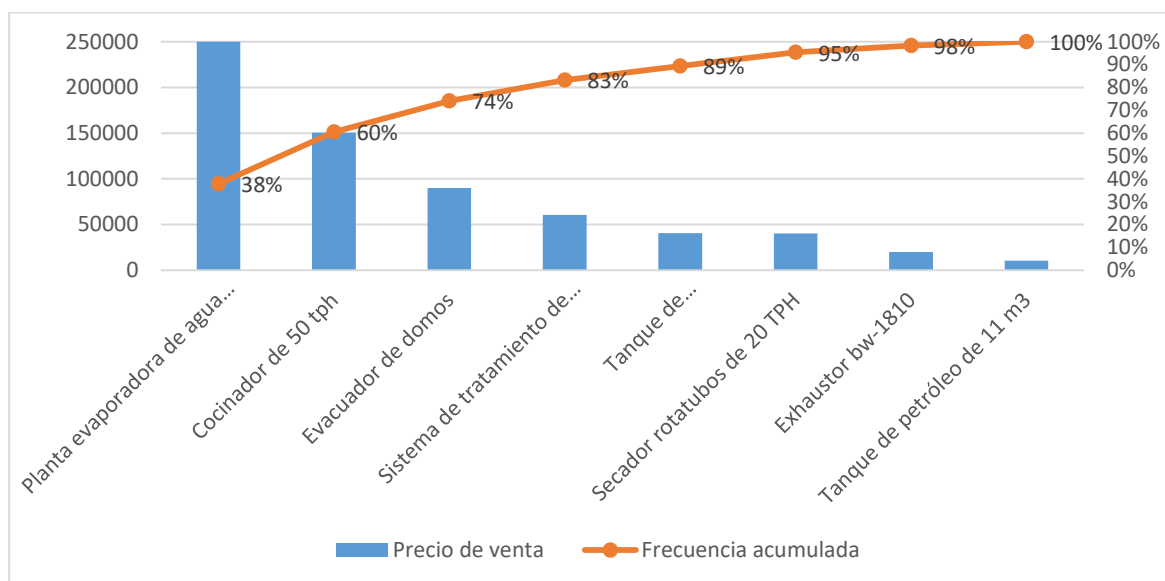
Tabla 2: Equipos fabricados por la empresa IFM S.A.C en el año 2015

Equipos	Costo de material	Precio de venta
Cocinador de 50 tph	\$70,500	\$150,500
Sistema de tratamiento de agua de limpieza	\$30,500	\$60,500
Tanque de almacenamiento, API-650	\$15,500	\$40,500
Tanque de petróleo de 11 m <sup>3</sup>	\$4,500	\$10,500
Evacuador de domos	\$37,500	\$90,000
Exhaustor bw-1810	\$5,250	\$20,000
Secador rotatubos de 20 TPH	\$17,500	\$40,000
Planta evaporadora de agua de cola	\$140,000	\$250,000

Fuente: Área de logística de IFM S.A.C

Para determinar la muestra, se empleó un diagrama de Pareto que permitiera elegir aquellos productos contribuyentes del mayor ingreso por el concepto de ventas a la compañía (Ver gráfica 1). Este diagrama dio como resultado que sólo 3 equipos generaron el mayor ingreso de ventas de la compañía.

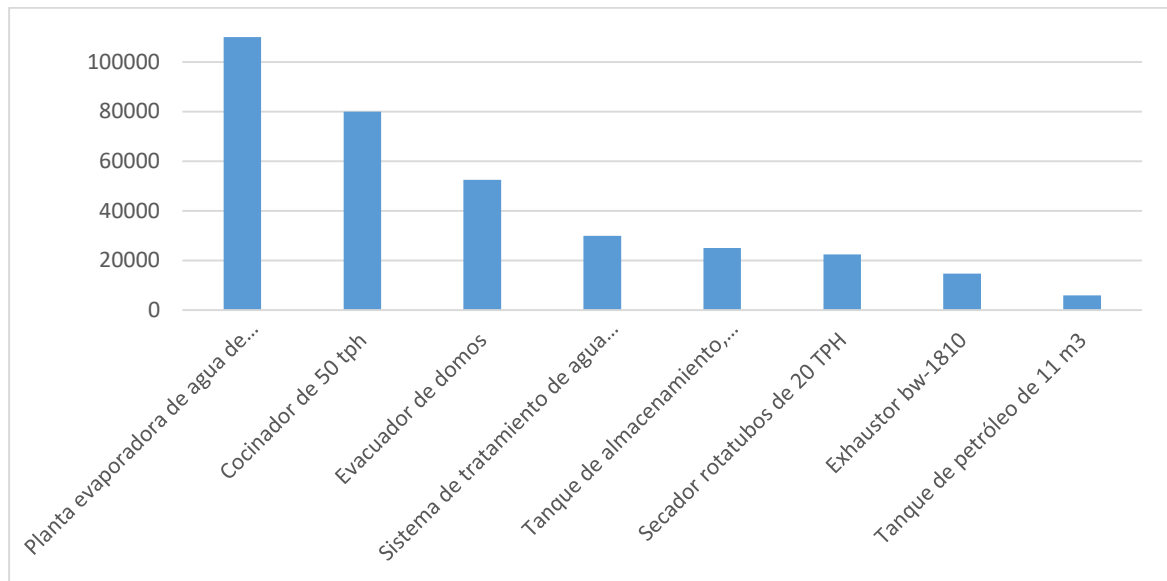
Gráfico 1: Diagrama de Pareto de ingreso de ventas



Fuente: Elaboración propia

Se optó por seleccionar el equipo con mayor rentabilidad en el período del primer semestre del 2015, siendo la planta evaporadora de agua de cola de película descendente la que mayor retorno proporciona a la empresa IFM S.A.C (Ver gráfico 2)

Gráfico 2: Rentabilidad por equipos



Fuente: Elaboración propia

## 2.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 2.8.1. La observación.

Proporciona fuentes de primera mano acerca de la forma de organización de las operaciones de fabricación de la planta de agua de cola y verificación de las actividades en el tiempo preestablecido en el cronograma del proyecto. La observación es primordial cuando el ingeniero necesita controlar eficazmente los plazos de entrega, en qué actividades se consume las horas hombre y máquina disponibles. Saber en qué momento ocurre una parada por concepto de faltante de material.

### 2.8.2. Inspección de banco de datos.

Se realizó la inspección del banco de datos del área de producción para que a través de los planos del equipo se pueda componer la lista de materiales, con el cronograma del proyecto y el listado de máquinas; se calcule el número y costo de horas hombre y máquina. Además de la inspección del conjunto de datos del área de logística se obtuvo la política de dimensionamiento de lote, plazo de entrega y nivel de inventario.

## **2.9. Métodos de análisis de datos**

Para avanzar la puesta en marcha del método de requerimientos materiales se recurrió a las siguientes herramientas de análisis:

- a.** El diagrama de Pareto para seleccionar el equipo que mayor ingreso por venta proporciona a la empresa.
- b.** Análisis de los cuadros generados por la explosión de materiales teniendo en cuenta las cantidades y plazos de entrega.
- c.** Interpretación de los indicadores de productividad antes y posterior a la implementación.

## **2.10. Aspectos éticos**

El averiguador se responsabiliza considerando la autenticidad de sus deducciones y credibilidad de la data proporcionada por la metalmecánica. Asimismo, la personalidad de los copartícipes de la publicación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Estado actual de productividad

##### 3.1.1. Productividad de personas

Del año 2014 se registró 2 paradas en la fabricación de plantas de agua de cola debido a una mala planificación en las compras y en los aprovisionamientos internos.

Tabla 3: Número de paradas por falta de material

Paradas por falta de material	2014	
	Semestre 1	Semestre 2
Nº de paradas	1	1
Nº de días inactivos	1	1

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 1 se detalla el consumo de mano de obra empleado en la fabricación de la planta agua de cola. En la distribución 4 se exhibe la totalidad de horas hombre de la mano de obra directa, siendo de 996.93 horas y el costo de la hora hombre es de 22.59.

Tabla 4: Extracto de anexo 1. Consumo de mano de obra

Tipo	Cantidad	Unidad Medida	Precio Promedio	Costo \$
Mano de Obra Administrativa	0.00	Mes	0.00	10,041.41
Mano de Obra Directa	996.93	--	22.59	22,523.02
Mano de Obra Indirecta	33.88	--	19.00	643.72
<b>Costo total:</b>				<b>33,308.78</b>

Fuente: Área de logística de IFM S.A.C

En la tabla 5 se especifica las horas hombre disponible por área de trabajo y el tiempo en horas hombre por incidencias de falta de material ocasionado por una parada de fabricación en el segundo semestre del año 2014. Para el cálculo de las horas disponibles por área de trabajo se utilizó el diagrama de Gantt del anexo 2.

