

**Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial**



**Propuesta de un Modelo de Control y Gestión de Inventario de  
Bobinas tipo ME-630 y ME-800, por medio de un Sistema de  
Planificación de Materiales.  
Caso: Planta productiva Nexans Chile S.A.**

por

**Nicolás Felipe Mejías Ortega  
Carola Alexandra Zelada Alister**

Trabajo de Título para optar al Grado de  
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de  
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Erik Schulze González

Noviembre, 2015

# AGRADECIMIENTOS

---

*A mis profesores que me formaron. A Erik Schulze por guiarnos en este proyecto de título. A Luis Seccatore por apoyarnos y darnos su retroalimentación certera. A mi futura colega, Carola Zelada, por el apoyo y tolerancia. Al departamento de programación y planificación de la producción de Nexans Chile S.A. por brindarnos la información necesaria para sacar adelante nuestro proyecto de título. Otorgo gratitud infinita a los desinteresados, aquellos que sin esperar un favor o bienestar a cambio, me otorgaron su apoyo, fuerza y orientación.*

***Nicolás Mejías Ortega.***

*A mi familia y amigos, por la paciencia, el apoyo y el cariño incondicional... son el Tom de mi Jerry, el "Ola" de mi "k ase". A todos quienes mostraron su interés o tuvieron para mí una palabra de aliento en este proceso, auxiliaron más de lo que creen. A nuestro profesor guía, Erik Schulze, por ir más allá de su labor y tener una gran disposición para ayudarnos y darnos ánimo cada vez. A Luis Seccatore, por ser de esos "profes crack". A Nicolás Mejías, por su entrega en esta etapa y por ser una gran persona siempre.*

*Mil gracias.*

***Carola Zelada Alister.***

## DEDICATORIAS

---

*Desperté siendo un adulto que cree tener 23 años con una pequeña lista de deseos.*

*Así que vida, aquí van: Dame un futuro a la medida de mis sueños. El cariño suficiente y merecedor para seguir amando hasta la última gota de mar. La admiración por todos y cada uno de los árboles secos que han sido olvidados. La alegría que me da ver un cielo completamente azul, atardeceres que parecen sangrar y noches infinitamente negras y llenas de estrellas. La admiración por mi madre. Las ganas de quemarme hasta las entrañas por escribir todo lo que mi pecho desea gritar. Abrazos que cubran mis dolores y los que puedan arropar. Risas que me alimenten, miradas que me duelan y besos que me permitan volar. También te pido la paz necesaria cuando las batallas con mi mente día a día se vuelven cada vez más difíciles. Soledad cuando mi alma necesite consuelo. Palabras sabias y una boca con cordura. Aire puro que llene en su totalidad mis pulmones y de felicidad a mi rostro cuando lo pueda sentir cada mañana. Pero sobre todo, nunca dejes de darme la sensación de fidelidad y respeto hacia mí mismo, hacia lo que quiero, lo que soy y seré.*

*Gracias por la bienvenida al resto de mi vida, gracias siempre.*

*Dedicado a Dios, a mi madre por su apoyo incondicional, amor puro y vida sacrificada. Por creer en mí, velar por mi bienestar y educación. A mis amigos por el cariño, sonrisa, abrazo, y contención emocional, a cada uno de ellos “Os Amo, Os quiero, Os Respeto”.*

***Nicolás Mejías Ortega.***

*Mi pequeño logro, dedicado...*

*A mi madre, a ti mamá... que me diste tu vida, tu amor y tu espacio.*

*A todo aquel que crea que las piedras son parte del camino, que por las dificultades se llega al éxito.*

*A quienes tienen por convicción que la educación es un derecho inherente al ser humano, tanto como la vida.*

***Carola Zelada Alister***

# Índice

---

<b>Glosario .....</b>	<b>6</b>
<b>Lista de abreviaturas y siglas .....</b>	<b>8</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>9</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>11</b>
<b>Resumen ejecutivo .....</b>	<b>12</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 1: La empresa .....</b>	<b>15</b>
1.1 Antecedentes generales.....	15
1.1.1 Información general de la empresa.....	15
1.1.2 Localización.....	16
1.1.3 Misión, visión y valores.....	16
1.1.4 Procesos de fabricación .....	17
1.2 Situación actual de la empresa .....	18
1.2.1 Estructura organizativa de área estudiada.....	18
1.2.2 Área estudiada .....	20
1.2.3 Desempeño industrial .....	24
1.3 Problemática .....	28
<b>Capítulo 2: Objetivos y alcances .....</b>	<b>30</b>
2.1 Objetivos.....	30
2.1.1 Objetivo general.....	30
2.1.2 Objetivos específicos.....	30
2.2 Alcances.....	30
<b>Capítulo 3: Marco metodológico .....</b>	<b>32</b>
3.1 Objeto de estudio .....	35
3.2 Metodología .....	36
3.3 Procedimientos.....	37
<b>Capítulo 4: Marco teórico .....</b>	<b>38</b>
4.1 Estado del arte.....	38

4.2	Aprovisionamiento .....	39
4.3	Gestión de inventario .....	39
4.4	Modelos de control de inventario .....	43
4.4.1	Demanda independiente.....	44
4.4.1.1	Determinísticos .....	44
4.4.1.2	Probabilísticos.....	50
4.4.2	Demanda dependiente.....	51
4.4.2.1	Determinísticos .....	51
4.5	Justificación del modelo seleccionado.....	54
<b>Capítulo 5:</b>	<b>Análisis .....</b>	<b>56</b>
5.1	Datos .....	56
5.2	Propuesta de modelo .....	66
5.3	Determinación punto de reorden.....	69
5.4	Instructivo gestión de inventario de <i>ME-630</i> y <i>ME-800</i> .....	72
5.5	Simulación .....	73
5.6	Resultados .....	77
<b>Capítulo 6:</b>	<b>Evaluación económica .....</b>	<b>81</b>
<b>Capítulo 7:</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>84</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>.....</b>	<b>86</b>
<b>Anexos</b>	<b>.....</b>	<b>87</b>

## Glosario

---

**Avería eléctrica:** Actividad que se notifica cuando la máquina se detiene por problemas eléctricos y no ha sido programada por el departamento de mantención.

**Avería mecánica:** Actividad que se notifica cuando la máquina se detiene por problemas mecánicos y no ha sido programada por el departamento de mantención.

**Bobina:** Carrete de acero semi-torneado. Con capacidad de almacenaje de 0.8 y 0.43 toneladas, para bobinas tipo *ME-800* y *ME-630* respectivamente.

**Colación:** Actividad que se notifica cuando la máquina se detiene para que el operador concurra al comedor. Si la máquina no se detiene durante la colación, no se debe notificar.

**Falta de alimentación:** Actividad que se notifica cuando la máquina, teniendo un programa asignado, no puede continuar la fabricación porque no tiene la alimentación suficiente de la operación anterior, le falta la materia prima necesaria para la fabricación del producto, falta de bobinas, etc.

**Falta de operador:** Actividad que se notifica cuando la máquina, teniendo programa designado, no puede continuar la fabricación porque el personal destinado para la tarea no se encuentra presente (ausente, accidentado, en capacitación, en reunión, etc.) o se re-asigna a otra actividad.

**Lead Time:** Es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente.

**Liberación de mantención:** Se notifica una vez reparada la máquina. El personal de mantenimiento debe liberar en sistema la máquina y avisar al operador y jefe de turno. Si no se realiza esta liberación no será posible cargar ninguna actividad o cantidad al sistema. La nueva actividad se debe registrar inmediatamente después de la liberación.

**Mantenimiento preventivo:** Actividad que se notifica para la mantención previa (programada con anterioridad).

**Máquinas cableadoras (Bunchers):** Máquinas que agrupan varios conductores aislados o desnudos, para formar el núcleo del cable.

**Máquinas trefiladoras:** Encargadas de reducir el diámetro del alambre de cobre. Para ello, se hace pasar el alambre sucesivamente a través de hileras. Gracias a la deformación plástica del cobre, se consigue reducir el diámetro.

**OEE:** Índice que permite calcular la eficiencia global de las maquinarias. Para el cálculo de éste, se considera la disponibilidad de la máquina, multiplicado por el rendimiento de ella (productividad). La disponibilidad, estará dada por el tiempo de producción dividido por el tiempo programado. El rendimiento, estará dado por la velocidad de real de producción de la máquina, dividido por la velocidad estándar para cada máquina.

**Paros varios:** Se podrá notificar cuando la máquina se detiene por causas no contempladas en las actividades mencionadas (por ejemplo: corte de energía, reunión de inicio de turno, orden y aseo, etc.).

**Preparación:** Es el tiempo empleado en la puesta a punto de la máquina, (por ejemplo: cambio de calibre, cambio de color, carga de alimentación, programar marcador, sacar tornillo, cambiar tolva, cambiar contrapuntas, cambiar cabezales, puesta a punto de temperaturas, mantenimiento autónomo, etc.).

**Problema de materia prima:** Actividad que se notifica cuando la materia prima que llega a la máquina no es la apropiada (por ejemplo: compuesto húmedo, cinta no cumple con dimensiones, producto semi-terminado defectuoso, etc.).

**Problema de utilaje:** Actividad que se notifica cuando el utilaje necesario para la producción no es el apropiado (por ejemplo: dados, guías no cumplen con las dimensiones o condiciones adecuadas, etc.).

**Producción:** Se notifica una vez preparada la máquina y se da comienzo a la producción.

**Reproceso:** Actividad que se notifica cuando la máquina es utilizada para remarcar cables, rebobinar, repetir un proceso y remedir.

**Término de producción:** Actividad que se notifica cuando se detiene la máquina por uno o más turnos, ya que no está programada.

**Tiempo programado:** Tiempo dispuesto, en un periodo determinado, para trabajar. Cada día con 3 turnos completos, el tiempo programado es de 24 horas.

**Zona de Scrap:** Zona donde se acumula material defectuoso y material de despunte de distintos procesos. Se llevan a fundir a una empresa externa, para retornarlo como materia prima (alambrón).

## Lista de abreviaturas y siglas

---

BOM = *Bill of Materials* (Lista de materiales).

EOQ = *Economic order Quantity* (Lote Económico de Pedido).

JIT = *Just in Time* (Justo a tiempo).

ME-630 = Bobina tipo 630.

ME-800 = Bobina tipo 800.

MPS = *Master Production Schedule* (Plan maestro de producción).

MRP = *Materials Requirement Planning* (Planificación de Requerimientos de Materiales).

MTO = *Make to order*.

MTS = *Make to Stock*.

MV = *Manufacturing Variance*.

OEE = Eficiencia global de maquinaria.

R = Punto de pedido.

Q = Tamaño del pedido.

SAP = *Systems, Applications, Products in Data Processing*.

TPO<sub>planta2014</sub> = Tiempos planificado de operación total planta.

WIP = *Work in Process*.

## Lista de figuras

---

Ilustración 1.1: El sistema productivo .....	13
Ilustración 1.2: Misión, visión y valores de Nexans Chile S.A.....	16
Ilustración 1.3: Organigrama Gerencia de Operaciones, Área de planificación y programación de la producción.....	19
Ilustración 1.4: Alternativas de formatos de almacenaje.....	22
Ilustración 1.5: Bobina con material desnudo .....	23
Ilustración 1.6: Recuperación de bobinas.....	24
Ilustración 1.7: Histórico de ventas. Años 2010 – 2014.....	25
Ilustración 1.8: Nivel de ventas proyectadas v/s ventas reales. Años 2010 – 2014 .....	25
Ilustración 1.9: Precio del cobre refinado real. Años 2010 – 2015 .....	26
Ilustración 1.10: Producción en toneladas de cobre en Nexans Chile. Años 2012 – 2014 .....	26
Ilustración 1.11: Ventas versus producción en toneladas de Cu. Años 2012 – 2014.....	27
Ilustración 1.12: KPI años 2012 - Abril de 2015.....	28
Ilustración 3.1: Estructura para la selección de Modelos en la Gestión de Inventarios .....	32
Ilustración 3.2: Modelos de Gestión de Inventarios con Demanda Dependiente.....	33
Ilustración 3.3: Esquema general del MRP y su entorno de funcionamiento.....	34
Ilustración 3.4: Esquema general del MRP modificado.....	35
Ilustración 3.5: Diagrama de metodología a aplicar.....	36
Ilustración 4.1: Inventarios de la cadena de suministro.....	40
Ilustración 4.2: Tipo de inventario por naturaleza.....	41
Ilustración 4.3: Modelo de gestión de inventarios.....	43
Ilustración 4.4: Costos anuales del producto, con base en el tamaño del pedido.....	46
Ilustración 4.5: Modelo EOQ .....	46
Ilustración 4.6: Modelo de pedidos únicos.....	50
Ilustración 5.1: Análisis ABC.....	58
Ilustración 5.2: Cese en horas por falta de bobinas, año 2014 .....	59
Ilustración 5.3: Notificaciones mensuales por “Falta de bobinas”, año 2014 .....	60
Ilustración 5.4: Códigos de actividad utilizados para reportar “falta de bobinas”, año 2014 ...	60

Ilustración 5.5: Análisis ceses de producción por falta de <i>ME-630</i> y <i>ME-800</i> , año 2014 .....	61
Ilustración 5.6: Inventario de Bobinas <i>ME-630</i> , 27 Febrero de 2015 .....	63
Ilustración 5.7: Inventario de Bobinas <i>ME-800</i> , 27 Febrero de 2015 .....	64
Ilustración 5.8: Ejemplo de parámetros a usar en el Sistema de control de bobinas.....	66
Ilustración 5.9: Esqueleto del sistema MRP I .....	67
Ilustración 5.10: MRP I .....	68
Ilustración 5.11: Zona de almacenaje de bobinas <i>ME-630</i> y <i>ME-800</i> vacías.....	69
Ilustración 5.12: Promedio de Bobinas vacías, Enero 2015 .....	70
Ilustración 5.13: Detalle notificaciones 21 de enero de 2015.....	71
Ilustración 5.14: Señaléticas/Atriles para gestión de bobinas .....	73
Ilustración 5.15: Diagrama de recuperación e inventario de bobinas.....	74
Ilustración 5.16: Distribución de tiempo en la recuperación de bobinas <i>ME-630</i> .....	75
Ilustración 5.17: Diagrama de fabricación de productos y demanda de bobinas vacías .....	76
Ilustración 5.18: Reporte por “Cantidad perdida” <i>ME-630</i> , Julio 2015 .....	78
Ilustración 5.19: Reporte por “Cantidad perdida” <i>ME-800</i> , Julio 2015 .....	79

## Lista de tablas

---

Tabla 1: Máquinas trefiladoras .....	17
Tabla 2: Máquinas cableadoras .....	18
Tabla 3: Máquinas aisladoras .....	18
Tabla 4: Códigos de actividad de máquinas .....	22
Tabla 5: Duración en horas por actividad año 2014 .....	56
Tabla 6: Duración en horas por actividad año 2014, reducida .....	57
Tabla 7: Disponibilidad real de <i>ME-630</i> y <i>ME-800</i> .....	62
Tabla 8: Productos genéricos fabricados en Mayo de 2015 .....	65
Tabla 9: Tiempo de recuperación de bobinas <i>ME-630</i> y <i>ME-800</i> .....	66
Tabla 10: Notificación por falta de insumos, 21 de Enero de 2015 .....	70
Tabla 11: Parámetros: Fact. Conversión promedio, mts/mes y kg/mes, año 2014 .....	77
Tabla 12: Demanda de tipo de Bobinas vacías, año 2014 .....	77
Tabla 13: Comparación de frecuencia de notificaciones por falta de <i>ME-630</i> año 2014 .....	78
Tabla 14: Comparación de frecuencia de notificaciones por falta de <i>ME-800</i> año 2014 .....	80
Tabla 15: Comparación de costos incurridos por ceses de producción costos fijos y costos de capital, año 2014 versus simulación .....	81
Tabla 16: Pérdidas económicas totales, año 2014 versus simulación .....	82
Tabla 17: Costos por asignación de operadores para actividad permanente de recuperación ...	82
Tabla 18: Costos por atriles/señaléticas .....	83
Tabla 19: Costos totales tras las propuestas generadas versus costos totales año 2014 .....	83

## Resumen ejecutivo

---

El presente proyecto de título tiene como meta resolver un problema de inventario de insumos de fabricación y la circulación de éstos en la planta productiva de Nexans Chile S.A., compañía dedicada a la elaboración de conductores eléctricos de cobre.

Esta empresa utiliza carretes metálicos, también conocidos como bobinas, para almacenar y transportar los filamentos de cobre procesados, de un puesto de trabajo a otro. Existe una cantidad limitada de estos insumos de fabricación, por lo que son reutilizados a medida que quedan vacíos cuando terminan un proceso de fabricación, o en su defecto, cuando son vaciados de forma manual por los operadores, lo cual se reconoce como un proceso de “recuperación de bobinas”.

La falta de disponibilidad de estas bobinas causa ceses de producción de diversas máquinas, debido a que estas últimas no tienen donde almacenar el material procesado, lo que origina pérdidas de dinero por capital inmovilizado y gastos por energía y horas hombre, los cuales no generan producción. Durante el año 2014, los ceses de producción por este motivo totalizaron 638,82 horas, lo que se tradujo en una pérdida económica por \$388 millones.

Para enfrentar esta situación se propone un modelo de control y gestión de inventario de bobinas a través de la implementación de un MRP I y un instructivo de gestión desarrollado en base a un sistema visual de señaléticas en la planta de producción. Esto tiene por objetivo dar continuidad a los procesos de producción de los cables eléctricos, disminuyendo las pérdidas económicas que arrastra este inconveniente.

Al simular la dinámica de producción con el modelo de control y gestión implementado, se muestra una reducción en los ceses antes mencionados, de un 57,81% en un año con 5.255 horas de trabajo continuo, esta disminución totaliza un recorte de las pérdidas por \$234.496.200 anuales. Finalmente para poder implementar esta propuesta es necesario sumar 3 operadores (uno por cada turno del día) a la planta de Nexans Chile S.A., para que desarrollen la actividad de recuperación de bobinas, la cual debe realizarse de manera continua dentro de la loza de producción con el fin de mantener estos insumos de fabricación disponibles para su uso.

**Palabras claves:** bobinas, ceses de producción, MRP I, recuperación de bobinas.

## Introducción

---

Un sistema productivo, es un sistema que a partir de diferentes entradas (denominadas comúnmente como factores de producción), generan salidas, denominados productos. Estos productos contienen mayor valor agregado que las entradas y por ende, el sistema o la empresa que los genera, obtiene beneficios.



Ilustración 1.1: El sistema productivo. Fuente: Departamento de Organización de Empresa. Universidad Politécnica de Cataluña [BautistaValhondo, 2013].

A diferencia de las empresas prestadoras de servicios, en que las salidas del sistema productivo no necesariamente son tangibles, en las empresas del tipo manufacturera, el producto si contiene una consistencia física, es decir, bienes fabricados a partir de una serie de elementos o materiales que a lo largo de una consecución de procesos productivos, van modificando su estado hasta convertirse en productos finales para satisfacer las necesidades de los clientes.

La principal finalidad de las empresas manufactureras es lograr este proceso de transformación, apoyada siempre por el resto de las unidades dentro de la organización (Contabilidad, Recursos Humanos, etc.). Por lo tanto, la planificación, gestión y el control correcto de los factores de producción tienen un papel fundamental, como instrumento para aumentar la competitividad, y también como elemento de supervivencia de la empresa.

Sin embargo, el control y gestión de inventarios es un área básica en cualquier tipo de negocio (un supermercado, una tienda, etc.), sea éste del rubro industrial y/o comercial. Permite administrar las existencias, reduce las necesidades de espacio para el normal funcionamiento de las operaciones y adecua los flujos de productos para satisfacer la demanda de los requerimientos de los clientes.

Uno de los problemas típicos del control y gestión de inventarios consiste en responder *¿Cuándo pedir?* y *¿Cuánto pedir?*

La planeación de requerimientos de materiales, ha tomado un papel fundamental dentro de las organizaciones, debido a que sus resultados, son indispensables para poder planificar por ejemplo, las capacidades de bodegas, la capacidad de recursos (sean estos económicos, personal, maquinaria, entre otros) necesarios para fabricar un producto.

En el presente proyecto de título se estudiará el control y gestión de inventarios de manufactura, específicamente bobinas *ME-630* y *ME-800* de la planta productiva de Nexans Chile, centrándose el estudio en el área de planeación y programación de la producción, encargada de coordinar y controlar los procesos productivos de la planta.

Estas bobinas son indispensables durante el proceso de fabricación de un cable o alambre, y la falta de ellas en el sector de metalurgia, ha sido recurrente durante el año 2014. Según Chase, Jacobs, & Aquilano, el término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa.

Bajo este contexto, las bobinas estudiadas pertenecen a un inventario de manufactura del tipo “suministros de fabricación”. Este tipo de inventario no forma parte del producto terminado, pero interviene directamente en el proceso de fabricación.

La administración de estos inventarios se transforma en una actividad fundamental en el manejo de las operaciones de la planta, para evitar aumentar el tiempo de elaboración de productos, disminución del OEE, aumentar los tiempos de entrega de productos finales a clientes y distribuidores<sup>1</sup>, y entre otros, un aumento en los ceses de producción.

El objetivo general del presente proyecto de título es proponer un modelo de control de inventario de bobinas del tipo *ME-630* y *ME-800*, utilizando el sistema MRPI, con el cual se logre establecer un nivel de bobinas vacías (y en el momento oportuno) para cumplir con los programas de producción, además de aportar a una fabricación continua de cables y alambres.

---

<sup>1</sup>Es el caso de Sodimac, principal distribuidor de Nexans Chile S.A. Éste tiene un portal especial de ingreso de pedidos, donde los tiempos de entrega juegan un rol fundamental. Si éste no se despacha en los tiempos solicitados, no se efectúa la venta al distribuidor, afectando las ventas de la compañía.

# Capítulo 1: La empresa

---

## 1.1 Antecedentes generales

### Información general de la empresa

Con base en Francia, Nexans es una de las principales empresas fabricantes de cables del mundo, ofreciendo una gran variedad de estos productos y sistemas de cableado. Tiene más de 100 años de existencia, con presencia mundial en tres mercados principales: infraestructura energética, industria y construcción.

La compañía tiene presencia industrial en 40 países (ver anexo 1), ventas en 2011 por 7.000 millones de euros y actividades comerciales por todo el mundo. Nexans es líder del mercado chileno<sup>2</sup> desde el año 2008, cuando adquirió la unidad de cables de Madeco por un monto de USD \$448 MM.

La participación de Nexans en Chile, alberga el sector industrial, minería, construcción y energía, destacando proyectos con relación a expansiones mineras, celulosas, papeleras, edificios y construcción inmobiliaria, plantas de generación eléctrica, entre otros. Por lo mismo, la gama de soluciones es amplia, donde destacan cables de baja, media y alta tensión, conductores armados, cables submarinos, transporte, cables especiales para minería, cables portátiles para maquinarias, cables de seguridad frente a incendios de baja emisión de humo y resistentes al fuego.

Nexans Chile potencia el uso del cobre nacional, donde el 100% utilizado en la planta es chileno, que además de utilizarlo en productos para el país, se exporta a varios destinos, incluso China. La empresa a nivel mundial posee 104 plantas para atender las necesidades de sus clientes, siendo además uno de los mayores consumidores de cobre chileno en la industria.

---

<sup>2</sup>En un estudio realizado por la Gerencia Marketing, efectuado durante los meses de Mayo y Junio del año 2014, se les preguntó a los principales distribuidores del país, cómo veían a Nexans y sus principales competidores sobre: *Calidad de productos, Variedad de producto y Tiempo de entrega*. Los resultados fueron concluyentes, Nexans Chile recibió una calificación 7 (en una escala de 1 a 7) en dos de las categorías evaluadas: *Calidad de productos y variedad de productos*.

## Localización

La planta está ubicada en Ureta Cox 930, comuna de San Miguel, Santiago de Chile. Posee una superficie total de 40.404 m<sup>2</sup>, que contempla 26.980 m<sup>2</sup> de áreas productivas y 13.424 m<sup>2</sup> de bodegas. (Ver anexo 2).

## Misión, visión y valores

Los pilares que definen la razón de existencia de Nexans Chile, se presentan en la Ilustración 1.2.

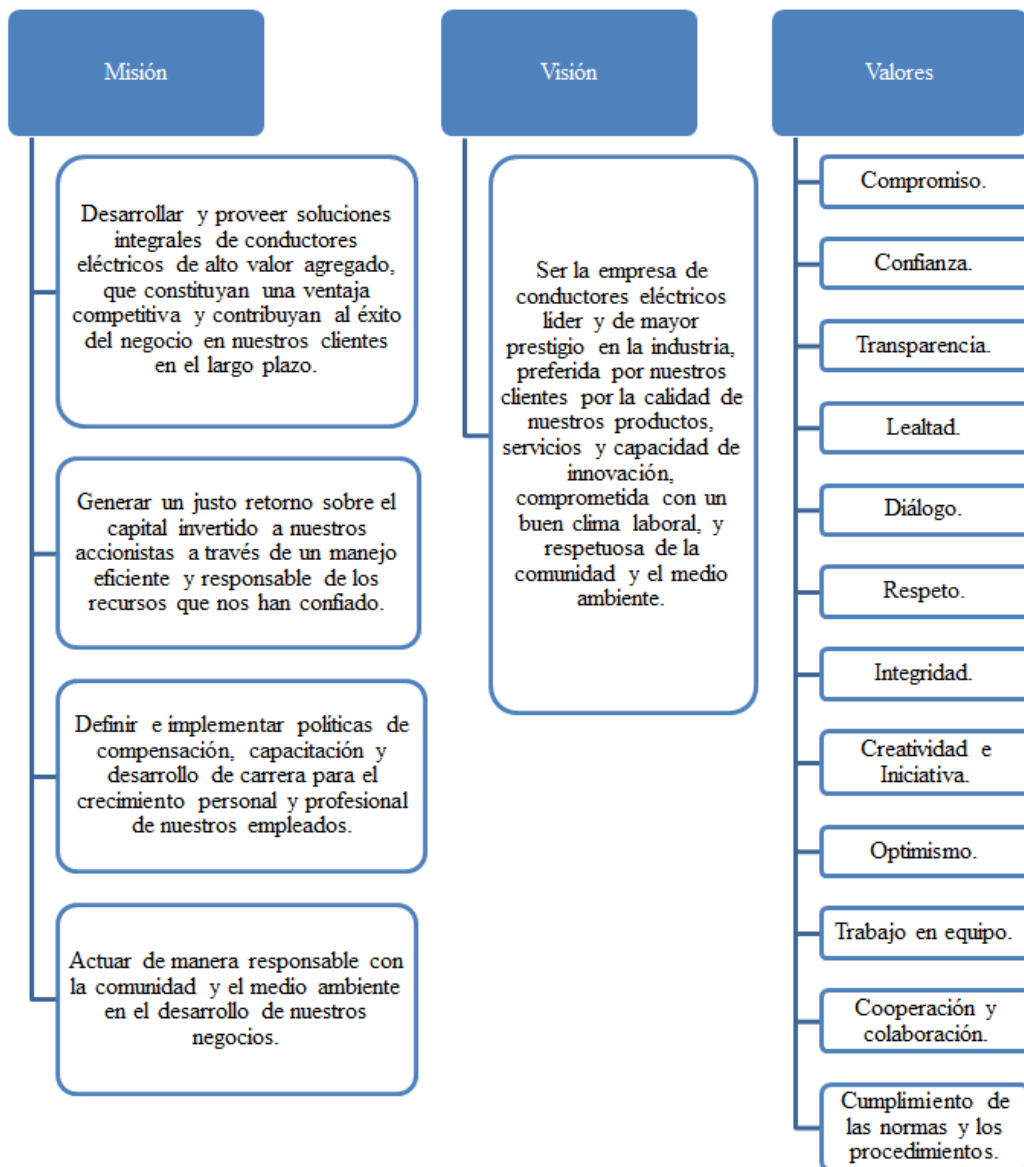


Ilustración 1.2: Misión, visión y valores de Nexans Chile S.A. Fuente: Gerencia RR.HH. Nexans Chile año 2015.

