



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN CARTULINAS CMPC S.A.**

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN  
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

**ROLANDO TOMÁS RIVERA CARRASCO**

PROFESOR GUÍA:  
OSCAR BARROS VERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JONATHAN SCOTT ROJAS  
EDUARDO CANALES CARRASCO

SANTIAGO DE CHILE  
SEPTIEMBRE, 2012

## RESUMEN

Este proyecto fue realizado por Rolando Rivera, miembro del grupo de Gerencia de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones de Servicios Compartidos CMPC. La situación que se enfrentaba en Cartulinas CMPC, era que el sistema de programación de producción que se había comprado, no resolvía un problema fundamental de la planta de fabricación de cartulina de esta empresa. Éste es la programación de las máquinas de conversión, las cuales se alimentan de los productos semi elaborados generados en los procesos previos de fabricación. Estas máquinas generan los rollos o pilas de cartulina del tamaño solicitado por los clientes. Su buena programación influye en el servicio al cliente, asegurando que se generan los productos requeridos en el momento adecuado, y en los beneficios, ya que puede generar mayor producción con los mismos recursos.

Se diseñó un proceso renovado de programación, cuya innovación más importante es que incluye una heurística del tipo Búsqueda en Anchura en un Grafo Dirigido, la cual permite generar la carga de trabajos en las máquinas, manejada por medio de una aplicación computacional, que trata de maximizar la producción, respetando restricciones de capacidad y tomando en cuenta fechas de entrega asociadas a los trabajos. Este nuevo proceso de probó en la planta, obteniéndose los siguientes resultados y conclusiones:

- El resultado es muy positivo, debido a que al quinto mes de operaciones del nuevo proceso se ha obtenido una producción de 4.000 toneladas adicionales y un aumento estimado de ingresos de MM USD\$1.2.
- La implementación de soluciones que consideren un diseño explícito de apoyo de TI para actividades tácitas, vía modelos matemáticos, heurísticas o business intelligence, en este caso una heurística, puede generar retornos de un orden muy superior a la inversión realizada.
- La estructuración de la actividad tácita de Asignación y Liberación de Carga ha permitido una mejor comunicación, menos conflictos entre áreas y una mejor utilización de los recursos instalados.
- La problemática resuelta por este proyecto es similar a la problemática que se encuentra en otras planta productivas, las cuales tienen un proceso de producción de semielaborados y luego un proceso de terminación, lo cual permite afirmar que la solución es extrapolable con algunos ajustes a otros procesos productivos.

## ABSTRACT

This Project was developed by Rolando Rivera, who Works in the IT Area of Empresas CMPC. The situation that Cartulinas CMPC was facing is that it's Production Programming System, bought a few years ago, doesn't resolve a essential issue in a Carton board Production Mill. The issue is the Conversion Machines Programming Process, machines that uses as input inprocess rolls, produced in previous productions processes. The Conversion Machines produce rolls or sheets in the sizes required by the customers. Efficient production programs for these machines have a direct impact in the customer service, ensuring to have the products in the right dates and quantities, besides the benefits that more production can be made with the same resources.

A new Production Programming Process was designed, the main innovation is the incorporation of a Breadth First Search Heuristic in a Directed Graph, this new process allows to assign the jobs to the machines via a computer application that maximizes the production, taking into account the capacity restrictions and delivery dates of every job. The new process was put in operations in the mill, getting the following results and conclusion:

- The result is very positive, because at the fifth month of operations the new process has improved the production in 4.000 tons, with a estimated revenue of MM USD\$ 1.2.
- The implementation of solutions that include an explicit support design of IT for tacit task, via mathematical models, heuristics or business intelligence, in this case an heuristic, can produce very high revenues and in a different level than the investment done.
- The design of the tacit task of "Asignación y Liberación de Carga" has improved the communication, reduce the conflicts between areas and a better utilization of the installed resources.
- The kind of problem resolved in this project is similar to the problem that other production mills have, where they have production of inprocess products that have to be finished later in other process, so is possible to say that this solution can be extrapolated with some adjustments to other production process.

## **DEDICATORIA**

A mi hija Florencia, quien es la luz de mi vida.

A mi Padre Rolando, que me ha dado la alegría, compañía y paciencia para enfrentar la vida.

A mi Madre Teresa, con todo su amor me enseñó que la perseverancia y el trabajo pueden lograr cosas inimaginables.

A mi hermana Teresa, mi mejor amiga y mi eterna compañera.

A todos ellos que los amo más de lo que se pueden imaginar, les dedico este nuevo paso en mi vida.

**“El tiempo no se tiene, el tiempo se hace”**

## **AGRADECIMIENTOS**

Voy a partir agradeciendo a mi gran amigo Cristián, a quien conocí en el MBE y con quien compartimos muchas horas de estudio y esfuerzo, además agradezco su apoyo incondicional durante estos años.

A Eduardo Canales, con quien hemos logrado que esta tesis se haga realidad y con esto dar un gran paso en mi carrera profesional y personal.

A Ana María, quien con una gran voluntad colaboró en muchas de las tareas que debí realizar.

Al profesor Barros, por crear el MBE, gracias a este programa de Magister siento que me he desarrollado enormemente como profesional, pero además, pienso que el MBE ayuda a formar profesionales mucho más competentes que ayudan a que el país siga en una senda de crecimiento.

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>PLANTEAMIENTOS DEL PROYECTO</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b>	<b>10</b>
1.1.1	COMPAÑÍA MANUFACTURERA DE PAPELES Y CARTONES, CMPC	10
1.1.2	CARTULINAS CMPC	14
<b>1.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>30</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b>	<b>30</b>
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	30
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO CONCEPTUAL</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>31</b>
2.1.1	METODOLOGÍA DE LA INGENIERÍA DE NEGOCIOS	32
2.1.2	BASES PARA EL MODELO DE NEGOCIO	34
<b>2.2</b>	<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b>	<b>38</b>
2.2.1	VENTAJA COMPETITIVA, EFECTIVIDAD OPERACIONAL Y POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO	39
2.2.2	EL MODELO DELTA	40
2.2.3	TENDENCIA A LA ESTRUCTURACIÓN DE CONOCIMIENTO	41
2.2.4	TEORÍA MICROECONÓMICA DE LA EMPRESA	42
2.2.5	JOB-SHOP PROBLEM	43
2.2.6	GRAFO DIRIGIDO	45
2.2.7	BÚSQUEDA EN ANCHURA	46
<b>3</b>	<b>ESTRATEGIA Y MODELO DE NEGOCIO</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>ESTRATEGIA</b>	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>DEFINICIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO</b>	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>RELACIÓN DEL PROYECTO CON LA ESTRATEGIA Y MODELO DE NEGOCIO</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>ARQUITECTURA DE PROCESOS</b>	<b>50</b>
4.1.1	ARQUITECTURA DE PROCESOS	50
<b>4.2</b>	<b>APOYO DE TI EN CARTULINAS CMPC</b>	<b>54</b>
4.2.1	VISIÓN GENERAL	54
<b>4.3</b>	<b>APOYO TI EN PROCESOS A REDISEÑAR</b>	<b>56</b>
<b>4.4</b>	<b>DEBILIDADES DETECTADAS</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN</b>	<b>59</b>
5.1.1	PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	60
<b>5.2</b>	<b>ESPECIFICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO</b>	<b>61</b>
5.2.1	PROCESOS DEL REDISEÑO	62

5.2.2	DIAGRAMA DE PISTAS DE NUEVO PROCESO	63
5.2.3	HEURÍSTICA DE ASIGNACIÓN DE MÁQUINAS	64
<b>6</b>	<b><u>DISEÑO DE LA APLICACIÓN COMPUTACIONAL</u></b>	<b>70</b>
<b>6.1</b>	<b>DERIVACIÓN DE CASOS DE Uso</b>	<b>70</b>
6.1.1	OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE PEDIDOS	71
6.1.2	LLAMADO A HEURÍSTICA	71
<b>7</b>	<b><u>VARIABLES DE DISEÑO</u></b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b><u>EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO</u></b>	<b>75</b>
<b>8.1</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>75</b>
<b>8.2</b>	<b>COSTOS DE MANTENCIÓN</b>	<b>81</b>
<b>8.3</b>	<b>BENEFICIOS ESPERADOS</b>	<b>82</b>
8.3.1	CONCLUSIONES ECONÓMICAS	84
<b>9</b>	<b><u>GESTIÓN DEL CAMBIO</u></b>	<b>85</b>
<b>9.1</b>	<b>ESTRATEGIA Y SENTIDO</b>	<b>85</b>
<b>9.2</b>	<b>CONSERVACIÓN</b>	<b>85</b>
<b>9.3</b>	<b>LIDERAZGO Y GESTIÓN</b>	<b>85</b>
<b>9.4</b>	<b>PROCESO COMUNICACIONAL</b>	<b>86</b>
<b>9.5</b>	<b>GESTIÓN DE ESTADOS DE ÁNIMO</b>	<b>86</b>
<b>9.6</b>	<b>ALERTA Y CONCIENCIA DEL PROCESO</b>	<b>86</b>
<b>9.7</b>	<b>EVALUACIÓN Y CIERRE</b>	<b>87</b>
<b>10</b>	<b><u>PRUEBA DE LA HEURÍSTICA</u></b>	<b>87</b>
<b>11</b>	<b><u>GENERALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA</u></b>	<b>89</b>
<b>11.1</b>	<b>CASO 1: FABRICA DE PRODUCTOS TISSUE</b>	<b>90</b>
11.1.1	PROCESO PRODUCTIVO	91
11.1.2	PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	94
<b>11.2</b>	<b>CASO 2: FÁBRICA DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO</b>	<b>95</b>
11.2.1	PROCESO PRODUCTIVO	95
11.2.2	PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	97
<b>12</b>	<b><u>CONCLUSIONES FINALES</u></b>	<b>98</b>
<b>13</b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Esquema de operación Planta Maule.....	22
Figura 2: Esquema Operación Planta Valdivia .....	23
Figura 3: Bloques de producción.....	24
Figura 4: <i>Trim</i> de bobinadora o rebobinadora .....	25
Figura 5: <i>Trim</i> de Cortadora .....	26
Figura 6: Metodología Ingeniería de Negocios.....	33
Figura 7: Búsqueda en Anchura.....	47
Figura 8: Macroprocesos.....	51
Figura 9: Cadena de Valor .....	52
Figura 10: Gestión de Producción y Logística .....	54
Figura 11: Apoyo de Sistemas .....	55
Figura 12: Operaciones Programación Producción.....	58
Figura 13: Planificación y programación de la producción .....	60
Figura 14: Programación de la producción.....	61
Figura 15: Nuevo Proceso de Programación de la Producción .....	62
Figura 16: Diagrama de pistas nuevo proceso .....	63
Figura 17: Árbol de ejemplo .....	67
Figura 18: Caso de Uso obtención fechas .....	71
Figura 19: Organigrama Proyecto .....	76
Figura 20: Representación de un Framework .....	89
Figura 21 Estructuración de un Framework.....	90
Figura 22 Esquema de Producción Fabricación Tissue .....	94
Figura 23: Fábrica de Cajas de Cartón Corrugado.....	98



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y tiempos.....	80
Tabla 2: Inversión.....	80
Tabla 3: Costos mantención 2 primeros años.....	82
Tabla 4: Costos mantención tercer año en adelante.....	82
Tabla 5: Escenarios.....	83
Tabla 6: Resultados productivos en escenarios.....	84
Tabla 7: Resultados económicos en escenarios.....	84
Tabla 8: VPN y TIR.....	84
Tabla 9: Aumentos reales de producción.....	88
Tabla 10: Retorno del proyecto.....	88

# **1 PLANTEAMIENTOS DEL PROYECTO**

## **1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

La fabricación de Pulpa y Papel es parte de la industria forestal, industria que ha tenido un importante crecimiento durante la última década, con la inversión miles de millones de dólares en patrimonio forestal y plantas de fabricación de celulosa y papel, tanto en Chile como en otros países de Sudamérica, lo cual ha transformando a los dos principales productores nacionales en importantes actores a nivel mundial.

### **1.1.1 Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones, CMPC**

La Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones - CMPC, también conocida popularmente como “La Papelera”, fue fundada en 1920, ha sido pionera en Chile en la fabricación de celulosa y papel. Más de noventa años de experiencia en el rubro respaldan sus operaciones en negocios forestales, celulosa, papeles, cartulinas, productos tissue, papel periódico, bolsas industriales, productos escolares y de oficina, fabricación ejecutada en plantas industriales en Chile, Argentina, Perú, Ecuador, Colombia, México, Brasil y Uruguay, llegando sus productos a más de 50 países en los cinco continentes.

#### **1.1.1.1 Empresas CMPC S.A.**

Actualmente, CMPC se ha convertido en un holding denominado Empresas CMPC S.A., holding que controla las operaciones de sus cinco filiales: CMPC Forestal, CMPC Celulosa, CMPC Papeles, CMPC Tissue y CMPC Productos de papel. Cada una de ellas ha desarrollado productos que se han consolidado tanto en el mercado nacional como en el resto del mundo.

A continuación, se describirán las principales características de cada uno de los cinco negocios que componen Empresas CMPC S.A.