Tabla 5: Horas hombre por área de trabajo

Código	Área de trabajo	Horas hombre disponibles	Falta de material
AH	Habilitado	363.25	2.83
AM	Mecanizado	256.25	2.06
AC	Calderería	216.25	1.74
AS	Soldadura	171.18	1.37
<b>Total</b>		996.93	8

Fuente: Elaboración propia

El ordenamiento N° 6 indica el porcentaje de horas hombre perdidas por la falta de material

Tabla 6: Porcentaje de horas hombre

Código	Área de trabajo	Horas hombre disponibles	Falta de material	%
AH	Habilitado	363.25	2.83	0.77%
AM	Mecanizado	256.25	2.06	0.80%
AC	Calderería	216.25	1.74	0.80%
AS	Soldadura	171.18	1.37	0.80%

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se demuestra la estimación de la pérdida de productividad de personas en el semestre 2 del año 2014 en la fabricación de una planta de agua de cola, por la falta de materiales.

$$\text{Pérdida de productividad de personas} = \frac{8}{996.93} = 0.008 \text{ hh perdidas-hh disponibles}$$

### 3.1.2. Productividad de maquinaria

Las áreas donde se procesa el acero inoxidable que es la materia prima principal son: habilitado y mecanizado. En el área de habilitado se utilizaron 363.25 horas hombre disponibles con 2.83 horas hombre perdidas por falta de material, los cuales serian el total de horas maquina disponibles y el total de horas máquinas afectadas por falta de material respectivamente. En el área de mecanizado se utilizaron 256.25 horas hombre disponibles con 2.06 horas hombre perdidas por falta de material, los cuales serian el total de horas maquina disponibles y el total de horas máquinas afectadas por falta de material respectivamente.

Tabla 7: Horas máquinas disponibles

Código	Áreas de trabajo: Habilitado y Mecanizado	Horas máquina disponibles	Falta de material
	Herramientas		
TR1	Taladro radial 1	40.5	0.32
TR2	Taladro radial 2	40	0.31
AS1	Aserradora	32	0.25
TP1	Torno paralelo 1	40	0.31
TP2	Torno paralelo 2	40	0.31
TP3	Torno paralelo 3	40	0.31
TP4	Torno paralelo 4	40	0.31
FR	Fresadora	24	0.19
R1	Roladora 1	32	0.25
R2	Roladora 2	32	0.25
<b>Total</b>		626.5	4.89

Fuente: Área de producción IFM S.A.C

La tabla N° 8 señala el porcentaje de horas maquina perdidas por falta de material.

Tabla 8: Porcentaje de horas máquina

Código	Áreas de trabajo: Habilitado y Mecanizado	Horas máquina disponibles	Falta de material	%
	Herramientas			
TR1	Taladro radial 1	40.5	0.32	0.79%
TR2	Taladro radial 2	40	0.31	0.78%
AS1	Aserradora	32	0.25	0.78%
TP1	Torno paralelo 1	40	0.31	0.78%
TP2	Torno paralelo 2	40	0.31	0.78%
TP3	Torno paralelo 3	40	0.31	0.78%
TP4	Torno paralelo 4	40	0.31	0.78%
FR	Fresadora	24	0.19	0.79%
R1	Roladora 1	32	0.25	0.78%
R2	Roladora 2	32	0.25	0.78%

Fuente: Elaboración propia

Subsecuentemente se define el cálculo de la pérdida de productividad de maquinaria en el semestre 2 del año 2014 en la fabricación de una planta de agua de cola, por la falta de materiales.

$$\text{Pérdida de productividad de maquinaria} = \frac{4.89}{626.5} = 0.0078 \text{ hm perdidas-hm disponibles}$$

### 3.1.3. Productividad multifactorial

La pérdida en la productividad de múltiples factores se estima dividiendo las horas perdidas de mano de obra y maquinaria entre las horas disponibles de las mismas, debido a paradas por falta de material.

$$\text{Pérdida de productividad multifactorial} = \frac{8+4.89}{996.23+626.5} = 0.0079 \text{ h perdidas-h disponibles}$$

### 3.2. Programa maestro de producción

De la siguiente distribución se muestra el total de pedidos de los clientes a la empresa IFM S.A.C por plantas evaporadoras de agua de cola (PAC) en los meses de junio y setiembre del año 2015.

Tabla 9: Programa maestro de producción

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAC					1				1			

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Lista estructurada de componentes.

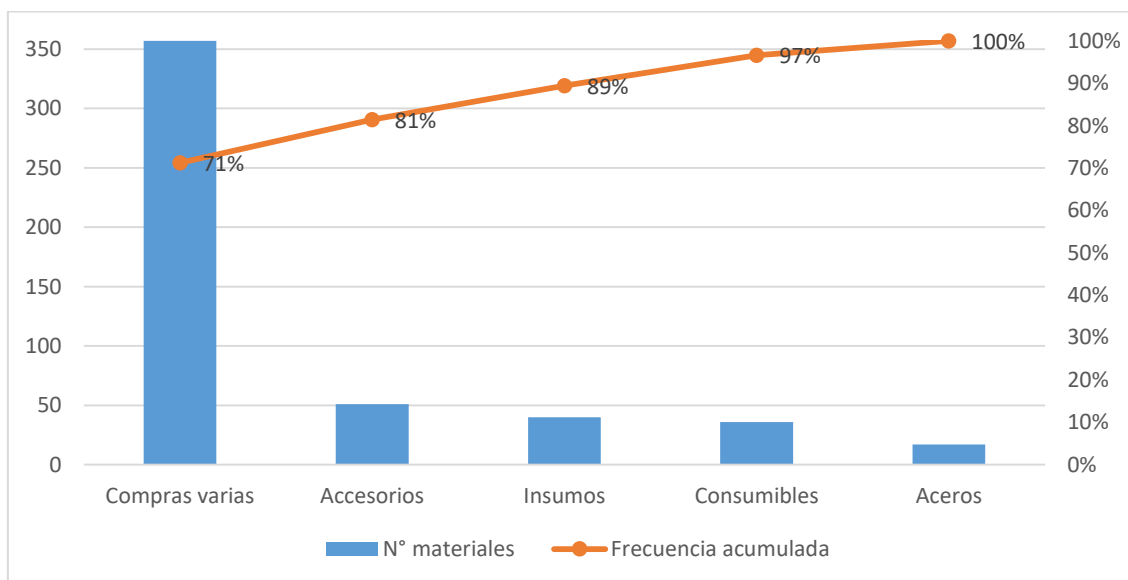
Al realizar la lista estructurada de componentes de la figura anterior se empleó un diagrama de Pareto que permitiera identificar los juegos con mayor número de materiales (Ver gráfica 3). Este diagrama dio como resultado que sólo 2 juegos (compras varias y accesorios) contienen el 81% de materiales que constituyen la planta evaporadora de agua de cola. En un segundo diagrama de Pareto, se evidencia que ambos juegos no representan a los de mayor costo de material (Ver gráfica 4). Este diagrama arroja como resultado 13.6% de los materiales (2 juegos: aceros y accesorios) representan el 80% del costo de material. Esto se debe a que la mayoría de materiales no son los que poseen mayor costo, y así mismo, los de mayor costo no son los que representan un mayor número de materiales.

Tabla 10: Costo de material y número de materiales por juego

Juego	N° materiales	Costo de material (\$)
Accesorios	51	68,652.50
Aceros	17	88,081.19
Compras varias	357	29,606.11
Consumibles	36	1,315.96
Insumos	40	9,457.58