## Procesos de fabricación

Para desarrollar esta sección, se precisa explicar algunos conceptos que permitirán al lector, entender el proceso de fabricación de un cable en Nexans Chile S.A. No es el propósito de los autores de este proyecto de título, ser exhaustivos en la explicación de la temática eléctrica ni en ciencia de los materiales.

Se debe entender como un cable eléctrico, a un elemento utilizado para transportar potencia de un extremo al otro. Esta potencia puede ser usada para propósito energético, telecomunicaciones, construcción, minería, industria e infraestructura, y su función principal es la de transmitir energía eléctrica a un voltaje y corriente preestablecidos.

Los componentes básicos de un cable eléctrico son:

- **El conductor:** conformado por un alambre o grupo de alambres, empleados para el transporte de electricidad. El material más usado para éste, son el cobre, aluminio y sus aleaciones, y cobre con recubrimiento (estañado).
- **Un aislamiento:** que encapsula la corriente eléctrica en el conductor. Los materiales más usados para ello son: PVC<sup>3</sup>, XLPE, EPDM<sup>4</sup>, entre otros.
- **Protecciones:** con propiedades eléctricas, mecánicas y/o bloqueo de la humedad.
- **Cubierta.**

La fabricación de un cable eléctrico, se compone de múltiples procesos. Dependiendo de su complejidad de elaboración, se añaden procesos adicionales. Los procesos generales para su fabricación son el proceso de trefilado, cableado, aislación - extrusión.

- **Trefilado:** Este proceso consiste en reducir el diámetro del alambroón de cobre<sup>5</sup>, creando hilos. Para ello, se hace pasar el alambre sucesivamente a través de hileras y de esta manera se forman hilos conductores. Las máquinas que realizan este proceso en la planta productiva, son las identificadas en la tabla 1.

Proceso	Trefilado Grueso	Trefilado intermedio	Trefilado Fino
Máquina	105	122, 135	130, 131

Tabla 1: Máquinas trefiladoras. Fuente: Elaboración propia.

<sup>3</sup> Es un material termoplástico, es decir, que bajo la acción del calor se reblandece, y puede así moldearse fácilmente; al enfriarse recupera la consistencia inicial y conserva la nueva forma.

<sup>4</sup> Al igual que el compuesto XLPE, el EPDM es un material termoestable, es decir, que bajo la acción del calor no se reblandece.

<sup>5</sup> Materia prima proveída por la empresa Colada Continua Chilena S.A. Dedicada a la fabricación de alambroón de cobre convencional y libre de oxígeno (plena pureza), dándoles un formato de alambroón de 8 mm<sup>2</sup>.

- **Cableado:** Agrupa varios conductores aislados o desnudos, para formar el núcleo del cable. Las máquinas que realizan este proceso son las identificadas en la tabla 2.

Proceso	Cableado de fases y blindadora	Cableado de fases	Cableado de desnudos	Blindadora	Cableado de torones	Cableado doble torsión	Cableado de torones Flexibles	Trenzadora
Máquina	200	253	201, 202, 203, 204, 205	210	211, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228	215, 216	218, 219	230, 232

Tabla 2: Máquinas cableadoras. Fuente: Elaboración propia.

- **Aislación - Extrusión:** El proceso funde los compuestos y, a través de un cabezal, recubre el conductor de cobre con una capa de este material. Las máquinas que realizan este proceso en la planta productiva, son las identificadas en la tabla 3.

Proceso	Aislación	Chaqueta	Aislación y chaqueta THHN	Aislación Nya	Aislación y chaqueta Flexibles	Extrusión	Media tensión
Máquina	300, 303, 304, 310	301, 320	302	308	311	315	331, 332

Tabla 3: Máquinas aisladoras. Fuente: Elaboración propia.

## 1.2 Situación actual de la empresa

### Estructura organizativa del área estudiada

La ilustración 1.3 muestra el organigrama del área de planeación y programación de la producción.

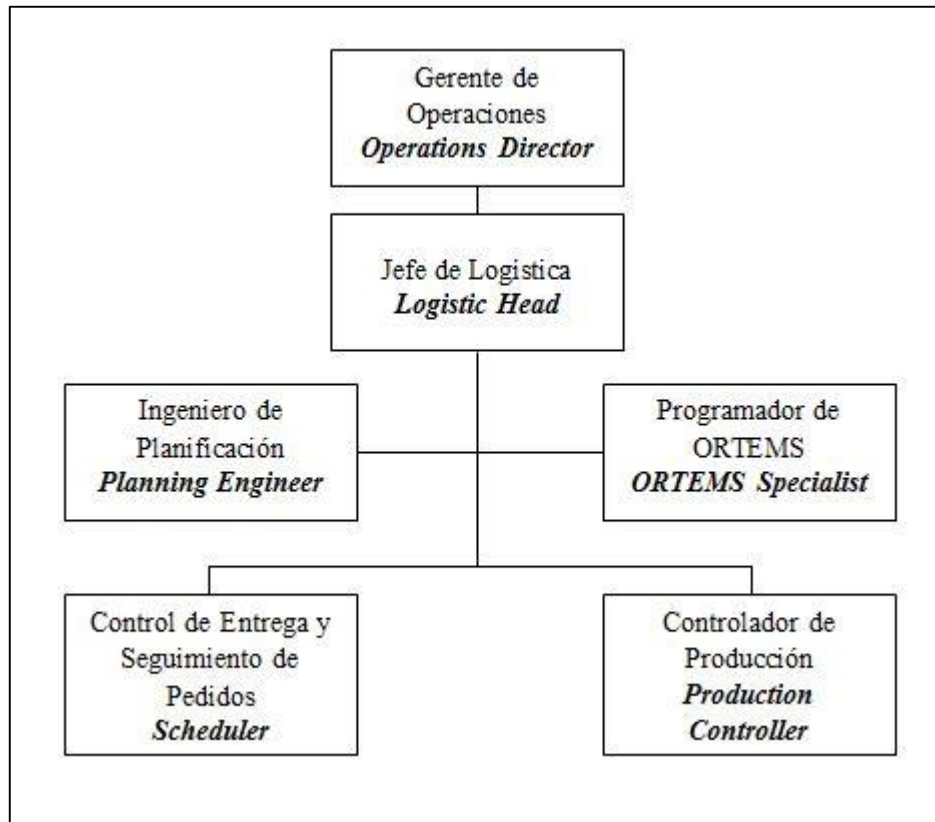


Ilustración 1.3: Organigrama Gerencia de Operaciones, Área de planificación y programación de la producción.  
Fuente: Gerencia RR.HH. Nexans Chile año 2015.

La descripción de cargos se describe a continuación:

1. **Gerente de operaciones (*Operations Director*):** Responsable de liderar el equipo de programación y producción, en línea con los objetivos de cantidad (toneladas de fabricación mensual), calidad, costos de fabricación y plazos de entrega. Principales roles: Gestión y liderazgo, seguimiento de la producción, seguimiento del desempeño.
2. **Jefe de logística (*Logistic Head*):** Responsable del correcto funcionamiento, coordinación y organización del área logística de Nexans Chile, tanto a nivel de producto como a nivel de gestión de personal, con el objetivo de distribuir a los clientes los pedidos de mercancía en tiempo y forma. Las funciones principales del puesto son:  
Coordinar las diferentes áreas de almacén (entradas, reposición, preparación de pedidos y transporte de los mismos), optimizar la política de aprovisionamiento y distribución de la empresa, organizar y planificar la preparación y distribución de pedidos, optimizar procesos de trabajo y gestionar y supervisar al personal a su cargo.

3. **Ingeniero de planificación (*Planning Engineer*):** Responsable de programar en las máquinas, la secuencia de procesos para la fabricación de los pedidos de clientes y de stock, de acuerdo a las prioridades definidas por fechas de entrega, optimizando recursos y capacidades de máquinas.
4. **Programador de ORTEMS (*ORTEMS Specialist*):** Encargado de ingresar, actualizar y mantener todas las bases de datos que intervienen en el proceso de fabricación de un cable o alambre, es decir, hace posible la visualización de cargas de máquinas con sus tiempos reales. Además cumple las funciones de ser un analista del área, generando los principales KPIs y reportes de producción diarios.
5. **Controladores de entrega y seguimiento de pedidos (*Scheduler*):** Responsables de recepcionar las órdenes de fabricación MTS - MTO, realizarles seguimiento hasta la entrega a los clientes, controlar KPIs, atender y coordinarse con clientes internos de la compañía para satisfacer al cliente externo, verificar la factibilidad de tramos de producción de los cables / alambres y calcular los embalajes finales de los productos.
6. **Controlador de producción (*Production Controller*):** Responsables de gestionar un equipo multidisciplinario (operadores, mecánicos, eléctricos, montacarguistas, entre otros), dando instrucciones y proporcionando consejos útiles que aporten a los programas de producción, y a su vez identificando fortalezas y oportunidades de mejoramiento de ellos. Responsables de distribuir los diferentes programas de producción en las respectivas máquinas programadas, además de apoyar al Ingeniero de planificación, en la elaboración de la secuencia de fabricación.

### Área estudiada

Actualmente, la fabricación de productos MTO y MTS, está a cargo del área de planeación y programación de la producción. Ésta es la encargada de coordinar y controlar los procesos productivos de la planta de cables tales como:

1. Requerimiento de materia prima y suministros.
2. Recepción de pedidos especiales.
3. Puntos de reorden línea comercial.
4. Plan maestro de Producción.
5. Seguimiento de pedidos.
6. Cumplimiento de fechas de entrega<sup>6</sup>.
7. Cuellos de botella.
8. Carga de máquina.

---

<sup>6</sup> Importante para las órdenes de fabricación que poseen un tipo de contrato afecto a multas.

9. Reasignación de recursos (sobretiempos).
10. Control del inventario en proceso (políticas).
11. Control de despuntes o desperdicio (índices).
12. Entrega de material a bodega y embalaje.

Es posible dividir físicamente la planta productiva por secciones, dependiendo de los procesos que se realizan en cada una de ellas. En primer lugar está el área de metalurgia, donde se encuentran las máquinas que realizan los procesos de trefilado y cableado. Por ella se elaboran alrededor del 68% de los productos. Luego se encuentra el área de aislación, en que los productos pasan por procesos de extrusión para protección de éstos y/o procesos en los que se envuelven en materiales tales como nylon, PVC, entre otros compuestos. Por último, está el área de corte y enrollado, lugar en que se va cortando el producto en rollos de formato de 10, 25, 50 o 100 metros, para luego ser embalados y despachados.

Los productos fabricados por Nexans Chile S.A., se clasifican por familia tecnológica, las cuales se mencionan a continuación:

- CLASE 2 LV.
- DESNUDO.
- FREETOX (H07Z1-K).
- FREETOX-FLEX.
- FREETOX-FLEX MULTI.
- MULTIFLEX MONO.
- MULTIFLEX MULTI.
- MV.
- SHD GOMA.
- SHD POLIURETANO (EU).
- SUPERNYA.
- THHN.
- OTROS.

Dentro de los productos fabricados, existen los categorizados como genéricos<sup>7</sup>, los que pasan solamente por proceso de trefilado y cableado, y además, los categorizados como cables específicos, los que dependiendo de su complejidad de fabricación, se le añaden otros procesos de transformación.

Independiente el tipo de cable a fabricar (genérico o específico), los operadores en planta, cualquiera sea su turno, y la sección en planta en que estén realizando sus labores, deben registrar sus actividades en los “reportes de producción” (ver anexo 3), y además notificar éstas, en el sistema SAP. De esta forma se consigue un *feedback* para los siguientes turnos de trabajo.

---

<sup>7</sup> Utilizados como cuerdas de stock. La fabricación de estos productos, se basan en las proyecciones de demanda que realiza el área comercial y la propia área estudiada. Tomando por ejemplo, el producto genérico 12 AWG (7x0, 78 mm.) comprimido, tuvo una proyección de demanda en el mes de Marzo de 2015, de 7.984.006 metros. Gracias a la fabricación de éste genérico en particular, se lograron fabricar 9 productos específicos.

Los códigos de actividad, que un operador puede notificar, se mencionan en la Tabla 4.

01: Preparación	02: Producción	03: Avería mecánica
04: Avería eléctrica	05: Liberación de mantención	06: Paro varios
07: Falta de alimentación	08: Falta de operador	09: Colación
10: Término de producción	11: Mantenimiento preventivo	12: Problema MP
13: Problema utilaje	14: Reproceso	

Tabla 4: Códigos de actividad de máquinas. Fuente: Departamento de producción.

Uno de los insumos de uso común entre los distintos procesos de planta, son las bobinas. Éstas permiten almacenar y transportar el material en proceso a cada una de las estaciones donde éste se convierte y se le asigna un valor agregado.

Las bobinas, dependiendo del tipo de producto que transportan, tienen tamaños desde 0,22 metros a 2,5 metros de diámetro. Estos insumos se pueden posicionar a la entrada de la máquina, como instrumento de alimentación de material para procesar, o a la salida de ella, como instrumento para acumular material recién procesado. La cantidad de bobinas existentes en Nexans Chile S.A. es limitada y se reutilizan a medida que van quedando disponibles para su uso.

Cuando un producto termina su proceso de transformación y es aprobado por el departamento de calidad, tiene dos caminos posibles, esquematizados en la ilustración 1.4:

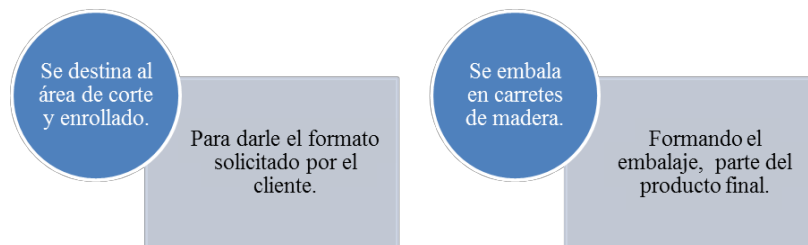


Ilustración 1.4: Alternativas de formatos de almacenaje. Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, el material es descartado ante las siguientes situaciones:

- Cuando el producto termina su proceso de transformación y no es aprobado por el departamento de calidad, por razones de incongruencias técnicas.
- Cuando el material queda irrecuperable, luego de un proceso de producción fallido<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Por ejemplo, hebras montadas, en el proceso de cableado.

- Cuando queda material sobrante en las bobinas, después de un proceso de producción.

Ante las situaciones antes mencionadas, el material debe ser retirado de las bobinas. Dicho procedimiento se conoce como “recuperación de bobinas”.

La recuperación de bobinas se puede realizar de distintas maneras, esto depende del estado en que se encuentre el material enrollado en la bobina y la cantidad de éste. En primera instancia, si el material presente en la bobina es un producto desnudo (es decir, que no tiene aislación) y contiene escaso material (se distingue a simple vista el tambor de la bobina) como muestra la ilustración 1.5, es posible sacarlo mediante golpes con martillo y cincel directamente (ver ilustración 1.6 (a)), enseguida este material es enviado a zonas de *scrap*.



Ilustración 1.5: Bobina con material desnudo. Fuente: Elaboración propia.

En cambio si el alambre que está en bobina es igual o supera el cuarto de la capacidad de ésta, entonces es necesario llevarlo a una máquina de recuperado, la cual traslada el material hacia carretes temporales que luego se vacían en zonas de *scrap* (ver ilustración 1.6 (b)).

Por otro lado, cuando se habla de productos que tienen aislación, el proceso de recuperación de bobina es más complejo: una máquina peladora, debe eliminar la aislación del cable, y el cobre desnudo se va acumulando en otra bobina temporal. Finalmente, la bobina temporal, pasa a una máquina de recuperado que finaliza el proceso de vaciado de este insumo.



(a)

(b)

Ilustración 1.6: Recuperación de bobinas. Fuente: Elaboración propia.

La capacidad de las bobinas es variable, depende del diámetro de ella y además del calibre del producto que transporta, por ejemplo: una bobina *ME-630* puede almacenar entre 15.000 y 16.000 metros de un cable Multiflex tipo 12 AWG 59 x 0,254 mm, en cambio para una bobina *ME-800* la capacidad es de 30.000 metros del mismo cable. Por lo tanto, el tipo de bobina a utilizar para almacenar un tipo de cable, dependerá si éstas están disponibles para ser utilizadas y además de su capacidad de almacenaje.

Estos insumos al tener un peso bruto (sin material) de 430 kg y 800 kg para los tipos *ME-630* y *ME-800* respectivamente, son transportados con grúas horquilla, las que son operadas por personal destinado específicamente a realizar este trabajo.

## Desempeño industrial

La producción y exportación de productos de cobre está teniendo un rol fundamental para el crecimiento de algunas organizaciones. Chile como principal país productor y exportador ha aprovechado esta oportunidad. Sin embargo, varias organizaciones han visto afectadas sus utilidades, por ejemplo, con las variaciones en las economías internacionales.

Considerando lo anterior, es posible demostrar que el nivel de ventas de Nexans Chile S.A. ha ido a la baja desde el año 2013 (ver Ilustración 1.7 e ilustración 1.8).

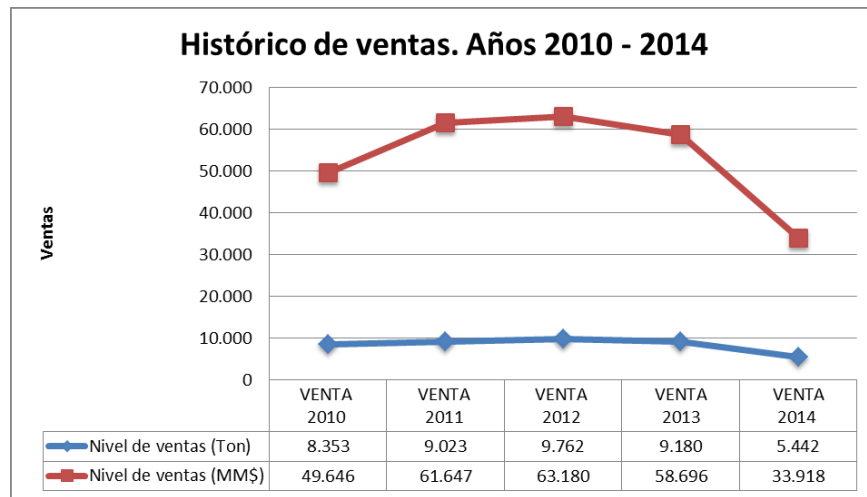


Ilustración 1.7: Histórico de ventas. Años 2010 – 2014. Fuente: Elaboración propia.

A este histórico de ventas, es posible agregar la proyección de ventas que tenía la gerencia comercial, durante el mismo horizonte de tiempo (ver ilustración 1.8). De esta forma, es posible demostrar, que a pesar de una diferencia del nivel de ventas reales versus la proyección, este nivel igualmente tendría una declinación desde el año 2013.



Ilustración 1.8: Nivel de ventas proyectadas v/s ventas reales. Años 2010 – 2014. Fuente: Elaboración propia.

Esta disminución en la demanda se debe a:

- Fluctuaciones negativas del precio del cobre.<sup>9</sup> (ver ilustración 1.9).
- Implementación de la nueva reforma tributaria en Chile.

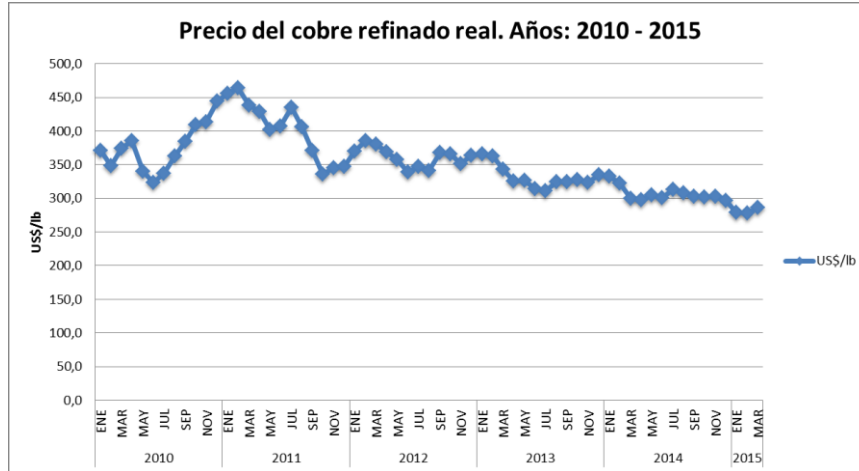


Ilustración 1.9: Precio del cobre refinado real. Años 2010 – 2015. Fuente: Cochilco.

Con el paso de los últimos 3 años, se logra apreciar una disminución en las toneladas de producción, provocada por las condiciones antes mencionadas, la cual es posible visualizar en la ilustración 1.10.

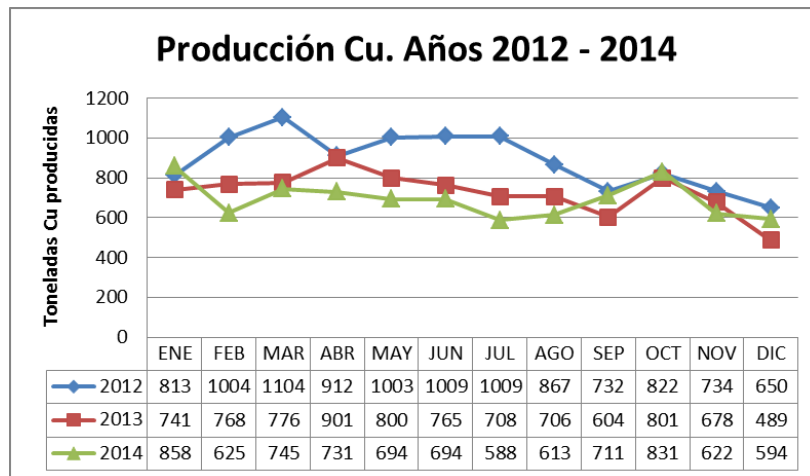
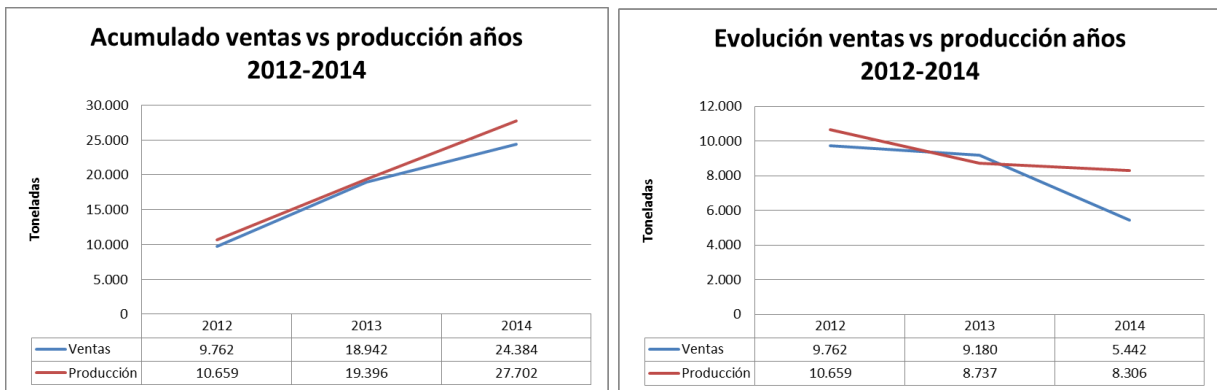


Ilustración 1.10: Producción en toneladas de cobre en Nexans Chile. Años 2012 – 2014. Fuente: Gerencia de operaciones, Nexans Chile.

<sup>9</sup> Según el IPoM de Marzo del 2015, uno de los riesgos externos es el menor crecimiento en China y sus implicancias en el precio del cobre a la baja (China explica aproximadamente el 40% del consumo mundial de cobre).

La disminución en ventas y en producción en Nexans, en primera instancia debería aportar un mayor control y gestión de inventarios, dado que al disminuir en mayor porcentaje las ventas que la producción (ver ilustración 1.11 (a) y (b)), se necesita menos stock en materias primas (alambroón de cobre, PVC, compuestos XLPE, EPDM, EVA, entre otras) y en insumos de fabricación, para hacer frente a los requerimientos de los clientes (ya que la rotación de productos es menor). Además, al tener menos existencias WIP, se reducirían los tiempo de ciclo, lo que conlleva a la reducción de los inventarios. Sin embargo, los autores del presente proyecto de título, no plantean que la compañía deba mantener bajos niveles de producción para tener un control total de los inventarios, ya que la supervivencia de la misma estaría en riesgos, sólo se plantea la necesidad de mantener un correcto control y gestión de inventarios.

Un mayor control de los inventarios, reduce los costos de producción, y además los inventarios en proceso, lo que implica una ventaja frente a los competidores (un mayor nivel competitivo).



(a)

(b)

Ilustración 1.11: Ventas versus producción en toneladas de Cu. Años 2012 – 2014. Fuente: Gerencia de operaciones, Nexans Chile.

Por otro lado, los índices clave de desempeño (*Key Performance Indicator*, KPI por sus siglas en inglés), han fluctuado durante el periodo comprendido entre los años 2012-2014 (ver ilustración 1.12).

2015

KPI		Prom. 2012	Prom. 2013	Prom. 2014	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom. 2015	Meta 2015
Frecuencia de accidentes	Nº accidentes / horas trabajadas	6,6	5,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
Producción	Ton Cu / mes	888	728	697	677	722	696	587	670	774
Cobertura de inventario (cables)	semanas	-	-	16,8	15,5	16,2	20,8	19,5	18	15
% OTIF	%	92%	94%	92%	89%	88,9%	90,5%	94,9%	89,5%	94%
Reclamo de clientes - Productos en proceso	Nº / mes	1,3	1,3	1,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,3	1,0
Reclamo de clientes - Cadena de suministros	Nº / mes	3,4	3,0	2,9	4,0	6,0	0,0	0,0	2,5	3,2
% Índice de Scrap	%	4,8%	6,1%	7,6%	5,8%	7,2%	12,9%	7,9%	8,5%	5,5%
% Tiempo de avería	%	1,9%	2%	1,9%	2,6%	1,6%	2,1%	1,9%	2,1%	1,9%

Ilustración 1.12: KPI años 2012 - Abril de 2015. Fuente: Gerencia de Operaciones.