### **1.1.1.2 CMPC Forestal**

Esta filial de CMPC desarrolla sus negocios en el ámbito de la forestación y el suministro de productos de madera, formando y administrando un patrimonio forestal sostenible en Chile, Argentina y Brasil, que respalda la actividad industrial de la compañía. Cuenta con una amplia red comercial en los 5 continentes y oficinas en Chile, Estados Unidos y Japón. Además, más de 535 mil hectáreas de plantaciones.

#### **Fábricas**

CMPC posee cuatro aserraderos en las localidades de Constitución, Bucalemu, Mulchén y Nacimiento. Además, cuenta con dos plantas de remanufactura en Los Ángeles y Coronel, y una planta de terciado en Mininco.

#### **Productos**

Maderas aserradas, remanufacturas (molduras, tableros y laminados) y terciado.

### **1.1.1.3 CMPC Celulosa**

Orientada a la fabricación y comercialización de celulosa, esta división exporta el 90% de su producción a los mercados de América, Europa, Asia y Oceanía, contando con una red logística que contempla terminales en todo el mundo.

#### **Fábricas**

La filial Celulosa de CMPC produce aproximadamente 2 millones de toneladas a través de sus plantas: Laja, Pacífico y Santa Fe, todas ellas con certificación ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001. Además tiene certificada su cadena de custodia según estándares CERTFOR- PEFC, garantizando que su materia prima proviene exclusivamente de bosques cultivados, libre de controversias, y perfectamente trazables desde el bosque hasta su destino final.

Recientemente CMPC Celulosa adquirió la unidad Guaíba que pertenecía a Aracruz, planta ubicada en el estado de Rio Grande do Sul, Brasil, inversión que contempla una planta de celulosa con una producción anual de 450 mil toneladas anuales, una planta de papel y 212 mil hectáreas de bosques.

## **Productos**

Celulosa kraft fibra larga blanqueada, sin blanquear, fluff en rollos, celulosa kraft blanqueada fibra corta, papeles sack kraft y papeles blancos.

### **1.1.1.4 CMPC Papeles**

Produce y comercializa papeles de distinto tipo a través de sus empresas Río Vergara (Nacimiento), Cartulinas CMPC (Maule y Valdivia) y Papeles Cordillera (Puente Alto), por otra parte su filial SOREPA recolecta el papel usado y, finalmente EDIPAC comercializa papeles de impresión. Los productos de CMPC Papeles se exportan principalmente a Latinoamérica, Estados Unidos, el Caribe, Europa y Asia.

## **Fábricas**

Cuenta con cuatro plantas ubicadas en Chile en las localidades de Puente Alto, Yervas Buenas, Nacimiento y Valdivia.

Producción de Cartulinas: 420.000 ton/año.

Producción de Papel Periódico: 200.000 ton/año.

Producción de Papel para Corrugar: 280.000 ton/año.

## **Productos**

Cartulinas, papel periódico, para corrugar, de impresión y para envolver.

### **1.1.1.5 CMPC Tissue**

Esta filial de CMPC fabrica y comercializa productos tissue en Chile, Brasil, Argentina, Perú, Uruguay, Colombia, Ecuador y México, a través de marcas que han logrado situarse con un importante liderazgo en cada uno de estos mercados.

Fabricación de Productos Tissue (Papeles higiénicos, toallas de papel, servilletas y pañuelos de papel): 310.000 ton/año.

Producción de Productos Sanitarios Desechables (Pañales de niño y adulto y toallas femeninas): 1.600 millones unidades/año.

#### **Fábricas**

Cuenta con dos modernas plantas en Chile y dos en Argentina, tres fábricas en México y una planta en cada uno de los siguientes países: Brasil, Perú, Uruguay, Colombia y Ecuador.

#### **Productos**

Papeles higiénicos, pañuelos desechables, servilletas, toallas higiénicas, toallas de papel, pañales desechables y productos higiénicos especializados para el consumo en instituciones y lugares públicos.

Es importante mencionar que la industria de los papeles Tissue ha crecido sostenidamente a nivel mundial durante los últimos años, siendo las claves del éxito de CMPC Tissue su alto grado de conocimiento de las necesidades de los consumidores, las buenas relaciones y el buen nivel de servicio otorgado a sus clientes y la alta eficiencia en costos de producción.

### **1.1.1.6 CMPC Productos de Papel**

Desarrolla su actividad a través de las siguientes filiales en Chile: Envases Impresos, Envases Roble Alto, PROPA y CHIMOLSA; FABI en Argentina y FORSAC en Perú, atendiendo mercados tan diversos como el sector industrial, frutícola, vitivinícola, construcción y salmones.

## **Fábricas**

Cuenta con plantas productoras en Chile en las siguientes ubicaciones: Puente Alto, Quilicura, Buin, Til Til, Osorno y Chillán. Además posee fábricas en Argentina y Perú.

Producción de Cajas de Cartón Corrugado: 182.000 ton/año.

Producción de Sacos Multipliego: 430 millones unidades/año.

Producción de Bandejas y Estuches de Pulpa Moldeada: 18.000 ton/año.

## **Productos**

Cajas de cartón corrugado, sacos multipliego y bandejas de pulpa moldeada.

### **1.1.2 Cartulinas CMPC**

Cartulinas CMPC S.A. se dedica a la fabricación y comercialización de distintos tipos de cartulina, siendo un 80% de la producción destinada al mercado externo. El principal uso de la cartulina es servir como materia prima para la elaboración de envases y estuches, industria que se denomina *Packaging*. Cartulinas CMPC S.A. cuenta con dos complejos industriales, el más antiguo ubicado en la ciudad de Valdivia con capacidad de producción de 70.000 ton/año en rollos y pilas. Por otra parte, en Talca se ubica la Planta Maule, inaugurada en 1998, con una capacidad productiva de 350.000 ton/año en rollos y pilas. En el Edificio Corporativo de Empresas CMPC, ubicado en Santiago, se encuentra su Gerencia General y Gerencia Comercial.

### **1.1.2.1 Antecedentes Comerciales**

Desde sus inicios Cartulinas se ha orientado a entregar un producto y servicio de clase mundial a sus clientes, lo cual la ha llevado a tener presencia en más de 50 países en los cinco continentes, puntos sobre los que tendremos una primera aproximación en los siguientes párrafos.

#### **Productos**

Los productos que Cartulinas CMPC S.A. entrega a sus clientes son pilas y rollos que deben cumplir con:

- Tipo de cartulina.
- Gramaje específico.
- Formato determinado.
- Embalaje en particular.

A continuación se definen los conceptos que componen el producto.

#### **Tipo de Cartulina**

Se fabrican tres tipos o familias de cartulina, todos ellos están compuestos por una cara, fabricada íntegramente de celulosa blanca, un cuerpo o “tripa” como se conoce en la jerga papelería, el cual principalmente se compone de papel reciclado y pulpa; finalmente un reverso, el que puede ser de celulosa, papel reciclado y/o pulpa. Las familias de cartulina son Reverso Blanco, Reverso Manila y Reverso Café.

## **Gramaje**

Cada una de las familias se producen en distintos gramajes, que van desde 200 a 400 gramos por metro cuadrado, ahora bien, el gramaje así como el tipo de cartulina tiene gran incidencia sobre las características del envase que finalmente se fabricará.

## **Rollos**

Un rollo de Cartulina es una hoja larga de papel bobinada sobre un caño de papel más denso, las dimensiones son también muy variadas, van desde pequeños rollos de 9 cm de ancho con 30 cm de diámetro, a grandes rollos de 240 cm de ancho con 180 cm de diámetro.

## **Pilas**

Una pila de cartulina corresponde a un conjunto de hojas rectangulares cortadas y colocadas sobre un *pallet* de madera, las dimensiones de las hojas van desde 10 cm a 130 cm en el largo y/o ancho, por otra parte el número de hojas puede ir desde 100 a 3500 hojas por pila. Aproximadamente el 70 % de la producción se entrega en pilas.

## **Embalaje**

El embalaje de las pilas está compuesto por el mencionado *pallet* y un plástico protector, el cual cubre las hojas desde su base (*pallet*).

Los *pallets* también son distintos, debido a que los procesos productivos de los clientes son distintos y requieren que la entrada de la materia prima se lo más ágil posible, en estos momento se fabrican pilas con 22 tipos de *pallet*.

El embalaje de rollos consiste en un papel protector el cual cubre al rollo, los papeles protectores pueden o no estar plastificados.



La combinación de los elementos recién expuestos actualmente llega a aproximadamente 12.000, lo cual define el mismo número de productos a fabricar y entregar.

#### **1.1.2.1.1 Relación con clientes**

Cartulinas CMPC es una empresa madura, con alto conocimiento del mercado (países y regiones), conocimiento que se ha logrado día a día gracias a la acción de representantes de venta locales quienes son expertos en la industria papelera y conocen muy bien a los clientes (Convertidores e imprentas), este conocimiento se refleja principalmente en:

- Los procesos productivos
- Tipo de maquinaria
- Capacidades productivas
- Ciclos de venta

Los representantes de ventas, además manejan las variables políticas y económicas de los mercados, lo cual les entrega un muy buen *feeling* tanto a nivel cuantitativo como cualitativo del crecimiento país y de las regiones donde se desempeñan, variable que está directamente relacionado con el consumo y la demanda de cada país, parámetro que evidentemente influye en el consumo de cartulina.

Los precios son variables, no es un *commodity*, las negociaciones son directas con cada cliente y por lo tanto hay distintos precios con cada uno.

El precio está determinado principalmente por:

- Nivel de servicio: este punto está referido a la oportunidad de entrega del producto.
- Posición competitiva en el mercado: en algunos mercados, como el nacional, Cartulinas CMPC es el líder indiscutido, por lo tanto tiene una fuerte influencia sobre los precios, pero hay otros mercados, como el Estadounidense, donde se tiene una participación de mercado marginal, lo cual disminuye el poder de negociación.
- Calidad: la cual está dada principalmente por la uniformidad del producto, variable que está indexada directamente con los procesos productivos del cliente, debido a que estos procesos se “ajustan” para operar con una materia prima (cartulina) de determinadas características, una vez que se ha logrado un buen ajuste, se transforma en una barrera de salida para el cliente.
- Ayuda técnica necesaria: si el cliente lo requiere se envían técnicos que colaboran en sus procesos productivos, con el objetivo de obtener el mejor rendimiento de la cartulina o se pueden realizar fabricaciones especiales a modo de prueba para un cliente con el objetivo de desarrollar un nuevo producto.

Debido a que Cartulinas es un exportador a nivel mundial y su capacidad productiva instalada sólo le permite tener con una participación marginal en el mercado global, se puede indicar que la demanda es infinita, ante lo cual se busca maximizar el margen y minimizar el riesgo.

La gestión del riesgo crediticio es controlada por Empresas CMPC, situación que es reflejada en que el crédito a clientes lo entrega el grupo de Empresas CMPC y no directamente Cartulinas CMPC.

En relación a los pedidos, se debe indicar que su tamaño medio es de 10 toneladas, solicitándose en cada uno de ellos, una cantidad de producto para una fecha en particular.

### ***Red Logística***

Cartulinas CMPC es un proveedor de clase mundial vendiendo un alto porcentaje de su producción en el extranjero, para lograr dicho objetivo debe tener una red logística que soporte las operaciones y el nivel de servicio (tiempo de entrega) que le permita competir en mercados como Europa y Norteamérica.

Para lograr los objetivos planteado en el punto anterior, además de contratos con las más importantes navieras que transitan por nuestro país, Cartulinas CMPC ha implementado una red de bodegas que le permiten tener tiempos de entrega competitivos. A continuación se presenta una descripción de cada una de ellas.

### **Bodega de Productos Planta Maule**

Corresponde al sitio de almacenamiento de productos terminados y de algunos rollos semielaborados, además desde allí se despacha producto a clientes o se trasladan a las demás bodegas de Cartulinas CMPC.

### **Bodega de Productos Planta Valdivia**

La bodega de productos en Valdivia almacena los rollos semielaborados, pilas y rollos de producto terminado. También desde esta bodega se despacha producto a cliente y a las demás bodegas.

### **Centro de Distribución Santiago**

Debido a que todos los clientes nacionales se encuentran en Santiago, Cartulinas CMPC tiene una bodega en esta ciudad, a la cual llegan los productos desde las plantas y luego desde aquí son entregados al cliente.

### **Bodegas de puerto**

Son tres bodegas, dos ubicadas en San Antonio y una en Talcahuano, las cuales reciben los productos que serán embarcados, estas bodegas además realizan la consolidación de contenedores y se encargan de parte de la gestión de exportación. Los productos despachados desde puerto pueden tener destino cliente final o alguna de las bodegas externas.

## **Bodegas externas.**

Son cuatro bodegas ubicadas en Estados Unidos, Inglaterra, Holanda e Italia, las cuales tienen por objetivo recibir, almacenar y luego despachar (cuando el cliente lo solicite) los productos enviados desde Chile. Las operaciones de estas bodegas permiten disminuir los tiempos de entrega y competir con productores Canadienses y Escandinavos.