Fuente: Área de logística de IFM S.A.C

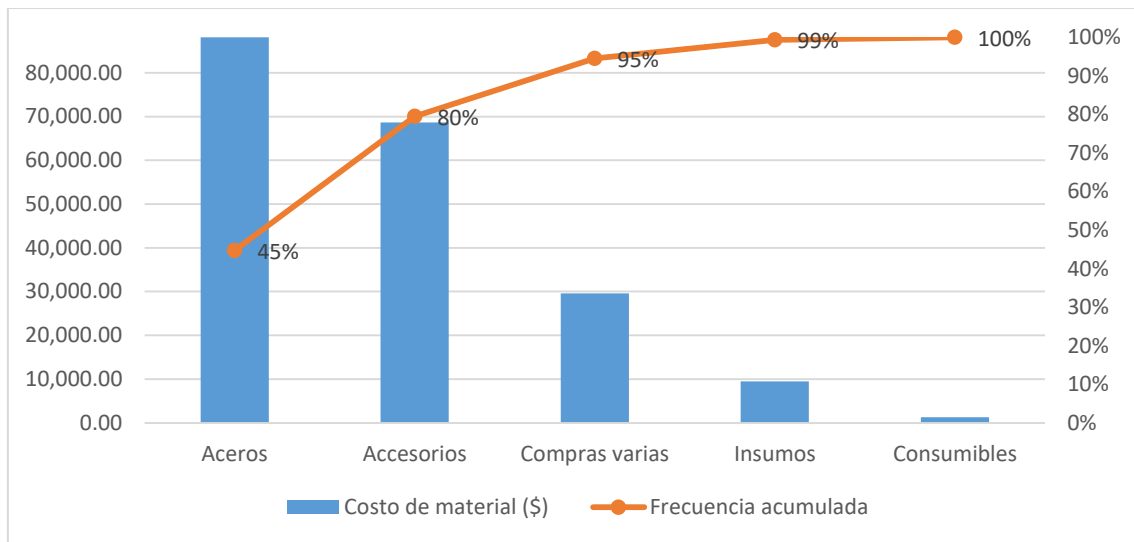
Gráfico 3: Diagrama de Pareto de número de materiales



Fuente: Elaboración propia



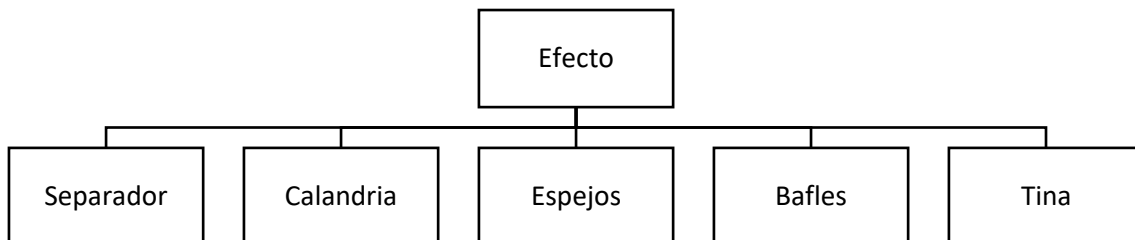
Gráfico 4: Diagrama de Pareto de costo de material



Fuente: Elaboración propia

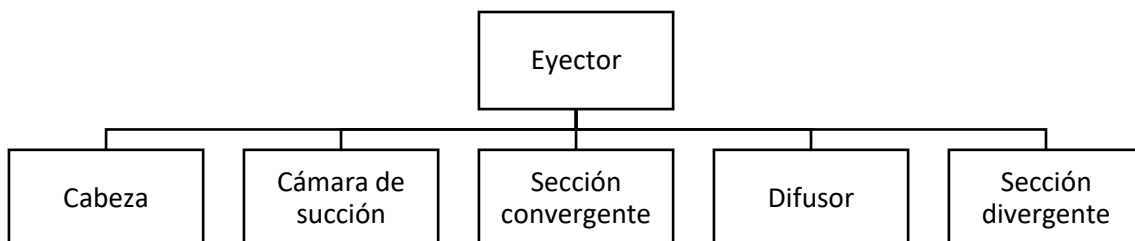
De la gráfica 3 se realiza la lista estructurada de materiales en función al juego de aceros que representa el mayor costo de material. En la figura 1 y 2 se ejemplifica las listas fantasmas de subensambles, que existen sólo temporalmente. Estos componentes van directamente a otro ensamble y nunca forman parte del inventario. Sus tiempos de entrega son de cero y se manejan como parte integral de su artículo padre.

Figura 1: Lista fantasma del efecto



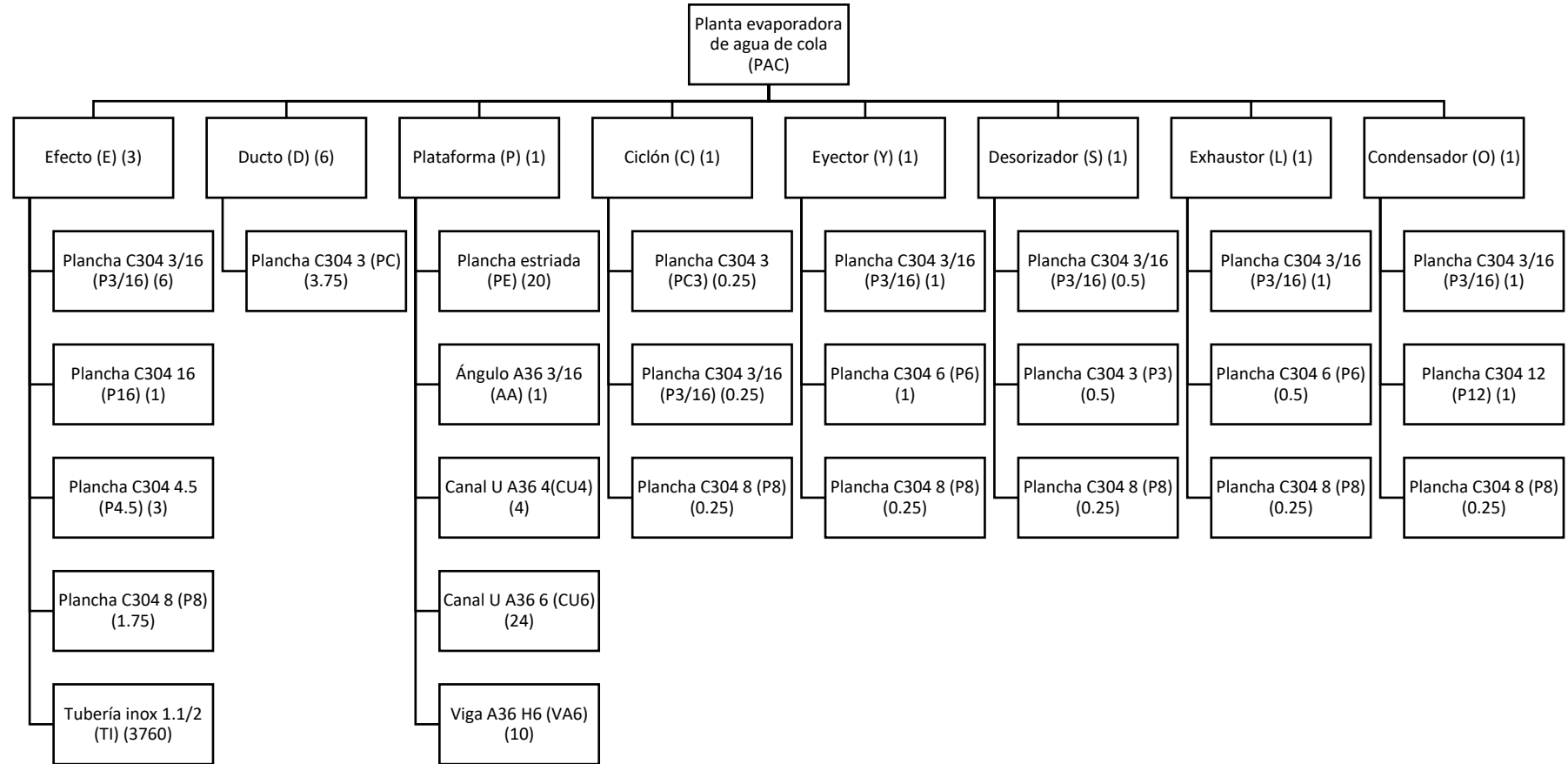
Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Lista fantasma del eyector



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Lista estructurada de materiales



Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Registro de inventario

#### 3.4.1. Tiempo de entrega para componentes

En las compras de los materiales es: el tiempo transcurrido entre la identificación de la necesidad de una orden y su recepción; y en la fabricación de ensambles es: la sumatoria de tiempos de ordenar, esperar, hacer fila, planificar y poner en marcha la producción de cada componente.