Si bien, en algunos casos existe una relación directa, entre la disminución de la producción y el valor del KPI, como por ejemplo la frecuencia de accidentes, el número de reclamos de los clientes - productos en proceso y en la cadena de suministro, también hay otros KPIs, como el tiempo de avería y el porcentaje OTIF<sup>10</sup>, en los que no dice relación.

Ante la ilustración expuesta, es posible observar que las metas promedio para el año 2015, en comparación al 2014, son aumentar la producción, y la eficiencia de la cadena, incrementando el %OTIF desde un 92% a un 94%. Además de reducir los accidentes, disminuir la cobertura del inventario, los reclamos de clientes por productos en proceso y el índice de *scrap*.

### 1.3 Problemática

Dentro del sector de metalurgia de la planta productiva, se ha observado una falta de bobinas tipo *ME-630* y *ME-800* (ver anexos 4 y 5), disponibles para ser utilizadas en las máquinas trefiladoras y cableadoras.

Estos insumos son esenciales para almacenar y transportar el material trefilado, dando así una continuidad al proceso de fabricación de aproximadamente cuatrocientas variedades de cables y alambres, además de productos específicos a pedido. En consecuencia, al no tener en inventario bobinas disponibles (vacías), significa incrementar los tiempos de fabricación de

<sup>10</sup> Indicador de desempeño de la industria logística que refleja el porcentaje de despachos que llegan a tiempo (On Time), con el producto y cantidad solicitados, y al lugar indicado por el cliente (In Full).

productos, reasignar operadores para recuperar bobinas y generar entre otras causas, el cese de la producción.

El día 27 de Febrero del 2015, se realizó un inventario en planta, para determinar la cantidad real de bobinas de cada tipo. La información manejada por el área era de 411 *ME-630* y 220 *ME-800*. Sin embargo, luego de concluido el inventario, se identificó una diferencia de existencias a la baja, de 13 y 22 bobinas respectivamente. Lo que representa una pérdida económica de \$14.973.446, sólo en *ME-800*, por concepto de activos.

Considerando las notificaciones por falta de *ME-630* (reportadas por los operarios en planta), durante el año 2014, se apreció un tiempo de ocio en las máquinas de 527,45 horas, lo que corresponde al 10,04% del  $TPO_{planta2014}$ , durando en promedio 5,67 horas cada cese de máquina. En el caso de *ME-800*, se registró un tiempo de ocio de 111,37 horas, equivalente al 2,12% del  $TPO_{planta2014}$ , y cada cese de máquina, en promedio fue de 4,84 horas. Traduciendo estos datos en cifra monetarias, equivale a una pérdida anual de MM\$388 aproximadamente.

Un caso de ejemplo, es el día 09 de Febrero del presente año, donde el operador de una de las máquinas trefiladoras, notificó en 4 ocasiones “falta de bobinas 630”, en un sólo turno.

Por lo tanto un sistema de control de estos insumos permitiría gestionar la recuperación de bobinas a tiempo, y evitar ceses en la producción.

## Capítulo 2: Objetivos y alcances

---

### 2.1 Objetivos

#### Objetivo General

Proponer un modelo de control y gestión de inventario de bobinas, utilizando el sistema MRP I.

#### Objetivos Específicos

- Dimensionar el impacto de la falta de bobinas en los ceses de producción de la planta, a través del histórico de reportes.
- Identificar las máquinas que tienen una mayor demanda de bobinas vacías, y aquellas que entregan bobinas por recuperar.
- Establecer un periodo de revisión y la cantidad de bobinas vacías necesarias, para aportar a una producción continua.
- Definir un instructivo de transporte, almacenamiento y recuperación de bobinas tipo *ME-630* y *ME-800*, para aportar una producción continua en el área de metalurgia de la planta productiva.

### 2.2 Alcances

- No se estudiarán las especificaciones técnicas (número de hebras de formación, diámetro, espesor de aislación y revestimiento, resistencia, tensión, conductividad, entre otras) de la gama de productos ofrecidos por Nexans Chile S.A.
- El inventario considerará sólo 2 tipos de bobinas, de una variedad de 12 tipos (ver anexo 6), debido a que estos son los insumos que se han notificado con problemas.
- El control de inventario se limitará al área de metalurgia de la planta productiva, debido a que ésta incluye las máquinas que utilizan con mayor frecuencia, los dos tipos de bobinas estudiadas.

- El modelo de control, tomará de base el número real de bobinas en planta, basado en el inventario realizado el día 27 de Febrero de 2015. Además se considerará las intenciones de la gerencia de operaciones, de no realizar inversiones en el mediano plazo, para adquirir más de estos insumos.
- El “tiempo planificado de operación” se calculará según:

$TPO_{planta2014} = \text{tiempo programado} - \text{tiempo de colación} - \text{tiempo setup (promedio)}$ .

Omitiendo factores como paros varios, averías en las máquinas, detenciones por falta de operador, mantención, falta de alimentación, mantenimiento preventivo, problemas de materias primas, problemas de utilaje y reproceso, ya que estas actividades no son programadas y presentan una duración incierta.

## Capítulo 3: Marco metodológico

La elección de un modelo de gestión de inventarios, es un tema complejo. Así lo deja en manifiesto [Castro Zuluaga, 2003]. Según el autor: “La selección de los modelos más adecuados para la gestión de inventarios, es uno de los problemas más recurrentes dentro de la industria, manufacturera y de servicio. Este proceso resulta complejo especialmente por la falta de conocimiento acerca de algún procedimiento concreto que deba seguirse para realizar una elección exitosa”.

En la ilustración 3.1 se presenta el esquema propuesto por Castro Zuluaga, para la selección de modelos de gestión de inventarios. En éste, se indican los pasos que deben seguirse para establecer el modelo de control de inventarios más apropiado.

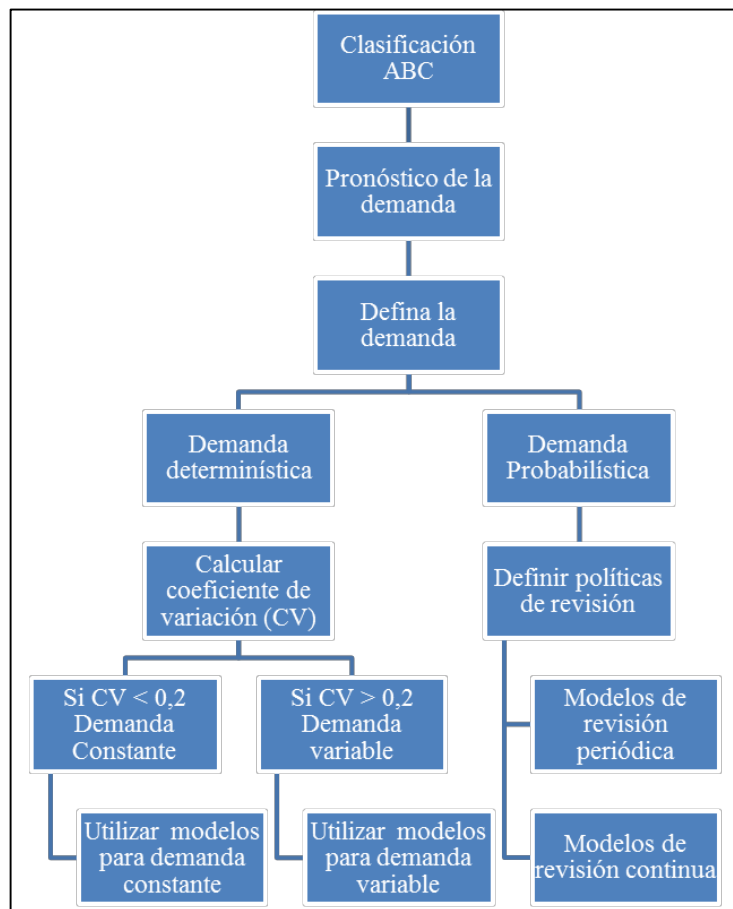


Ilustración 3.1: Estructura para la selección de Modelos en la Gestión de Inventarios. Fuente: Una estructura para la selección de modelos de gestión de inventarios de artículos individuales cuando la demanda es determinística. [Castro Zuluaga, 2003].

Sin embargo, la metodología propuesta por Castro Zuluaga, no se adecua al problema estudiado en el presente proyecto de título. La justificación radica, en el tipo demanda que presenta las bobinas.

Los modelos de control de inventarios suponen que la demanda de un artículo es independiente o dependiente de la demanda de otros. Por lo general, al hablar en términos de comercio, la demanda es considerada independiente, pero en términos de manufactura puede tomarse como demanda dependiente.

“La demanda independiente, es influenciada por las condiciones del mercado y que no son controlables por la organización, y está dada por las exigencias del consumidor. Por su parte, la demanda dependiente, como esta lo dice, es aquella que depende de otra necesidad para ser requerida. Este es el caso de empresas manufactureras, en cuanto a materias primas, partes y ensambles del producto, que dependen de la demanda específica del producto como tal.” [Muller, 2012].

Los inventarios dependientes son aquellos donde la demanda obedece a las decisiones internas de la empresa, con respecto a qué producto fabricar, en qué cantidad y en qué momento. Para este tipo de demanda, según [Bustos Flores & Chacón Parra, 2010] es posible encontrar dos modelos de gestión de inventario, MRP y JIT (ver ilustración 3.2).

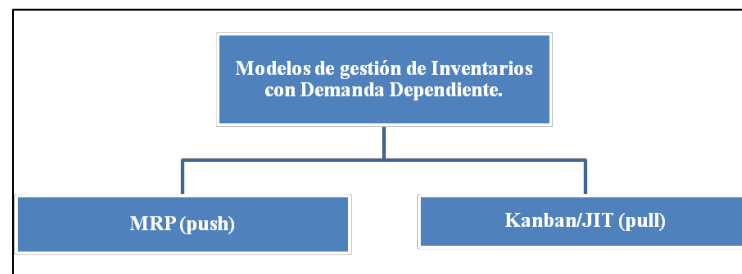


Ilustración 3.2: Modelos de Gestión de Inventarios con Demanda Dependiente. Fuente: Elaboración propia.

La metodología MRP está diseñada para, una vez conocida la demanda independiente de los productos finales de una organización, se pueda calcular de forma rápida y precisa la demanda dependiente provocada por dichos productos.

El procedimiento utilizado para la realización de este proyecto de título, es similar a la desarrollada por [Companys Pascual & Fonollosa i Guardiet, 1989], sin embargo tiene ciertas modificaciones para adaptarlo a la problemática de Nexans Chile S.A. En la ilustración 3.3 se presenta el procedimiento propuesto por ellos para desarrollar un sistema MRP:

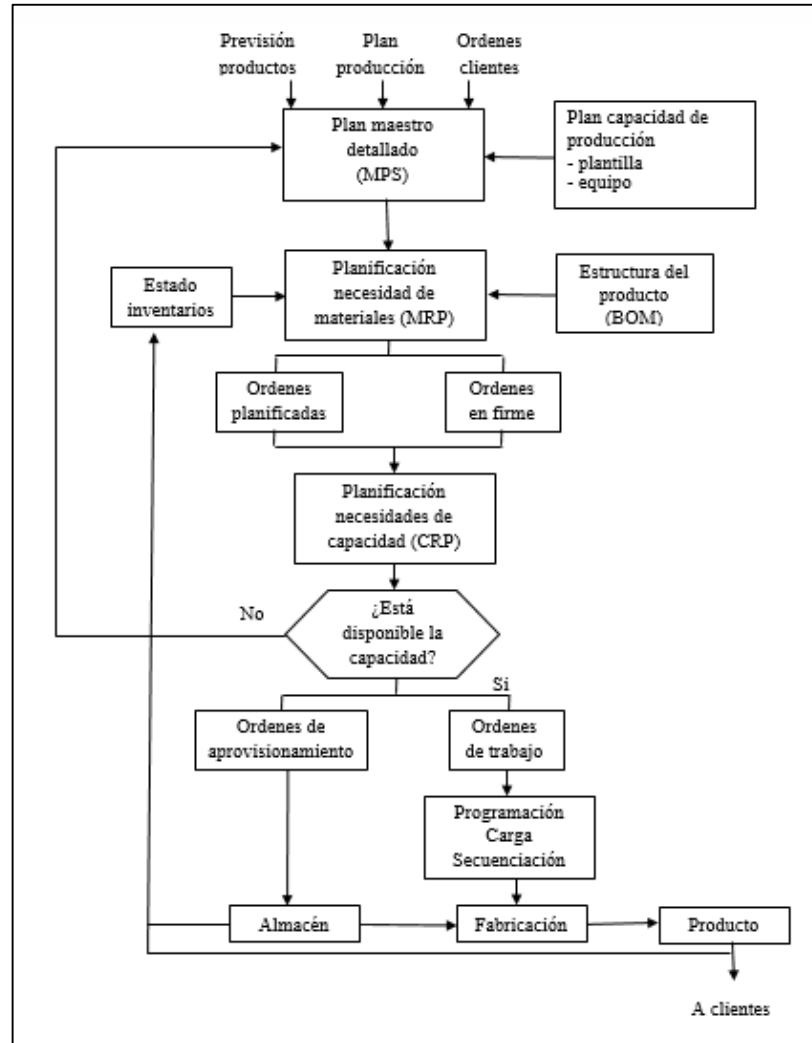


Ilustración 3.3: Esquema general del MRP y su entorno de funcionamiento. Fuente: Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT [Companys Pascual & Fonollosa i Guardiet, 1989].

Adaptando el procedimiento, a la situación actual de la planta productiva de Nexans Chile S.A., será preciso obtener la siguiente información:

- El plan maestro de producción (MPS).
- La estructura del producto (BOM), que para este caso en particular, la lista de materiales estará compuesta solamente por el tipo de bobinas que ocupa el material en transformación, en cada proceso.
- El estado de los stocks de bobinas *ME-630* y *ME-800*.
- Las rutas de producción.

Finalmente la estructura que se adecuará es la que se presenta en la ilustración 3.4:

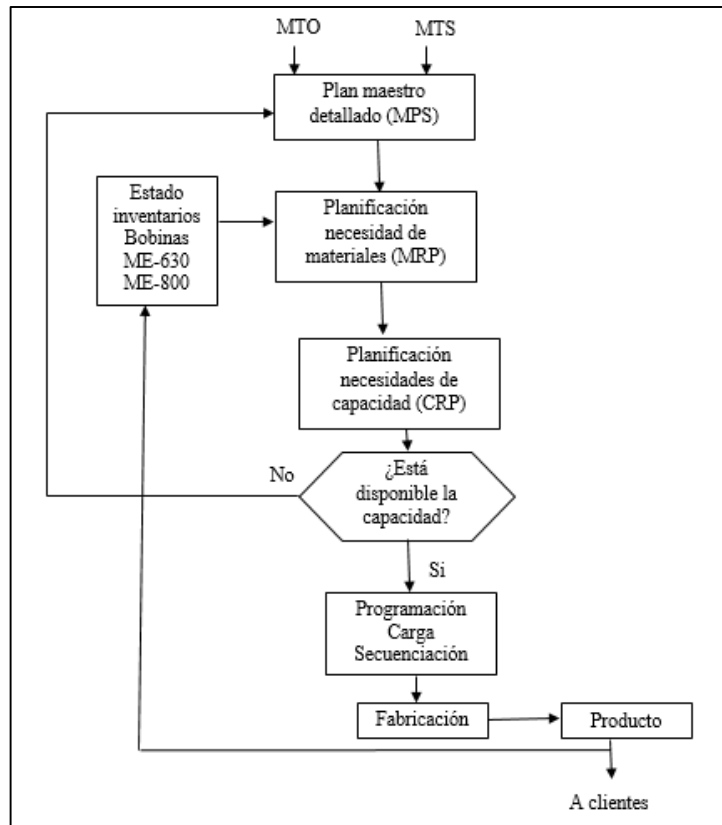


Ilustración 3.4: Esquema general del MRP modificado. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1 Objeto de estudio

El proceso productivo de los distintos tipos de cables/alambres en la planta, involucra los procesos generales de:

- **Trefilado**
- **Cableado**
- **Aislación-Extrusión**

Para cables con requerimientos específicos, se agregan otros procesos, tales como: estañado, apantallado, armadura, múltiples cubiertas plásticas, etc.

La principal unidad de estudio dentro de este proyecto de título serán las bobinas tipo *ME-630* y *ME-800*, importantes insumos utilizados en los procesos productivos, más críticamente en el área de metalurgia (trefilado y cableado).

## 3.2 Metodología

A continuación se presenta el conjunto de pasos abordados para alcanzar los objetivos expuestos en el presente proyecto de título (ver ilustración 3.5). El diagrama, presenta una estructura general que será explicada en desarrollo en la sección siguiente.

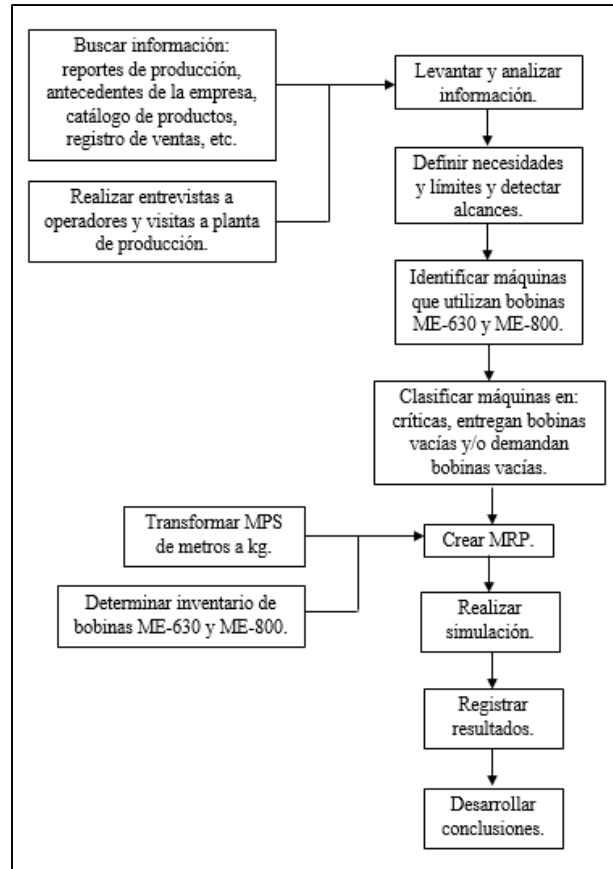


Ilustración 3.5: Diagrama de metodología a aplicar. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Procedimientos

- Se utilizarán transacciones específicas de SAP, con el fin de obtener una base de datos de las notificaciones por máquinas y el plan de producción del año 2013 y 2014.
- Se depurará la base de datos obtenida, con el objetivo de eliminar los registros con información errónea o inexacta.
- Se determinarán las máquinas que han notificado falta de *ME-630* y *ME-800*, el cese de producción anual en horas, la cantidad de notificaciones por falta de estos insumos, la duración promedio de ella, y finalmente, la cantidad de horas al mes (promedio) de ceses de producción.
- Se determinarán los meses que reportaron más falta de *ME-630* y *ME-800*, para descartar ciclos de demanda.
- Se tomarán de base los meses obtenidos anteriormente, para comparar con los reportes de producción físicos (realizado por los operadores), con el objeto de determinar un nivel de variabilidad de notificaciones.
- Se estudiará el comportamiento de las notificaciones durante el año 2014, con el objetivo de establecer una posible tendencia.
- Se solicitará al área comercial, la demanda de productos para Stock, como también los productos a pedido. Con esta información, será posible establecer las toneladas a fabricar por el área de producción
- Se agrupará la demanda obtenida, por familia tecnológica de productos, con el fin de establecer la cantidad de procesos necesarios para fabricarlos, y lograr comprender cuáles de ellos utilizan *ME-630* y *ME-800*.
- Para ejecutar la investigación de campo, se realizarán visitas constantes a planta, entrevistas no estructuradas a operadores, así como también, entrevistas al personal administrativo.
- Se determinarán las máquinas que demandan y las que dejan a disposición bobinas vacías.
- Se diseñará un modelo de control y gestión de inventario de bobinas *ME-630* y *ME-800*.
- Se simulará un nuevo escenario donde esté implementado el modelo de control y gestión de inventario.

## Capítulo 4: Marco teórico

---

### 4.1 Estado del arte

Se revisaron diversas fuentes referentes a control de inventario, donde se pudo recoger investigaciones relacionadas sobre el diseño, desarrollo e implementación de modelos de control de inventario.

Las investigaciones que se pueden resaltar son:

- “Estudio para la implementación del sistema MRP de planificación y control de la producción de una empresa productora de maquinaria de control numérico” realizado por [Amat de Swert, 2009]. Donde propone a través de un sistema MRP: reducir el tiempo de organización de la producción y elevar el control de este, en una empresa manufacturera; reducir plazos de entrega y poder determinarlo con cierta seguridad para elevar la calidad del servicio; reducir niveles de stock y determinar de forma clara los plazos de entrega al conocer el momento y cantidad exacta de material necesario.
- La implementación de sistemas japoneses de gestión de producción y calidad, realizada por [ISESA, 2006]. Donde se comienza a utilizar la herramienta MRP, incorporada en el ERP de ISESA, para lo que fue necesario trabajar con pronósticos de venta y los programas de producción, definir de forma exacta los materiales requeridos, precisar las fechas de ordenes basado en los tiempos de despacho y otros factores de seguridad. De esta forma se lograron objetivos como el aumento de la rentabilidad, coordinación de los equipos de trabajo, metas financieras y de marketing, además de reducción de inventario y mejora en las compras efectuadas.
- “Diseño de un sistema logístico de planificación de inventarios para aprovisionamiento en empresas de distribución del sector de productos de consumo masivo” [Castellano De Echeverría, 2012]. Donde se propone la utilización de softwares pronosticadores de demanda, para el proceso de planificación de demanda, y utilizar como base, procesos logísticos especializados, y para el proceso de planificación de inventarios, se plantea la aplicación de las técnicas de DRP (Plan de Recuperación de Desastres) y MRP mediante hojas de cálculo Excel. El resultado de esta medida ha permitido: “Generar los planes de aprovisionamiento oportunamente para sostener la actividad comercial del negocio de la industria de distribución, manteniendo los niveles de inventario que la organización considere conveniente, evitando riesgos de desabastecimiento y controlando la inversión de capital”.

## 4.2 Aprovisionamiento

En las empresas tanto manufactureras, de prestación de servicios y/o de ventas, es necesario adquirir materia prima y/o diversos insumos para poder fabricar distintos productos o ejecutar diferentes actividades. El aprovisionamiento de las empresas consiste en adquirir estos insumos, materiales, materias primas, entre otros, idealmente en el momento oportuno y al más bajo costo posible, en relación con la calidad requerida.

Tradicionalmente, se ha considerado el aprovisionamiento como sinónimo de compra o adquisición de bienes/servicios, pero el concepto abarca mucho más. Además de la compra de la mercancía, el aprovisionamiento incluye el proceso de almacenamiento, donde se procura la acumulación de existencias, clasificación y conservación de éstas, y la gestión de inventario.

## 4.3 Gestión de inventario

El propósito básico del análisis del inventario, ya sea en empresas manufactureras o de servicios, es lograr responder a dos problemas fundamentales en la gestión de inventarios, estos son:

- 1) **¿Cuándo es necesario pedir?**
- 2) **¿Qué tan grandes deben ser los pedidos?**

Para responder estas interrogantes, es necesario conocer información de distintas unidades que conforman la organización, y que por lo general, su acceso no es fácil. Dicha información suele ir asociada a la demanda de los productos, además del aprovisionamiento (incluido los costos y los plazos de entrega), el almacenamiento y la gestión propiamente tal de los inventarios.

Como lo dejó en manifiesto [Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009], “Los inventarios son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos”.

La ilustración 4.1 muestra los distintos tipos de inventarios de la cadena de suministro<sup>11</sup>, como materia prima, inventarios en plantas manufactureras e inventarios en almacenes.

---

<sup>11</sup> “La cadena de suministros (SC, por sus siglas en inglés) abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados. Los materiales y la información fluyen en sentido ascendente y descendente en la cadena de suministros.”[Handfield & Nichols Jr, 1998].

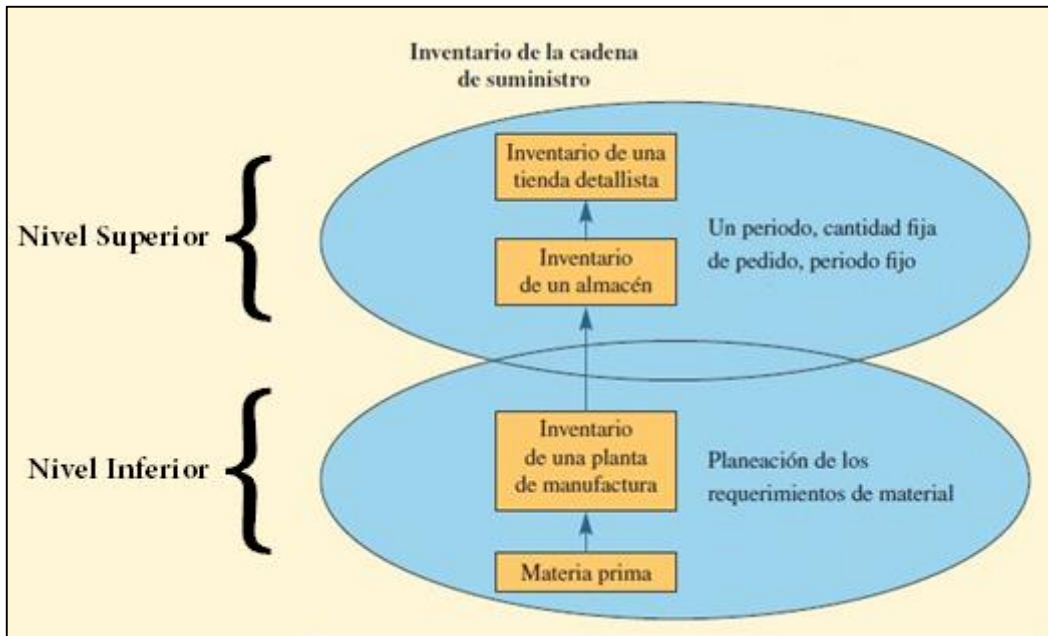


Ilustración 4.1: Inventarios de la cadena de suministro. Fuente: Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros. [Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009]

Realizando un análisis entre la ilustración 4.1 y el nivel de inventarios a almacenar, se puede plantear que en el nivel superior, se almacena generalmente, una mayor cantidad o existencias (*stock*), con el fin de entregar con mayor rapidez, el producto solicitado por los clientes.

Es posible clasificar los tipos de inventarios según su naturaleza. Aunque es la más conocida, ésta no es la única [Castellano De Echeverría, 2012]. La clasificación de los inventarios por naturaleza, se muestra en la ilustración 4.2.