### **1.1.2.2 Fábricas**

Anteriormente se mencionó que Cartulinas CMPC posee dos plantas, Maule y Valdivia, seguido entregaremos algunos detalles de sus procesos productivos.

#### **1.1.2.2.1 *Planta Maule***

Ubicada en la comuna de Yervas Buenas, Séptima Región del Maule, es un moderno complejo industrial, el cual en líneas generales está compuesto por los siguientes procesos: Fábrica de Pulpa, Máquina Papelera, Bodega Robotizada, Sala Conversión y Bodega de Productos.

A continuación se describen los recién mencionados procesos:

#### **Fábrica de Pulpa**

Es un proceso productivo que como su nombre lo indica, realiza la producción de pulpa a partir de celulosa cruda, la pulpa fabricada puede ser ingresada directamente a la Máquina Papelera vía circuitos que comunican ambos procesos, o puede ser palletizada para su almacenamiento y posterior envío a Valdivia o venta a CMPC Tissue.

#### **Máquina Papelera**

Como en cualquier planta de fabricación de papel, su máquina papelera es su principal activo y proceso productivo, a esta máquina papelera en un extremo ingresan las materias primas y luego del proceso productivo se obtiene un rollo de gran tamaño, el cual es denominado *jumbo*, mide casi cinco metros de ancho, tres metros de diámetro y pesa aproximadamente 22 toneladas. En el extremo final de la Máquina Papelera se encuentra una máquina llamada Bobinadora, la cual recibe como ingreso un *jumbo* y produce rollos de menor tamaño (tanto en ancho como en diámetro), fabricando varios rollos simultáneamente, los rollos aquí bobinados pueden tener destino cliente (si se encuentran en formato final) o Sala de Conversión, si deben ser cortados en pilas o rebobinados en rollos de menor tamaño.

### **Bodega Robotizada**

La mayor parte de los rollos que salen de la Bobinadora y que son producto semielaborado se almacenan en una Bodega Robotizada, la cual es operada íntegramente por un robot que realiza el ingreso, ordenamiento y entrega de rollos. Esta bodega puede almacenar hasta 10.000 toneladas de papel en rollos.

### **Sala de Conversión**

Corresponde al proceso productivo donde los rollos semielaborados se convierten en pilas o rollos de menos dimensión, el proceso de fabricación de pilas se realiza mediante las siete cortadoras que dispone y el de disminución de tamaño de rollos con la rebobinadora que allí se encuentra.

Luego que los rollos o pilas están en formato final, son embalados en la Sala de Conversión.

### **Bodega de Productos**

Fue descrita en ítem de Red Logística.

Seguido un esquema de operación de Planta Maule.

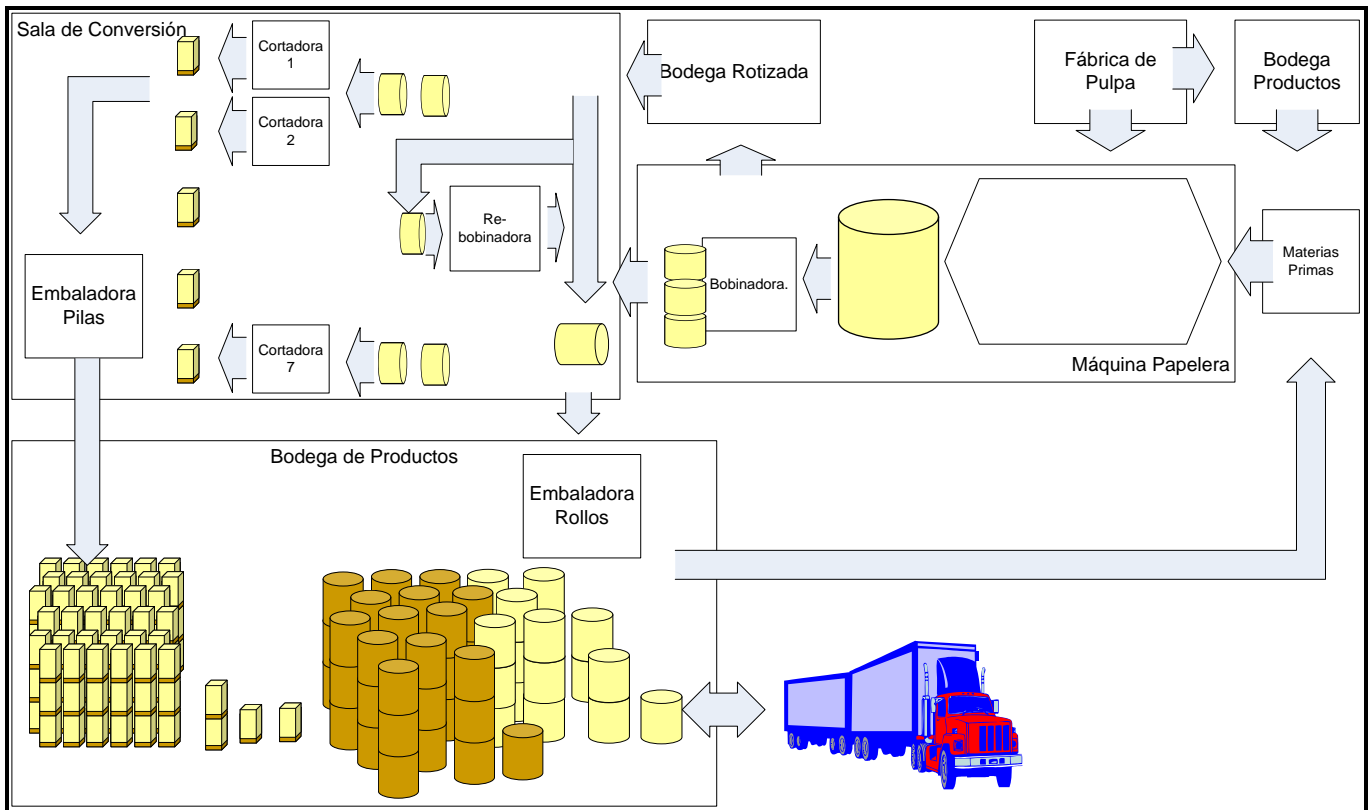


Figura 1: Esquema de operación Planta Maule

### 1.1.2.2.2 *Planta Valdivia*

En la ciudad de Valdivia, se encuentra el complejo productivo inaugurado en 1951 y que luego de sucesivas modificaciones ha alcanzado su tasa de producción actual. Planta Valdivia al igual que Planta Maule fabrica pilas y rollos, pero en menor cantidad. Los procesos que componen la planta son: Máquina Papelera, Sala de Conversión y Bodega de Productos.

#### **Máquina Papelera**

Es una máquina que al igual que la de Planta Maule fabrica *jumbos*, pero éstos son de menor dimensión, teniendo 242 cm de ancho y 180 cm de diámetro, al final de la máquina se encuentra la bobinadora, la cual cumple la función ya descrita.

#### **Sala de Conversión**

El proceso de conversión está compuesto por sólo una cortadora, además en la Sala de Conversión se realiza el embalaje de pilas y rollos.

### Bodega de Productos

Fue descrita en ítem de Red Logística.

A continuación se muestra un esquema de operaciones de Planta Valdivia.

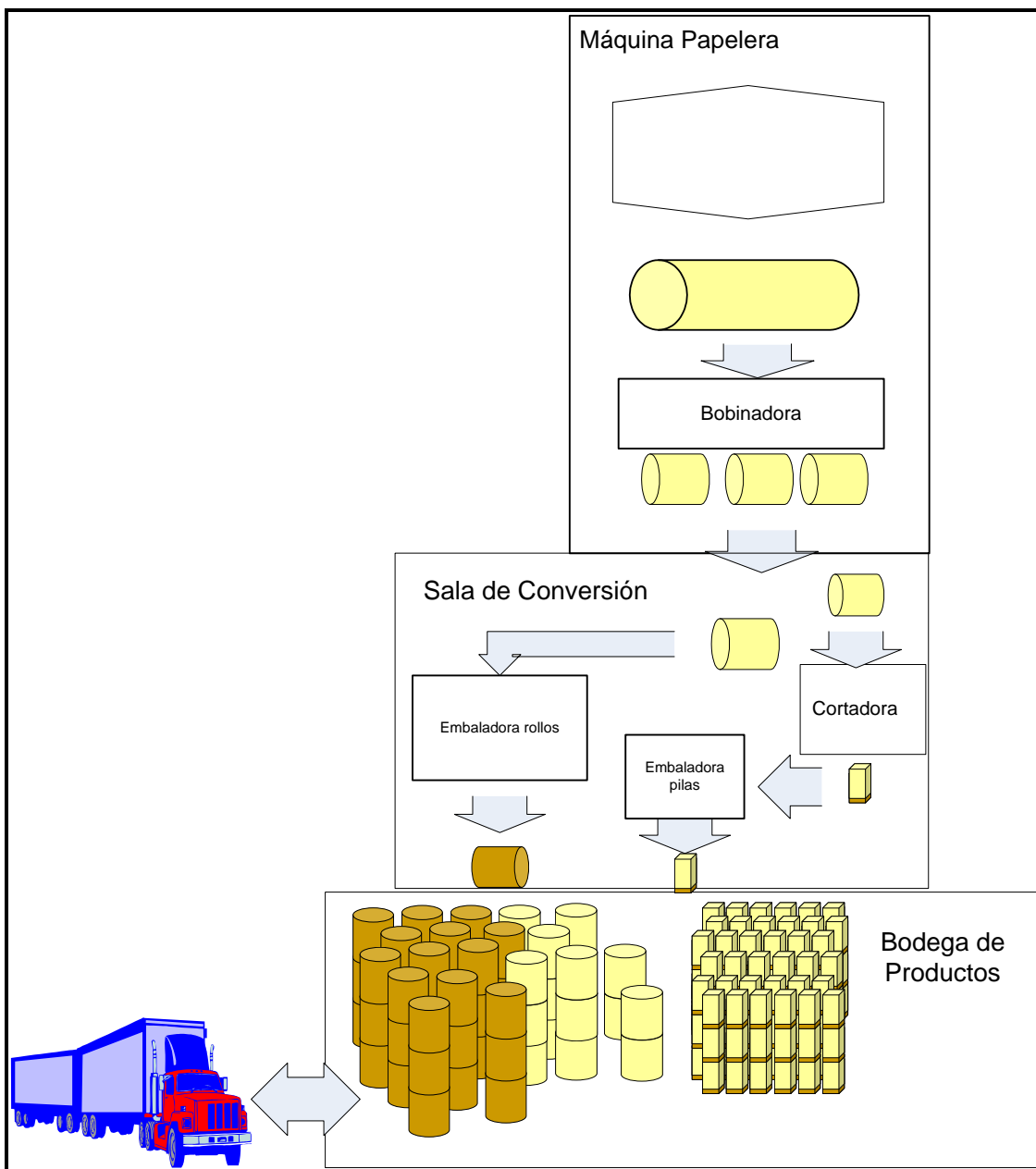


Figura 2: Esquema Operación Planta Valdivia

### 1.1.2.2.3 Programación de la producción

El proceso de Programación de la Producción se centra en la programación de un Bloque de Máquina Papelera, donde éste corresponde al tiempo que la mencionada máquina fabrica un tipo de cartulina en un determinado gramaje, para el caso de Cartulinas CMPC, en ambas máquinas papeleras, este tiempo es cercano a un día. La siguiente Figura 3 muestra cómo se ven los bloques en el actual sistema que utiliza Cartulinas CMPC para su Programación de Producción, allí cada línea representa un Bloque.

Complementario a lo que se acaba de indicar, en la actividad de Programación de la Producción se debe incluir la programación de la Sala de Conversión, debido a que las labores productivas Máquina Papelera y Sala de Conversión están íntimamente ligadas.

El proceso de programación se divide en dos grandes pasos, el primero es realizado en el Área de Programación de la Producción (PCP), el que se denominará **Programación de Producción** y el segundo realizado en la Sala de Conversión, llamado **Asignación y liberación de carga**, a continuación se describen ambos.