Tabla 11: Tiempo de entrega

<b>Código</b>	<b>Componente</b>	<b>Tiempo de entrega</b>
PAC	Planta agua de cola	1 semana
E	Efecto	6 semanas
D	Ducto	6 semana
P	Plataforma	6 semanas
C	Ciclón	3 semanas
Y	Eyector	2 semanas
S	Desorizador	2 semanas
L	Exhaustor	2 semanas
O	Condensador	3 semanas
AA	Angulo A36 3/16" x 1 1/2" x 6 m	1 semanas
CU4	Canal U A36 4" x 5.4 Lb x 6 m	1 semanas
CU6	Canal U A36 6" x 8.2 Lb x 6 m	1 semanas
VA6	Viga A36 H 6" x 15 lbs x 30 pies	1 semanas
P12	Plancha inox C-304L 12 x 1500 x 3000mm	1 semanas
PE	Plancha estriada comercial 3/16" x 1200 x 2400 mm	1 semana
P6	Plancha inox C-304L 6 x 1500 x 6000mm	1 semana
P16	Plancha inox C-304L 16 x 1500 x 6000mm	1 semana
P8	Plancha inox C-304L 8 x 1500 mm x 6000 mm	1 semana
P3	Plancha inox C-304L 3 x 1500 x 6000 mm	1 semana
P4.5	Plancha inox C-304 L 4.5 x 1500 x 6000 mm	1 semana
P3/16	Plancha inox C-304L 3/16" x 1500 x 6000 mm	1 semana
TI	Tubería inoxidable 1.1/2" Ø x 0.065" AVG 304 /304L	1 semana

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2. Estructura MRP

##### 3.4.2.1. Plan de requerimientos brutos materiales

Se elabora el plan de demandas brutas materiales con el marco de fabricación que permitirá satisfacer el pedido en 1 unidad de PAC en la semana 8.

Tabla 12: Plan de requerimientos brutos

	Fecha	Semana								Tiempo de entrega	
		0	1	2	3	4	5	6	7		8
PAC	Plazo en que se requiere									1	1 semana
	Plazo de liberación de la orden								1		
E	Plazo en que se requiere								3		6 semanas
	Plazo de liberación de la orden		3								
D	Plazo en que se requiere								6		6 semana
	Plazo de liberación de la orden		6								
P	Plazo en que se requiere								1		6 semanas
	Plazo de liberación de la orden		1								
C	Plazo en que se requiere								1		3 semanas
	Plazo de liberación de la orden					1					
Y	Plazo en que se requiere								1		2 semanas
	Plazo de liberación de la orden						1				
S	Plazo en que se requiere								1		2 semanas
	Plazo de liberación de la orden						1				
L	Plazo en que se requiere								1		2 semanas
	Plazo de liberación de la orden						1				
O	Plazo en que se requiere								1		3 semanas
	Plazo de liberación de la orden					1					
AA	Plazo en que se requiere		1								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	1									
CU4	Plazo en que se requiere		1								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	1									
CU6	Plazo en que se requiere		4								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	4									
VA6	Plazo en que se requiere		24								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	24									
P12	Plazo en que se requiere					1					1 semana
	Plazo de liberación de la orden				1						
PE	Plazo en que se requiere		20								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	20									
P6	Plazo en que se requiere						1.5				1 semana
	Plazo de liberación de la orden					1.5					
P16	Plazo en que se requiere		1								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	1									
P8	Plazo en que se requiere		5.2			.5	.75				1 semana
	Plazo de liberación de la orden	5.2			.5	.75					
P3	Plazo en que se requiere		22.5								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	22									
P4.5	Plazo en que se requiere		9								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	9									
P3/16	Plazo en que se requiere		18			1.2	.25				1 semana
	Plazo de liberación de la orden	18			1	.25					
TI	Plazo en que se requiere		3760								1 semana
	Plazo de liberación de la orden	3760									

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2. Plan de requerimientos netos materiales

Las siguientes tablas muestran el cálculo de los requerimientos netos y su consecuente lanzamiento de pedidos

Tabla 13: Requerimientos netos de planta agua de cola

Planta evaporadora de agua de cola (Nivel 0)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)									1
Pedidos pendientes (PP)									0
Existencias (EX).									0
Necesidades Netas									1
Admisiones previstas (AP)									1
Emisión pedidos (EP)								1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Requerimientos netos de efectos

Efecto (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								3	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								3	
Admisiones previstas (AP)								3	
Emisión pedidos (EP)		3							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Requerimientos netos de ductos

Ducto (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								6	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								6	
Admisiones previstas (AP)								6	
Emisión pedidos (EP)		6							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Requerimientos netos de plataforma

Plataforma (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								1	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								1	
Admisiones previstas (AP)								1	
Emisión pedidos (EP)		1							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Requerimientos netos de ciclón

Ciclón (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								1	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								1	
Admisiones previstas (AP)								1	
Emisión pedidos (EP)					1				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Requerimientos netos de eyector

Eyector (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								1	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								1	
Admisiones previstas (AP)								1	
Emisión pedidos (EP)						1			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Requerimientos netos de desorizador

Desorizador (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								1	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								1	
Admisiones previstas (AP)								1	
Emisión pedidos (EP)						1			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Requerimientos netos de exhaustor

Exhaustor (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								1	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								1	
Admisiones previstas (AP)								1	
Emisión pedidos (EP)						1			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Requerimientos netos del condensador

Condensador (Nivel 1)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)								1	
Pedidos pendientes (PP)								0	
Existencias (EX).								0	
Necesidades Netas								1	
Admisiones previstas (AP)								1	
Emisión pedidos (EP)					1				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Requerimientos netos de ángulo A36 3/16"

Angulo A36 3/16" x 1 1/2" x 6 m (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		1							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		1							
Admisiones previstas (AP)		1							
Emisión pedidos (EP)	1								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Requerimientos netos de canal AU A36 4"

Canal U A36 4" x 5.4 Lb x 6 m (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		1							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		1							
Admisiones previstas (AP)		1							
Emisión pedidos (EP)	1								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Requerimientos netos de canal AU A36 6"

Canal U A36 6" x 8.2 Lb x 6 m (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		4							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		4							
Admisiones previstas (AP)		4							
Emisión pedidos (EP)	4								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Requerimientos netos viga A36 H6"

Viga A36 H 6" x 15 lbs x 30 pies (Nivel 2)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		24							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		24							
Admisiones previstas (AP)		24							
Emisión pedidos (EP)	24								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Requerimientos netos plancha inox C-304 12

Plancha inox C-304L 12 x 1500 x 3000mm (Nivel 2)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)					1				
Pedidos pendientes (PP)					0				
Existencias (EX).					0				
Necesidades Netas					1				
Admisiones previstas (AP)					1				
Emisión pedidos (EP)				1					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Requerimientos netos de plancha estriada comercial 3/16"

Plancha estriada comercial 3/16" x 1200 x 2400 mm (Nivel 2)		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)			20							
Pedidos pendientes (PP)			0							
Existencias (EX).			0							
Necesidades Netas			20							
Admisiones previstas (AP)			20							
Emisión pedidos (EP)		20								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Requerimientos de plancha inox c-304 6

Plancha inox C-304L 6 x 1500 x 6000mm (Nivel 2)		1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)						1.5			
Pedidos pendientes (PP)						0			
Existencias (EX).						0			
Necesidades Netas						1.5			
Admisiones previstas (AP)						1.5			
Emisión pedidos (EP)					1.5				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 29: Requerimientos de plancha inox c-304 16

Plancha inox C-304L 16 x 1500 x 6000mm (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		1							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		1							
Admisiones previstas (AP)		1							
Emisión pedidos (EP)	1								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Requerimientos de plancha inox c-304 8

Plancha inox C-304L 8 x 1500 mm x 6000 mm (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		5,25			0,5	0,75			
Pedidos pendientes (PP)		0			0	0			
Existencias (EX).		0			0	0			
Necesidades Netas		5,25			0,5	0,75			
Admisiones previstas (AP)		5,25			0,5	0,75			
Emisión pedidos (EP)	5,25			0,5	0,75				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Requerimientos de plancha inox c-304 3

Plancha inox C-304L 3 x 1500 x 6000 mm (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		22.5			0.25	0.5			
Pedidos pendientes (PP)		0			0	0			
Existencias (EX).		0			0	0			
Necesidades Netas		22.5			0.25	0.5			
Admisiones previstas (AP)		22.5			0.25	0.5			
Emisión pedidos (EP)	22.5			0.25	0.5				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Requerimientos de plancha inox c-304 4.5

Plancha inox C-304 L 4.5 x 1500 x 6000 mm (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		9							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		9							
Admisiones previstas (AP)		9							
Emisión pedidos (EP)	9								

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Requerimientos de plancha inox c-304 3/16"

Plancha inox C-304L 3/16" x 1500 x 6000 mm (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		18			1.25	0.25			
Pedidos pendientes (PP)		0			0	0			
Existencias (EX).		0			0	0			
Necesidades Netas		18			1.25	0.25			
Admisiones previstas (AP)		18			1.25	0.25			
Emisión pedidos (EP)	18			1.25	0.25				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Tubería inoxidable 1.1/2" Ø

Tubería inoxidable 1.1/2" Ø x 0.065" AVG 304 /304L (Nivel 2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Necesidades Brutas (NB)		3760							
Pedidos pendientes (PP)		0							
Existencias (EX).		0							
Necesidades Netas		3760							
Admisiones previstas (AP)		3760							
Emisión pedidos (EP)	3760								

Fuente: Elaboración propia

Del anterior ordenamiento, se especifica el calendario de aprovisionamiento de material de acuerdo a las órdenes de lanzamiento de pedidos.