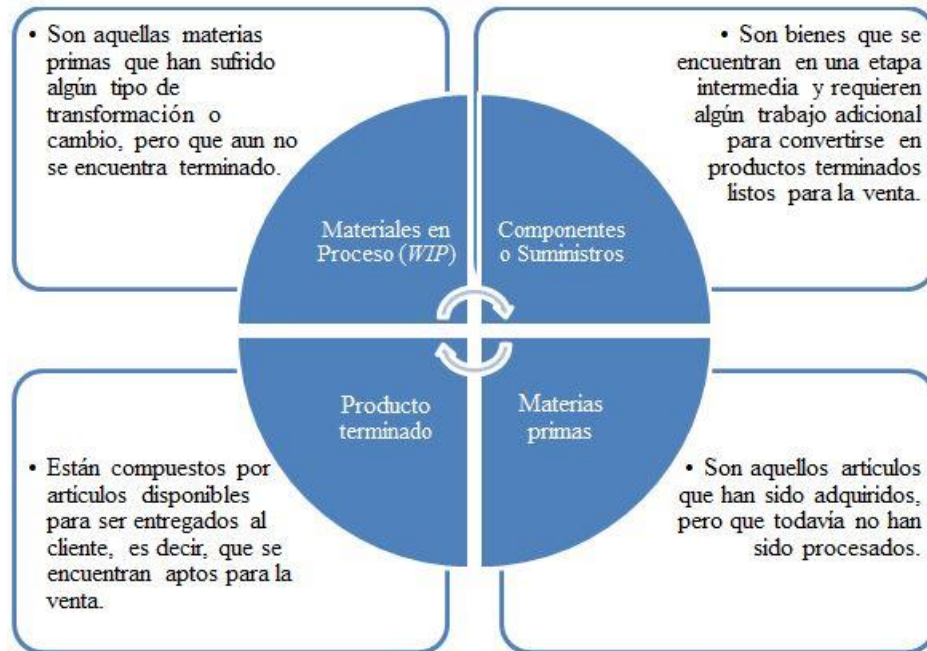


Ilustración 4.2: Tipo de inventario por naturaleza. Fuente: Elaboración propia.

Además se pueden clasificar los inventarios, según su función. Esto respondiendo a la pregunta de por qué es necesario tener *stock*:

- **Para mantener la independencia entre las operaciones.** Al tener un suministro de materiales en los distintos centros de trabajo, permite obtener una flexibilidad en las operaciones, de esta forma se reduce por ejemplo, el tiempo de producción en empresas manufactureras que dependen de procesos predecesores.
- **Para cubrir la variación en la demanda.** Por lo general, las empresas poseen demandas de productos inciertas, o que varían de un periodo a otro. Por esta razón, es necesario precisar de inventarios de seguridad.
- **Para permitir flexibilidad en la programación de la producción.** Al tener inventarios, el sistema de producción y la planeación de la producción, tienen holguras de tiempo superiores.
- **Protegerse contra la variación, en el tiempo de entrega de la materia prima.** Debido principalmente a la dependencia de los proveedores de materia prima.
- **Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido (economía de escala).**

Bajo estos propósitos, [García-Sabater, 2004] descompone el inventario en cuatro componentes básicos:

1. **Stock de Ciclo:** Es el resultante de aplicar las distintas políticas de pedido, y viene determinado por la frecuencia de pedidos y por la cantidad que se pide cada vez.

2. **Stock de Seguridad:** Es el que se mantiene como protección contra la incertidumbre de la demanda (y en ocasiones también del suministro).
3. **Stock de Anticipación:** Es el acumulado como anticipación a una necesidad o porque una oferta especial así lo propone (Stock de Promoción), o también para conseguir ventajas en el mercado ligadas al alza de precios (Stock de Especulación).
4. **Stock en tránsito:** Es el que está en tránsito entre proveedores y clientes y que puede ser identificado por separado.

Por otro lado, la administración del inventario también tiene costos asociados al momento en que se toma una decisión que afecte su tamaño. Estos costos pueden clasificarse en:

- **Costos de almacenamiento:** Es el costo asociado a la posesión y mantenimiento de los inventarios a lo largo del tiempo, éste incluye los costos referentes a seguros, depreciación, pérdidas, obsolescencia, infraestructura de bodega y sus gastos, impuestos y costos de oportunidad del capital. Estos costos suelen ser bajos para bajos niveles de inventario y alta rotación.
- **Costos de configuración o cambio de producción:** para fabricar un producto, es necesario obtener el material necesario, el arreglo de las configuraciones específicas en la máquina, el llenado del papeleo requerido, el cobro de tiempo y material, y la salida de las existencias anteriores. Si no hubiera costos ni tiempo perdido al cambiar de un producto a otro, se producirían muchos lotes pequeños, y esto reduciría los niveles de inventario, con un ahorro en los costos.
- **Costos de pedidos:** También denominados costos de lanzamiento. Se refieren a los costos administrativos necesarios para realizar una orden de compra o producción, como el conteo de piezas y el cálculo de las cantidades a pedir, los que generalmente son costos fijos. Además de los relacionados con el transporte y la recepción (descarga e inspección) y costos de envío del proveedor, costos que son variables.
- **Costos de ruptura de stocks:** Cuando las existencias de una pieza se agotan, el pedido debe esperar hasta que las existencias se vuelvan a surtir o bien es necesario cancelarlo. Se establecen soluciones de compromiso entre manejar existencias para cubrir la demanda y cubrir los costos que resultan por faltantes. Este tipo de costos puede determinarse con bastante precisión. Otros no son tan fáciles de identificar, como el costo en términos de pérdida de fidelidad del cliente o la reputación general de la compañía.

## 4.4 Modelos de control de inventario

Según [Bustos Flores & Chacón Parra, 2010], es posible dividir los tipos de modelo de gestión de inventario de acuerdo a los criterios que se muestran en la ilustración 4.3:

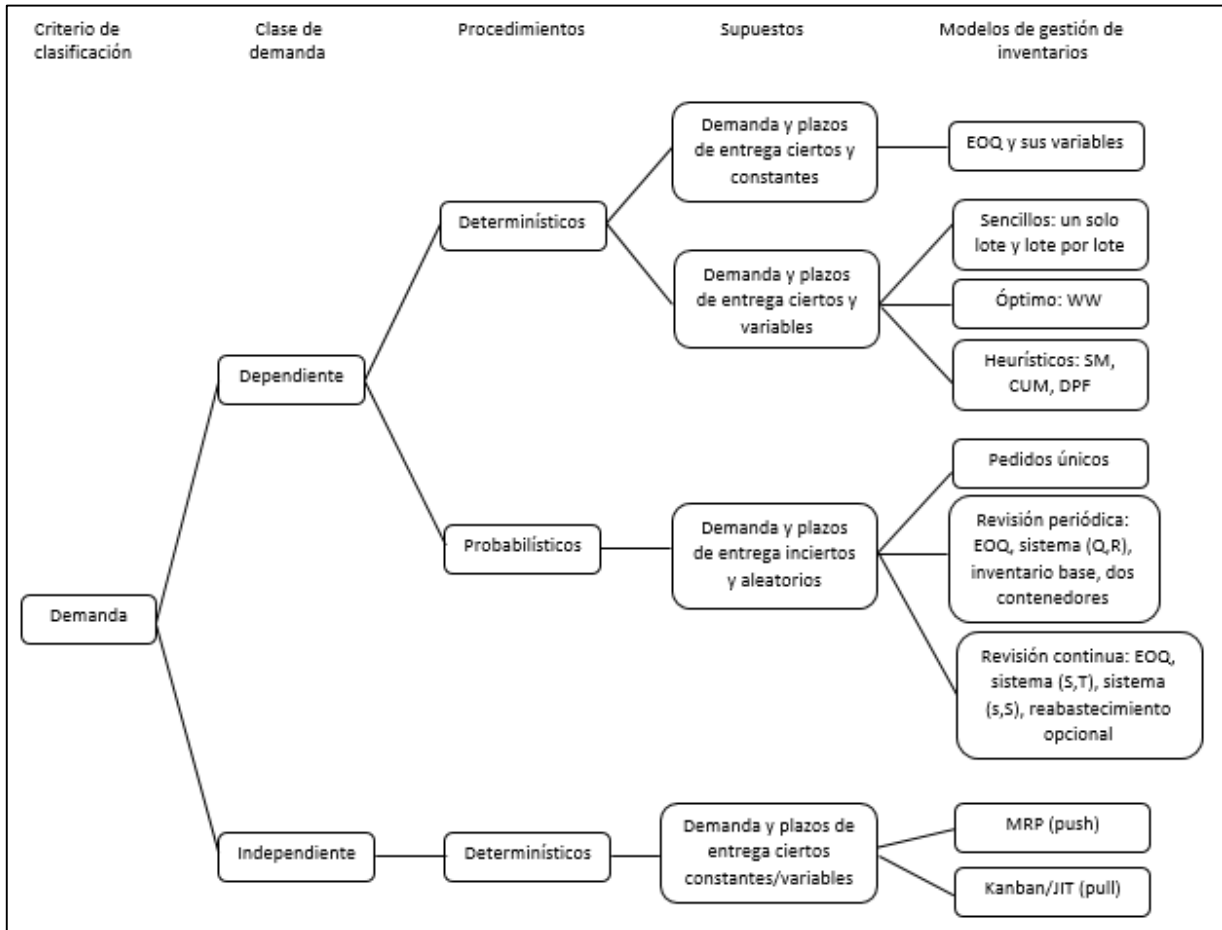


Ilustración 4.3: Modelo de gestión de inventarios. Fuente: [Bustos Flores & Chacón Parra, 2010].

Para efectos aclarativos del contexto teórico de este proyecto de título, se dará una pequeña explicación sobre cada uno de estos modelos, desarrollados por [Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009]

## **Demanda independiente**

### **4.4.1.1 Determinísticos**

#### **a) Demanda y plazos de entrega ciertos y constantes**

##### **- Modelo EOQ o Modelo Q**

Modelo de gestión de inventarios, propuesto por Wilson en 1928. El modelo trata de determinar el punto específico, R, en que se hará un pedido, así como el tamaño de éste, Q, teniendo por objetivo, la minimización de costos totales.

El punto de pedido, R, siempre es un número específico de unidades. Se hace un pedido de tamaño Q cuando el inventario disponible (actualmente en existencia o en pedido) llega al punto R.

El modelo presenta los siguientes supuestos<sup>12</sup> [García-Sabater, 2004]:

1. La demanda es regular durante el año y constante por unidad de tiempo.
2. El retraso entre el pedido y la entrada<sup>13</sup> del producto en el almacén es conocido y constante.
3. El precio o costo del artículo es conocido y fijo; no depende de la cantidad.
4. No se admite la ruptura de stock.
5. El costo de pedido o de lanzamiento es fijo y conocido.
6. El costo del almacenaje es proporcional al valor en stock.
7. El stock se conoce de modo permanente.

El modelo de cantidad económica de pedido (EOQ, por sus siglas en inglés) obtiene el equilibrio entre 3 costos. Los costos de preparación o de la orden de compra (denominados costos de lanzamiento), los costos de almacenamiento y los costos asociados a la adquisición de productos.

Existen diferentes nomenclaturas utilizadas para describir este modelo. Sin embargo, se utilizarán las siguientes:

**TC** = Costo anual total. [\\$]

**D** = Demanda anual. [Unidades]

**C** = Costo por unidad. [\$/Unidades]

**Q** = Cantidad a pedir<sup>14</sup>. [Unidades]

**S** = Costo de preparación o costo de hacer un pedido. [\\$]

<sup>12</sup> Aunque la situación de una demanda constante no se da en prácticamente ningún caso real.

<sup>13</sup> Lead Time.

<sup>14</sup> la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido, EOQ o Qopt.

**R** = Punto de volver a pedir. [Unidades]

**L** = Tiempo de entrega. [Días]

**H** = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio. [\$/Unidades]

**d** = Demanda diaria promedio. [Unidades/Día]

Al no considerar, por ahora, descuentos por cantidad, éste es un valor que únicamente depende de la cantidad comprada. Por lo tanto, este costo es independiente del tamaño del lote y vale, para el horizonte considerado:

**Costo de compra anual:**  $DC$  [\$] (1)

Los costos de lanzamiento deben ser calculados respecto a un horizonte temporal, en el cual ocurrirán los diferentes lanzamientos. Este horizonte, debe ser el mismo para el que se definió el costo de almacenamiento por unidad. Este costo se expresa del siguiente modo:

**Costos de pedidos anual:**  $\left(\frac{D}{Q}\right)S$  [\$] (2)

Los costos de almacenamiento deben ir vinculados a la cantidad almacenada. Ésta es por término medio la mitad del tamaño de lote. De este modo el costo asociado al almacenamiento durante el horizonte de cálculo, en función del lote de compra  $Q$  es:

**Costo de mantenimiento anual:**  $\left(\frac{Q}{2}\right)H$  [\$] (3)

La ecuación que presenta los costos anuales total, se presenta a continuación. Ésta tiene una representación gráfica, que es posible visualizarla en la ilustración 4.4.

$$TC = DC + \left(\frac{D}{Q}\right)S + \left(\frac{Q}{2}\right)H \text{ [\$]} \quad (4)$$

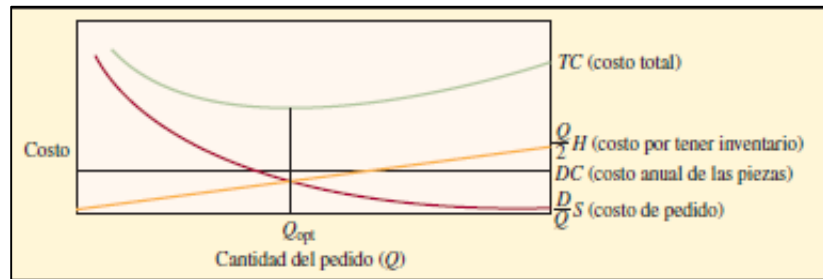


Ilustración 4.4: Costos anuales del producto, con base en el tamaño del pedido. Fuente: Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros. [Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009]

Al derivar (4) con respecto a  $Q$ , es posible encontrar la  $Q_{opt}$ .

$$Q_{opt} = \sqrt{2DS/H} \text{ [Unidades]}$$

Como este modelo supone una demanda y un tiempo de entrega constantes, no es necesario tener inventario de seguridad y el punto de volver a pedir,  $R$ , simplemente es

$$R = dL \text{ [Unidades]}$$

La representación gráfica del modelo EOQ, se describe en la ilustración 4.5.

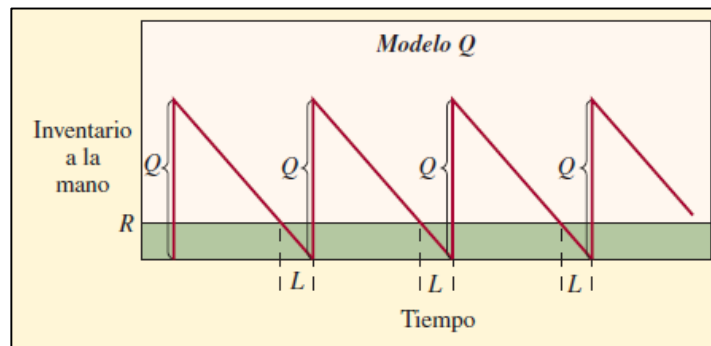


Ilustración 4.5: Modelo EOQ. Fuente: Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros. [Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009]

El efecto representado en la ilustración 4.5 permite demostrar que cuando la posición del inventario baja al punto  $R$ , se vuelve a hacer un pedido. Este pedido se recibe al final del periodo  $L$ , que no varía en este modelo.

**b) Demanda y plazos de entrega ciertos y variables****- Sencillos****▪ Un solo lote**

Utilizado por las empresas para realizar un único pedido de materiales a sus proveedores, en un periodo de tiempo determinado por ellas. De esta forma, se reducen los costos de adquisición, que incluye por ejemplo: precio de materiales, costos de transporte, entre otros. El modelo aprovecha los descuentos que en ocasiones ofrecen los proveedores, al tratarse de lotes de pedido de gran volumen, sin embargo, los costos de almacenamiento aumentan porque los pedidos son mayores. Por lo tanto, este modelo trata de equilibrar los costos del producto y el incremento en el costo de almacenamiento.

**▪ Lote por lote**

Comúnmente conocido como L4L, es una de las técnicas más comunes. En general, se supone que el tamaño del lote más conveniente para un producto (o cualquiera de sus partes), es igual a la cantidad requerida en un cierto periodo, sin embargo, no resulta óptimo.

**- Óptimo****▪ Algoritmo de Wagner-Whitin**

Este modelo, es una versión dinámica del modelo EOQ, que permite que la demanda de los artículos, los gastos de inventario, mantenimiento entre otros, puedan variar en el tiempo. El modelo, también comparte el objetivo de minimizar los costos de ordenar lotes y el de mantener el inventario, entregando como resultado un costo mínimo, asociado a una cantidad óptima a ordenar.

- Heurísticos<sup>15</sup>:

- **Algoritmo Silver-Meal**

“Este método fue desarrollado por Silver y Meal en 1973 y a través del tiempo ha demostrado un resultado satisfactorio cuando el patrón de demanda es muy variable. El objetivo de este método es el de minimizar los costos de ordenamiento y mantenimiento del inventario por unidad de tiempo. Este algoritmo se basa en la siguiente ecuación” [Bustos Flores & Chacón Parra, 2010]

$$K(m) = \frac{1}{m} (A + HD_2 + 2HD_3 + \dots + (m - 1)HD_m)$$

Dónde:

$m = 1, 2, \dots, n$ . Se detiene el procedimiento cuando  $K(m+1) > K(m)$

$K(m)$  = Costo variable promedio por periodo.

$A$  = Costo de la orden de compra o de preparación para la producción.

$H$  = Costo de mantenimiento del inventario por periodo.

$D_m$  = Demanda por periodo.

- **Costo unitario mínimo**

El costo unitario mínimo (CUM), es un método bastante parecido al algoritmo Silver-Meal, salvo que en lugar de promediar los costos en base a los periodos, se promedian en base a las unidades. Es decir, determina el costo promedio por unidad, a medida que aumenta el número de periodos en un pedido de reaprovisionamiento.

$$K'(m) = \frac{(A + HD_2 + 2HD_3 + \dots + (m - 1)HD_m)}{D_1 + D_2 + \dots + D_m}$$

---

<sup>15</sup>Un método heurístico es un procedimiento para resolver un problema de optimización mediante una aproximación intuitiva, en la que la naturaleza intrínseca del problema se usa de manera inteligente para obtener una buena solución, es decir cercana a la óptima o en ocasiones la óptima.

Dónde:

$m = 1, 2, \dots, n$ . Se detiene el procedimiento cuando  $K'(m+1) > K'(m)$

$K'(m)$  = Costo variable promedio por unidad.

$A$  = Costo de la orden de compra o de preparación para la producción.

$H$  = Costo de mantenimiento del inventario por periodo.

$D_m$  = Demanda por periodo.

▪ **Balanceo de periodo fragmentado**

El balanceo de periodo fragmentado (BPF) intenta equilibrar el costo de ordenar un pedido y el costo de mantener el inventario tomando en cuenta las necesidades del tamaño del siguiente lote en el futuro. El equilibrio de unidades entre periodos genera una tasa unidad periodo económica (EPP, por sus siglas en inglés) o factor de periodo fragmentado (FPF), que es la relación entre el costo de ordenar un pedido y el costo de mantenimiento del inventario [Heizer & Render, 2001].

$$FPF = \frac{A}{H}$$

$$VF_m = D_2 + 2D_3 + 3D_4 + \dots + (m - 1)D_m$$

Dónde:

$m = 1, 2, \dots, n$ . Se detiene el procedimiento cuando  $VF_m > VPF$

$VPF$  = Factor de periodo fragmentado.

$A$  = Costo de la orden de compra o de preparación para la producción.

$H$  = Costo de mantenimiento del inventario por periodo.

$VF_m$  = Valor fragmentado para  $m$  periodos.

$D_m$  = Demanda por periodo.

#### 4.4.1.2 Probabilísticos<sup>16</sup>

##### a) Demanda y plazos de entrega inciertos y aleatorios

###### - Pedidos únicos

Se refiere a situaciones de inventarios en los que se ordena un solo pedido para el producto o mercancía. Al final de periodo, se ha vendido todo o resta un saldo excedente que se venderá a un valor de salvamento. El modelo de inventarios de un solo pedido se aplica en situaciones que involucran productos estacionales o perecederos que no se pueden mantener en inventario para venderse en periodos futuros. En la mayoría de modelos de un solo pedido, la demanda exacta no se conoce (ver ilustración 4.6).

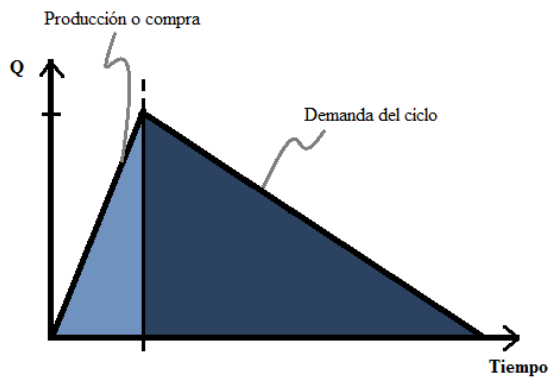


Ilustración 4.6: Modelo de pedidos únicos. Fuente: Elaboración propia.

###### - Revisión periódica

En este sistema, se define un periodo fijo para el reaprovisionamiento de stock. Al final de este tiempo decretado, se ordena una cantidad de artículos, que varía dependiendo de la diferencia que exista entre el stock al momento de la revisión y el nivel máximo fijado.

El nivel máximo a calcular es el nivel de stock a disponer, y debe ser suficiente para cubrir la demanda durante el periodo de revisión, más el plazo de aprovisionamiento.

<sup>16</sup> Modelos estadísticos aplicables cuando la demanda de un producto, o cualquier otra variable, no es conocida pero puede especificarse por medio de una distribución de probabilidad.

- Revisión continua

En este sistema, el periodo entre un reaprovisionamiento y otro es variable, ya que esto depende del punto de reorden. Es decir, el pedido se hace al momento en que el nivel de inventario llega a un punto en el que es suficiente para poder abastecer la demanda que surge mientras se espera la llegada del nuevo lote. Además, el tamaño del pedido a solicitar, siempre será el mismo.

## **Demanda dependiente**

### **4.4.2.1 Determinísticos**

#### **a) MRP (push)**

Un MRP I (*material requirements planning*) es un sistema de planificación de necesidades de materiales, que permite ver cuáles serán las necesidades para un futuro cercano, y de esta forma, poder reconocer el momento en que es necesario realizar un reaprovisionamiento de materiales.

Los primeros pasos del MRP se remontan a los años 40 de manos del ejército de Estados Unidos, ya finales de los años 50, pasa a ser parte de los sectores manufactureros de Norteamérica. El crecimiento de los MRP en esos años fue potenciado por la evolución de los computadores, ya que en éstos se podía manejar, gestionar, procesar y enviar información de manera más rápida.

Para los años 60 y 70 los MRP evolucionaron en su estructura, permitiendo planear las necesidades de insumos en base a la demanda real, por lo tanto los costos disminuían y se compraba sólo lo necesario y en el momento adecuado. De esta forma, el MRP aporta para reducir inventarios de los materiales que se utilizan en el proceso productivo.

Este modelo está basado en artículos con demanda dependiente, es decir, que dependen del programa de producción del producto principal. Además su complejidad es variable, cambia de acuerdo al tipo de productos que se fabrican.

Cuando la demanda resulta de una decisión respecto a cuándo y cuántos artículos van a fabricarse, ésta no actúa de forma homogénea a lo largo del tiempo, sino que lo hace en forma discreta y por saltos.

Para responder a las preguntas de cuándo y cuánto material va a aprovisionarse, principalmente es necesario disponer de los siguientes datos:

- El plan maestro de producción (MPS: *Master Production Schedule*): el cual muestra la cantidad y el tipo de productos a fabricarse en un periodo determinado de tiempo. En toda planta productiva existen restricciones de instalaciones y máquinas, por lo que el MPS definitivo debe comprobarse para garantizar hasta un nivel razonable que es factible o realizable.
- La estructura del producto (BOM: *Bill Of Materials*): también llamada lista de materiales, indica para cada producto, los tipos y cantidad de materiales que se necesitan para su fabricación.
- El estado de los stocks: el estado del inventario recoge las cantidades de cada uno de los materiales de la planta que están disponibles o en curso de fabricación.

“Así pues, MRP I consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, que es el plazo de fabricación o de compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar (o aprovisionar) las componentes con el debido desajuste respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación” [Companys Pascual & Fonollosa i Guardiet, 1989].

La evolución de este sistema, dio paso al MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) o planeación de recursos de manufactura, el cual es un método para una planificación eficaz de todos los recursos de una empresa de fabricación. Este sistema agrega más áreas de la empresa que participan en el programa de producción.

Una de las primeras funciones incluidas fue la de compras, también coordina las ventas y finanzas, además de que logra la planificación y el control de la capacidad.

Finalmente en los años 2000 llega el ERP (*Enterprise Resource Planning*), sistema que integra la mayoría de las actividades relacionadas con los aspectos operativos y productivos de una empresa. Es decir, producción, ventas, compras, logística, contabilidad, gestión de proyectos, sistema de información geográfica, inventarios, pedidos, nóminas, etc., se integran en una única aplicación. Lo que permite optimización de los procesos empresariales; acceso a toda la información, de manera confiable, precisa y oportuna; eliminar datos y operaciones innecesarias de reingeniería; otorgar tiempos rápidos de respuesta, entre otras cualidades.

**b) Kanban/JIT (pull)**

Los sistemas de inventario justo a tiempo (JIT: *Just In Time*), implican operaciones donde los artículos de inventario llegan justo al momento en que son necesarios para la producción, en vez de estar almacenados en bodega. Por lo que el objetivo del JIT es tener disponible solamente los materiales suficientes para realizar la producción del día, y así reducir el inventario de bodega al máximo posible, al igual que los costos asociados y el tiempo muerto de la empresa.

En Japón, los sistemas JIT poseen el control de la producción a través del sistema Kanban, que significa “tarjeta” o “señal”. Esto haciendo referencia al sistema de envío de mercancía por parte de proveedores, ya que ellos al enviar los contenedores, lo hacen junto con una tarjeta que al llegar a la planta de producción, los operarios la retiran y envían de vuelta al proveedor. Cuando éste hace la recepción de la tarjeta, inicia el envío de otro contenedor de artículos, que idealmente, llegará a manos del obrero de producción justo en el momento en que se está usando la última pieza del primer contenedor.

“En definitiva, el Kanban es un sistema de transmisión de órdenes de producción y órdenes de recogida de materiales y productos de los proveedores y líneas de producción correspondientes dentro de un proceso productivo, en la clase, cantidad y momento que se precisan.” [Cuatrecasas Arbós, 2012]

Las funciones principales del Kanban son:

- El control de la producción: Que se entiende como la integración de los diferentes procesos de producción en la planta y el desarrollo de un sistema JIT en el que los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fábrica.
- La mejora de los procesos: se entiende como la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban, esto se hace mediante distintas técnicas, tales como: reducción del set up, eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, poka-yoke, etc.

## 4.5 Justificación del modelo seleccionado

De todos los modelos expuestos en el acápite anterior, es posible escoger uno que se adapte perfectamente a un caso, o quizás extraer diversas características de algunos o todos ellos, para así adecuarlo a una experiencia en particular. Para la situación expuesta en este proyecto de título, se usará un modelo de base, el cual tendrá modificaciones para poder satisfacer los requerimientos mostrados.