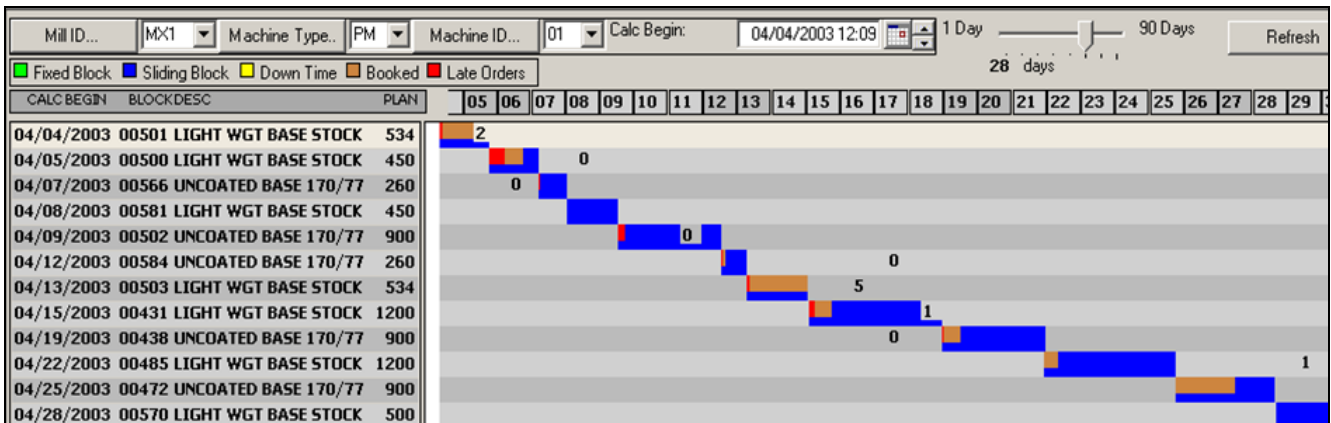


Figura 3: Bloques de producción



### 1.1.2.2.3.1 Programación de la Producción

El personal de PCP comienza la programación para un Bloque de Máquina Papelera, esta programación debe entregar los programas de corte para la Bobinadora y las máquinas de conversión, estos programas de corte corresponden a un conjunto de *trims* que se deben repetir una determinada cantidad de veces para obtener la producción programada, ahora bien, cada *trim* corresponde a la forma como se cortará un jumbo o rollo, ya sea para producir rollos o pilas. Las figuras 4 y 5 muestran esquemáticamente a que corresponde un *trim*.

En el próximo punto se detallarán los pasos que sigue PCP para realizar la Programación de la Producción, los cuales son “Programación Máquina Papelera para rollos directos” y “Programación Máquina Papelera y Sala de Conversión”

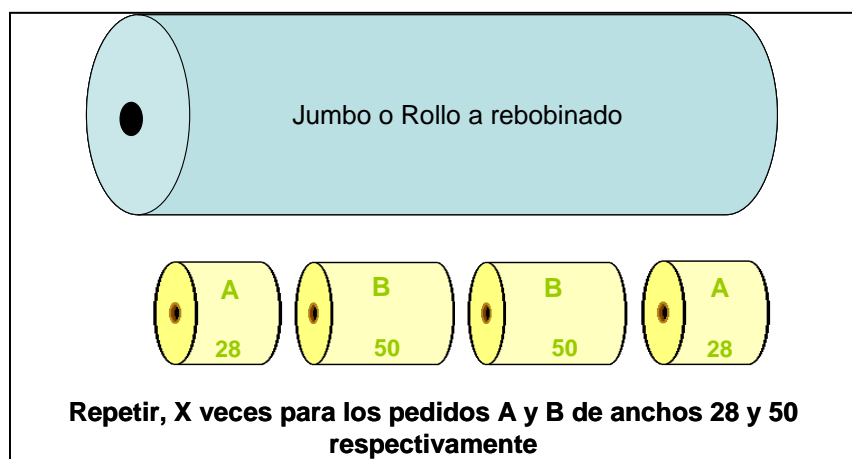
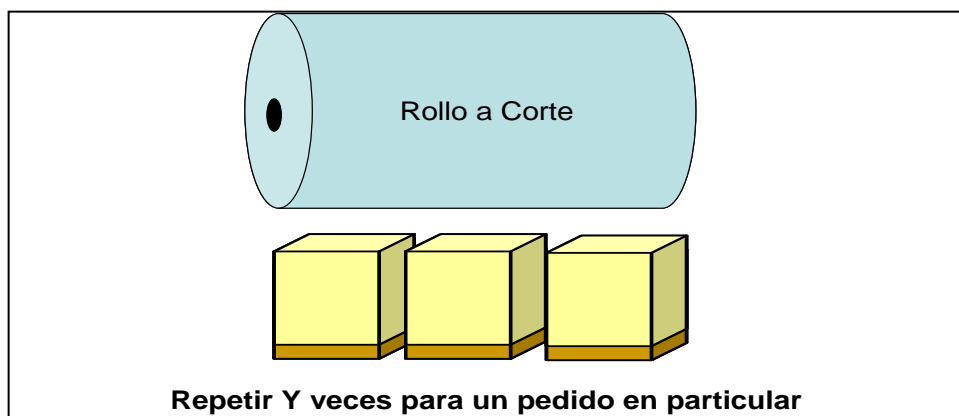


Figura 4: *Trim* de bobinadora o rebobinadora



## Figura 5: *Trim* de Cortadora

### 1.1.2.2.3.1.1 Programación Máquina Papelera para rollos directos

El objetivo de esta etapa es generar los *trims* para la producción de rollos que al ser fabricados en la Bobinadora tendrán su formato final y por lo tanto no requieren del proceso de conversión, debido a esto se les denomina “rollos directos”, ya que van directo desde la Bobinadora a embalaje. Estos rollos deben cumplir la característica de tener un diámetro solicitado mayor o igual a 150 cm.

El proceso se desarrolla de la siguiente forma:

- a. Comienza con la selección de los pedidos de rollos que se encuentran en el bloque y que pueden ser fabricados en la Bobinadora que se encuentra en la Máquina Papelera.
- b. El subconjunto de pedidos recién seleccionados se envían a la rutina de optimización de corte, esta rutina es un sistema computacional que tiene por principal objetivo, minimizar la pérdida de papel en el corte que se realiza a los jumbos en la bobinadora. La rutina de optimización entrega un conjunto de *trims*.
- c. Luego el programador analiza los resultados y si es necesario puede hacer algún tipo de ajuste, como por ejemplo, incorporar pedidos para fabricar stock y así disminuir la pérdida. En el caso de realizar alguna modificación se repite el punto “b” hasta obtener los resultados deseados.

### 1.1.2.2.3.1.2 Programación Máquina Papelera y Sala de Conversión

En este punto el personal de PCP busca la generación de *trims* para:

- Fabricación de rollos semielaborados en la Bobinadora.
  
- Producción de pilas en las cortadoras.
  
- Rebobinado de rollos.

El proceso se realiza en los siguientes pasos:

- a. Se realiza la selección de los pedidos de pilas y rollos con diámetro menor a 150 cm. que se encuentran en el bloque.
  
- b. El subconjunto de pedidos recién seleccionados se envían a la rutina de optimización de corte ya mencionada. En este punto se debe mencionar que los programas de corte o *trims* de corte no están a nivel de una máquina específica, sino que sólo se indica qué es lo que se debe hacer y no en qué cortadora, ni en qué orden, en resumen, se puede decir que PCP deja los programas de corte en un *buffer* desde donde posteriormente serán asignados a las máquinas reales. Debido a que la rutina de optimización de corte exige que se entreguen las características de las máquinas a programar, PCP le entrega las características de una cortadora virtual o ficticia, y para esto utiliza como variables mínimas y máximas (anchos y diámetros) los valores mínimos y máximos disponibles en las cortadoras reales.
  
- c. Luego el programador analiza los resultados, que para este caso corresponden a *trims* de bobinadora, cortadoras y rebobinadora. Si se debe hacer alguna mejora a la programación el programador puede incorporar o quitar pedidos y repetir el punto “b”.

#### **1.1.2.2.3.2 Asignación y liberación de carga**

En el punto anterior se indicó que PCP genera los programas de corte y los deja en un *buffer*, la tarea de asignación de máquina cortadora y secuencia a ejecutar es realizada en Sala de Conversión, proceso denominado Asignación y liberación de carga.

Para realizar la Asignación y liberación de carga, Sala de Conversión analiza los *trims* entregados por PCP y comienza la asignación en base a los siguientes criterios:

- a. Carga ya asignada a las máquinas: representa las tareas de corte ya asignadas, algunas de las cuales deben estar en ejecución y otras esperando en la cola de proceso de las cortadoras.
- b. Fecha del pedido: es fundamental que el ordenamiento de las tareas procure la finalización de la fabricación antes que se cumpla la fecha límite definida para cada pedido.
- c. Tamaño máximo y mínimo de entrada para rollos semielaborados: debido a que las cortadoras son de diferentes tamaños, por lo tanto los rollos que pueden cargar son de diferentes anchos. Esta es una variable de tipo restrictiva, pero además es muy importante en términos de rendimiento del proceso de conversión, ya que, siempre se busca utilizar las máquinas en un ancho cercano su máximo. El diámetro de los rollos no influye debido a que todas las cortadoras pueden cargar rollos en el mismo rango.
- d. Tamaño de salida de las pilas: nuevamente debido a las diferencias entre las cortadoras, no todas pueden fabricar pilas muy grandes o muy pequeñas. Al igual que el punto anterior esta es una variable restrictiva, pero esta no influye en la tasa de producción.
- e. Tasa de producción de acuerdo al largo de las pilas que se fabricarán: cada cortadora posee un concepto denominado "Curva de Velocidad", esta curva indica a qué velocidad puede funcionar la cortadora de acuerdo al largo de la hoja de la pila que se está cortando, esta es una variable fundamental en la tasa de producción del proceso de conversión, debido a que si asigna un pedido a una máquina donde su largo de hoja no tiene un buen rendimiento, este pedido puede tomar mucho más tiempo en ser fabricado, disminuyendo así el rendimiento del proceso.
- f. Tipo de empalmador que tenga la máquina: cuando se está cortando un pedido en una cortadora, el proceso habitualmente requiere de varios rollos semielaborados que se van cortando uno tras otro, cuando se termina el papel en un rollo, éste se empalma con el siguiente, de tal forma de dar continuidad al proceso, ahora bien, el empalme no es

igual en todas las cortadoras, debido a que algunas necesitan disminuir notablemente su velocidad para poder pegar las hojas del rollo que se está terminando y del que se está comenzando a cortar, sin embargo existen cuatro cortadoras que debido a la tecnología de sus empalmadores pueden empalmar los rollos a máxima velocidad, incrementando la productividad de la cortadora, por este motivo se prefiere asignar a estas cortadoras pedidos grandes que requieran varios empalmes y de esta forma tener un proceso continuo.

- g. Tamaño del pedido: como se mencionó en el punto anterior el tamaño de un pedido influye en la cortadora que se deba seleccionar para su atención, se deben asignar los pedidos más grandes a la cortadoras la rápidas.
- h. Tipo de papel a cortar: anteriormente se indicó que las cartulinas tienen distintas características (gramaje, color del reverso, resistencia al rasgado, entre otras), esto provoca que su comportamiento también sea diferente en las cortadoras, debido también a las características técnicas de éstas. Por lo tanto hay algunas cortadoras que no pueden procesar papeles de determinados gramajes. Esta también es una variable restrictiva.
- i. Detenciones: evidentemente la detención de una máquina debido a una mantención programada o a un imprevisto, tiene influencia sobre la asignación de carga.
- j. Problemas puntuales que puedan tener las máquinas: debido a fallas, en algunas ocasiones alguna cortadora no puede procesar un pedido que en condiciones normales si podría atender.
- k. Disponibilidad de pallets: es necesario para la fabricación de pilas, la disponibilidad de los pallets de madera sobre los cuales van montadas las hojas, debido a esto para asignar una tarea de corte a una máquina se debe contar con ellos.
- l. Variables adicionales: pedidos urgentes, reprogramación de pedidos por problemas de calidad, pedidos de muestra, entre otras, pero estas variables son de menor importancia en relación a las anteriormente expuestas.

El análisis basado en los parámetros anteriores debe ser realizado para aproximadamente 80 pedidos diarios en Planta Maule y para 10 pedidos en Planta Valdivia, focalizándose la complejidad en Maule debido a que en Valdivia sólo se debe asignar la secuencia ya que sólo disponen de una cortadora.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se centra en la forma de asignación de carga a las cortadoras del Proceso de Conversión, específicamente en la selección de la cortadora a utilizar para fabricar las pilas de un pedido. Esta es una actividad de gran complejidad y hoy es desarrollada en forma manual, se indica que es una tarea compleja porque para la asignación requiere el análisis de al menos diez variables por pedido a programar, y diariamente se procesan aproximadamente 80 pedidos en 7 cortadoras, además prontamente se agregará dos nuevas cortadoras, una para Maule y otra para Valdivia.

La incorrecta selección de una cortadora puede disminuir de manera importante las tasas de producción, así como también una buena y sistemática selección puede llevar los niveles de producción sobre los estándares hoy definidos.

En base a los puntos anteriores es que Cartulinas CMPC identificó una oportunidad de mejora en su Proceso de Conversión.

La forma como se busca implementar esta mejora es mediante el rediseño del proceso de negocio de Programación de Producción y entregarle apoyo computacional mediante la implementación de una heurística de selección de cortadoras. Se abordará el problema usando una heurística debido a que este tipo de problemas es de gran complejidad y habitualmente no se puede obtener una solución "perfecta".

## **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.3.1 Objetivo General**

Aumentar la producción en Sala de Conversión vía una mejor asignación de carga a las cortadoras.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Rediseñar el proceso de Programación de Producción, apoyándolo con un modelo automático de asignación de carga a las cortadoras. Este proceso será un modelo al cual se le podrá ir incorporando más “inteligencia” en el tiempo.
- Obtener métricas de medición respecto de lo programado y lo finalmente ejecutado en el proceso productivo.