Tabla 35: Calendario de aprovisionamiento de material

Componente	Orden de liberación planeada	Nº semanas
PAC	1	7
E	3	1
D	6	1
P	1	1
C	1	4
Y	1	5
S	1	5
L	1	5
O	1	4
AA	1	0
CU4	4	0
CU6	24	0
VA6	10	0
P12	1	3
PE	20	0
P6	2	4
P16	1	0
P8	3	0, 3 y 4
P3	12	0, 3 y 4
P4.5	10	0
P3/16	22	0,3 y 4
TI	3,760	0

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Nueva productividad después de la implementación

#### 3.5.1. Nueva productividad de personas

En el año 2015 se registró una parada en la fabricación de plantas de agua de cola debido a una mala planificación en las compras en el primer semestre.

Tabla 36: Número de paradas en el año 2015

Paradas por falta de material	2015
	Semestre 1
Nº de paradas	1
Nº de días inactivos	0,5

Fuente: Elaboración propia

De la distribución N° 36, se puntualiza las horas hombre disponible por área de trabajo y el tiempo en horas hombre por incidencias de falta de material ocasionado por una parada de fabricación en la primera mitad del año 2015 posterior a la puesta en marcha del plan de requerimientos de materiales.

Tabla 37: Horas hombre por área de trabajo

Código	Área de trabajo	Horas hombre disponibles	Falta de material
AH	Habilitado	363,25	1,42
AM	Mecanizado	256,25	1,03
AC	Calderería	216,25	0,87
AS	Soldadura	171,18	0,68
<b>Total</b>		996,93	4

Fuente: Elaboración propia

La distribución N° 37 presenta el porcentaje de horas hombre perdidas por la falta de material.

Tabla 38: Porcentaje de horas hombre

Código	Área de trabajo	Horas hombre disponibles	Falta de material	%
AH	Habilitado	363,25	1,42	0,39%
AM	Mecanizado	256,25	1,03	0,40%
AC	Calderería	216,25	0,87	0,40%
AS	Soldadura	171,18	0,68	0,40%

Fuente: Elaboración propia

Siguientemente se expone la estimación de la pérdida de productividad de personas del primer semestre del año 2015 en la manufactura de una planta de agua de cola; debido a la falta de materiales.

$$\text{Pérdida de productividad de personas} = \frac{4}{996,93} = 0.004 \text{ hh perdidas-hh disponibles}$$

### 3.5.2. Nueva productividad de maquinaria

Las horas máquinas perdidas después de la implementación del plan de requerimientos.

Tabla 39: Horas máquinas disponibles

Código	Áreas de trabajo:	Horas máquina disponibles	Falta de material
	Habilitado y Mecanizado		
	Herramientas		
TR1	Taladro radial 1	40.5	0.16
TR2	Taladro radial 2	40	0.17
AS1	Aserradora	32	0.13
TP1	Torno paralelo 1	40	0.16
TP2	Torno paralelo 2	40	0.16
TP3	Torno paralelo 3	40	0.16
TP4	Torno paralelo 4	40	0.16
FR	Fresadora	24	0.10
R1	Roladora 1	32	0.13
R2	Roladora 2	32	0.13
<b>Total</b>		<b>626.5</b>	<b>1.46</b>

Fuente: Área de producción IFM S.A.C

La distribución N° 40 presenta el porcentaje de horas maquina perdidas por falta de material.

Tabla 40: Porcentaje de horas máquina

Código	Áreas de trabajo: Habilitado y Mecanizado	Horas máquina disponibles	Falta de material	%
	Herramientas			
TR1	Taladro radial 1	40.5	0.16	0.40%
TR2	Taladro radial 2	40	0.17	0.39%
AS1	Aserradora	32	0.13	0.39%
TP1	Torno paralelo 1	40	0.16	0.39%
TP2	Torno paralelo 2	40	0.16	0.39%
TP3	Torno paralelo 3	40	0.16	0.39%
TP4	Torno paralelo 4	40	0.16	0.39%
FR	Fresadora	24	0.10	0.40%
R1	Roladora 1	32	0.13	0.39%
R2	Roladora 2	32	0.13	0.39%

Fuente: Elaboración propia

Subsiguientemente se define el cálculo de la pérdida de productividad de maquinaria del semestre 1 del año 2015 en la fabricación de una planta de agua de cola, por la falta de materiales.

$$\text{Pérdida de productividad de maquinaria} = \frac{1.46}{626.5} = 0.0023 \text{ hm perdidas-hm disponibles}$$

### 3.5.3. Nueva productividad multifactorial

La pérdida en la productividad de múltiples factores se estima así: horas perdidas de mano de obra y maquinaria entre las horas disponibles de las mismas, debido a paradas por falta de material.

$$\text{Pérdida de productividad multifactorial} = \frac{4+1.46}{996.23+626.5} = 0.0034 \text{ h perdidas-h disponibles}$$

#### **IV. DISCUSIÓN**

Los primeros resultados hallados en la investigación es la reducción de las horas hombre perdidas por faltantes de inventarios, que responde a los objetivos específicos planteados. Es necesario mencionar que las horas hombre y las horas máquina perdidas se han visto disminuido porque ahora existe un calendario de compras establecido de los pedidos a realizar, lo que va permitir comprar en el momento justo y esperar la llegada anticipada del material. La pérdida de productividad de mano de obra disminuye a razón de 0,004 horas hombre perdidas por horas hombre disponible, la pérdida de productividad de maquinaria disminuye en 0,0055 horas máquina perdidas por horas máquina disponible.

La disminución de la pérdida de la productividad multifactorial de mano de obra y maquinaria contribuyó a mejorar la productividad, ya que al disminuir los tiempos muertos de las maquinarias y los tiempos improductivos de la mano de obra redujo el costo de operación de la planta. De la misma forma en su investigación Bernal y Duarte (2004), sostienen que las actividades de retrabajo y tiempo improductivo por concepto de faltantes de material representan veintidós partes porcentuales de la totalidad de paradas notificadas y representa cinco partes porcentuales de todas las actividades de planta; por ende, genera una disminución en la productividad total de la empresa.

## **V. CONCLUSIONES**

Al finalizar el análisis del estado actual de productividad en fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola, se calculó que la pérdida de productividad multifactorial de mano de obra y maquinaria era de 0,0079 horas perdidas por horas disponibles.

Al diseñar la lista de materiales se consideró el módulo de componentes más influyente en el costo de material del equipo, optándose por el módulo de aceros permitiendo identificar los ensambles y materiales del producto terminado.

Al ejecutar el cálculo de requerimientos materiales se obtuvo el calendario de compras que permitió el aprovisionamiento justo a tiempo del material, lanzando las órdenes de compra de material una semana antes y de fabricación de ensambles, un mes antes.

Al determinar la nueva productividad multifactorial después de la implementación del plan se obtuvo una disminución de 0.0045 horas perdidas por horas disponibles; demostrando una efectiva reducción en las horas hombre y máquina ocasionado por la falta del material en la fabricación de plantas evaporadoras de agua de cola.



## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda para el análisis del estado actual de productividad, tres o más datos de paradas de planta históricos con sus respectivos cronogramas de producción y detalles técnicos del equipo que se fabricó, para poder tener una mayor exactitud al momento de realizar el plan de requerimientos.

Para desarrollar la lista estructurada de materiales se recomienda conocer el proceso de fabricación de una planta evaporadora de agua de cola, incluir listas fantasmas en el caso cambie el método de trabajo y los sub ensambles de tiempo transitorio generen un costo de mantenimiento de inventario. Si ese fuera el caso se propone establecer la producción en base a módulos de sub ensambles para disminuir el costo de inventario en proceso debido a su alta versatilidad para fabricar diversos equipos que actualmente fabrica la empresa IFM S.A.C.

Para mejorar el cálculo de requerimientos de materiales se sugiere hacer una planificación gruesa de la capacidad de planta e integrarla con metodologías como el MRP II (MRP de bucle cerrado) y Just in Time, generando un sistema híbrido de producción acorde con la fabricación a pedido, obteniendo reducción de los desperdicios y mayor precisión de los tiempos de producción.

Se propone a futuro incluir en la productividad multifactorial, la productividad de energía, de inventario y el coste de capital para obtener un mejor panorama de la mejora de la producción.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Al-Hakim, L.A y Jenney, B.W. 1991.** *MRP, an Adaptive Approach*. s.l. : International Journal of Production Economics, 1991. págs. 65-72. Vol. 25.