En primera instancia se descartarán los modelos con enfoque a tratar una demanda independiente, ya que la problemática estudiada está direccionada a la administración de insumos necesarios para la fabricación de productos finales. La demanda de estos artículos, indiscutiblemente, dependerá de la cantidad de bienes que se vayan a producir dentro de un periodo determinado, lo que se traduce a que la demanda de los insumos a estudiar, sea dependiente.

Dentro de los modelos de demanda dependiente expuestos, se mencionaron el sistema MRP y el sistema JIT.

El primero se basa en un enfoque de administrar inventario denominado “*push*”, el cual se desarrolla cuando la planeación de la fabricación empuja (*push*, en inglés) la demanda. Es decir, las órdenes de producción se basan en pronósticos hechos para un periodo definido, generalmente mediano a largo plazo, por lo que son órdenes de gran volumen y por lo tanto generan altos niveles de inventario. Este enfoque funciona bastante bien cuando la manufactura de los productos se ve enfrentada a altas economías de escala, en cambio tiene desventajas cuando se trata de productos que con el tiempo se vuelven obsoletos, al igual que los artículos en inventario.

El segundo sistema se desarrolla con un enfoque llamado “*pull*”, donde la demanda es la que determina el volumen a producir. La cantidad a producir es de tamaño pequeño, por lo que los costos por inventario son bajos al igual que el riesgo por obsolescencia de los productos fabricados y los artículos de inventario. EL JIT es conveniente cuando el mercado está en un ambiente de innovación, flexibilidad y variedad, pero está en desventaja por la necesidad de tener capacidad para los periodos de alta demanda, y pequeñas economías de escala.

La razón de la utilización del sistema MRP por sobre JIT, es que el primero está adaptado a empresas manufactureras que poseen una producción intermitente (no repetitiva o continua como lo es para el sistema JIT<sup>17</sup>) y que poseen una gama amplia de productos finales, listas de materiales complejas y generalmente utilización de grandes lotes de fabricación.

---

<sup>17</sup>No todas las empresas desarrollan un tipo de producción denominada “pura”, bien de tipo repetitivo, o bien por lotes, dado que a veces, puede existir en una misma empresa productos que deben ser fabricada de forma repetitiva y otros que requieren operaciones por lotes.

Además que el sistema JIT plantea una serie de cambios en el diseño y en el concepto de los sistemas productivos, como lo es la distribución de las plantas, la reducción de los tiempos de preparación, desarrollar la multifuncionalidad de los trabajadores, técnicas para aumentar la calidad total, entre otras actividades, que generan costos adicionales a las organizaciones y que son complejas en su implementación. En contraparte, el sistema MRP, no incide directamente sobre las actividades antes mencionadas, el sistema acepta la complejidad del actual sistema productivo, al que intenta gestionar de la forma más eficiente posible.

Dentro del sistema MRP, se justifica el uso del sistema MRP I, debido a que su ámbito de desarrollo es la gestión de stocks, fundamento del desarrollo del presente proyecto de título. Sin embargo, el concepto de desarrollo del sistema MRP II, no se excluirá del todo. Se debe mencionar que este sistema posee una complejidad superior al sistema MRP I, al considerar por ejemplo las capacidades en mano de obra, maquinaria, entre otras variables que no son fundamentales para desarrollar la presente propuesta, pero que serán consideradas.

El desarrollo de un sistema ERP será excluido, porque no es uno de los objetivos, el desarrollar un sistema de información, que integre el resto de áreas de Nexans Chile S.A.

## Capítulo 5: Análisis

---

### 5.1 Datos

Se consideraron los tiempos programados de producción y la actividad de máquinas correspondientes a los años 2013 y 2014. Para efectos de actualidad en la información, además de una base más representativa (debido al tamaño de la muestra en comparación al año 2013), sólo se considerará el rango comprendido entre los días 01 de Enero de 2014 al 31 de Diciembre de 2014, para realizar el análisis de datos.

A continuación, en la tabla 5, se presentan los tiempos incurridos en horas, por código de actividad durante el año 2014. Esta información, fue posible extraerla desde el sistema SAP-Productivo de Nexans Chile S.A.

<b>Actividad</b>	<b>Duración Horas año 2014</b>
<b>Término de producción</b>	320.537
<b>Producción</b>	82.018
<b>Preparación máquina</b>	37.929
<b>Mantenimiento preventivo</b>	16.708
<b>Colación</b>	5.514
<b>Falta de alimentación</b>	4.012
<b>Paros varios</b>	2.111
<b>Avería eléctrica</b>	1.295
<b>Avería mecánica</b>	1.148
<b>Liberación mantención</b>	1.013
<b>Falta operador</b>	343
<b>Problema materia prima</b>	43
<b>Problema utilaje</b>	43
<b>Total general</b>	<b>472.714</b>

Tabla 5: Duración en horas por actividad año 2014. Fuente: Elaboración propia.

Según lo mencionado en la sección 1.2.2, la duración de cada actividad notificada en el sistema SAP, es responsabilidad del operador que esté utilizando la (s) máquina (s). Sin embargo, la veracidad de la información reportada, posee un porcentaje de error, debido a la

forma en que notifican los operadores (error de tipeo, desconocimiento de los códigos de actividad, entre otras).

Analizando las actividades notificadas, se deben excluir las siguientes: Término de producción, producción, preparación máquina, mantenimiento preventivo y colación, puesto que son eventos previstos (considerados con anticipación.) y están planificados en los programa de producción. Por lo tanto, el campo de investigación queda reducido a las siguientes actividades, expuestas en la tabla 6:

<b>Actividad</b>	<b>Duración Horas</b>
<b>Falta de alimentación</b>	4.012
<b>Paros varios</b>	2.111
<b>Avería eléctrica</b>	1.295
<b>Avería mecánica</b>	1.148
<b>Liberación mantención</b>	1.013
<b>Falta operador</b>	343
<b>Problema materia prima</b>	43
<b>Problema utilaje</b>	43
<b>Total general</b>	<b>10.008</b>

Tabla 6: Duración en horas por actividad año 2014, reducida. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera es posible observar los tiempos destinados en las actividades registradas por los operarios y que pueden variar a lo largo del tiempo, es decir, aumentar o disminuir su duración, mediante distintas gestiones; actividades que podrían denominarse “problemáticas”. El ideal para la empresa indudablemente sería disminuir o eliminar por completo estas horas y utilizarlas exclusivamente en tiempo de producción, para aumentar por ejemplo, el índice OEE de la compañía, incrementar el %OTIF, aumentar la productividad de la planta, entre otros KPIs.

Para un primer análisis de esta tabla (tabla 6), se realizó un diagrama de Pareto<sup>18</sup> en función de las horas de duración que tuvo en total cada actividad durante el año 2014 y de esta manera poder dimensionar gráficamente la duración de cada una de ellas. Éste se presenta a continuación en la ilustración 5.1.

<sup>18</sup> También denominado clasificación ABC.

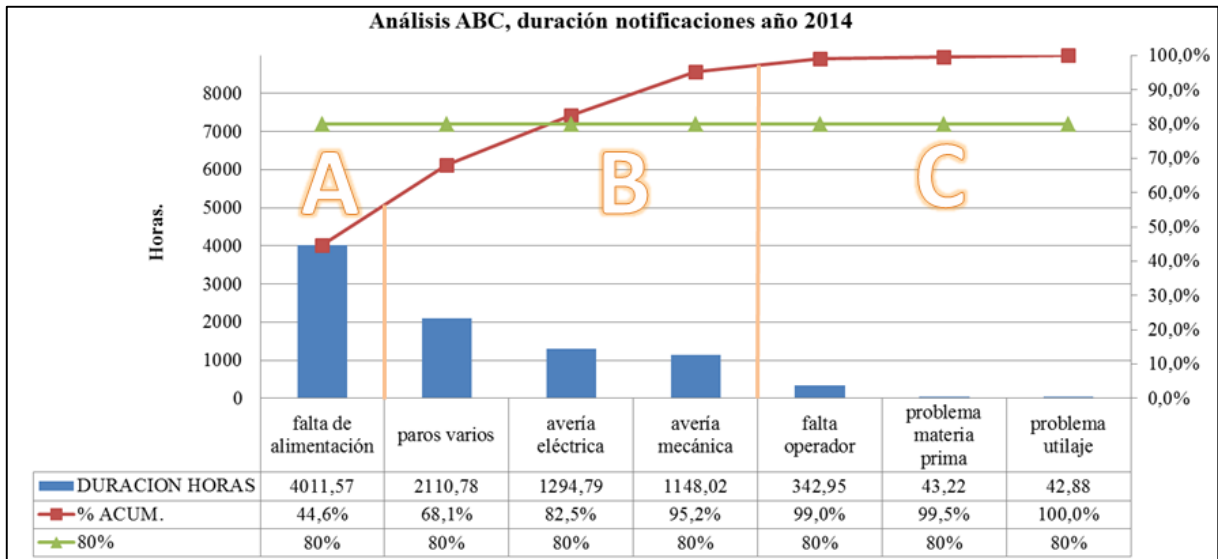


Ilustración 5.1: Análisis ABC. Fuente: Elaboración propia.

Se hizo la distribución ABC tomando en cuenta que la prioridad es resolver la falta de alimentación en las máquinas, la cual ocupa cerca del 45% del total de actividades problemáticas. Seguido del grupo B donde se encuentran los paros varios y averías, y finalmente el grupo C que contiene menos del 5% de las horas y que está compuesto por la falta de operador, problemas en la materia prima y problemas con el utilaje.

De todas las posibles causas por las que se puede notificar una falta de alimentación, la falta de *ME-630* y *ME-800* es la más recurrente y que presenta un comportamiento constante en el tiempo, esto es posible visualizarlo a continuación en la ilustración 5.2.

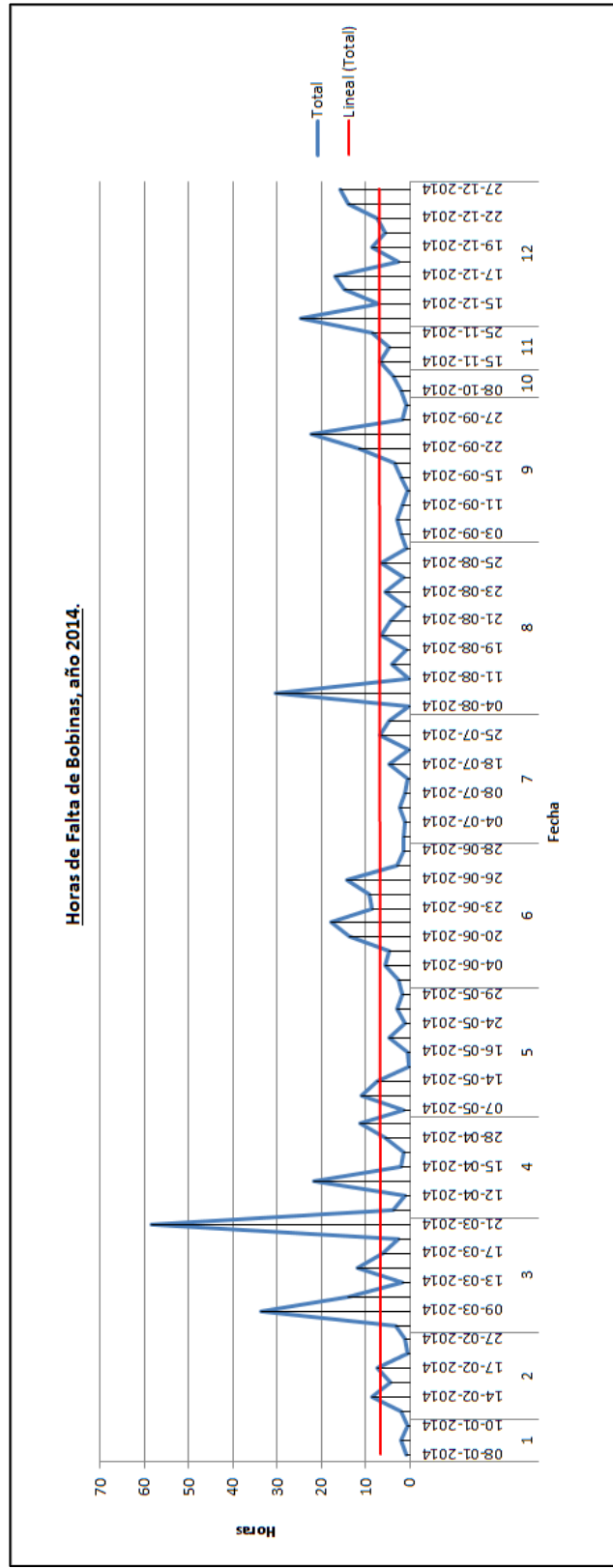


Ilustración 5.2: Cese en horas por de falta de bobinas, año 2014. Fuente: Elaboración propia

Al hacer un análisis exhaustivo a la cantidad de notificaciones por “falta de bobinas”, se confirma el comportamiento constante de esta falta de insumos. Para demostrar lo anterior, se presentan los meses con una mayor cantidad de notificaciones por falta de bobinas *ME-630* y *ME-800* durante el año analizado (ver ilustración 5.3).

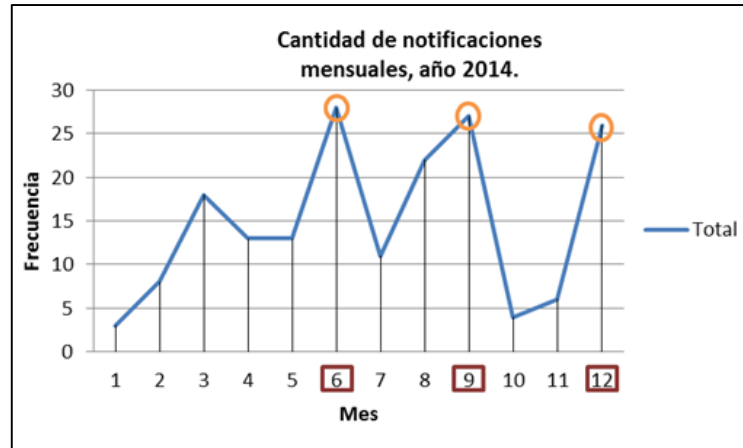


Ilustración 5.3: Notificaciones mensuales por “Falta de bobinas”, año 2014. Fuente: Elaboración propia

No obstante, es posible que el comportamiento, tanto de la cantidad de notificaciones mensuales y las horas incurridas por falta de bobina, aumente su frecuencia debido a la forma de notificar por parte de los operadores.

Para cuantificar esta desviación, el análisis de datos se centró en la forma de notificar una falta de bobina, independiente de su tipo. De esta forma, es posible demostrar que existe un 34% de error en el código de actividad para notificar este evento en particular (ver ilustración 5.4).

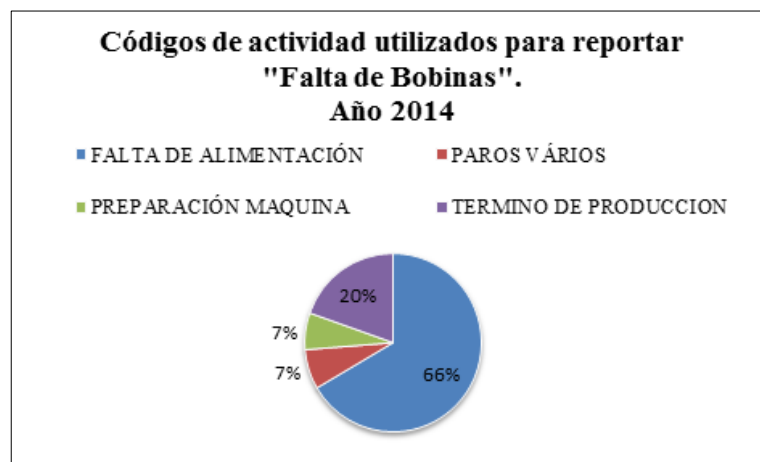


Ilustración 5.4: Códigos de actividad utilizados para reportar “falta de bobinas”, año 2014. Fuente: Elaboración propia

Para medir la problemática abordada en este proyecto de título, se considerará el campo “observación” de la base de datos obtenida (ver anexo 7). Este campo contiene los comentarios ingresados por los operadores de las máquinas en el sistema SAP.

Gracias a lo anterior, se logró determinar las máquinas que reportan con mayor frecuencia una falta de *ME-630* y *ME-800*, además de dimensionar los ceses de producción anual (medidos en horas), la cantidad de notificaciones por falta de estos insumos, la duración promedio de ellas, y finalmente, la cantidad de horas al mes (promedio) de ceses de producción. Parámetros que se presentan en la ilustración 5.5.

Máquinas	Cese de producción anual en horas	Frecuencia falta de bob	Cese promedio por falta de bob (horas)	Cese mensual promedio (horas)	Varianza (horas)
218	124,01	35	3,54	10,33	9,75
630	117,99	32			
800	6,02	3			
135	121,2	19	6,38	10,10	7,76
630	79,28	11			
800	1,63	3			
630-800	40,29	5			
219	98,07	35	2,80	8,17	7,02
630	86,45	31			
800	11,62	4			
225	83,81	9	9,31	6,98	13,45
630	83,81	9			
122	72,98	30	2,43	6,08	6,12
630	25,22	6			
800	43,43	23			
630-800	4,33	1			
105	49,5	30	1,65	4,13	4,28
630	48,6	29			
800	0,9	1			
226	26,52	9	2,95	2,21	16,68
630	26,52	9			
130	6,43	2	3,22	0,54	1,05
630	6,43	2			
131	5,87	6	0,98	0,49	1,54
630	5,87	6			
223	3,15	1	3,15	0,26	3,15
800	3,15	1			
205	2,21	2	1,11	0,18	1,33
630	2,21	2			
222	0,45	1	0,45	0,04	0,45
630	0,45	1			
<b>Total general</b>	<b>594,2</b>	<b>179</b>	-	-	-

Ilustración 5.5: Análisis ceses de producción por falta de *ME-630* y *ME-800*, año 2014. Fuente: Elaboración propia.

La imagen permite visualizar las máquinas críticas que aportaron a los ceses de producción de la planta. De la muestra obtenida, cabe mencionar que las máquinas involucradas corresponden al sector de metalurgia de la planta productiva, y en esencia, queda demostrado que es este sector, el que requiere mayor stock de los insumos estudiados.

Al realizar un desglose de información por tipo de bobina, es posible obtener las siguientes observaciones:

- **ME-630.**
  - Un tiempo de ocio en las máquinas de 527,45 horas (ver anexo 8), lo que corresponde al 10,04% del  $TPO_{planta2014}$ .
  - Una duración promedio de 5.67 horas por cada cese de producción.
  - Incurrir en costos fijos por \$8.554.269<sup>19</sup>, debido al uso de energía y horas hombre sin producir. Calculado en base al tiempo de ocio por falta de bobinas tipo *ME-630*.
  - Incurrir en costos de capital inmovilizado por \$6.478.077<sup>20</sup>.
  
- **ME-800.**
  - Un tiempo de ocio en las máquinas de 111,37 horas (ver anexo 9), equivalente al 2,12% del  $TPO_{planta2014}$ .
  - Una duración promedio de 4.84 horas por cada cese de producción.
  - Incurrir en costos fijos por \$1.904.337, debido al uso de energía y horas hombre sin producir. Calculado en base al tiempo de ocio por falta de bobinas tipo *ME-800*.
  - Incurrir en costos de capital inmovilizado por \$1.367.833.

Como se mencionó en la problemática, la cantidad de bobinas que posee Nexans Chile es limitada. Para comprobar la cantidad de *ME-630* y *ME-800*, informadas por el área estudiada, se realizó un inventario en planta el día 27 de Febrero de 2015. Concluido el inventario, se determinó una discrepancia en la cantidad de *ME-630* y *ME-800* informadas con las reales en planta, por lo que el modelo se realizará tomando en cuenta las cifras de este último conteo (ver tabla 7).

<b>Tipo de Bobina</b>	<b>Información manejada por el área</b>	<b>Cantidad real en planta.</b>
<i>ME-630</i>	411	398
<i>ME-800</i>	220	198

Tabla 7: Disponibilidad real de *ME-630* y *ME-800*. Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el inventario, se logró determinar tres estados posibles de estos insumos: *WIP*, vacías y bobinas por recuperar. Además estos insumos, al ser de uso constante y reutilizables cada vez, no poseen un lugar fijo para almacenarlos, por lo que se encuentran disgregados por toda la planta, ver ilustraciones 5.6 y 5.7.

<sup>19</sup>Considerando las horas hombres por un monto de \$24.848, y los costos de energía por \$11.308. Fuente: Gerencia de Operaciones.

<sup>20</sup> Considerando un costo estándar de \$12.282

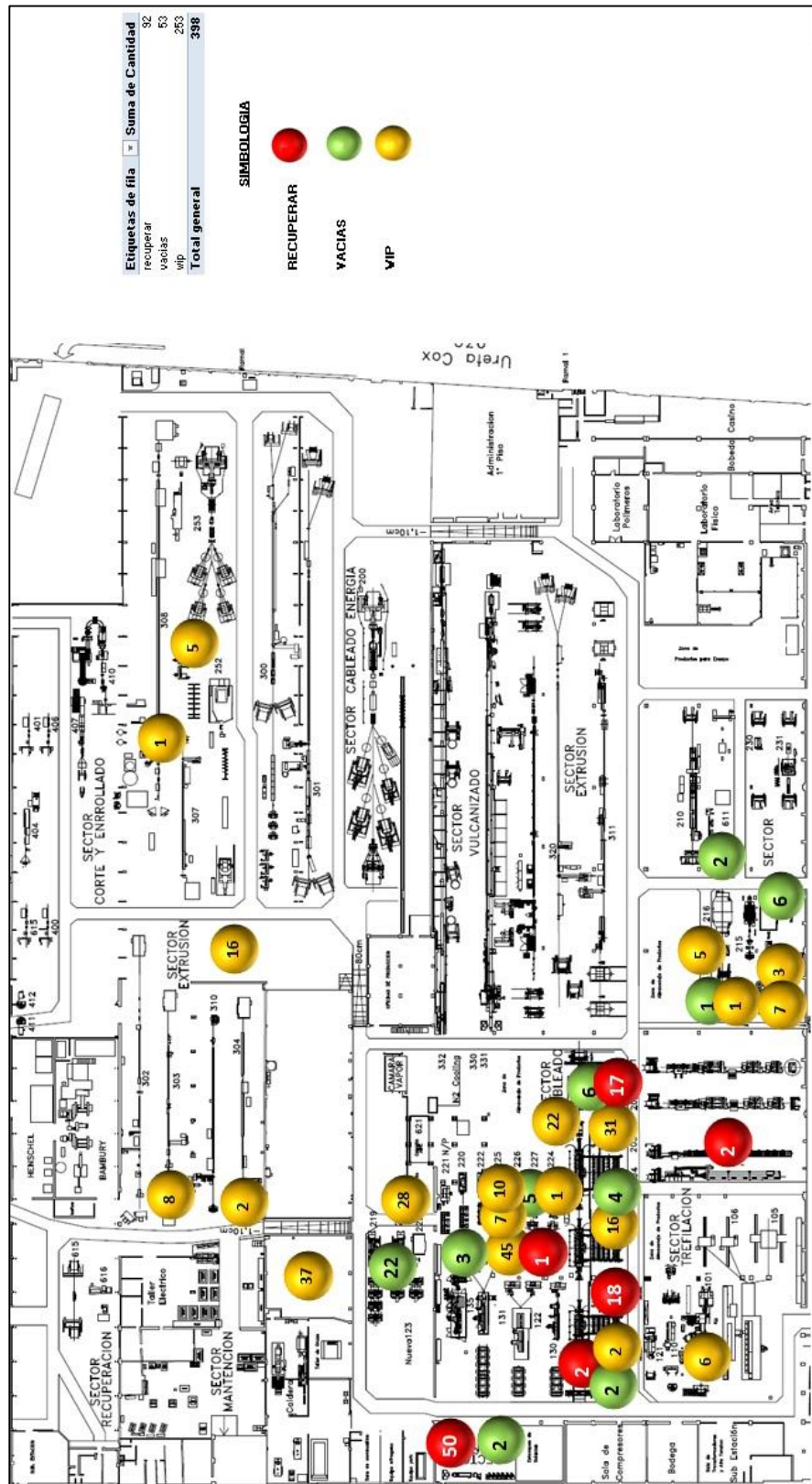


Ilustración 5.6: Inventario de Bobinas ME-630, 27 Febrero de 2015. Fuente: Elaboración propia.



En la sección 1.2.2 del presente trabajo, se expusieron los productos fabricados por Nexans Chile S.A., clasificados por familia tecnológica. Para el desarrollo del MPS, se analizó cada familia tecnológica de productos con el objetivo de establecer la cantidad de procesos necesarios para fabricarlos, es decir, para cada familia de productos se registró una ruta, la que muestra secuencialmente los procesos de elaboración de la familia, incluyendo el número de máquina por la que puede pasar (ver anexo 10). Además, este análisis se complementó con visitas a planta y entrevistas no estructuradas con operadores, para determinar las máquinas en las que es posible utilizar bobinas tipo *ME-630* y/o *ME-800* (ver anexo 11). Conjunto con estos dos elementos, el stock de bobinas y el MPS otorgado por el área de programación, es posible realizar un sistema MRP para la gestión y el control de los insumos en estudio.

El sistema MRP diseñado, considerará exclusivamente los productos genéricos fabricados en la zona de metalurgia de la planta productiva. Sin embargo no es excluyente su funcionamiento, sería posible modificarlo para productos específicos.

La razón fundamental del uso exclusivo de productos genéricos, radica en que estos productos representan el 68% de fabricación mensual en promedio, además su fabricación es utilizada para tener cuerdas en stock, y aprovecharlas en la fabricación de productos específicos. Para dimensionar el uso de estos productos genéricos, se presenta la fabricación de éstos en el mes de Mayo del año 2015 (ver tabla 8). La columna denominada “Uso para MTO”, indica la cantidad de órdenes de fabricación específicas, que utilizaron este producto genérico. La totalidad de productos genéricos es posible ver en Anexo 12.

Producto genérico	Metros fabricados	Uso para MTO
12awg (7 x 0,78mm) Comprimido	7.800.000	9
14awg (7 x 0,61mm) Comprimido	9.400.000	10
10awg (7 x 0,98mm) Comprimido	1.300.000	5
AL/CU-BLDO 0,254MM	99.000.000	53
AL/CU-BLDO 0,305MM	73.000.000	33
AL/CU-BLDO 0,403MM	99.000.000	38
AL/CU-BLDO 2,637MM	5.800.000	146
AL/H07V-U 0,45/0,75KV 1,5MM2 PARA CORTE	3.940.000	22
AL/H07V-U 0,45/0,75KV 2,5MM2 PARA CORTE	3.200.000	13
CB/THHN 0,6KV 14AWG PARA CORTE	1.400.000	10
CB/THHN 0,6KV 12AWG	1.200.000	9
CB/THHN 0,6KV 10AWG	190.000	5
CB/CU-BLDO 4MM2 49HX0,305MM Clase 5	840.000	10
12awg (59 x 0,254mm) Flexible	95.000	3
10awg (65 x 0,305mm) Flexible	98.000	4
CB/CU-BLDO 1,5 mm2 (26 x 0,254mm)	1.000.000	12
CB/CU-BLDO 2,5mm2 (44 x 0,254mm)	930.000	6
14awg (37 x 0,25mm) Flexible	99.000	8
CB/CU-BLDO 6MM2 74HX0,305MM Clase 5	170.000	7
8awg (111 x 0,305mm) Flexible	54.000	6

Tabla 8: Productos genéricos fabricados en Mayo de 2015. Fuente: Área de planificación y programación de la producción.