## **2 MARCO METODOLÓGICO Y TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **2.1 MARCO METODOLÓGICO**

El proyecto fue abordado utilizando las metodologías presentadas en el Magíster de Ingeniería de Negocios con Tecnologías de Información, es necesario mencionar que la metodología de Ingeniería de Negocios que se expondrá, es revolucionaria porque rompe las típicas barreras funcionales que existen en las organizaciones, permitiendo abordar explícitamente los desencuentros que se generan frecuentemente de una forma ordenada y sistemática, aportando a la descentralización, autonomía en la coordinación de las tareas y a la mejor gestión de la variable humana.

Como punto de partida, se hizo un levantamiento detallado de la situación actual del proceso de Programación de la Producción, de tal forma de identificar como una mejora en este proceso se alinearía con las estrategias de Cartulinas CMPC.

Referente a la implementación del apoyo computacional, se realizó utilizando orientación a objetos, *Unified Modeling Language* (UML), modelos de datos relacionales y un diseño de aplicaciones en n-capas.

La planificación del proyecto se realizó considerando el desarrollo de un piloto, con el objetivo de validar la operatividad del modelo, corregir errores, aclarar conceptos y ajustar parámetros, para luego definir trabajar en la construcción de la versión que se instalaría en operaciones.

Finalmente, la experiencia se generaliza para obtener un patrón de asignación de tareas a máquinas en un entorno industrial.

### **2.1.1 Metodología de la Ingeniería de Negocios**

Este punto consiste en rediseñar las actividades que forman parte del proceso de negocio que se está redefiniendo, la metodología a utilizar será la descrita por Barros [1][2], debido a que entrega un método eficiente de llevar a cabo un proyecto de negocio apoyado por TI, además es un enfoque probado con más de cien proyectos exitosos a su haber.

El proyecto incluye un proceso de Gestión de Cambio, debido a que está comprobado que un proyecto sin el adecuado manejo del cambio que conlleva, difícilmente será exitoso. La metodología de Ingeniería de Negocios mencionada en el punto anterior es totalmente complementaria al proceso de Gestión del Cambio a realizar.

Las etapas que considera la metodología a utilizar se presentan a continuación:

**Planteamiento estratégico:** Debe ser el punto de partida de cualquier proyecto a desarrollar en una empresa, ya que aquí se puede visualizar el alineamiento del proyecto con los objetivos del negocio.

**Definición del modelo de negocio:** En este punto se plantea cómo la empresa busca llegar a los objetivos estratégicos y de esta manera entregar un producto que represente un valor por el cual sus clientes estén dispuestos a pagar.

**Diseño de la arquitectura de procesos:** Utilizando como base lo obtenido en los puntos anteriores, el siguiente paso es establecer agrupaciones de procesos,



denominados macroprocesos [2], los cuales en líneas generales definen la forma de operar del negocio.

Los macroprocesos afectos a rediseño y aquellos más relacionados deben detallarse, lo cual se hizo utilizando Patrones de Procesos de Negocios.

**Diseño de las aplicaciones TI:** A partir del modelamiento del punto anterior se diseñan las aplicaciones que entregan el apoyo computacional al proyecto. Este diseño es realizado utilizando UML, orientación a objetos y pseudocódigo.

**Construcción e implementación:** Corresponde a la construcción de las aplicaciones diseñadas en el punto anterior.

La siguiente figura muestra como el autor de la metodología la describe en forma esquemática.

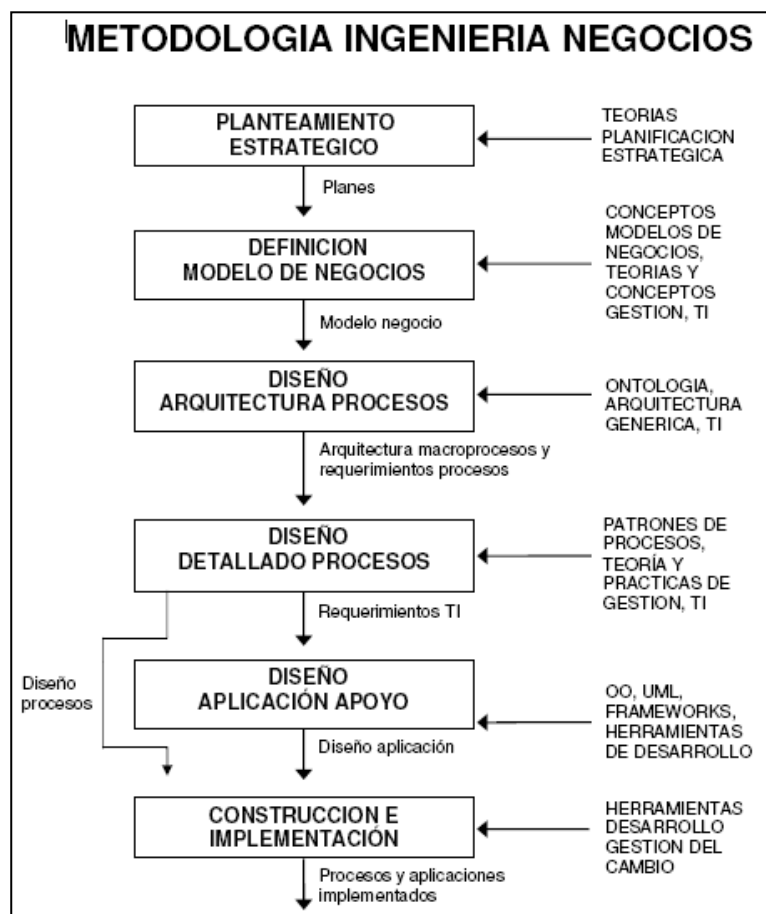


Figura 6: Metodología Ingeniería de Negocios

## **2.1.2 Bases para el modelo de negocio**

Cartulinas CMPC se impulsa a ser una empresa líder y por lo tanto muchos de sus recursos están en continuamente dedicados a la búsqueda de oportunidades de mejora, así es como alineado a su estrategia se detecta la oportunidad de mejora en su proceso productivo, vía una mejor gestión de su programación de su producción.

Las etapas consideradas en el rediseño del modelo de negocios para la Programación de Producción son:

1. Analizar el modelo actual de negocios.
2. Definir el modelo de negocios para la Programación de Producción.
3. Determinar la oferta de valor.
4. Plantear el nuevo modelo de negocios.
5. Alinear iniciativas asociadas a los objetivos estratégicos.
6. Justificar el nuevo modelo de negocios.
7. Definir los hitos del desarrollo.
8. Definir indicadores y metas.

### **2.1.2.1 Metodología para la justificación económica del proyecto**

La justificación tiene por objetivo determinar desde la perspectiva económica la viabilidad del proyecto, los pasos a seguir para determinar esto son:

1. Definir las características del negocio proyecto.
2. Determinar los beneficios y costos.
3. Determinar riesgos del proyecto.
4. Hacer una evaluación económica, considerando alternativas existentes.

### **2.1.2.2 Bases para la gestión del cambio**

Desde hace algún tiempo los proyectos de ingeniería dejaron de ser proyectos netamente técnicos, ahora se les debe incorporar una disciplina preocupada de las personas involucradas en proyecto, disciplina que es denominada Gestión del Cambio, la cual debe ser considerada como uno de los factores críticos de éxito.

Lo anterior se hace necesario debido a la naturaleza humana que en general evita los cambios, entonces durante los procesos de cambio se generan diferentes reacciones y emociones, como temor, escepticismo, inseguridad, resistencia, desconfianza, ambición, desconcierto y fragilidad. Entonces, para afrontar estas situaciones de una buena forma, se debe estudiar muy bien la situación, cultura organizacional y los actores que intervendrán, desde la perspectiva de saber cómo manejarán estas complejas situaciones.

La estrategia para abordar los problemas que se generan a partir de lo expresado en el párrafo anterior debe estar basada en los siguientes dominios de observación:

**Estrategia y sentido:** Claridad general en cuanto hacia dónde se quiere ir y la forma en que se quiere avanzar, debe ser explicada de forma fácil de entender por los miembros del equipo y personas involucradas.

**Conservación:** Identificar lo que la organización valora y desea conservar, identificar los valores y principios de la organización, cuidar lo valorado, esto ayudará a disminuir resistencias y obstáculos.

**Liderazgo y Gestión:** Cuidar el liderazgo del proceso en todo momento, hacer que las cosas pasen, coordinación de los actores y una estructura para el proceso, manejar los tiempos y las actividades que se deben realizar. En algunos casos se puede utilizar una coalición conductora del proyecto.

**Proceso comunicacional:** Que todas las personas sepan lo que lo que tienen que saber para que puedan actuar en coherencia con el cambio, poder nombrar e identificar el proceso, comunicar el cambio deseado, escuchar las resistencias y obstáculos.

**Gestión de estados de ánimo:** Identificar estados de ánimo disponibles y su influencia en el proceso de cambio, manejo de los estados de ánimo, generar apropiación y compromiso con el proceso, lidiar con los estados de ánimo negativos.

**Gestión del poder:** Contar con el poder, en términos de autoridad, que respalde el proyecto para hacerlo avanzar, identificar manifestaciones y señales de lucha de poderes en el proceso de cambio y observar que se está poniendo en juego.

**Alerta y conciencia del proceso:** Generar conciencia de proceso y camino, observar el proceso como un todo, definir fases y etapas, evaluar, identificar costos y beneficios del proceso de cambio.

**Evaluación y cierre:** Que los clientes evalúen el resultado, que el equipo evalúe el proceso, cerrar los círculos, dar agradecimientos.

Adicional a los puntos anteriormente descritos y desde un punto de vista más empírico, se hace necesario mencionar que en entrevistas sostenidas con algunos

gerentes de Cartulinas CMPC se concluyó que los siguientes puntos deben ser considerados:

- Antes del proceso de cambio se debe considerar:
  - Definir el objetivo del proceso de cambio y comunicarlo.
  - Identificar los líderes del cambio (debe haber managers) y el grupo afectado por éste.
  - Especificar claramente las funciones dentro de cada grupo.
  
- Definir las estrategias a aplicar en el proceso:
  - Inversiones de recursos a considerar.
  - Estructuras, indicar cuál es la estructura organizacional que soportará el proceso.
  - Competencias de las personas para soportar las funciones de las estructuras
  
- Durante el proceso de cambio, los líderes deben:
  - Mantener una comunicación fluida hacia el personal afectado por el cambio.
  - Apoyarlos durante el proceso, no solo con prédica, sino que necesariamente también con el ejemplo.

### **2.1.2.3 Elaboración de Plan de Cambio**

Las bases expuestas en el punto anterior deben ser llevadas a la práctica en el proyecto, para esto hay algunos modelos, pero según lo planteado Improven Consultores [7], un proceso de cambio debe tener las siguientes etapas.

**Definición:** de los objetivos del proyecto así como una visión de cuál será la situación final tras el desarrollo del proyecto. Creación del equipo global de trabajo.

**Diagnostico de la situación actual:** es fundamental definir el punto de partida, esto clarificará el conjunto de acciones a desarrollar para lograr el objetivo propuesto.

**Desarrollo del plan de acciones:** Este punto debe incluir un plan de comunicación interna, donde el entrenamiento se hace fundamental, debido a que ayuda con la disminución de la incertidumbre de las personas afectadas por el cambio. Por otra parte se deben plantear en términos claros y concretos los objetivos a alcanzar. La creación de los equipos de trabajo también debe ser realizada en este punto, indicando claramente las responsabilidades y dependencias.

**Implantación del cambio:** Luego de desarrollar las acciones de los puntos anteriores se debe llevar a cabo las acciones de cambio, es decir, la implementación del proyecto.

**Seguimiento y control:** fundamental para el equipo de proyecto y para las personas afectadas por el cambio, es estar al tanto de cómo ha sido el cumplimiento de los objetivos planteados al comienzo, esto reforzará las confianzas de la gente, en el caso de haber sido plenamente alcanzados o definir algún plan de corrección y/o mejora a lo realizado.

## **2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

Bien es sabido que para que un proyecto sea exitoso que en esta época, donde tenemos un mundo globalizado, necesariamente el proyecto debe estar alineado con los planteamientos estratégicos del negocio, ahora bien, en la

búsqueda de modelos que describan la estrategia competitiva se encuentran dos posiciones que se complementan: la primera es la planteada por Porter que centra su análisis en los procesos internos del negocio y en cómo desarrollar las actividades dentro de éste, y por otra parte está lo planteado en el modelo Delta propuesto por Arnoldo Hax y Dean Wilde [8], quienes centran el análisis en cómo se llega al cliente.

### **2.2.1 Ventaja Competitiva, Efectividad Operacional y Posicionamiento Estratégico**

Porter definió que una Ventaja Competitiva corresponde a una situación que provoca que una empresa sea líder de un mercado por un periodo sostenido de tiempo.

La Efectividad Operacional a su vez se relaciona con la capacidad de realizar las mismas tareas que los competidores, pero de mejor forma, ya sea más rápido, con menos defectos o a menor costo. Esto aplica de muy buena forma para empresas que venden *commodities* debido a que en este mercado no hay diferenciación entre los productos.