**Amat de Swert, José.** *Estudio para la implantación del sistema MRP de planificación y control de la producción de una empresa productora de maquinaria de control numérico*. Tesis (Ingeniero en Organización Industrial). España: Universidad Politécnica de Cataluña, 2009.

**Anglani, P., et al., 2005.** *Selecting capacity plan. Design of*. Netherlands : Springer, 2005.

**Bernal, Andrés y Duarte, Nicolás.** *Implementación de un modelo MRP en una planta de autopartes en Bogotá, Caso Sauto LTDA*. Tesis (Ingeniero Industrial). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de procesos productivos, 2004.

**Bruccoleri, M, et al., 2005.** *Production planning in reconfigurable enterprises and reconfigurable production systems*. [ed.] Elsevier. s.l. : CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2005. págs. 433-436. Vol. 54.

**Cano Arenas, José.** *Modelo de un sistema MRP cerrado integrando incertidumbre en los tiempos de entrega, disponibilidad de la capacidad de fabricación e inventarios*. Tesis (Magister en Ingeniería Administrativa). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2011.

**Chase, Richard B., Jacobs, F.Roberts y Aquilano, Nicolás J. 2009.** *Administración de operaciones*. México D.F : McGraw Hill, 2009. ISBN: 978-970-10-7027-7.

**Condori Condori, Sandra.** *Evaluación y propuesta de un sistema de planificación de la producción en una empresa dedicada a la fábrica de perfumes*. Tesis (Ingeniero Industrial). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2007.

**Cure Morán, Enio.** *Proceso de Planificación para el Requerimiento de Materiales en las Empresas Mixtas de Occidente, Región Zuliana*. Tesis (Magister en Gerencia de Empresas). Venezuela: Universidad de Zulia, 2012.

**Dominguez Machuca, J.A. 1995.** *Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. s.l. : Mc Graw Hill, 1995.

**Flores Santos, Marco.** *Propuesta de implementación de un MRP II para una planta de confecciones textiles*. Tesis (Magister en Ingeniería Industrial). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.

**Fonollosa, R. y Guardiet, J.B. 2009.** *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*. s.l. : Companys Pascual, 2009.

- Gaither, N y Frazier, G. 2003.** *Administración de producción y operaciones*. 8. s.l. : Thomson Learning, 2003.
- Glynn, Peter y Robinson, Stephen. 2005.** *Planning and scheduling in manufacturing services*. New York : Springer, 2005. ISBN 0-387-22198-0.
- Haan, J, Yanamoto, Y. y Lovink, G. 2001.** *Production Planning in Japan: Rediscovering Lost Experiences or New Insights?''*. s.l. : International Journal of Production Economics, 2001. págs. 101-109. Vol. 71.
- Heizer, J y Render, B. 2007.** *Dirección de la producción: Decisiones Tácticas*. s.l. : Pearson Educación, 2007. pág. 151.
- Hermann, J. 2004.** *Hand book of production scheduling*. Mariland : Springer, 2004.
- Hernández Galán, José.** *Implementación en los sistemas de planeación en la producción para la optimización de inventarios*. Tesis (Ingeniero Industrial). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.
- Huang, H.** *Integrated Production Model in Agile Manufacturing Systems* : International Journal of Advanced Manufacturing Technology 20, 515–525 (2002)
- Hicks, P. E. 1999.** *Ingeniería Industrial y Administración: Una nueva perspectiva*. 2. s.l. : CECSA, 1999.
- Lara Estrella, Juliana y Tenemaza Morocho, Lourdes.** *Diseño de un Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) a una empresa dedicada a la elaboración de empaques de cartón corrugado para el sector bananero*. Tesis (Ingeniería en Logística y Transporte). Ecuador: Escuela Superior Politécnica Del Litoral, 2012.
- Murthy, D.N y Ma, L. 1991** *MRP with uncertainty: a review and some extensions*. s.l. : International Journal of Production Economics. págs. 51-64. Vol. 25.
- Nahmias, S. 2007.** *Análisis de la producción y de las operaciones*. s.l. : McGraw Hill Interamerica, 2007. pág. 352.
- Orlicky, Joseph. 1975.** *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. New York : McGraw-Hill, 1975. ISBN-13: 978-0070477087.
- Palomino Adame, Laura.** *El MRP como estrategia para incrementar la productividad del área de fundición en la empresa industrial IMISA, S.A de C.V.* Tesis (Magister en Ciencias en Administración de Negocios). México: Instituto Politécnico Nacional, 2012.

**Salazar Cela, Johana y Pérez Salguero Dayci.** *Diseño de un MRP planeación de requerimientos de materiales para la empresa CEDAL S.A. en el área de producción.* Tesis (Ingeniería Empresarial). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2007.

**Sánchez Santistevan, Jorge.** *Implementación de MRP para mejorar la producción en la planta de jabones de Laboratorios Fabell.* Tesis (Ingeniero Industrial). Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2014.

**Sipper, D y Bulfin, R.L. 1998.** *Planeación y Control de la Producción.* s.l. : McGraw-Hill, 1998. págs. 353-387.

**Vollmann, et al. 2005.** *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management.* New York : McGraw-Hill, 2005.

**Wight, Oliver. 1981.** *Manufacturing Resource Planning: MRP II, Unlocking America's Productivity Potential .* New York : s.n., 1981. ISBN-10: 084360820X.