## 5.2 Propuesta del modelo

El modelo diseñado estará compuesto de dos partes principales:

- La primera es un sistema MRP I, el que combina un sistema de control de bobinas, alimentado a través de una revisión diaria del inventario de éstas, y un planificador de requerimientos de estos insumos, de acuerdo al tipo de producto que se fabricará en un momento en particular.

En la revisión de inventario se clasifican como vacías, aquellas bobinas que estén sin material o que tengan una cantidad mínima, la cual pueda eliminarse con martillo y cincel (ver ilustración 1.5). Por otro lado se tienen bobinas en estado “por recuperar”. Bajo este escenario es posible clasificar las bobinas como: llenas, medias o cuartas, dependiendo de la cantidad de material contenido. Este sistema de control entrega un tiempo aproximado de recuperación de bobinas y además el número de bobinas que están en condición *WIP* (ver ilustración 5.8). El tiempo de recuperación de acuerdo a cada posible estado de la bobina, está dado por un promedio de muestras realizadas en planta (ver tabla 9).

Tipo	Estado		
	Llenas	Medias	Cuartas
ME-630	120 minutos	60 minutos	30 minutos
ME-800	240 minutos	120 minutos	60 minutos

Tabla 9: Tiempo de recuperación de bobinas *ME-630* y *ME-800*. Fuente: Elaboración propia.

<b>SISTEMA DE CONTROL DE BOBINAS</b>					
Fecha control		26-06-2015			
Zona de bobinas vacías					
Tipo		Cantidad			
ME-630		15			
ME-800		8			
Zona de bobinas por recuperar					
Tipo		Cantidad			
		Llenas	Medias	Cuartas	Total
ME-630		7	3	5	15
ME-800		4	3	1	8
					23
Tiempo Aprox. Recuperación (Horas)		42,5			
WIP		550			

Ilustración 5.8: Ejemplo de parámetros a usar en el Sistema de control de bobinas. Fuente: Elaboración propia.

Este sistema de control está enlazado con el planificador de requerimiento de bobinas. Éste último tiene como función, definir la ruta que la materia prima (alambro de cobre) debe seguir para poder obtener un producto determinado, además de la cantidad de *ME-630* y/o *ME-800* necesarias para poder llevar a cabo la fabricación de éste, dependiendo de la cantidad de metros o kilogramos requeridos. Junto con ello, muestra la disposición de la (s) máquina (s) por la (s) que pasa la materia prima, es decir, revela si pasa por máquinas que demandan bobinas vacías (celdas de color rojo), entregan bobinas vacías (celdas de color verde) o cumplen ambas funciones (ver ilustración 5.10), y de esta forma anticiparse a su recolección y/o posible déficit de insumos en los puestos de trabajo.

Con lo anterior, es posible conocer para uno o varios productos, las máquinas necesarias para procesarlos (trefilar, cablear o aislar), la cantidad de bobinas para almacenar y transportar y si es que existe disponibilidad para la cantidad de productos y metros programados para producir (ver ilustración 5.10).

Este sistema funciona de la siguiente manera, se realiza la conexión de la base de datos del total de productos genéricos que fabrica Nexans Chile con la ruta que realizan éstos a través de las distintas máquinas de la planta de producción y su comportamiento en la disposición de insumos (ver ilustración 5.9).

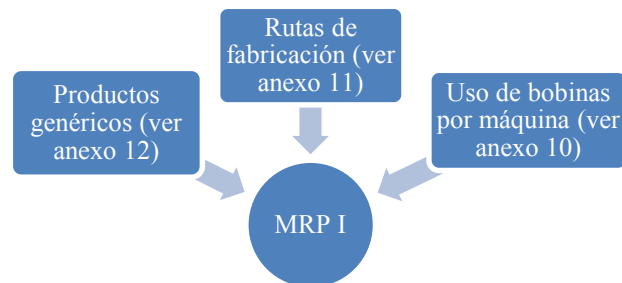


Ilustración 5.9: Esqueleto del sistema MRP I. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente el MRP I, tiene la posibilidad de guardar la información que el planificador de requerimientos entregue. Esta información se guarda en un informe desarrollado en una planilla de Excel, para poder realizar un análisis a futuro, y crear posibles KPIs.

- La segunda parte del modelo trata de un instructivo escrito (explicado en detalle en la sección 5.4 del presente trabajo), el cual define las acciones a realizar para una gestión apropiada en la utilización y transporte de las bobinas, además de los responsables de ejecutar cada una de esas acciones y los respectivos objetivos de éstas.

De esta manera se complementan ambas partes para generar un modelo de control y gestión que ayude a visualizar los estados en que se encuentran los insumos en cuestión, y su comportamiento dentro de la planta productiva de Nexans Chile S.A.



Como se deja demostrado en las ilustraciones 5.6 y 5.7, se vuelve necesario definir un almacén central de bobinas vacías, con el objetivo evitar la disgregación de insumos por la planta y además aportar al orden, transporte e inventario de éstas. Para este propósito se seleccionará un sector dentro del área de metalurgia, con un área de 65 metros cuadrados, la que satisface la posibilidad de almacenar las bobinas vacías del tipo *ME-630* y *ME-800* (ver ilustración 5.11).

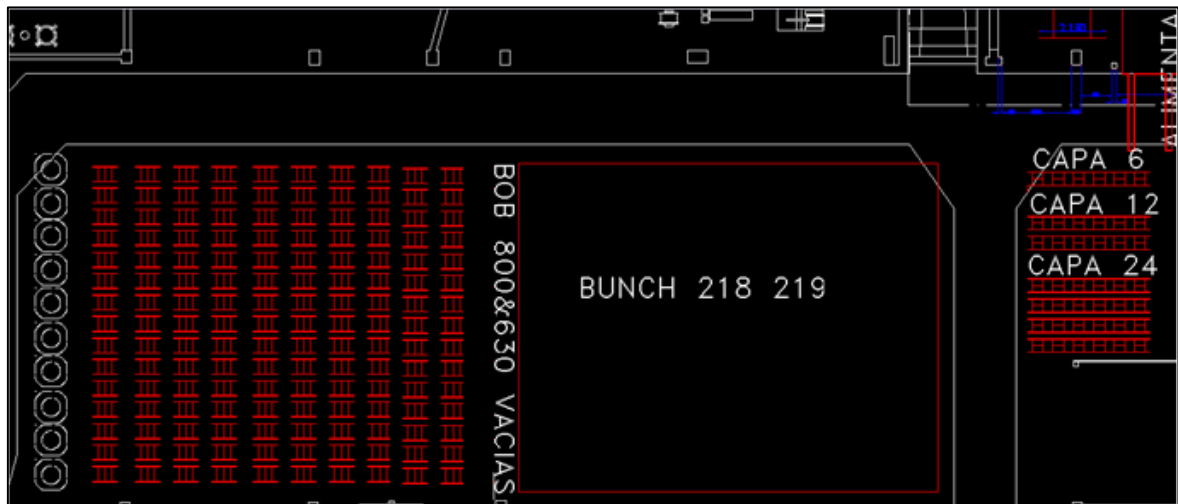


Ilustración 5.11: Zona de almacenaje de bobinas *ME-630* y *ME-800* vacías. Fuente propia.

Uno de los beneficios que tiene esta zona, es su lugar estratégico dentro de la planta. Su localización es próxima a las máquinas que demandan el uso de bobinas tipo *ME-630* y *ME-800*, es decir, cercanas a las máquinas trefiladoras y *bunchers*, y de la máquina responsable de recuperar bobinas con material destinado a *scrap*.

### 5.3 Determinación punto de reorden

Para el presente proyecto la forma tradicional de calcular el punto de reorden no aplicará, debido a que la demanda de los insumos que están en estudio depende de la demanda del producto a fabricar y, por otro lado, los insumos son reutilizables y pueden ser abastecidos a stock por unidades o en lotes. Debido a esta razón, se ocupa un criterio distinto para establecer un punto en el que se deben recuperar bobinas con material sobrante, sin despreciar el concepto esencial del “Punto de Reorden”.

Para determinar el punto de reorden de insumos *ME-630* y *ME-800*, es necesario obtener un promedio de bobinas vacías en planta, durante un periodo de análisis en particular. Para ello, se toma de muestra la revisión periódica del estado de bobinas, durante el mes de enero de 2015.

La justificación de este análisis, radica en lograr obtener el o los días que existieron mayor stock de bobinas vacías y evaluar si en éstos, existió una notificación por “falta de bobinas”. En el caso de lograr determinar el día con mayor stock de bobinas vacías, y que conjuntamente, se cumpla la inexistencia de notificaciones por falta de insumos, será el primer indicador para lograr obtener el punto de reorden.

Los resultados se muestran a continuación en la ilustración 5.12:

Bobina	12-ene	14-ene	16-ene	19-ene	21-ene	23-ene	26-ene	28-ene	06-feb	Promedio
630	40	46	46	54	100	88	80	53	53	62
800	35	50	50	12	21	9	21	13	22	26
										44

Ilustración 5.12: Promedio de Bobinas vacías, Enero 2015. Fuente: Elaboración propia.

Analizando la ilustración 5.12, se aprecia que el mayor stock de bobinas *ME-630* vacías, se presentó el día 21 de enero con 100 de estos insumos disponibles (25,13% de su universo).

Al comparar las notificaciones por “falta de bobinas 630”, durante este día en particular, no se registran notificaciones por falta de *ME-630*. Sin embargo, existe una única notificación para el caso de falta de *ME-800*. Ésta se registra en una de las máquinas trefiladoras, durando 0.18 horas (10.8 minutos). Tiempo razonable, en comparación a la duración promedio durante el año 2014 en esta misma máquina (1.88 horas ~ 112.8 minutos).

El registro de esta notificación y su respectivo detalle, se presentan a continuación en la tabla 10 y la ilustración 5.13:

Máquina	Estado	Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Fin	Hora Fin	Material	Observación	Duración Horas
122	Falta alimentación	21-01-2015	18:38:00	21-01-2015	18:49:00	19000318	faltan bobinas vacías 800	0,18

Tabla 10: Notificación por falta de insumos, 21 de Enero de 2015. Fuente: Elaboración propia.

### Actividades Maquina

Rango : Del 21.01.2015 al 21.01.2015  
 Fecha: 10.08.2015  
 Hora: 09:41:59

Máquina	Estado	Fecha Inicio	Hora In.	Fecha Fin	Hora Fin	# Duraci	Orden	Material	Descripción	Nombres	Observación	Duración Horas	Turno
122	PRODUCCIÓN	21.01.2015	00:14:00	21.01.2015	06:46:00	6:32	1113158	19000276	10avg (7 x 0,98mm) Comprimido	Jose Ricardo Basualto Urta		6,53	CUJO
122	TERMINO DE PRODUCCIÓN	21.01.2015	06:46:00	21.01.2015	07:30:00	:44				Jose Ricardo Basualto Urta		0,73	CUJO
122	PRODUCCIÓN	21.01.2015	07:30:00	21.01.2015	09:48:00	2:18	1113158	19000276	10avg (7 x 0,98mm) Comprimido	Rubén Wladimir Meza Cervajal		2,30	CUJA
122	PAROS VARIOS	21.01.2015	09:48:00	21.01.2015	10:22:00	:34	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal	se busca utillaje	0,57	CUJA
122	PREPARACIÓN MAQUINA	21.01.2015	10:22:00	21.01.2015	11:46:00	1:24	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		1,40	CUJA
122	COLACION	21.01.2015	11:46:00	21.01.2015	12:30:00	:44	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		0,73	CUJA
122	PREPARACIÓN MAQUINA	21.01.2015	12:30:00	21.01.2015	13:22:00	:52	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		0,87	CUJA
122	PRODUCCIÓN	21.01.2015	13:22:00	21.01.2015	17:02:00	3:40	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		3,67	CUJA
122	COLACION	21.01.2015	17:02:00	21.01.2015	17:26:00	:24	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		0,40	CUJA
122	REPRODUCCIÓN	21.01.2015	17:26:00	21.01.2015	18:38:00	1:12	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		1,30	CUJA
122	FALTA DE ALIMENTACIÓN	21.01.2015	18:38:00	21.01.2015	18:49:00	:11	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal	faltan bobinas vacas 800	0,18	CUJA
122	TERMINO DE PRODUCCIÓN	21.01.2015	18:49:00	21.01.2015	20:46:00	1:57	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Rubén Wladimir Meza Cervajal		1,95	CUJA
122	PRODUCCIÓN	21.01.2015	20:46:00	22.01.2015	01:57:00	5:11	1117531	19000318	CB/CU-BLDO 10avg 19H Clase C	Jose Ricardo Basualto Urta		5,18	CUJA

**\* 23:03**

Ilustración 5.13: Detalle notificaciones 21 de enero de 2015. Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, como se está analizando exclusivamente las *ME-630* del día 21 de Enero de 2015, se vuelve aceptable, el determinar 100 unidades *ME-630* como punto de reorden para la simulación.

Replicando el ejercicio para el caso de *ME-800*, el mayor stock de bobinas vacías, se presenta los días 14 y 16 de Enero, con 50 unidades (25,25% de su universo).

Lo que respecta a notificaciones por falta de estos insumos, no se registran eventos. Por lo tanto, se vuelve aceptable, el considerar 50 unidades *ME-800* como punto de reorden para realizar la simulación del modelo propuesto.

## **5.4 Instructivo gestión de inventario de *ME-630* y *ME-800***

Con el objetivo de normalizar el procedimiento de gestión de bobinas, y que complemente el control de estos insumos, se propone un **“INSTRUCTIVO DE GESTION DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO *ME-630* Y *ME-800*”** (ver en anexo 13).

La justificación de desarrollar un instructivo, en lugar de un procedimiento operativo, es que éste se aplicará únicamente a una tarea en particular: Gestión de bobinas. Sin necesariamente afectar otros procedimientos manejados por planta, además de evitar la redacción de un documento demasiado extenso el cual pudiera entorpecer su objetivo.

Este instructivo tendrá la finalidad de ayudar, enseñar y aconsejar a los receptores de este documento (Jefes de turnos, controladores y operarios), a regular el manejo de bobinas, evitando la disgregación en planta, y principalmente ayudando a la disminución de ceses de producción.

El instructivo establece la metodología propuesta para manejar el transporte, almacenamiento y recuperación de bobinas, específicamente bobinas del tipo *ME-630* y *ME-800*, con el propósito de mantener un stock de bobinas vacías para aportar a una producción continua en planta y esencialmente en el sector de metalurgia de la misma.

Este documento establece que una vez que el departamento de programación determine la cantidad de bobinas vacías necesarias para la fabricación de un genérico, el jefe de turno, o el controlador en su defecto, deberá dar aviso al montacarguista de la planta, éste último deberá distribuir las bobinas en las distintas estaciones de trabajo.

Una vez terminado un proceso de fabricación será responsabilidad del operador de la (s) máquina (s) el identificar cada grupo de *ME-630* o *ME-800* con una señalética/atril de color verde, para vacías (ver ilustración 5.14 (a)) o color rojo, para bobinas por recuperar (ver

ilustración 5.14 (b)), para que el montacarguista las destine al lugar que le corresponda, ya sea la zona de almacenaje de insumos vacíos o el área de recuperación.



Ilustración 5.14: Señaléticas/Atriles para gestión de bobinas. Fuente: Elaboración propia.

Para alimentar el sistema de control de bobinas, se asignará un operador para realizar diariamente el inventario de ellas, contabilizando la zona de almacenaje de bobinas vacías, identificada en la ilustración 5.11, y el área de recuperación. Este registro se deberá digitalizar en la planilla Excel que alimentará el MRP, junto con el MPS.

## 5.5 Simulación

Para realizar una comparación entre el manejo actual de las bobinas *ME-630* y *ME-800* versus el modelo propuesto en el presente proyecto de título, se realizará una simulación bajo una interfaz gráfica de modelado, específicamente utilizando el software Arena® en su versión estudiante.

Esta técnica permitirá imitar/simular el comportamiento del sistema físico - teórico propuesto, bajo ciertas condiciones, parámetros y variables de operación. La simulación integrará el concepto desarrollado del sistema MRP I, los parámetros estipulados en el instructivo de control y gestión de inventario de bobinas, además de otras consideraciones que serán explicadas en este apartado.

Al finalizar la simulación, se espera que ésta entregue como resultado la frecuencia de notificaciones por “falta de bobinas” en un periodo de tiempo en particular, además de los tiempos promedios de ocio incurridos por falta de estos insumos.

Con estos resultados, será posible determinar la variación de costos incurridos por la falta de insumos de fabricación y que aportan a los ceses de producción, los gastos por los nuevos recursos utilizados en el control y gestión de estos insumos, entre otros; y así confrontarlos con las actuales salidas de dinero producidas por este procedimiento.

El primer paso para desarrollar la simulación fue diseñar el modelo de control y gestión de inventario de bobinas propuesto, específicamente mediante los flujos de procesos. Para esto se separaron las tareas fundamentales de recuperación de bobinas contra la demanda de necesidades netas de éstas (demanda de bobinas vacías), en dos flujos distintos.

La justificación de la separación de estas actividades se debe a la independencia de ambas actividades, la primera, para satisfacer el almacén central de bobinas vacías, y la segunda para satisfacer la demanda de productos que entrarán a fabricación.

La ilustración 5.15 muestra el procedimiento de recuperación de bobinas y actualización de inventario de éstas, con el objetivo de mantener bobinas vacías en stock, disminuyendo de esta forma los ceses de producción.

Este procedimiento de recuperación abarcará tanto la actividad de vaciado de bobinas en máquina, como con el trabajo de martillo y cincel para los insumos con menor material contenido en estos.

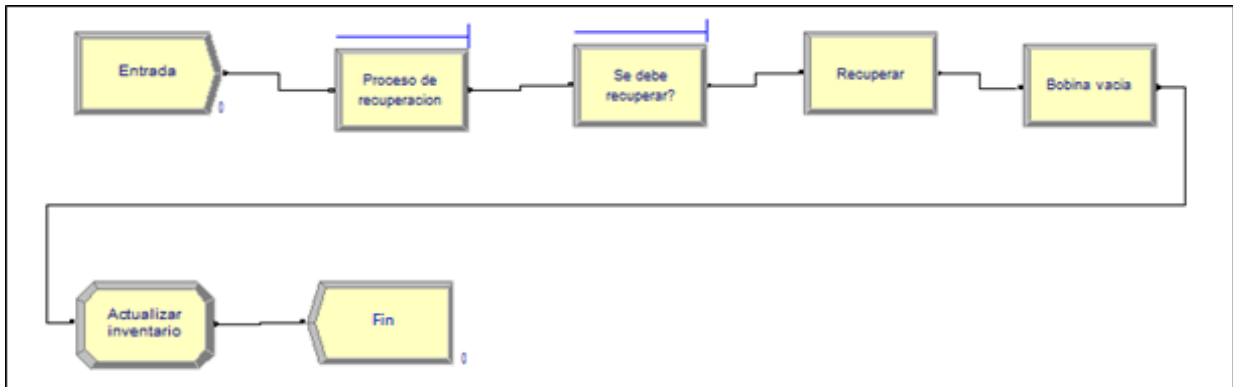


Ilustración 5.15: Diagrama de recuperación e inventario de bobinas. Fuente: Elaboración propia.

Los arribos de bobinas por recuperar están determinados por la tasa promedio de demanda de los insumos vacíos, ya que la única información certera es que constantemente existen

insumos por recuperar o que quedan vacíos luego de utilizarse en un proceso, por lo que al correr el modelo, éstos llegan a la máquina de recuperación y esperan el momento de su vaciado.

La actividad de recuperación de bobinas se activará únicamente cuando el nivel de stock de bobinas vacías, sea menor al punto de reorden determinado en la sección 5.3, si no es así, estos insumos quedan en el área de recuperación a la espera de que el inventario baje de su punto de reorden.

El trabajo de recuperación estará determinado por una distribución “Weibull” para las bobinas *ME-630* (ver ilustración 5.16) y una distribución “Exponencial” para las bobinas *ME-800*. Estas distribuciones fueron obtenidas mediante la herramienta *Input Analyzer*, del mismo software utilizado para realizar la simulación. Los resultados muestran la tendencia existente, para los estados de estos insumos (llena, media, cuarta o prácticamente vacía) al llegar al área de recuperación.

Cabe destacar que para efectos prácticos, el modelo enviará todas las bobinas que fueron ocupadas en producción, al área de recuperación, donde las que llegan vacías se recuperan en 0 minutos y pasan a actualizar el inventario.

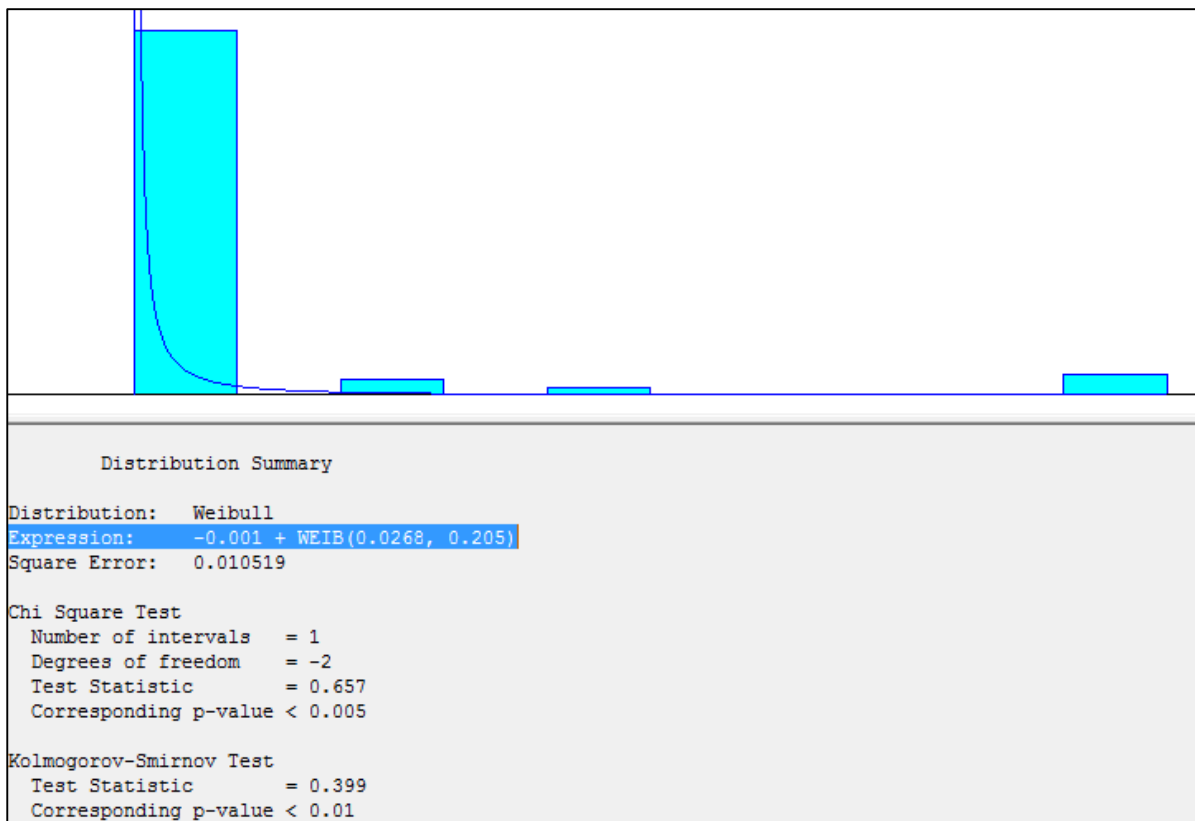


Ilustración 5.16: Distribución de tiempo en la recuperación de bobinas ME-630. Fuente: Elaboración propia.

Una vez procesada la bobina en estado por “recuperar”, se procederá a actualizar el inventario de bobinas en estado “vacías”, con el fin de mantener el control de estos insumos.

La actividad de recuperación, al ser una tarea de procesamiento individual (vaciado de una bobina a la vez), generará necesariamente un cuello de botella en este procedimiento, que en un escenario pesimista, podría alcanzar un máximo de 298 bobinas *ME-630* y 148 *ME-800*, de estos insumos por recuperar.

La actividad de “recuperación de bobinas” se realiza hasta que todas las bobinas que se encuentren en estado “por recuperar” cambien al estado “vacías”, es decir, disponibles para la fabricación de productos. Una vez que cambia el estado de las bobinas, este proceso deja de trabajar y sólo continúa trabajando el segundo flujo (de manera independiente), hasta que éste último vuelva a emitir la señal de recuperación de bobinas.

Por su parte, la ilustración 5.17 presenta de forma general de la demanda de bobinas vacías que requiere la fabricación de un producto en particular. Según lo mencionado en los alcances de este proyecto de título, la propuesta del modelo, se enfocará sólo en determinar las necesidades netas de bobinas vacías para los productos genéricos.

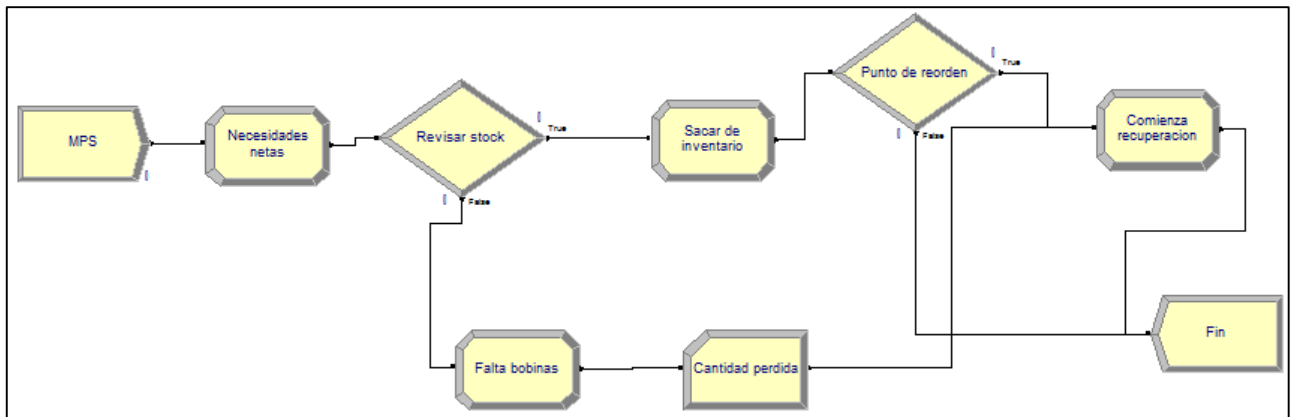


Ilustración 5.17: Diagrama de fabricación de productos y demanda de bobinas vacías. Fuente: Elaboración propia.