La Efectividad Operacional es necesaria en una estrategia, pero esta última no puede estar basada sólo en Efectividad Operacional, debido a que las prácticas que se aplican en sus procesos son copiables y esto provocará que si se obtuvo una ventaja competitiva, esta se pueda perder. Por otra parte, está demostrado que la competencia basada solamente en Efectividad Operacional genera una carrera que cada día se torna más dura, llevando al fracaso a los competidores, porque las mejoras habitualmente son traspasadas a los clientes no aumentando la rentabilidad. Ahora bien, dado que la Efectividad Operacional es necesaria desde el punto de vista estratégico, las empresas deben buscar la forma de cultivarla día a día, es por esto, que la utilización de las mejores prácticas en una empresa manufacturera, por ejemplo debería incorporar algoritmos matemáticos y/o heurísticas que garanticen una excelente calidad de su proceso de la programación de la producción.

Otro concepto planteado por Porter es el Posicionamiento Competitivo, el cual define como el realizar actividades diferentes a los competidores o desarrollar actividades del mismo tipo, pero de una forma innovadora. Una característica importante de este enfoque es que se pone énfasis en el conjunto de actividades, es decir, se aplica una visión sistémica, modelo que evidentemente es complementario a la metodología que se planteó utilizar en este proyecto.

### 2.2.2 El Modelo Delta

Continuando con el análisis de actividades desde la perspectiva estratégica, hay algunas ideas de posicionamiento que se pueden utilizar, en particular las estrategias de Mejor Producto, Solución Integral para el Cliente y Lock-in Sistémico.

**Mejor Producto:** Como su nombre lo indica, busca el liderazgo de mercado vía la entrega del mejor producto a sus clientes, algunas características de este modelo son:

- Se busca producir al menor costo, o proveer una característica por la cual el cliente esté dispuesto a pagar.
- El producto es relativamente estándar.
- Los clientes son numerosos y genéricos.
- El foco es la competencia, la cual se trata de igualar o sobrepasar.
- Los clientes no tienen mucha lealtad, hay un bajo costo de cambio y por lo tanto un guerra de precios.

**Solución integral para el cliente:** este modelo busca insertarse en la cadena de valor del cliente, desarrollando actividades por él a un menor costo y de alto valor, de tal forma que el cliente aumente su dependencia. Algunas otras características son:

- Se debe obtener un profundo conocimiento del cliente.
- Se busca amarrar al cliente (lock-in).



- Generación de paquetes de productos y servicios que incrementen el valor para el cliente.
- Debe haber una continua redefinición de cómo capturar y servir al cliente, en lugar de copiar a la competencia.
- Hay una orientación hacia fuera de la empresa, para la creación de valor en el cliente.
- Se trabaja en conjunto con el cliente en la innovación de los productos.

**Lock-in Sistémico:** Esta estrategia crea condiciones para aumentar las barreras de salida del cliente, haciéndole casi imposible optar por otro proveedor, esto se logra por medio de la creación de una empresa extendida que incluya a los clientes y complementadores, los cuales se definen como quienes entregan servicios que agregan valor al producto del oferente. Algunos otros rasgos de esta estrategia son:

- La identificación, atracción y mantención de complementadores.
- La cadena de valor se extiende al máximo, incluyen clientes, proveedores, complementadores.
- Se persigue la creación de estándares de facto en la industria bajo control del oferente.
- Creación de un efecto de externalidad en redes, lo cual complica la salida de los clientes y el ingreso de competidores.

### 2.2.3 Tendencia a la estructuración de conocimiento

Una tendencia reciente es la estructuración y formalización del conocimiento disponible en las empresas, es decir, pasar de pasar de actividades tácitas, las cuales sólo algunas personas “saben” desarrollar, a actividades explícitas, las cuales se encuentran estructuradas y documentadas, idealmente con un sistema computacional de apoyo. Al realizar esta transformación es más simple establecer mecanismos de medición, comparación con estándares y por lo tanto el cumplimiento de objetivos, con la consiguiente mayor gobernabilidad que se le entrega al proceso. El concepto recién mencionado es particularmente importante en esta tesis, debido a que en líneas muy generales se está sistematizando una actividad tácita.

## **2.2.4 Teoría Microeconómica de la empresa**

Esta teoría se centra en caracterizar la función de costos de producción de una empresa, con el fin de dar un marco de referencia a las decisiones. La función de costos de la fabricación de cartulina está influenciada casi en un 85% por los costos de producción en Máquina Papelera y principalmente en este proceso la mayor influencia la tiene los materiales fibrosos, que son, celulosa, madera pulpable y papel reciclado. Ahora bien, existen otros conceptos asociados al proceso productivo, los cuales serán presentados a continuación y que son los que se verán afectados por la implementación del proyecto.

### **2.2.4.1 Costos de Coordinación**

Este costo aparece debido a la necesidad de interrelacionar de buena forma las actividades desarrolladas en la empresa, los costos evidentes de este tipo son las herramientas para coordinar las actividades (sistemas, procedimientos, personal, entre otros), importante es mencionar que mientras mayor es el tamaño de la organización, este costo tiende a ser más alto.

Cuando no se coordina adecuadamente, la organización no está funcionando en forma óptima, generándose los recursos de holgura, los cuales corresponden a capacidades no utilizadas que se manifiestan de diversas formas, donde las más destacables son problemas de servicio al cliente, rebaja de estándares, aumento de inventarios de materias primas y productos terminados.

Lo ideal es llegar a un punto de equilibrio (cada organización tiene el suyo) entre los costos de coordinación y los costos como consecuencia de no coordinar.

Como comentario final a este punto, la experiencia muestra que las TI aplicadas de manera adecuada son un apoyo en la reducción de costos de coordinación.

#### 2.2.4.2 Costos de agencia

La teoría de agencia propone una visión en la cual la empresa es un conjunto de contratos de agencia entre el principal (empresario) y los agentes (empleado) para que realicen algún servicio para él. Además propone que el agente maximice su utilidad personal, lo cual implica que él prefiere menos trabajo y más recompensas, no importándole el bienestar del principal, ni otras virtudes como el honor, el espíritu de grupo, la responsabilidad, integridad o el orgullo de autorrealización.

En base a lo recién planteado los costos de agencia nacen principalmente como la suma de los costos asociados al monitoreo y alineamiento.

#### 2.2.5 Job-shop Problem

El *Job-shop problema (JSP)* es un problema de optimización combinatoria y una generalización del famoso problema del vendedor viajero. Corresponde a una ilustración notable de una clase de problema en teoría de Ciencias de Computación difícil de resolver.

##### 2.2.5.1 Enunciado del problema

Se define  $M = \{M_1, M_2, \dots, M_m\}$  y  $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$  como dos conjuntos finitos. En un entorno industrial, el problema se plantea como  $M_i$  máquinas y  $J_j$  trabajos por realizar [4].

Además  $\mathcal{X}$  denota un conjunto de asignaciones secuenciales de trabajos a máquinas, tal que cada trabajo es realizado sólo una vez;  $x \in \mathcal{X}$  puede ser

descrito como una matriz de  $n \times m$ , en la cual una columna  $i$  lista los trabajos que la máquina  $M_i$  realizará en orden, por ejemplo.

$$x = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}$$

Significa que la máquina  $M_1$  realizará tres trabajos  $J_1, J_2, J_3$  en el orden  $J_1, J_2, J_3$ , mientras que la máquina  $M_2$ , ejecutará los trabajos en la secuencia  $J_2, J_3, J_1$ .

Además se plantea la función de costos  $C : \mathcal{X} \rightarrow [0, +\infty]$ , esta función puede ser interpretada como el “costo total de procesamiento” y puede ser una expresión en términos de tiempo  $C_{ij} : M \times J \rightarrow [0, +\infty]$ , que sería el costo/tiempo para la máquina  $M_i$  en realizar el trabajo  $J_j$ .

El Job shop problem corresponde a encontrar una asignación de trabajos  $x \in \mathcal{X}$ , tal que  $C(x)$  es mínimo.

### 2.2.5.2 Problema de costo infinito

Uno de los problemas que se pueden encontrar en JSP es que algunas soluciones pueden tener costo infinito, por ejemplo puede existir  $x_\infty \in \mathcal{X}$ , tal que  $C(x_\infty) = +\infty$ , de hecho, es simple encontrar ejemplo tal que  $x_\infty$ , asegurándose que dos máquinas se atraparán en un *deadlock*, así cada una esperará la salida de la otra para el próximo paso.

### 2.2.5.3 Problema NP-Difícil

Peña y Zumelzu [5] definen que El Job Shop ser un problema difícil (de hecho cae en la categoría de los problemas NP-difícil), tanto desde el punto de vista de modelamiento como de su implementación. El tipo de dificultades encontradas en la

búsqueda de una solución son similares a las encontradas en otras ramas de optimización.

Las complejidades encontradas desde el punto de vista de la implementación son de distintas clases y están relacionadas al modelado de problemas de *scheduling* del mundo real

## 2.2.6 Grafo dirigido

Un grafo dirigido o digrafo [5] es un tipo de grafo matemático en el cual el conjunto de los vértices tiene una dirección definida, a diferencia del grafo generalizado, en el cual la dirección puede estar especificada o no.

Al igual que en el grafo generalizado, el grafo dirigido está definido por un par de conjuntos  $G = (V, A)$ , donde:

$V \neq \emptyset$ , un conjunto no vacío de objetos simples llamados vértices o nodos.

$E \subseteq \{(a, b) \in V \times V : a \neq b\}$  es un conjunto de pares ordenados de elementos de  $V$  denominados aristas o arcos, donde por definición un arco va del primer nodo (a) al segundo nodo (b) dentro del par.

A veces un digrafo es denominado digrafo simple, para distinguirlo del caso general del multigrafo dirigido, donde los arcos constituyen un multiconjunto, en lugar de un conjunto. En este caso, puede haber más de un arco que una dos vértices en la misma dirección, distinguiéndose entre sí por su identidad, por su tipo (por ejemplo un tipo de arco representa relaciones de amistad mientras que el otro tipo representa mensajes enviados recientemente entre los nodos), o por un atributo como por ejemplo su importancia o peso.

A menudo también se considera que un digrafo simple es aquél en el que no están permitidos los bucles. Un bucle es un arco que une un vértice consigo mismo.

### 2.2.6.1 Términos asociados

Un arco  $e = (x, y)$  se considera dirigido desde  $x$  hacia  $y$ ;  $y$  se denomina cabeza y  $x$  se denomina cola del arco, y se denomina también un sucesor directo de  $x$ ; correspondientemente, se denomina a  $x$  un predecesor directo de  $y$ . Adicionalmente, si existe un camino compuesto de uno o más arcos que una  $x$  con  $y$ , entonces a  $y$  se le denomina sucesor de  $x$ , al igual que a  $x$  se le denomina predecesor de  $y$ . Al arco  $(y, x)$  se le denomina arco invertido de  $(x, y)$ .

Un grafo dirigido  $G$  es llamado simétrico si, para cualquier arco que pertenece a  $G$ , el arco invertido correspondiente también pertenece a  $G$ . Un grafo dirigido simétrico y sin bucles es equivalente a un grafo no dirigido; basta con reemplazar cada par de arcos dirigidos por un solo arco no dirigido.

Una orientación de un grafo simple no dirigido se obtiene al asignar una orientación a cada uno de los arcos existentes. Un grafo dirigido construido de esta manera se denomina un grafo orientado. Una manera de distinguir entre un grafo simple dirigido y un grafo orientado es que si  $x$  e  $y$  son vértices, un grafo simple dirigido permite tanto  $(x, y)$  como  $(y, x)$  entre sus arcos, mientras que solo una de las dos posibilidades es admitida en un grafo orientado.

Un digrafo ponderado es un digrafo en el que existen pesos asociados a cada uno de los arcos, de manera análoga al grafo ponderado. Un digrafo ponderado en el contexto de la teoría de grafos es denominado una red.

### 2.2.7 Búsqueda en Anchura

En Ciencias de la Computación, Búsqueda en anchura (en inglés BFS, *Breadth First Search*)[6] es un algoritmo para recorrer o buscar elementos en un grafo (usado frecuentemente sobre árboles). Intuitivamente, se comienza en la raíz (eligiendo algún nodo como elemento raíz en el caso de un grafo) y se exploran todos los vecinos de este nodo. A continuación para cada uno de los vecinos se exploran sus respectivos vecinos adyacentes, y así hasta que se recorra todo el árbol.

Formalmente, BFS es un algoritmo de búsqueda sin información, que expande y examina todos los nodos de un árbol sistemáticamente para buscar una solución.

En su forma básica el algoritmo no usa ninguna estrategia heurística, pero puede ser modificado, para, utilizando la estructura de árbol y la información contenida en los nodos, generar heurísticas complejas de búsqueda o exploraciones más específicas y por lo tanto más simples.

La figura 7 describe el orden típico de búsqueda en anchura en un árbol.