**Zimmermann, H. 2006.** *Intelligent Manufacturing management intelligent.* s.l. : StudFuzz 201, 2006. págs. 383-400.

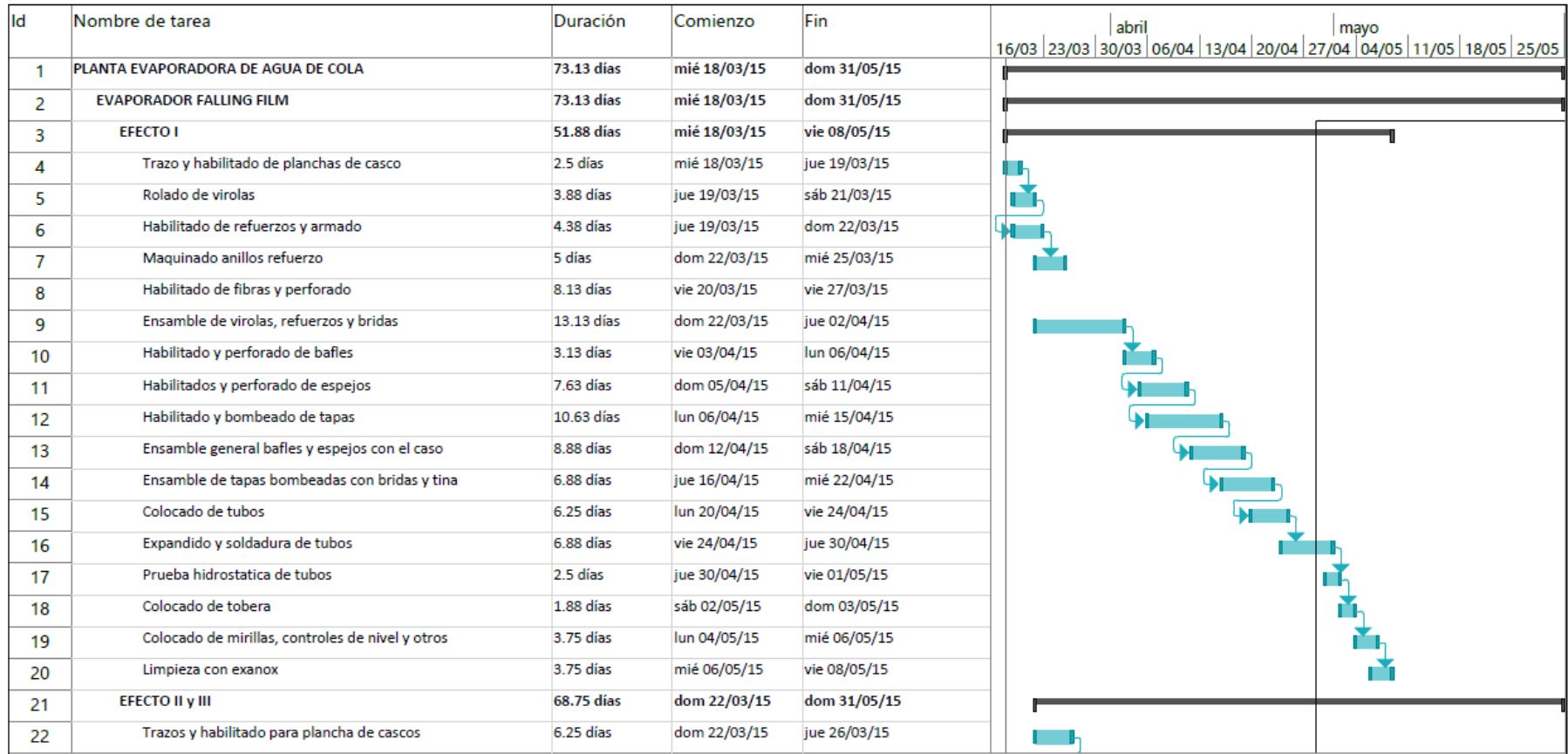
## ANEXOS

### Anexo 1: Consumo de mano de obra

<b>Sub Categoría</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo</b>
<b>Artículo/Concepto</b>		<b>Medida</b>	<b>Promedio</b>	<b>\$</b>
<b>Cargas de personal</b>	<b>0.00</b>			<b>100.63</b>
SCTR - EsSalud (1.24%)	0.00	--	0.00	0.07
SCTR - ESSALUD (1.30)	0.00	--	0.00	0.87
SCTR - EsSalud (1.00%)	0.00	--	0.00	99.69
<b>Mano de Obra Administrativa</b>	<b>0.00</b>			<b>10,041.41</b>
Administración de personal	0.00	Mes	0.00	39.30
Mano de Obra Administrativa	0.00	--	0.00	10,002.11
<b>Mano de Obra Directa</b>	<b>996.93</b>			<b>22,523.02</b>
Mano de Obra Directa	996.93	--	22.59	22,523.02
<b>Mano de Obra Indirecta</b>	<b>33.88</b>			<b>643.72</b>
Mano de Obra Indirecta	33.88	--	19.00	643.72
<b>COSTO TOTAL:</b>				<b>33,308.78</b>

Fuente: IFM S.A.C

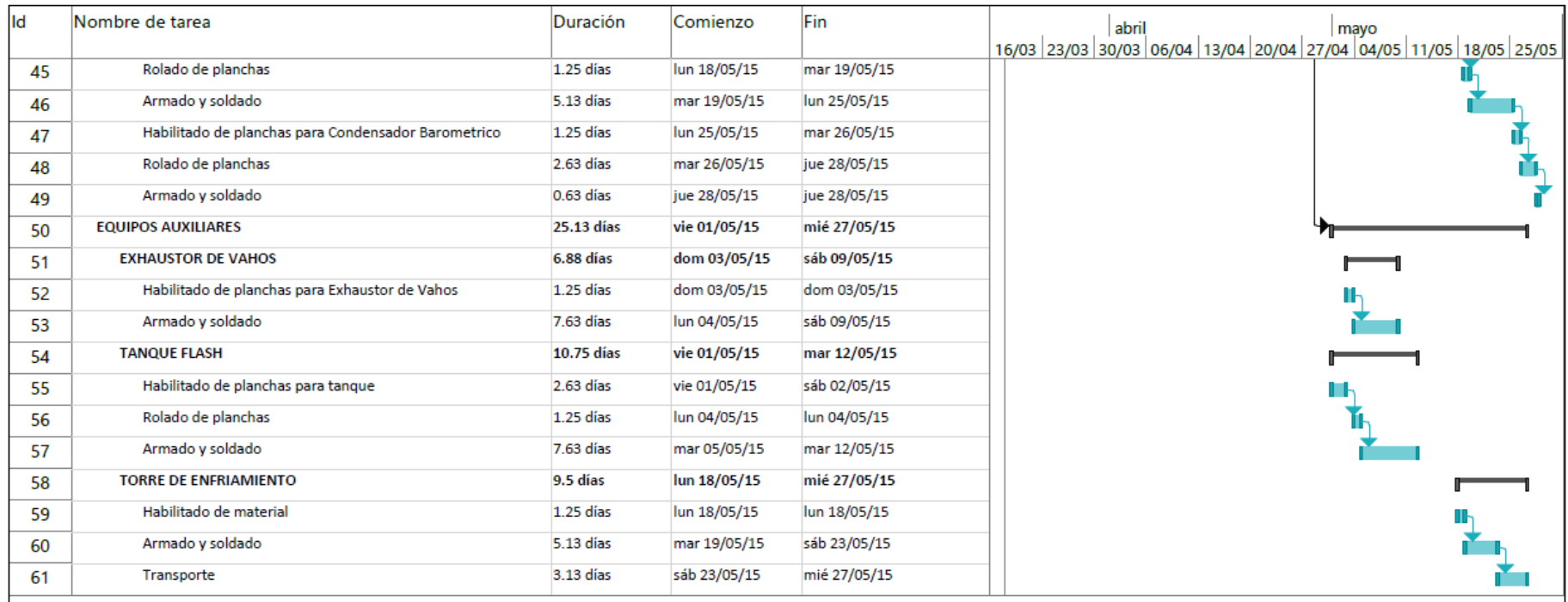
Anexo 2: Diagrama de gantt



Continuación de anexo 2

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart													
					16/03	23/03	30/03	abril			mayo			04/05	11/05	18/05	25/05	
23	Rolado de Virolas	5 días	lun 23/03/15	jue 26/03/15														
24	Habilitado de refuerzos y armado	8.13 días	mié 25/03/15	mié 01/04/15														
25	Maquinado anillos refuerzo	8.13 días	vie 27/03/15	vie 03/04/15														
26	Habilitado de bridas y perforado	12 días	mié 01/04/15	sáb 11/04/15														
27	Ensamble de virolas. Fuerzas y bridas	18.75 días	dom 29/03/15	mié 15/04/15														
28	Habilitado y perforado de espejos	9.38 días	dom 12/04/15	dom 19/04/15														
29	Habilitado y perforado de tapas	12 días	mié 15/04/15	sáb 25/04/15														
30	Ensamble de baffles y espejos con el casco	12.5 días	mié 15/04/15	lun 27/04/15														
31	Ensamble de tapas bombeadas con bridas y tina	13.13 días	dom 26/04/15	jue 07/05/15														
32	Colocado de tubos a efectos	9.5 días	vie 01/05/15	sáb 09/05/15														
33	Soldado y expansion de tubos y pruebas hidrastica	8.88 días	dom 10/05/15	sáb 16/05/15														
34	Ensamble de cuerpos y toberas	4.38 días	jue 28/05/15	dom 31/05/15														
35	Colocado de mirilias, controles de nivel y otros	3.88 días	jue 28/05/15	sáb 30/05/15														
36	Limpieza	5.63 días	mié 27/05/15	dom 31/05/15														
37	SEPARADOR VAHOS	39.38 días	lun 20/04/15	jue 28/05/15														
38	Habilitado de planchas para Separadores de Vahos	5 días	lun 20/04/15	jue 23/04/15														
39	Rolado de planchas	3.88 días	vie 24/04/15	mar 28/04/15														
40	Armado y soldado	8.25 días	mar 28/04/15	mié 06/05/15														
41	Habilitado de planchas para Ductos de Vahos	1.25 días	mié 06/05/15	jue 07/05/15														
42	Rolado de planchas	3.75 días	jue 07/05/15	mar 12/05/15														
43	Armado y soldado	5.13 días	mar 12/05/15	sáb 16/05/15														
44	Habilitado de planchas para Ciclon de Vahos	1.25 días	sáb 16/05/15	lun 18/05/15														