La llegada de la demanda de bobinas vacías, expresada por el MPS en conjunto con los resultados arrojados por el MRP I, está determinada por una distribución uniforme de entre 20 y 23 minutos para las *ME-630* y una distribución uniforme de entre 40 y 43 minutos para las *ME-800* (ver tabla 12), calculado de acuerdo a un promedio de la demanda diaria de este tipo de insumos, necesaria para una producción continua. Los parámetros se muestran en la tabla 11:

<b>Fact. Conversión promedio (kg/mts)</b>	0,6
<b>mts/mes</b>	700.000
<b>kg/mes</b>	420.000

Tabla 11: Parámetros: Fact. Conversión promedio, mts/mes y kg/mes, año 2014. Fuente: Elaboración propia.

<b>Bobinas vacías por</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Mes</b>	<b>Semana</b>	<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Minutos entre arribos</b>	<b>Distribución</b>
<b>ME-630</b>	1.954	462	66	2,75	21,82	20 a 23
<b>ME-800</b>	1.050	245	35	1,46	41,14	40 a 43

Tabla 12: Demanda de tipo de Bobinas vacías, año 2014. Fuente: Elaboración propia.

Seguido esto, el diagrama de flujo contiene un bloque de decisión denominado “Revisar stock”, para dar cuenta si éste tiene la cantidad necesaria de insumos vacíos para producción. Cuando el stock de bobinas vacías satisface la demanda, el modelo entrega esos insumos a fabricación y actualiza el inventario, donde éste al llegar a su punto de reorden, activa de forma automática, la actividad de recuperación de bobinas. De lo contrario, se genera una notificación por falta de bobinas, contabilizada en un reporte denominado “Notificaciones”. Esta notificación, igualmente activará la actividad de recuperación de bobinas.

## 5.6 Resultados

Los resultados arrojados tras la simulación, demuestran la efectividad que podría alcanzarse al implementar la “Propuesta de un Modelo de Control y Gestión de Inventario de Bobinas tipo ME-630 y ME-800”, desarrollada en el presente proyecto de título.

A continuación, en la ilustración 5.18, se presenta el informe arrojado tras la simulación del sistema físico-teórico de *ME-630* en Arena®:

21:41:06		User Specified		Agosto 27, 20			
Unnamed Project			Replications: 1				
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	5.255,00	Time Units:	Hours
<b>Time Persistent</b>							
Time Persistent	Average	Half Width	Minimum	Maximum			
Inicio recuperacion	0.9987	(Insufficient)	0	1.0000			
Stock disponible	42.9032	(Correlated)	0	120.00			
<b>Output</b>							
Output	Value						
Notificaciones	246.00						
Porcentaje perdidos	0.01677006						

Ilustración 5.18: Reporte por “Cantidad perdida” *ME-630*, Julio 2015. Fuente: Elaboración propia.

Para un tiempo de simulación de 5.255 horas y un inventario inicial de 120 bobinas vacías, se registraron 246 notificaciones por falta de bobinas, con un máximo en el inventario de 120 insumos disponibles y el ciclo de recuperación se activó en una única oportunidad. Esto implica que no se dejó de recuperar bobinas en ningún momento de la simulación.

Con la intención de acercar las cantidades para poder comparar las cifras del año 2014 con los resultados de la simulación recién expuesta, es que el tiempo de ésta fue igual  $TPO_{planta2014}$ .

Este análisis se presenta en la tabla 13:

Escenario	Tiempo planificado de operación, $TPO_{planta2014}$ (horas)	Frecuencia por falta de <i>ME-630</i>	Tiempo de ocio de máquinas (horas)
<b>Año 2014</b>	5.255	144	527,45
<b>Simulación</b>	5.255	246	215,25

Tabla 13: Comparación de frecuencia de notificaciones por falta de *ME-630* año 2014. Fuente propia.

Cabe destacar que en el reporte de la simulación, cada notificación registrada, corresponde a una única unidad de *ME-630* o *ME-800*, a diferencia de la realidad en planta y observada durante los meses de estudio, en que no se tiene certeza de la cantidad de unidades que integraron una notificación por “falta de bobinas” para continuar con el programa de producción.

Es por esta razón que los resultados muestran un aumento en la frecuencia de notificaciones por “falta de bobinas”, no obstante se presenta una disminución en la duración de los ceses de producción. Esto se traduce en una variación favorable a nivel de costos para Nexans Chile S.A, el cual se desarrollará en el siguiente capítulo.

El tiempo de ocio en las máquinas se establece mediante la razón en que cada notificación deja un cese de producción de 0,875 horas, es decir, el promedio de tiempo que demora el proceso de recuperación de una bobina tipo *ME-630*. El tiempo máximo de recuperación para esta operación, en un escenario pesimista, corresponderá a 2 horas. Aún en este contexto, el tiempo de ocio es menor al registrado el año 2014, el cual fue de 527,45 horas, versus lo obtenido tras la simulación, el cual corresponde a un total de 492 horas.

La representación del modelo propuesto, da cuenta que la frecuencia por falta de bobinas *ME-630* registrará un total de 246 notificaciones, un 70,83% más que en el año 2014. Sin embargo, para el tiempo de ocio en las máquinas se observa una disminución del 59,19%, lo que implica una disminución en las pérdidas de dinero por la carencia de estos insumos.

Por otro lado el informe arrojado tras la simulación de *ME-800* en Arena®, muestra la ilustración 5.19:

20:20:27		User Specified		Agosto 27, 20	
Unnamed Project			Replications: 5		
Replication 1		Start Time:	0,00	Stop Time:	5.255,00
		Time Units:		Hours	
<b>Time Persistent</b>					
<u>Time Persistent</u>	<u>Average</u>	<u>Half Width</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	
Inicio recuperacion	0.9988	(Insufficient)	0	1.0000	
Stock disponible	19.4804	(Correlated)	0	60.0000	
<b>Output</b>					
<u>Output</u>	<u>Value</u>				
Notificaciones	31.0000				
Porcentaje perdidos	0.00408110				

Ilustración 5.19: Reporte por “Cantidad perdida” *ME-800*, Julio 2015. Fuente: Elaboración propia.

Con la intención de acercar las cantidades para poder comparar las cifras del año 2014 con los resultados de la simulación, es que ésta tuvo un tiempo de actividad de 5.255 horas, las mismas del tiempo planificado de operación del año 2014.

Como el reporte indica, para un tiempo de simulación de 5.255 horas y un inventario inicial de 60 bobinas vacías, el ciclo de recuperación se activó en una única oportunidad, debido a que el stock bajó de su punto de reorden el cual fue fijado en 50 unidades vacías, donde el tiempo máximo de recuperación para esta operación, en un escenario pesimista, corresponderá a 4 horas por cada bobina.

Por otro lado es posible ver que en el proceso de simulación el stock mínimo que se obtuvo fue de 0 unidades vacías y el máximo fue de 60, además de un total de 31 notificaciones. Esta última cifra corresponde al número de bobinas que fueron demandadas en algún momento de la simulación y que no estuvieron disponibles, lo que corresponde a un 0,4% del total de la demanda.

Al establecer la comparación con los resultados del año 2014, se tiene el siguiente análisis de la tabla 14

Escenario	Tiempo planificado de operación, TPO <sub>planta2014</sub> (horas)	Notificaciones por falta de <i>ME-800</i>	Tiempo de ocio de máquinas (horas)
<b>Año 2014</b>	5.255	41	111,37
<b>Simulación</b>	5.255	31	54,25

Tabla 14: Comparación de frecuencia de notificaciones por falta de *ME-800* año 2014. Fuente propia.

El tiempo de ocio en las máquinas para el escenario de la simulación, se obtiene a través de la razón en la que 1 notificación corresponde a un total de 1,75 horas de cese de producción, debido a que este es el tiempo promedio que demora una bobina *ME-800* en ser recuperada.

Al establecer un paralelo del año 2014 versus el nuevo escenario simulado, se tendría una disminución del 24,4% de notificaciones por falta de insumos y una baja del 51,3% en el tiempo de ocio en las máquinas que ocupan bobinas del tipo *ME-800* a causa de la escasez de éstas.

## Capítulo 6: Evaluación económica

La variable en que se ha centrado el modelo de gestión y control de inventario propuesto, el instructivo de gestión de bobinas y la simulación propiamente tal, es el cese de producción y su duración. Tras la simulación expuesta, se ha dejado en manifiesto que es posible una disminución de esta variable, y que finalmente se traduce en una producción semi-continua en la planta productiva.

El desarrollo de este capítulo se centra en los tiempos de ceses de producción, justificado en su representación implícita de un costo de oportunidad para la compañía. Entendiendo éste, como la posibilidad de disminuir los tiempos de elaboración de un cable o alambre, aportar a un mayor control y gestión de insumos de fabricación y una gestión proactiva ante un posible cese de producción, lo que finalmente se traduce en una ventaja competitiva para Nexans Chile S.A.

Para darle un respaldo económico a las propuestas generadas, se vuelve necesario valorizar económicamente esta variable. Para tal efecto, se comparará el tiempo de ocio de máquinas en dos escenarios, el primero correspondiente al año 2014, y el segundo al escenario simulado. Sin embargo, es necesario mencionar que este análisis no se enfocará en el TPO<sub>planta2014</sub>, en su lugar, se enfocará al TPO<sub>total maquinas, 2014</sub><sup>21</sup> y al TPO<sub>maquinas estudiadas 2014</sub>.

Considerando un TPO<sub>total maquinas, 2014</sub> de 82.018,47 horas, las que concretaron un ingreso por ventas de MM\$33.918, es preciso realizar un desglose del TPO<sub>maquinas estudiadas 2014</sub>, es decir, de las máquinas que registraron una falta de bobinas ese año. El resultado obtenido fue de 30.176,19 horas. A esta cifra, es posible asignarle un valor monetario, calculado mediante los productos vendidos que fueron fabricados por las máquinas en cuestión, durante el mismo periodo. Este monto corresponde a MM\$18.333.

Apoyado en los resultados arrojados con la simulación, los ceses de producción se valorizan como muestra la tabla 15:

Escenario	Tiempo de ocio de máquinas (horas)	% TPO maquinas estudiadas 2014	Pérdidas por ceses de producción	Costo fijo	Costo de capital
<b>Año 2014</b>	638,82	2,12	- \$388.103.570	- \$10.458.605	-\$7.845.910
<b>Simulación</b>	269,5	0,89	- \$163.729.865	- \$4.872.021	-\$3.309.999

Tabla 15: Comparación de costos incurridos por ceses de producción costos fijos y costos de capital, año 2014 versus simulación. Fuente propia.

<sup>21</sup>Suma del tiempo de producción de la totalidad de las máquinas en la planta de Nexans Chile S.A

Las pérdidas económicas totales para ambos escenarios se presentan a continuación:

Escenario	Pérdida total
<b>Año 2014</b>	<b>- \$ 406.408.085</b>
<b>Simulación</b>	<b>- \$ 171.911.885</b>

Tabla 16: Pérdidas económicas totales, año 2014 versus simulación. Fuente: Elaboración propia.

Analizando lo anterior, la reducción de pérdidas económicas es de un 57,7%, es decir, se evitan pérdidas por \$234.496.200 en un año.

En la sección 5.6 del presente trabajo, se ha expuesto que el ciclo de recuperación de bobinas (independiente de su tipo), no se detuvo en el período simulado. Este ciclo continuo de recuperación, traerá consigo la asignación permanente de mano de obra para operar la máquina de recuperado. Para cumplir con este fin, necesariamente se deberá incurrir en costos por concepto de mano de obra directa, la cual se distribuirá de la siguiente forma:

- 1 Operador turno mañana: que abordará un total de 7.5 horas.
- 1 Operador turno tarde: que abordará un total de 7.5 horas.
- 1 Operador turno noche: que abordará un total de 9 horas.

Para calcular estos nuevos costos incurridos, se considerarán las 5.255 horas simuladas y un valor de hora hombre directa de \$7.000. Si bien antes se ha mencionado que el valor de la hora hombre se toma por \$24.848, establecido como un estándar por el área de control y gestión, el monto real es de \$7.000. Los resultados se muestran en la tabla 17:

Dotación	MOD <sup>22</sup>
<b>3 Operadores</b>	<b>-\$ 110.355.000</b>

Tabla 17: Costos asignación operadores para actividad permanente de recuperación. Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la sección 5.4 de este proyecto se habla sobre atriles de madera, utilizados como señaléticas, necesarios para poder gestionar de manera eficiente el transporte de las bobinas de un sector a otro para poder tener continuidad en la producción de cables en la planta. En primera instancia se adquirirán 38 de estas señaléticas que se apostarán en las máquinas que utilicen bobinas del tipo *ME-630* y/o *ME-800*, las cuales tienen un costo unitario de \$5.500 + I.V.A. (ver anexo 14). Este número de atriles está dado por la cantidad de máquinas que los requieren, esto de acuerdo a si usan los insumos antes mencionados y además el tipo de participación que tienen en la planta, es decir, si demandan y/o entregan bobinas vacías. Por lo que si una máquina ocupa bobinas del tipo *ME-630* y/o *ME-800*, y solamente demanda bobinas

<sup>22</sup> Mano de obra directa.

vacías, entonces tendrá una señalética roja a su disposición, en caso de que resulte uno o más carretes con problemas de material procesado y haya que recuperarlo. En cambio, si una máquina que ocupa bobinas del tipo *ME-630* y/o *ME-800* demanda y entrega bobinas vacías, tendrá a disposición una señalética roja y una verde.

El costo total (I.V.A. incluido), por la compra de 38 señaléticas, se muestra a continuación en la tabla 18:

CONCEPTO	Costo unitario	Costo por 38 unidades
<b>Costo por atriles/señaléticas</b>	<b>- \$ 5.500</b>	<b>- \$ 248.710</b>

Tabla 18: Costos por atriles/señaléticas. Fuente: Cotelsa S.A.

El flujo de costos totales incurridos tras las propuestas generadas, muestra una diferencia de un 30% en comparación al periodo 2014. Este análisis se presenta a continuación:

CONCEPTO	Simulación	Año 2014
<b>Pérdidas económicas por tiempo de ocio</b>	<b>- \$ 171.911.885</b>	<b>- \$ 406.408.085</b>
<b>Costos por asignación de nuevos operadores</b>	<b>-\$ 110.355.000</b>	<b>-</b>
<b>Costo por atriles/señaléticas</b>	<b>- \$ 248.710</b>	
<b>Costos totales</b>	<b>-\$ 282.515.595</b>	<b>- \$ 406.408.085</b>

Tabla 19: Costos totales incurridos tras las propuestas generadas versus costos totales año 2014. Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo 7: Conclusiones

---

El desarrollo del presente trabajo de título, dio cuenta que es posible una reducción de los ceses de producción total de 369,32 horas en un periodo de evaluación de 5.255 horas. Para lograr esta reducción de tiempos, necesariamente se requirió del conocimiento del sistema operativo de la planta productiva. No se trató de seleccionar un modelo de inventario previamente establecido y de incluir algunos números para su análisis.

La reducción de los ceses de producción en planta, y que posiblemente generan una reducción de costos para la compañía (recordar que el trabajo de título expuesto es una propuesta), es alcanzada por medio del sistema MRP I propuesto, el instructivo de gestión de inventario y éstas, a su vez, sustentadas por medio de la simulación. Sin embargo, se demostró que estos ceses de producción, específicamente en el área de metalurgia de la planta productiva, no fueron posibles de erradicar de manera completa.

Desarrollado este trabajo de título, queda en manifiesto que la definición robusta de un modelo de control y gestión de inventarios, traerá consigo una ventaja competitiva para la compañía, fruto que se mantiene a través de una vigilancia constante de los niveles del inventario de *ME-630* y *ME-800*, y se logra determinar el momento exacto en que es necesaria su recuperación, evitando tiempos muertos en la producción de un cable o alambre. Bajo esta última idea, la forma de manejar estos insumos de fabricación, trae consigo una implicación directa con el desempeño financiero de la compañía, ya que se ha utilizado una lógica de control de inventarios.

El modelo simulado demostró en un escenario realista, que es posible disminuir los tiempos de ocio en las máquinas en un 59,19% para el caso de las bobinas *ME-630*, y un 51,3% en las del tipo *ME-800*. Esta disminución totaliza un recorte de las pérdidas por \$234.496.200 en un año. Aunque es necesario aumentar estos costos, debido a que es preciso mantener un operador fijo en cada turno, en la máquina encargada de recuperar bobinas.

Se elimina además, los largos tiempos de búsqueda y transporte de los insumos estudiados ya sea a máquinas en tareas de producción o recuperación, los que se encuentran esparcidos por la planta y generan una sensación de falta de espacio además de desorden y dificultades para maniobrar en ella. También puede atribuirse un incremento en el nivel de seguridad gracias a un nuevo orden en la disposición de los insumos y un instructivo que define las tareas a desarrollar por el personal de Nexans Chile S.A.

A modo de recomendación para una gestión eficiente de estos insumos, la mejora continua es indispensable. Una observación de modo regular en el área crítica del proceso de fabricación

de cables, donde puedan idearse nuevas formas de mantener una producción permanente o innovar en las actuales tareas para lograr mejores resultados.

Por otro lado, aunque por parte de la gerencia de operaciones las intenciones son de no realizar inversiones en el corto o mediano plazo para adquirir más de estos carretes metálicos, con la puesta en marcha del modelo de control y gestión de inventarios, se adquiere un orden que hace posible la compra de nuevas bobinas tipo *ME-630* y *ME-800*, las cuales otorguen mayor continuidad, quizás total, al proceso de fabricación.

## Bibliografía

---

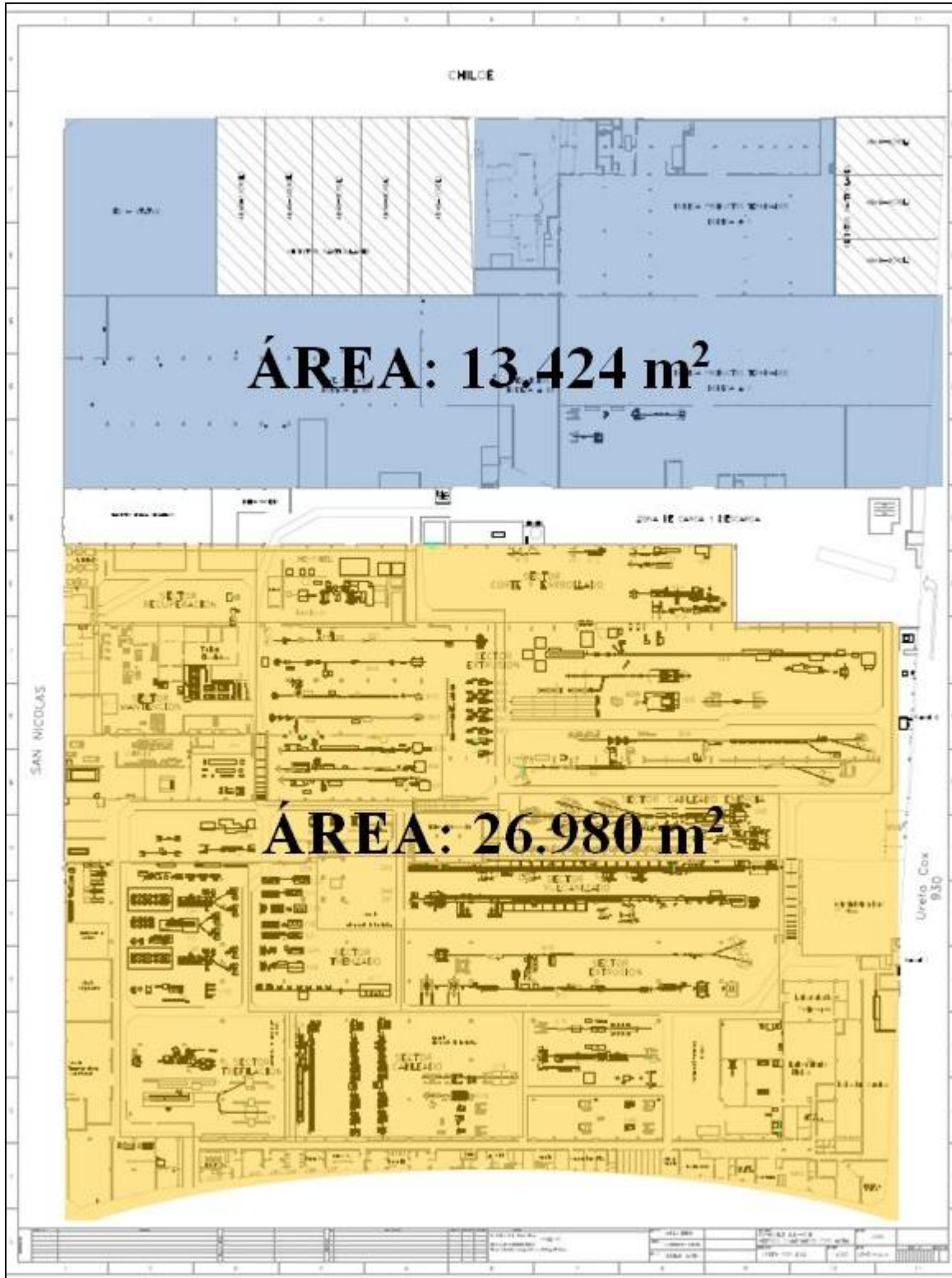
- García-Sabater, J. P. (2004). *Official Site de JPGS*. Recuperado el 12 de 05 de 2015, de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/6%20Inventarios.pdf>
- Amat de Swert, J. M. (Junio de 2009). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7470/Memoria.pdf?sequence=1>
- Bautista Valhondo, J. (2013). *PROTHIUS Cátadra Organización Industrial*. Recuperado el 11 de 05 de 2015, de [http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15014494/tr-do-mueo-2013\\_introduccion\\_20130203-4847.pdf](http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15014494/tr-do-mueo-2013_introduccion_20130203-4847.pdf)
- Bustos Flores, C. E., & Chacón Parra, G. B. (10 de 12 de 2010). *División de investigación de la Facultad de Contaduría y Administración, UNAM*. Recuperado el 04 de 04 de 2015, de División de investigación de la Facultad de Contaduría y Administración, UNAM: <http://www.contaduriayadministracionunam.mx/enviar.php?type=2&id=493>
- Castellano De Echeverría, A. (2012). *Consortio de bibliotecas universitarias de El Salvador*. Obtenido de Consortio de bibliotecas universitarias de El Salvador: <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/510/1/Tesis%20completa.pdf>
- Castro Zuluaga, C. A. (2003). *Universidad Distrital Francisco José De Caldas*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José De Caldas: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6171>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Companys Pascual, R., & Fonollosa i Guardiet, J. B. (1989). *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*. Barcelona: Marcombo.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban*. Madrid: Díaz de Santos.
- Handfield, R. B., & Nichols Jr, E. L. (1998). *Introduction to Supply Chain Management*. Pearson Education.
- Heizer, J., & Render, B. (2001). *Dirección de la producción*. Prentice Hall.
- Muller, M. (2012). Essentials of inventory management. En M. Muller, *Essentials of inventory management* (pág. 121). amacom Books.
- Sudamérica, I. s. (2006). *Asimet*. Obtenido de Asimet: [http://www.asimet.cl/pdf/jica\\_isesa.pdf](http://www.asimet.cl/pdf/jica_isesa.pdf)

## Anexos


Anexo 1: Presencia de Nexans en el Mundo. Fuente: Catálogos de productos.




Anexo 2: *Layout* planta. Fuente: Gerencia de Operaciones



Anexo 3: Reporte de producción - Trefilación. Fuente: Departamento producción.



## REPORTE DE PRODUCCIÓN - TREFILACIÓN



MÁQUINA: \_\_\_\_\_

AYUDANTE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

TURNO: \_\_\_\_\_

OPERARIO: \_\_\_\_\_

N°	HRS.	ACTIV. CÓD.	N° de SOF	TIPO DE CABLE	PROCESO ACTUAL	N° BOBINAS TIPO	CANTIDAD (Mts y Kg.)	CANASTILLO N° DE HEBRAS	VELOCIDAD [m/s]	DIAMETRO CU [mm²]		CONTROL DE ALARGAMIENTO [%]	
										MIN	MAX	Valores especificados	MEDIDO
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

01: PREPARACIÓN    02: PRODUCCIÓN    03: AVERIA MECANICA

04: AVERIA ELÉCTRICA    05: LIBERACIÓN DE MANTENCIÓN    06: PARO VARIOS

07: FALTA DE ALIMENTACIÓN    08: FALTA DE OPERADOR    09: COLACIÓN

10: TERMINO DE PRODUCC    11: MANTENIMIENTO PREV.    12: PROBLEMAS MATERIA PRIM.

13: PROBLEMAS UTILIAJE

Control de SCRAP			
Compuesto			
Código			
Cantidad			
Partida	SI	NO	
Causa			





## Anexo 6: Tipos de bobinas utilizadas en Nexans Chile S.A. Fuente: Gerencia de Operaciones.

**NET** NEXANS  
EXCELLENCE  
TECHNOLOGY

Reel No.	A	B	C	D	G	H	J	K	Qty dog pins	Max Weight	Material de Fabricación
22" (telef)	559	254	313	275	309	84	21	127	2	25	Acero s235jr UNI EN 10025
22" (metal)	555	325	320	277,5	315	100	30	127	2	50	Acero s235jr UNI EN 10025
M630	630	355	445	405	475	100	24	127	2	66	Acero s235jr UNI EN 10025
M800	800	450	550	500	570	160	40	127	2	130	Acero s235jr UNI EN 10025
30"	762	381	380	343	380	150	24	65	2	45	Acero s235jr UNI EN 10025
36"	914	445	470	432	470	150	24	65	2	83	Acero s235jr UNI EN 10026
TP1000	1000	500	726	630	745	165	40	127	1	111	Acero s235jr UNI EN 10025
Tp-48	1219	572	765	708	760	220	40	206	1	218	Acero s235jr UNI EN 10025
ME1250	1250	630	896	800	950	200	40	127	2	167	Acero s235jr UNI EN 10025
-	1650	970	866	700	880	200	40	127	2	344	Acero s235jr UNI EN 10025
TF-2135	2130	1200	1020	860	1065	300	40	127	1	533	Acero s235jr UNI EN 10025
TF2500	2500	1497	1340	1200	1360	400	60	127	1	817	Acero s235jr UNI EN 10025
TF2800	2800	1750	1666	1530	1700	430	30	127	2	1040	Acero s235jr UNI EN 10026

\*S235jr UNI EN 10025: Non- alloy structural steel

Anexo 7: Campo “observación” de un fragmento de la base de datos. Fuente: SAP, Nexans Chile S.A.

Duración Horas	Material	Descripción	Observación
0,23	10024821	AL/SUPERNYA H07V-U 2,5MM2 VERDE R-100	CAMBIO BOBINA
0,67	10021255	CB/MULTIFLEX 0,6/1KV 4X14AWG (POL:AZ-NE-	CAMBIO DE BOBINA Y CORCHA
0,95	10032009	CB/G-EU 2KV 3X1/0+3X6AWG (POL:NE-BL-RJ;C	cargar y soldar
1,35	19001182	CB/FREETOX (H07Z1-K) 0,45/0,75KV 1,5MM2	corte conductor
0,85	10002831	CB/XP 5KV 8AWG 19H NEGRO	corte de hebras bob.demasiado llenas 40
0,42	10032000	CB/G-GC-EU 2KV 3X2+2X7+1X8AWG (POL:NE-BL	corte de hebras todas
0,72	19000735	CB/THHN 0,6KV 14AWG PARA CORTE	FALLA ENROLLADOR
2,63	10010967	CB/SHD-GC-CP 25KV 3X2/0+2X3+1X6AWG (POL:	FALTA RELLENO
13,92			faltan bobinas vacías #630
0,43	19000874	AL/CU-BLDO 0,305MM	reunión stratan

Anexo 8: Tiempo de ocio en las máquinas por falta de bobinas *ME-630*. Fuente: Elaboración propia.