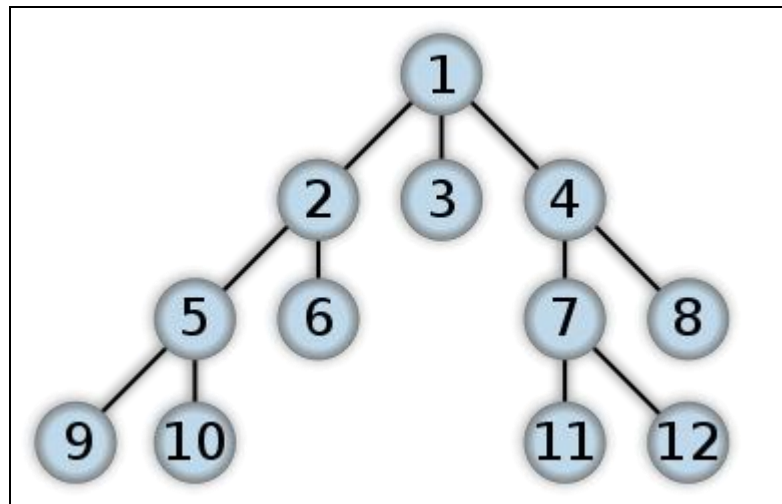


Figura 7: Búsqueda en Anchura

### 3 ESTRATEGIA Y MODELO DE NEGOCIO

#### 3.1 ESTRATEGIA

El análisis estratégico que plantearemos para Cartulinas parte desde el mayor nivel de abstracción, el cual corresponde a la Visión de la Empresa:

**“Ser líderes en la industria mundial de cartulinas”**

Ahora bien, la forma como llegar a ese objetivo es su Misión:

**“Producir y comercializar cartulinas de clase mundial,** satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, obteniendo la rentabilidad esperada por los **accionistas** y reconociendo la importancia del **RRHH** y el respeto por el **medio ambiente**”.

La Misión de Cartulinas CMPC se ha ido llevando a cabo desde sus inicios como empresa, cuando hace ya más de diez años se fundó Planta Maule, esto se ha reflejado en continuos incrementos en su capacidad productiva, la cual a fines de la década de los noventa era cercana a las 200.000 ton/año y en la actualidad esa capacidad ya es más del doble, adicionalmente se han creado productos para nuevas aplicaciones de *packaging*.

Evidentemente, el crecimiento en su capacidad de producción debe y ha sido respaldado con sólidas operaciones comerciales, las cuales armónicamente han aumentado las ventas, incorporando gradualmente clientes y mercados, teniendo presencia actualmente en cincuenta países.

Desde la perspectiva de los accionistas, Cartulinas CMPC es una de las empresas más rentables del grupo de Empresas CMPC, lo cual ha respaldado sus inversiones y crecimiento sostenido, lo anterior la ha posicionado como la segunda empresa con mayor nivel de fabricación de papel dentro del *holding*, luego de CMPC Tissue.

Con respecto al medioambiente, su fuerte compromiso quedó demostrado con la certificación del sistema de gestión de calidad ISO 9001 implementado en el año 2000 y la certificación de gestión ambiental ISO 14001 obtenida en el año 2002.

Además en estos momentos se están desarrollando proyectos como: cadena de custodia de fibras y certificaciones asociadas, mejoramientos en ambas máquinas papeleras, aumento de capacidad de corte en ambas plantas, entre otros.

Respecto de los recursos humanos, Cartulinas CMPC al igual que todas las empresas de grupo, tienen una constante preocupación por sus trabajadores, brindándoles estabilidad laboral, perfeccionamiento continuo, beneficios de distinto tipo, pero por sobre todo, Cartulinas CMPC está innovando en esta área, modernizando la gestión de Recursos Humanos.

En resumen, esta empresa día a día va ejecutando sus planteamientos estratégicos y cumpliendo lo que ha definido como Misión.



### **3.2 DEFINICIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO**

El modelo de negocio de Cartulinas CMPC, corresponde a El mejor Producto, como fue definido en 2.2.2, esto se basa en que la principal ventaja competitiva de la empresa es su bajo costo de fabricación, lo cual se debe a que el principal elemento en el coste de fabricación tiene un costo menor que el de sus competidores. El mencionado elemento corresponde a los materiales fibrosos: Celulosa y Madera Pulpable, dos de las materias primas que componen la fibra de la cartulina (el tercero es papel reciclado, pero de menor injerencia), son de muy bajo costo en Chile, lo cual se debe a que en las zonas de nuestro país donde Empresas CMPC tiene sus plantaciones de Pino, estos se desarrollan aproximadamente el doble de rápido que en los Países Escandinavos o en Canadá. Por otra parte, las características de la fibra de pino, le permite utilizar menos de esta materia prima que sus competidores Brasileños que utilizan eucaliptus, para obtener la misma rigidez, lo cual también involucra menores costos

Con relación a los clientes, se puede mencionar que a nivel mundial son muchos, la estrategia comercial de utilizar representantes de venta en los mercados donde compete, le ha permitido tener un acabado conocimiento de sus clientes, con productos especializados a sus necesidades, lo cual les crea un costo de cambio a éstos, pero que no llega a ser una barrera infranqueable, debido a que en el caso que un cliente quisieran comprar a otro proveedor, bastaría con un periodo de aprendizaje de cómo se comporta la nueva cartulina en sus plantas, por lo tanto también se puede concluir que el producto es relativamente estándar.

Complementario a lo anterior, la estrategia de mejor producto, Cartulinas CMPC la ha extrapolado al servicio que provee, servicio donde una de las variables claves es el tiempo de entrega de productos, y dada la lejanía de sus principales mercados, ha debido extender su red logística e instalar bodegas en Europa y Estados Unidos.

Como conclusión, el modelo de negocio es entregar un producto de alta calidad, a menores precios y con un nivel de servicio comparable al de sus competidores.

### **3.3 RELACIÓN DEL PROYECTO CON LA ESTRATEGIA Y MODELO DE NEGOCIO**

El objetivo general del proyecto es un aumento de producción vía una mejor utilización de la capacidad de corte instalada, lo cual se alinea perfectamente con su continuo crecimiento y aumento de su eficiencia operacional.

Con respecto a los objetivos específicos, el primero plantea mejorar el cumplimiento de fechas de fabricación de pedidos, evidentemente, esto está de acuerdo el modelo de negocios de Cartulinas CMPC, y se debe destacar su importancia, en términos que la mayor parte de la producción es exportada en barcos, los cuales poseen fechas de zarpe fijas y baja frecuencia de viajes, por lo tanto se debe ser extremadamente riguroso en el cumplimiento las fechas de fabricación.

Con relación a los demás objetivos específicos, ellos en su conjunto apuntan a generar control sistematizado y formal sobre la gestión de su producción.

## **4 ARQUITECTURA DE PROCESOS**

La descripción de los procesos y análisis se realizará utilizando los Patrones de Procesos de Negocio, partiendo desde un nivel general, para ir profundizando el análisis en aquellos procesos que están directamente involucrados en el proyecto, hasta llegar al proceso de Programación de la Producción.

Por otra parte se incorpora un análisis del actual apoyo computacional con que cuenta Cartulinas CMPC y se ahondará en los detalles de los sistemas que soportan los procesos a rediseñar, las funcionalidades que presentan y falencias que se pretenden subsanar.

### **4.1.1 Arquitectura de Procesos**

#### **4.1.1.1 Visión general de Macroprocesos**

A continuación se presenta la visión más general del macroprocesos definidos por Barros [1] [2], en este nivel los macroprocesos en su conjunto incluyen todas las actividades que realiza la empresa.

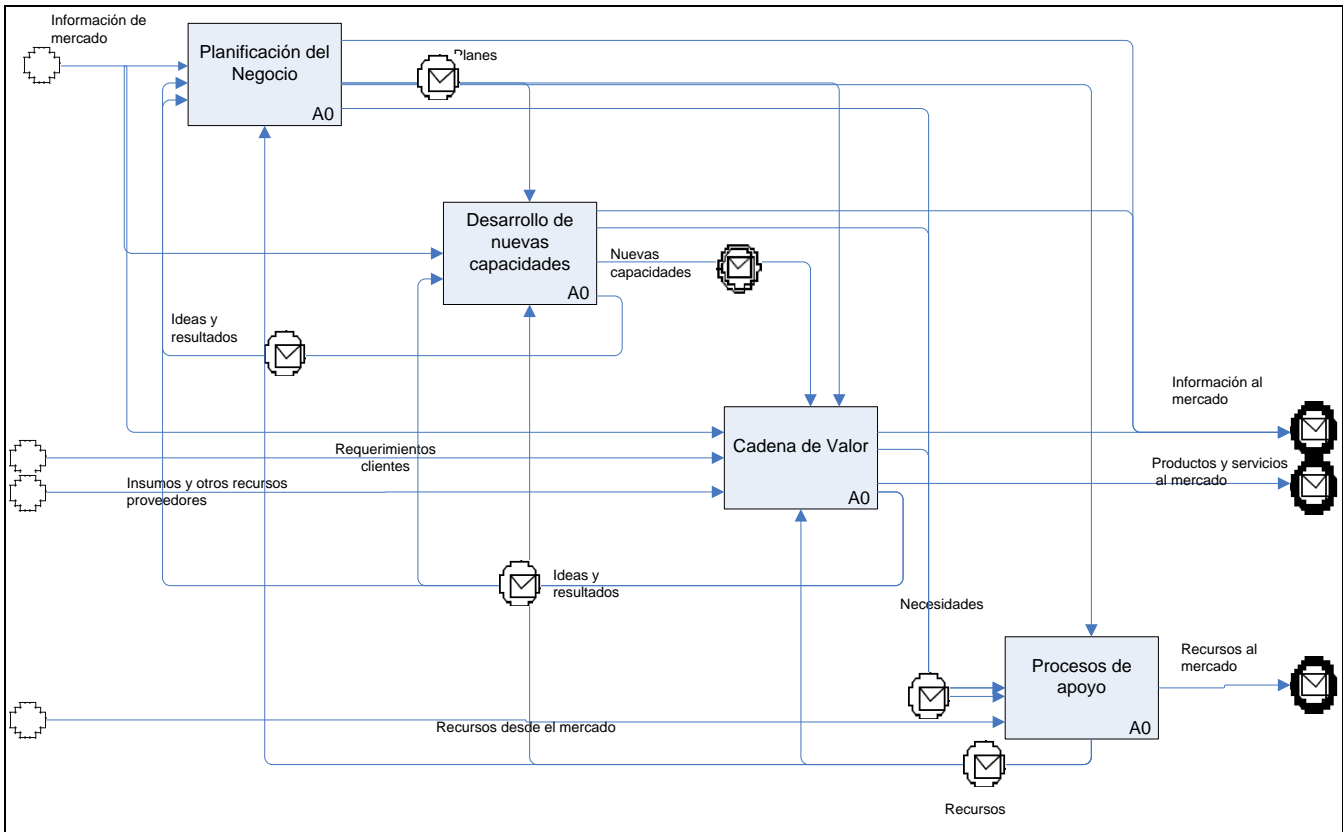


Figura 8: Macroprocesos

#### 4.1.1.2 Visión detallada del Macroproceso Cadena de Valor

La actividad de programación de la producción se encuentra dentro del macroproceso de Cadena de Valor, por lo tanto en este punto se revisarán los procesos que lo componen. Respecto del macroproceso Cadena de Valor, en este punto es necesario destacar que se refleja perfectamente a la Cadena de Valor de Cartulinas CMPC.

En la figura 8 se muestran los cuatro procesos que componen el macroproceso Cadena de Valor, destacando que el proceso relevante en este análisis es Gestión de producción y logística.