Continuación de anexo 2



Fuente: Elaboración propia

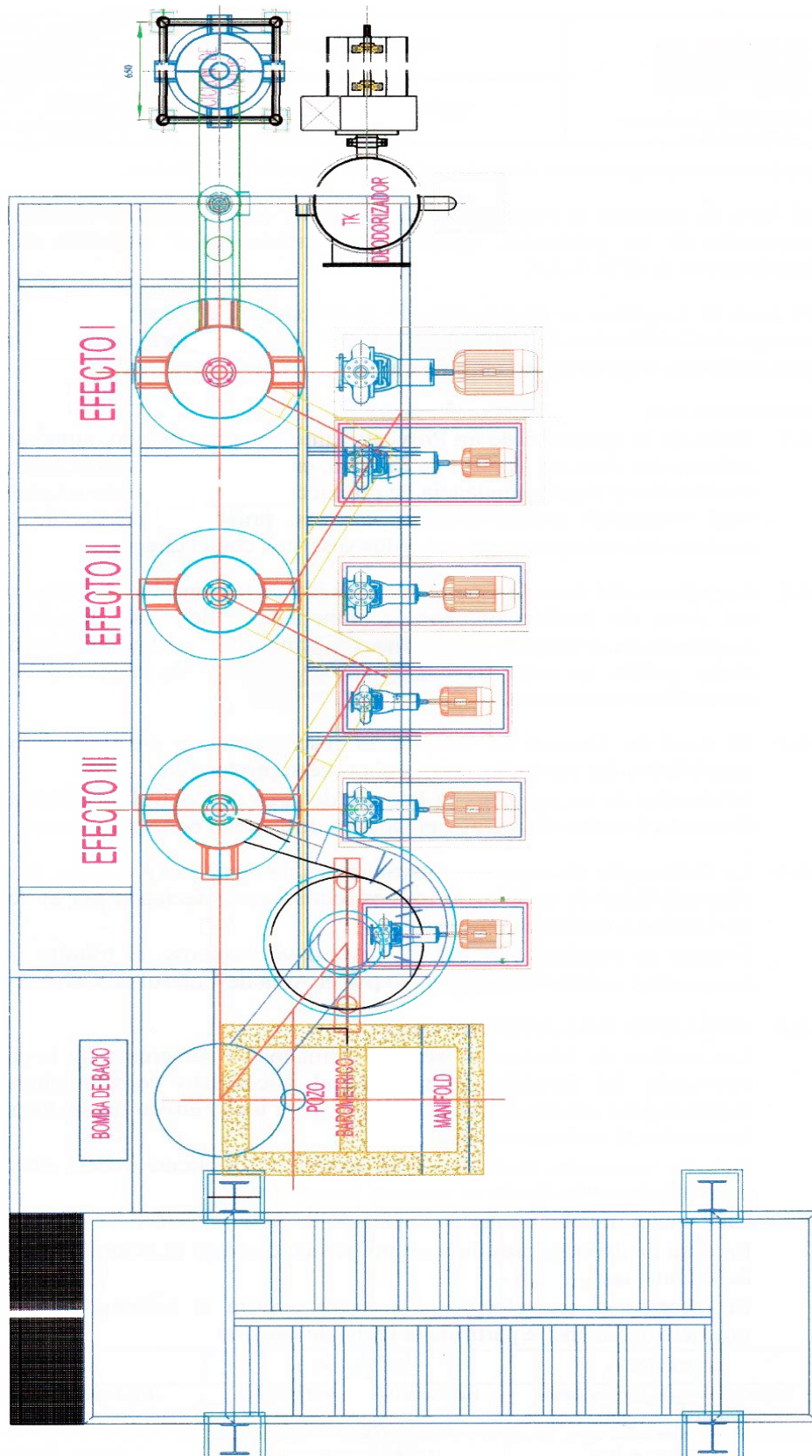


Anexo 3: Lista modular de aceros

<b>Sub Módulo Artículo/Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad medida</b>	<b>Precio promedio</b>	<b>Costo \$</b>
<b>Perfiles</b>	<b>45.00</b>			<b>3,887.07</b>
Angulo A36 3/16" x 1 1/2" x 6 m	1.00	Unid	14.83	14.83
Canal U A36 4" x 5.4 Lb x 6 m	4.00	Unid	49.00	196.00
Canal U A36 6" x 8.2 Lb x 6 m	24.00	Unid	70.94	1,702.44
Viga A36 H 6" x 15 lbs x 30 pies	10.00	Unid	189.63	1,896.27
<b>Planchas</b>	<b>86.25</b>			<b>59,455.65</b>
Plancha inox C-304 5/8" x 1500 x 3000 mm	0.25	Unid	1,864.00	466.00
Plancha A36 6 x 1500 x 6000 mm	2.00	Unid	300.97	601.94
Plancha A36 12 x 1500 x 6000 mm	1.00	Unid	601.95	601.95
Plancha inox C-304L 12 x 1500 x 3000mm	1.00	Unid	1,377.91	1,377.91
Plancha estriada comercial 3/16" x 1200 x 2400 mm	20.00	Unid	86.30	1,726.00
Plancha inox C-304L 6 x 1500 x 6000mm	2.00	Unid	1,311.30	2,622.60
Plancha A36 3/16" x 1500 x 6000 mm	12.00	Unid	225.73	2,708.76
Plancha inox C-304L 16 x 1500 x 6000mm	1.00	Unid	3,644.57	3,644.57
Plancha inox C-304L 8 x 1500 mm x 6000 mm	3.00	Unid	1,762.56	5,287.68
Plancha inox C-304L 3 x 1500 x 6000 mm	12.00	Unid	651.00	7,812.00
Plancha inox C-304 L 4.5 x 1500 x 6000 mm	10.00	Unid	988.20	9,882.00
Plancha inox C-304L 3/16" x 1500 x 6000 mm	22.00	Unid	1,032.92	22,724.24
<b>Tubos</b>	<b>4,025.70</b>			<b>31,413.90</b>
Tubería inoxidable 1.1/2" Ø x 0.065" AVG 304 /304L	3,760.00	m	6.60	24,816.00
<b>COSTO TOTAL:</b>				<b>88,081.19</b>

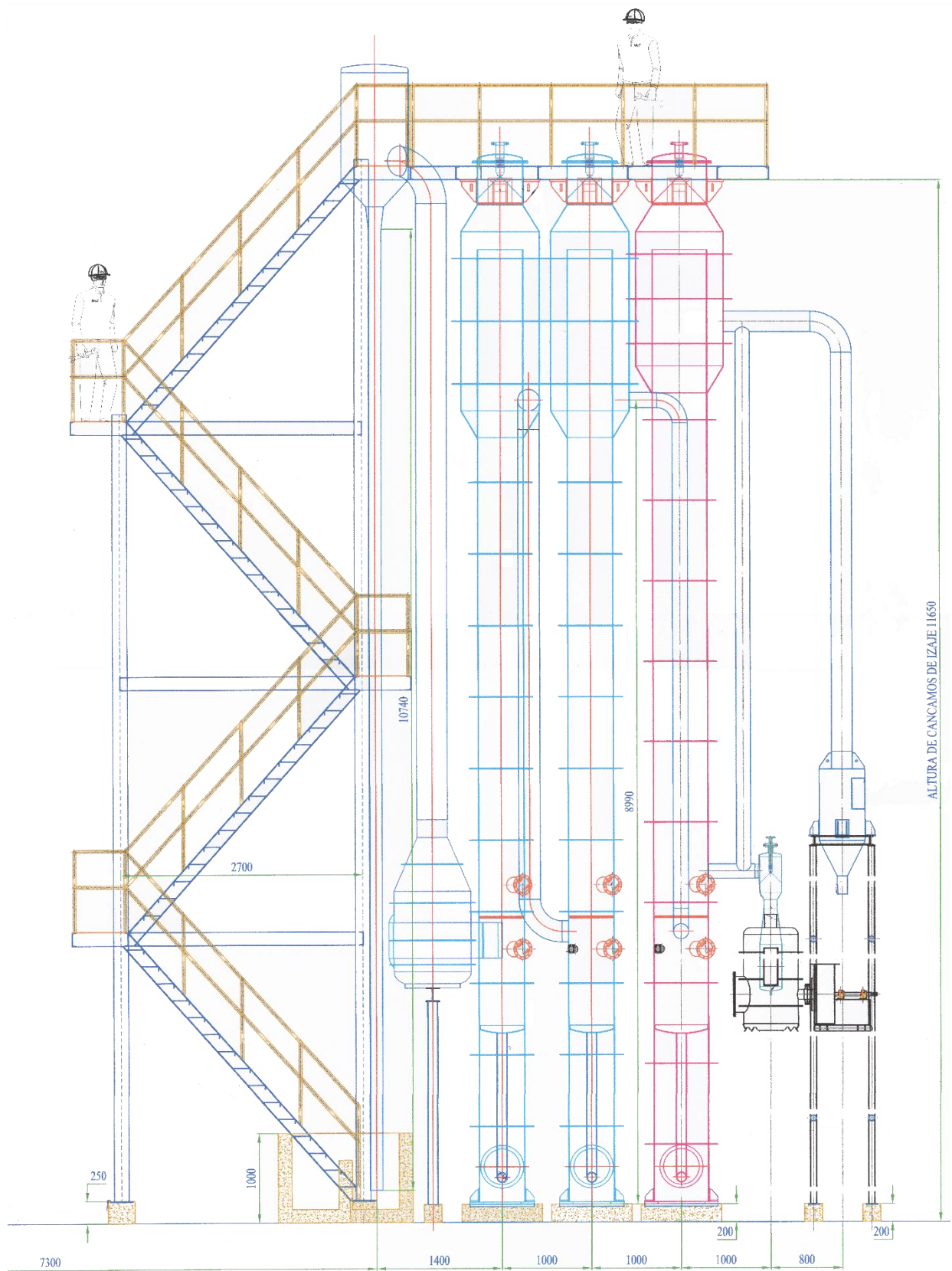
Fuente: Área de logística de IFM S.A.C

Anexo 4: Vista de planta de la planta evaporadora de agua de cola



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Vista frontal de una planta evaporadora de agua de cola



Fuente: Elaboración propia