Máquinas reportadas	Duración Horas
<b>105</b>	<b>48,6</b>
BUSCAR BOBINAS VACIAS 630	4,42
espera de bobinas 630	0,63
ESPERA DE BOBINAS VACIAS 630	2,2
falta bob 630 ,cargar y soldar alambren	0,4
fALTA BOBINA 630	0,83
FALTA BOBINAS 630	8,31
FALTA DE BOBINAS 630	2,54
falta de bobinas de 630	16,07
falta de bobinas de 630 de las nuevas	9,88
falta de bobinas de 630 de las nuevas je	0,25
faltan bobinas 630	1,47
por falta de bobinas de 630 se cambia a	1,6
<b>122</b>	<b>29,55</b>
falta bobina ME-630	21,9
falta bobinas vacias 630	0,32
faltan bobinas vacias 630	0,45
faltan bobinas vacias 630	0,4
faltan bobinas vacias 630 , se buscan	1,47
faltan bobinas vacias 630 ,antiguas	0,68
faltan bobinas vacias 800 ,630	4,33
<b>130</b>	<b>6,43</b>
faltan bobinas 630 vacias	5,38
FALTAN BOBINAS VACIAS 630 ANTIGUAS	1,05
<b>131</b>	<b>5,87</b>
faltan bobinas vacia 630	0,33
faltan bobinas vacias 630	3,34
FALTAN BOBINAS VACIAS 630 ANTIGUAS	1,05
faltan bobninas vacias 630	0,53
reunion, se buscan bobinas vacias 630 an	0,62
<b>135</b>	<b>119,57</b>
falta de bobinas 630 vacias	4,88
falta de bobinas me-630 antiguas	7,17
falta de bobinas me-630 antiguas, me-800	8,23
falta de bobinas# 630.	33,63
faltan bobinas 630	8,52
faltan bobinas vacias , 800 , 630	4,62
faltan bobinas vacias 630	4,95
faltan bobinas vacias 630 , 800	20,27
FALTAN BOBINAS VACIAS 630 ANTIGUAS	6,95
faltan bobinas vacias 630 nuavas y vie	13,18
faltan bobinas vacias 800 630	6,7
FALTAN BOBINAS VACIAS 800 , 630 ATIGUAS	0,47
<b>205</b>	<b>2,21</b>
FALTAN 26 BOBINAS DE 24* .40 DE 630	1,33
SE BASEAN BOB. 630 PARA DESOCUPAR	0,88

<b>218</b>	<b>117,99</b>
en espera de bobinas 630 vacias	13,42
en espera de bobinas vacias 630 nuevas	1,18
EN ESPERA DE BOVINAS 630 VACIAS	13,18
en espera de bovinas de 630 vacias	4,8
en espera de bovinas vacias 630	1,08
FALTA DE BOB 630	33,12
falta de bob 630 nuevas	10,24
falta de bobina 630	1
FALTA DE BOBINAS 630	1,18
FALTA DE BOBINAS 630	3,43
faltan bob. 630	9,93
faltan bobinas 630 nuevas	5,55
faltan bobinas 630 nuevas vacias	1,47
faltan bobinas 630 vacias	0,78
no hay bob 630 prioridad maq. 105	5,52
no hay bob nuevas 630	0,08
pocas bob 630	0,5
por falta de bob 630	7,68
por falta de bob 630 nuevas	3,85
<b>219</b>	<b>86,45</b>
En espera de bobinas 630 con material	1,58
en espera de bobinas 630 vacias	13,42
en espera de bobinas vacias 630	2,23
en espera de bovina vacias 630	1,03
EN ESPERA DE BOVINAS 630 VACIAS	15,2
FALTA DE BOB 630	5,44
falta de bob 630 nuevas	4,72
FALTA DE BOBINAS 630	2,47
FALTA DE BOBINAS 630	2
faltan bob. 630	10,59
faltan bobinas 630	1,6
faltan bobinas 630 nuevas	5,53
faltan bobinas 630 nuevas vacias	1,43
faltan bobinas 630 vacias	0,8
no hay bob 630	5,48
por falta de bob 630 nuevas	11,55
se vacian bovinas 630 nuevas	1,38
<b>222</b>	<b>0,45</b>
faltan bob. 630	0,45
<b>225</b>	<b>83,81</b>
faltan bobinas vacias #630	13,92
falta de bobinas # 630	7,25
falta de bobinas # 630.	23,32
falta de bobinas 630 vacias	14,17
falta de bobinas de 630 j.t. avisado	11,1
falta de bovina de 630 antiguas	0,72
falta de bovinas 630 vacias de las antig	2,37
no ahy bobinas 630 vacias viejas	4,08
POR FALTA DE BOBINAS 630 VACIAS	6,88
<b>226</b>	<b>26,52</b>
FALTA DE BOBINAS 630	1,9
falta de bobinas 630 vacias	17,03
falta de bovinas vacias de 630 antiguas	2,3
faltan bob. 630	1,02
faltan bob.630	1,5
faltan bobinas 630	2,15
faltan bobinas de 630	0,62
<b>Total general</b>	<b>527,45</b>

Anexo 9: Tiempo de ocio en las máquinas por falta de bobinas *ME-800*. Fuente: Elaboración propia.

<b>Máquinas reportadas</b>	<b>Duración Horas</b>
<b>105</b>	<b>0,9</b>
espera de bobinas 800	0,9
<b>122</b>	<b>47,76</b>
falta bobina 800	0,63
falta bobinas 800	1,28
falta bobinas vacias 800	2,87
falta de bobinas # 800.	8,55
faltan bobinas 800	3,62
faltan bobinas vacias 800	21,94
faltan bobinas vacias 800 ,630	4,33
se buscan bobinas vacias 800	0,9
se buscan bobinas vacias 800 , se atien	2,12
se buscan bobinas vacias 800	1,52
<b>135</b>	<b>41,92</b>
falta de bobinas me-630 antiguas, me-800	8,23
faltan bobinas vacias , 800 , 630	4,62
faltan bobinas vacias 630 , 800	20,27
faltan bobinas vacias 800 630	6,7
FALTAN BOBINAS VACIAS 800 , 630 ATIGUAS	0,47
FALTAN BOBINAS VACIAS 800 , SE BUSCAN	1,03
se buscan bobinas vacias 800	0,6
<b>218</b>	<b>6,02</b>
falta de bobinas vacias m800	0,52
falta de bob 800	3,13
falta de bobinas vacias m800	2,37
<b>219</b>	<b>11,62</b>
falta de bob 800	11,62
<b>223</b>	<b>3,15</b>
falta de bob 800	3,15
<b>Total general</b>	<b>111,37</b>

Anexo 10: Ruta de productos por familia. Fuente: Elaboración propia.

130		122		105		MAQUINAS		FAMILIA	
Trefilado Fino	Trefilado intermedio	Trefilado Grueso	PROCESO	PRODUCTO	CLASE 2 LV	DESNUDO	FREETOX-FLEX	MULTIFLEX MONO	FREETOX (H07Z1-K)
X	X	X	COMPRESION/COMPACTO MULTICONDUCTOR DELGADO (BAJA TENSION)	COMPRESION/COMPACTO MONOPOLAR		CU			
			COMPRESION/COMPACTO MULTICONDUCTOR GRUESO (BAJA TENSION)						
X	X	X							
	X	X	FLEXIBLE MONOPOLAR LIBRE DE HALOGENO >= 8 AWG						
			FLEXIBLE MONOPOLAR PVC < 8 AWG						
			FLEXIBLE MONOPOLAR PVC >= 8 AWG						
			FREETOX (H07Z1-K)						
	X	X	MONOPOLAR DE MEDIA TENSION						
			MULTICONDUCTOR DE MEDIA TENSION						
			MULTICOND. FLEX DELGADO LIBRE DE HALOGENO						
			MULTICOND. FLEX GRUESO LIBRE DE HALOGENO						
			MULTICONDUCTOR FLEX DELGADO MULTIFLEX						
			MULTICONDUCTOR FLEX GRUESO MULTIFLEX						
			SHD GOMA						
		X	SUPERNYA						
			SHD POLIURETANO (EU)						
	X	X	THHN 10, 12 Y 14 AWG						
	X	X	THHN 8 AWG A 500 MCM						
			PRT						
	X	X	SETP						
		X	SOUNDRONIC						
		X	TPS						
	X	X	XT						
	X		TEDT						
			H05Z1Z1-F						
	X	X	GENERICOS (CUERDAS FLEXIBLES/COMPRESION)						

OTROS







Anexo 11: Uso de bobinas tipo *ME-630* y *ME-800*, por máquina. Fuente: Elaboración propia.

<b>Máquina</b>	<b>Tipo de Bobina que ingresa</b>	<b>Tipo de Bobina que sale</b>
105	-	630 -800
110	-	-
122	-	630-800
130	-	630
131	-	630
135	-	630-800
200	-	-
201	-	-
202	-	-
203	-	-
204	-	-
205	630	-
210	-	-
211	630-800	-
215	-	-
216	-	-
218	630-800	630-800
219	630-800	630-800
221	630-800	-
222	630-800	-
223	630-800	800
224	630-800	630
225	630-800	630
226	630-800	630
227	-	-
228	630-800	630
232	-	-
253	-	-
300	-	-
301	-	-
302	630-800	630-800
304	630-800	630-800
308	630-800	-
310	630-800	-
311	630-800	-
315	-	-
320	-	-
331	-	-
332	-	-
400	-	-
402	-	-
404	630-800	-
405	-	-
406	630-800	-
407	-	-
410	800	-
411	-	-
412	-	-
601	630	-
602	-	-

## Anexo 12: Lista de productos genéricos. Fuente: Elaboración propia.

Código	Texto breve de material	Código	Texto breve de material
19000181	AL/H07V-U 0,45/0,75KV 2,5MM2 Para Corte	19000359	10 mm (74 x 0,403mm)
19000194	CB/THHN 0,6KV 12AWG	19000360	CB/CU-BLDO 16MM2 7H Clase 2 Comprimido
19000195	CB/THHN 0,6KV 10AWG	19000361	CB/CU-BLDO 16MM2 119H
19000196	CB/THHN 0,6KV 8AWG	19000364	25 MM (182 X 0,403MM)
19000223	CB/PRT 0,3KV 20AWG	19000366	35 MM (252X 0,403MM)
19000224	CB/PRT 0,3KV 18AWG	19000368	50 mm (364 x 0,403mm)
19000225	CB/PRT 0,3KV 16AWG	19000372	95 mm (679 x 0,403mm)
19000226	CB/PRT 0,3KV 14AWG	19000374	120 MM (871 X 0,403MM)
19000227	CB/PRT 0,3KV 12AWG	19000380	250 MCM 896X0,403MM
19000228	CB/PRT 0,3KV 10AWG	19000384	500 MCM (1808 X 0,403MM)
19000272	2awg (7 x 2,47mm) Comprimido	19000385	350 MCM (1260 x 0,403m)
19000273	4awg (7 x 1,96mm) Comprimido	19000395	12awg (65 x 0,25mm) Flexible Clase K
19000274	6awg (7 x 1,55mm) Comprimido	19000414	AL/H07V-U 0,45/0,75KV 4MM2 PARA CORTE
19000275	8awg (7 x 1,25mm) Comprimido	19000422	AL/CU-BLDO 2,637MM
19000276	10awg (7 x 0,98mm) Comprimido	19000423	AL/CU-BLDO 0,254MM
19000277	12awg (7 x 0,78mm) Comprimido	19000425	AL/CU-BLDO 0,403MM
19000278	14awg (7 x 0,61mm) Comprimido	19000464	CB/ECOFREE-RZ 0,45/0,75KV 2,5MM2 90C
19000279	20AWG (10 X 0,254MM) FLEXIBLE	19000734	AL/H07V-U 0,45/0,75KV 1,5MM2 PARA CORTE
19000280	18AWG EST (15 X 0,254MM) FLEXIBLE	19000735	CB/THHN 0,6KV 14AWG PARA CORTE
19000282	4/0awg (19 x 2,68mm) Comprimido	19000802	AL/CU-BLDO 0,254MM ESTAÑADO
19000284	2/0awg (19 x 2,12mm) 'Comprimido'	19000852	AL/CU-BLDO 2,05MM
19000285	1/0awg (19 x 1,89mm) 'Comprimido'	19000873	AL/CU-BLDO 0,305MM ESTAÑADO
19000286	1awg (19 x 1,68mm) 'Comprimido'	19000874	AL/CU-BLDO 0,305MM
19000287	16awg (23 x 0,25mm) Flexible	19000879	18AWG (16 X 0,254MM) CLASE K
19000288	14awg (37 x 0,25mm) Flexible	19000884	CB/CU-BLDO 4MM2 49HX0,305MM Clase 5
19000290	500 MCM (37 x 2,96mm) Comprimido	19000902	CB/CU-BLDO 6MM2 74HX0,305MM Clase 5
19000294	12awg (59 x 0,254mm) Flexible	19000953	8awg (160 x 0,254mm) 'Flexible'
19000295	10awg (65 x 0,305mm) Flexible	19000962	CB/TORONES 21X0,403MM
19000296	8awg (111 x 0,305mm) Flexible	19000963	CB/TORONES 28X0,403MM
19000297	6AWG (98 X 0,403MM) FLEXIBLE	19000964	CB/TORONES 35X0,403MM
19000299	4AWG (154 X 0,403MM) FLEXIBLE	19000965	CB/TORONES 42X0,403MM
19000302	3AWG (196 X 0,403MM) FLEXIBLE	19000966	CB/TORONES 49X0,403MM
19000303	2AWG (245 X 0,403MM) FLEXIBLE	19000982	AL/CU-BLDO 0,403MM EST
19000304	1AWG (308X 0,403MM) FLEXIBLE	19000993	CB/CU-BLDO 20 AWG 10H K EST
19000305	1/0awg (392 x 0,403mm) Flexible	19000994	CB/CU-BLDO 16AWG 23HX0,254MM Clase 5 EST
19000306	2/0AWG (504 X 0,403MM) FLEXIBLE	19001037	CB/BLINDADO MIXTO SHD 8KV 4/0AWG 782H
19000307	3/0 AWG (616X 0,403MM) FLEXIBLE	19001182	CB/FREETOX (H07Z1-K) 0,45/0,75KV 1,5MM2
19000308	4/0AWG (763 X 0,403MM) 'FLEXIBLE'	19001183	CB/FREETOX (H07Z1-K) 0,45/0,75KV 2,5MM2
19000311	18awg (15 x 0,254mm) Flexible	19001184	CB/FREETOX (H07Z1-K) 0,45/0,75KV 4MM2
19000313	16awg (7 x 0,49mm)	19001185	CB/FREETOX (H07Z1-K) 0,45/0,75KV 6MM2
19000314	16AWG (26 X 0,25MM) FLEXIBLE CLASE K	19001186	AL/H07V-U 0,45/0,75KV 6MM2 PARA CORTE
19000316	14awg (41 x 0,25mm) Flexible Clase K	19001203	AL/CU-DURO 18AWG
19000319	8awg 19H 'Comprimido'	19001214	CB/CU-BLDO 70MM2 511H Clase 5
19000320	8awg (7 x 1,29mm) 'Compactado'	19001215	CB/CU-BLDO 150MM2 1078H Clase 5
19000326	2awg (7 x 2,59mm) Compactado	19001217	CB/CU-BLDO 185MM2 1309H Clase 5
19000329	1/0awg (19 x 1,98mm) Compactado	19001220	CB/CU-BLDO 240MM2 1715H Clase 5
19000331	2/0awg (19 x 2,22mm) Compactado	19001282	CB/AISLACION SHD-GC-CP 8KV 3/0AWG
19000333	3/0awg (19 x 2,50mm) 'Compactado'	19001283	CB/AISLACION SHD-GC-CP 8KV 4/0AWG
19000335	4/0awg (19 x 2,80mm) Compactado	19001284	CB/AISLACION SHD-GC-CP 15KV 4/0AWG
19000347	CB/CU-BLDO 1,5 mm2 (26 x 0,254mm)	19001294	CB/TORONES 24X0,403MM
19000350	CB/CU-BLDO 2,5mm2 (44 x 0,254mm)	19001295	CB/TORONES 32X0,403MM

## Anexo 13

	<b>INSTRUCTIVO</b> <b>GESTIÓN DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO M-630 Y ME-800</b>	<b>Código</b> : I-PP-01 <b>Revisión</b> : 00 <b>Fecha</b> : 30-07-2015 <b>Vigencia</b> : 02-01-2016 <b>Páginas</b> : 102 de 6

**ÍNDICE**

<b>2. Objetivo .....</b>	<b>1</b>
<b>3. Alcance.....</b>	<b>2</b>
<b>4. Lista de distribución.....</b>	<b>2</b>
<b>5. Definición.....</b>	<b>2</b>
6. Desarrollo .....	3
7. Responsabilidades .....	5
<b>8. Documentos relacionados .....</b>	<b>5</b>
9. Anexos .....	6


**1. MODIFICACIONES**

<b>Revisión N°</b>	<b>Fecha</b>	<b>Página</b>	<b>Modificación</b>	<b>Causa de la modificación</b>

**2. OBJETIVO**

El presente documento establece la metodología eficiente de transporte, almacenamiento y recuperación de bobinas tipo ME-630 y ME-800, con el propósito de tener stock de bobinas vacías, para mantener una producción continua en el área de metalurgia.

<b>Elaborado por:</b> Cargo	<b>Revisado por:</b> Cargo	<b>Aprobado por:</b> Cargo	<b>EN REVISION</b>
			Versión : 00

	<b>INSTRUCTIVO</b> <b>GESTIÓN DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO M-630 Y ME-800</b>	<b>Código</b> : I-PP-01 <b>Revisión</b> : 00 <b>Fecha</b> : 30-07-2015 <b>Vigencia</b> : 02-01-2016 <b>Páginas</b> : 2 de 6
---	---	---

### 3. ALCANCE

---

Este instructivo se aplica a todo proceso de fabricación o recuperación, que tenga involucrado el uso de bobinas tipo ME-630 y ME-800, en la planta productiva de Nexans Chile S.A.

### 4. LISTA DE DISTRIBUCIÓN

---

El instructivo de gestión de inventario de bobinas tipo ME-630 y ME-800, debe ser distribuido a las siguientes funciones:


- Departamento de programación
- Departamento de producción
- Jefes de turno
- Controladores
- Operarios

### 5. DEFINICIONES

---

- **Área de metalurgia:** Zona de la planta productiva en la que se encuentran las máquinas que realizan los procesos de trefilado y cableado.
- **Bobinas tipo ME-630:** Carrete de acero semi-torneado, con capacidad de almacenaje de 0.43 toneladas de material.
- **Bobinas tipo ME-800:** Carrete de acero semi-torneado, con capacidad de almacenaje de 0.8 toneladas de material.
- **Llenas, medias, cuartas, vacías:** Los cuatro estados en que puede clasificarse una bobina por recuperar: llenas de material sobrante, con la mitad de la capacidad de la bobina con material, con la cuarta parte de la capacidad de la bobina con material o sin material
- **Máquinas cableadoras:** Máquinas que agrupan varios conductores aislados o desnudos, para formar el núcleo del cable. Máquinas con numeración 200.
- **Máquinas trefiladoras:** Encargadas de reducir el diámetro del alambre de cobre. Para ello, se hace pasar el alambre sucesivamente a través de hileras. Gracias a la deformación plástica del cobre, se consigue reducir el diámetro. Máquinas con numeración 100.

<b>Elaborado por:</b> Cargo	<b>Revisado por:</b> Cargo	<b>Aprobado por:</b> Cargo	<b>EN REVISION</b>
			Versión : 00

	<b>INSTRUCTIVO</b> <b>GESTIÓN DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO M-630 Y ME-800</b>	<b>Código</b> : I-PP-01 <b>Revisión</b> : 00 <b>Fecha</b> : 30-07-2015 <b>Vigencia</b> : 02-01-2016 <b>Páginas</b> : 3 de 6
---	---	---

- **Recuperación de bobinas:** Proceso realizado para eliminar material sobrante de una bobina, llevándolo a una zona de scrap, y de esta manera dejarla vacía y disponible para la producción de cables.
- **Señalética:** Sistema de comunicación visual, que dependiendo de su color, dictará el estado de las bobinas. Señalética roja: bobinas para recuperar, señalética verde: bobinas vacías.
- **Zona de Scrap:** Zona donde se acumula material defectuoso y material de despunte de distintos procesos.

## 6. DESARROLLO

---

### 6.1 Entrega de necesidades netas

El departamento de programación otorgará las necesidades netas de bobinas vacías para los distintos procesos de transformación del cobre, de acuerdo al tipo de cable a elaborar. Esto incluye la cantidad de bobinas por máquina y el tipo de bobina (ME-630 o ME-800).

### 6.2 Transporte de bobinas

#### 6.2.1 Traslado a producción

Una grúa horquilla trasladará la cantidad necesaria de bobinas vacías a la estación de trabajo que las requiera, para poder cumplir con la producción del cable.


#### 6.2.2 Bobinas con señalética verde

Si una estación de trabajo (máquina) posee un grupo de bobinas con señalética de color verde, esto significa que están sin material sobrante o de despunte, por lo que la grúa debe trasladarlas a la zona de bobinas vacías.

#### 6.2.3 Bobinas con señalética roja

Si una estación de trabajo (máquina) posee un grupo de bobinas con señalética de color rojo, quiere decir que estas tienen material por recuperar, por lo que la grúa debe llevar estos insumos hacia la máquina de recuperado.

<b>Elaborado por:</b> Cargo	<b>Revisado por:</b> Cargo	<b>Aprobado por:</b> Cargo	<b>EN REVISION</b>
			Versión : 00

	<b>INSTRUCTIVO</b> <b>GESTIÓN DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO M-630 Y ME-800</b>	<b>Código</b> : I-PP-01 <b>Revisión</b> : 00 <b>Fecha</b> : 30-07-2015 <b>Vigencia</b> : 02-01-2016 <b>Páginas</b> : 4 de 6
---	---	---

### 6.3 Recuperado de bobinas

La recuperación de bobinas se puede realizar de distintas maneras, esto depende del estado en que se encuentre el material enrollado en la bobina y la cantidad de éste. En primera instancia, si el material presente en la bobina es un producto desnudo (es decir, que no tiene aislación) y contiene poco material, es posible sacarlo mediante golpes con martillo y cincel directamente, enseguida este material es enviado a zonas de scrap.

En cambio si el alambre que está en bobina tiene un diámetro mayor y/o está en mayor cantidad, entonces es necesario llevarlo a una máquina de recuperación, la cual traslada el material hacia carretes temporales que luego se vacían en zonas de scrap.

Por otro lado, cuando se habla de productos que tienen aislación, una máquina peladora debe eliminar la aislación del cable, y el cobre desnudo se acumulará en otra bobina temporal. Finalmente, la bobina temporal, pasa a una máquina de recuperación que finaliza el proceso de vaciado de este insumo.

En el área de recuperado la máquina vaciará bobinas cada vez que lleguen a esta zona, ya sea que estén llenas de material para recuperar, medias o cuartas.


### 6.4 Inventario de bobinas

Se realiza un conteo diario de las bobinas que están ubicadas en la zona de bobinas vacías y en el área de recuperación, con el fin de tener un control actualizado del flujo de éstas. Este conteo se registra en una planilla, la que luego pasa al área de programación para ser ingresada en el MRP.

### 6.5 Notificaciones en SAP

El operador designado a una máquina con actividad de producción, debe ingresar al sistema SAP de Nexans y registrar con el código “Falta de alimentación” la ausencia de bobinas tipo ME-630 o ME-800, además de ingresar en el campo de observación el detalle de la falta de alimentación, es decir, el tipo de insumo y la cantidad.

<b>Elaborado por:</b> Cargo	<b>Revisado por:</b> Cargo	<b>Aprobado por:</b> Cargo	<b>EN REVISION</b>
			Versión : 00

	<b>INSTRUCTIVO</b> <b>GESTIÓN DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO M-630 Y ME-800</b>	<b>Código</b> : I-PP-01 <b>Revisión</b> : 00 <b>Fecha</b> : 30-07-2015 <b>Vigencia</b> : 02-01-2016 <b>Páginas</b> : 5 de 6

## 7. RESPONSABILIDADES

Actividad	Responsabilidades				
	Operario de máquina	Operario de grúa	Controlador	Jefe de turno	Dpto. de programación
Entrega de necesidades netas					R
Transporte de bobinas		R	V	V	
Recuperado de bobinas	R		V	V	
Inventario de bobinas	R		V	V	P

**R:** Responsable


**P:** Participa

**V:** Verifica

## 8. DOCUMENTOS RELACIONADOS

Código del documento	Nombre del documento
R-01-IB-01	Planilla de inventario de bobinas

<b>Elaborado por:</b> Cargo	<b>Revisado por:</b> Cargo	<b>Aprobado por:</b> Cargo	<b>EN REVISION</b>
			Versión : 00

	<b>INSTRUCTIVO</b> <b>GESTIÓN DE INVENTARIO DE BOBINAS TIPO M-630 Y ME-800</b>	<b>Código</b> : I-PP-01 <b>Revisión</b> : 00 <b>Fecha</b> : 30-07-2015 <b>Vigencia</b> : 02-01-2016 <b>Páginas</b> : 6 de 6
---	---	---

## 9. ANEXO

Código del Anexo	Nombre del Anexo
A-01-IB-01	Plano de planta de producción de Nexans Chile S.A.
A-02-IB-01	Planilla de inventario de bobinas
A-03-IB-01	Señaléticas

<b>Elaborado por:</b> Cargo	<b>Revisado por:</b> Cargo	<b>Aprobado por:</b> Cargo	<b>EN REVISION</b>
			Versión : 00

## Anexo 14: Cotización de atriles. Fuente: Cotelsa S.A.

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario
1	38	ATRIL DE 45X45X160 CMS.	\$ 5.500
Valores no incluyen I.V.A.			
LUGAR DE ENTREGA	BODEGA CLIENTE		
FECHA DE ENTREGA	SEGÚN SE ORDENE		
FORMA DE PAGO	30 DIAS FECHA FACTURA		
Saluda atentamente a uds.			
<b>CARLOS LOCH CONTRERAS</b> <b>GERENTE GENERAL</b>			

COTIZACION N°00011011



CALLE CHILOE 4846 - SAN MIGUEL - SANTIAGO - CHILE

FONO (56-2) 3520210 - 3520220

E-MAIL: angelina.ubilla@nexans.com

Señores : NEXANS CHILE S.A. 16-09-2015  
 Dirección : URETA COX N° 930  
 Ciudad : SANTIAGO  
 At. Sr.: : CARLOS FERNANDEZ