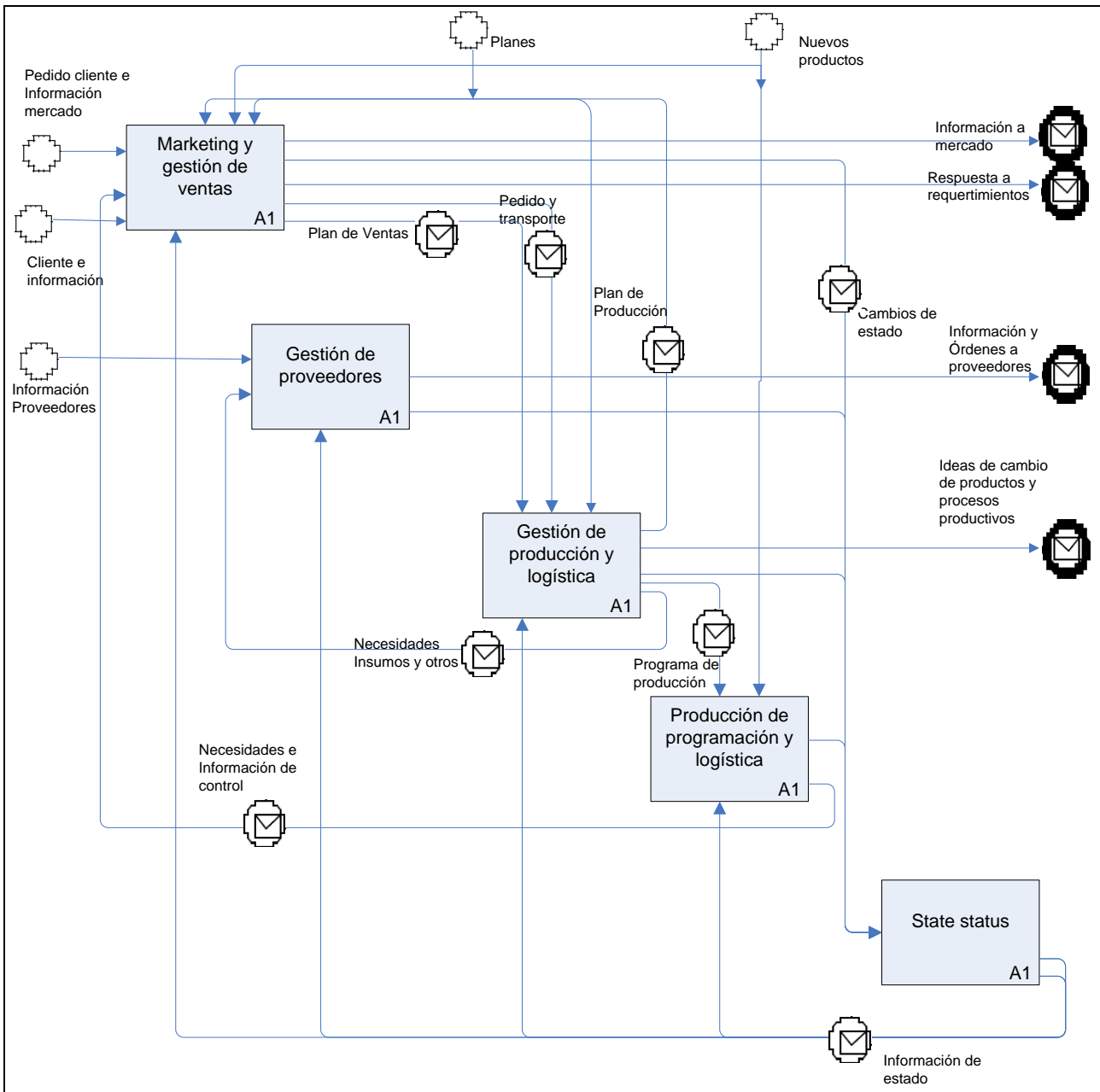


Figura 9: Cadena de Valor

El proceso comienza con la generación del Mensaje de Plan de Ventas, el cual se genera en “*Marketing y gestión de ventas*” e indica a “*Gestión producción y logística*” que hay un nuevo Plan de Ventas que debe ser atendido en el siguiente ciclo de producción. Para la generación de este Plan de Ventas, “*Marketing y gestión de ventas*” aplica los datos que dispone en el momento respecto de la capacidad productiva disponible.

El Plan Ventas es analizado en “*Gestión producción y logística*” y como respuesta se genera el Plan de Producción, este análisis incluye la revisión de los

stocks disponibles, detenciones programadas de máquinas y alguna otra variable particular al periodo de tiempo en el cual se debe atender el Plan de Ventas.

Una vez que *“Marketing y gestión de ventas”* conoce las cantidades que se fabricarán, procede a vender la capacidad de producción informada, lo cual se materializa como Mensajes de pedido y transporte, que se envían a *“Gestión producción y logística”*, estos mensajes indican que en *“Mantenimiento de estado”* existe un nuevo requerimiento de cliente (pedido), el cual ya tiene una fecha de entrega, la que fue generada automáticamente cuando se ingresó el pedido de acuerdo al Plan de Producción establecido, esta fecha a su vez también fue informada al cliente.

En base a todos los requerimientos de cliente que se han generado en *“Marketing y gestión de ventas”*, *“Gestión producción y logística”* realiza la Programación de la Producción, la cual tiene como resultado el Mensaje programa de producción que es enviado a *“Producción de programación y logística”*, quien a través de *“State Status”* se informa de los detalles de la secuencia de fabricación y entrega que debe seguir, para finalmente realizar la *“Entrega de Producto al cliente”*.

#### **4.1.1.3 Gestión producción y logística**

Este proceso está compuesto de dos actividades, *“Planificación y programación de la producción”* y *“Decidir entrega de producto”*. En la primera se definen los planes de producción y transporte, además de los programas de producción que serán ejecutados (actividad que será revisada en detalle más adelante). La segunda actividad de *“Decidir entrega del producto”* se desarrolla una vez que el producto está en bodega, aquí se resuelve si el pedido es despachado a cliente o no, esto se hace validando condiciones financieras del momento y proyectadas, además de la disponibilidad del cliente para recibir los productos.

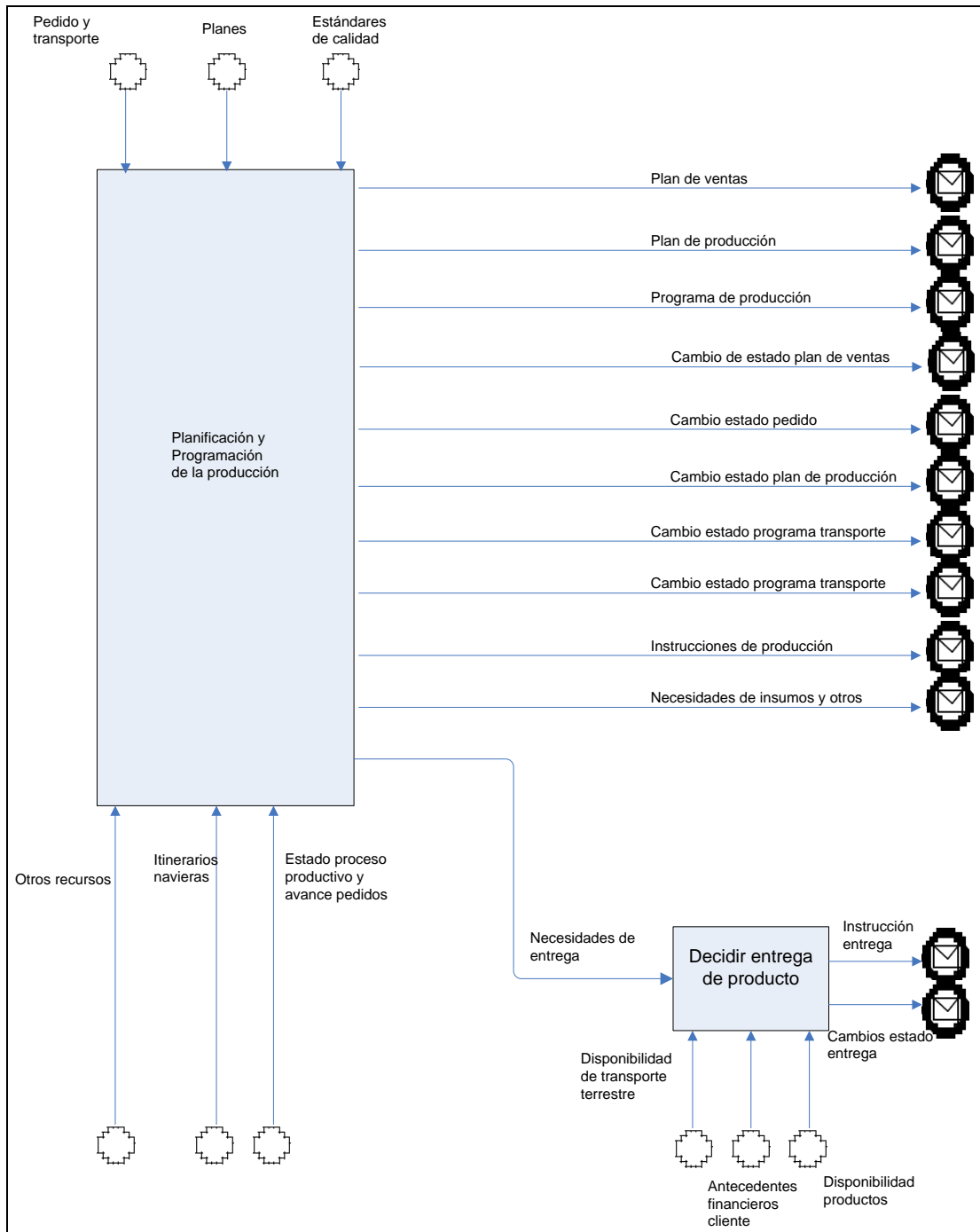


Figura 10: Gestión de Producción y Logística

## 4.2 APOYO DE TI EN CARTULINAS CMPC

### 4.2.1 Visión General

Debido a que el presente es un proyecto hará un uso intensivo de las Tecnologías de Información, en este punto se presentarán antecedentes generales de los principales sistemas que apoyan las operaciones de Cartulinas CMPC. Los sistemas que se utilizan en esta organización son básicamente tres<sup>1</sup>:

- OptiVision
- SAP
- Zenith

En la Figura 10 muestran los procesos de negocio que cada uno de los sistemas anteriormente mencionados apoya.

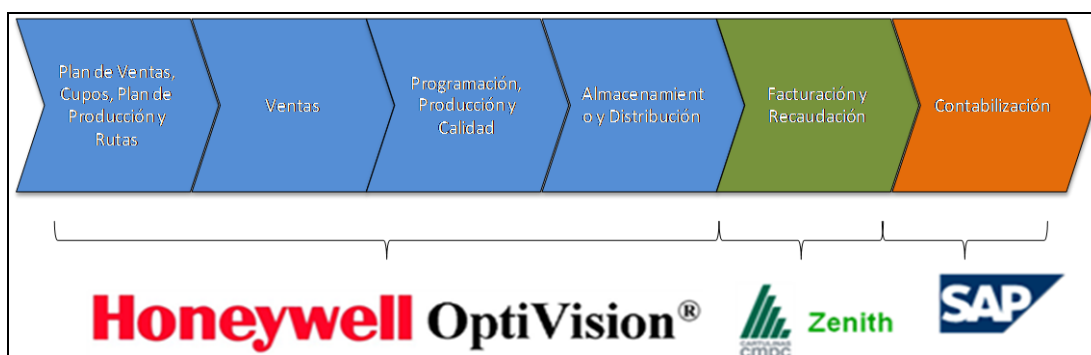


Figura 11: Apoyo de Sistemas

#### 4.2.1.1 Sistema OptiVision

Este sistema es un paquete de software del tipo MES, debido a su sigla en inglés *Manufacturing Execution System*, el cual fue desarrollado por la empresa Honeywell específicamente para la industria de Pulpa y Papel.

---

<sup>1</sup> Estos sistemas para algunas labores hacen llamadas a rutinas externas como optimización de contenedores, *historians*, controles de acceso, entre otros pero que por el momento no es necesario describir.

Los procesos de negocio que apoya van desde la planificación hasta la recaudación, pasando por los procesos de la cadena de valor que se pueden apreciar en la anterior figura, ahora bien, en Cartulinas CMPC no se implementó el módulo de facturación y recaudación del sistema.

#### **4.2.1.2SAP**

Es el paquete de software de tipo ERP más importante en la actualidad, con una participación de aproximadamente el 65% del mercado mundial, tiene aproximadamente 32.000 clientes con 12 millones de usuarios en más de 120 países. Su nombre proviene de la sigla en inglés *System, Applications and Products*.

Este paquete de software tiene diversas funcionalidades, pero Cartulinas CMPC apoya principalmente las actividades contables y de remuneraciones.

#### **4.2.1.3Sistema Zenith**

Es un sistema que se desarrolló a la medida para Cartulinas CMPC, con el objetivo de apoyar las labores de facturación y recaudación.

### **4.3 APOYO TI EN PROCESOS A REDISEÑAR**

Lo primero es remarcar que el sistema OptiVision es el principal sistema posee Cartulinas CMPC para la gestión de su producción, este sistema apoya las todas tareas productivas, desde realizar el control del piso planta (PLC's, integración con Bodega Robotizada, cadenas transportadoras, líneas automáticas de embalado, entre otra labores de automatización), pasando por el control de pedidos y *runs* de producción, hasta proveer la información para gestión.

Lo anterior provoca que OptiVision posea datos que son relevantes para el rediseño planteado, entre estos datos se encuentran:



- Pedidos: las solicitudes de cliente.
- Fechas *ready*: es la fecha en la cual debe estar fabricado un pedido y es un atributo de éste.
- Bloques de producción: es el tiempo en que una máquina papelera producirá un papel en particular, la cual está compuesta por una o más *runs* de producción.
- *Runs* de producción: corresponde a un conjunto de patrones del mismo papel que deben ser ejecutados en una máquina.
- Patrones o *trims*: es la forma cómo se bobinará o cortará un jumbo o rollo semielaborado.
- Características de máquinas: es la información técnica de las máquinas productivas.
- Curvas de velocidad: corresponde a la velocidad que puede desarrollar una cortadora, de acuerdo al largo de hoja que se está cortando.

Por otra parte, en el proceso de programación de la producción se utiliza una rutina de optimización de corte, la cual se llama MajiqTrim<sup>2</sup> y como se mencionó anteriormente esta rutina es la encargada de realizar la disposición de los pedidos en los jumbos, para el caso de bobinado y en rollos semielaborados para el caso de corte. Cabe destacar que esta rutina es un proceso sin interfaz de usuario, el cual recibe como *input* un archivo de texto con la información de pedidos, máquinas y otros parámetros; con la información contenida en este archivo realiza la optimización y devuelve otro archivo de texto, el cual contiene la información de *trims* a fabricar. Por lo tanto para poder ser utilizado se desarrolló un aplicativo llamado Inimajiq, el cual obtiene los datos desde OptiVision, los presenta al usuario, permite que éste haga algunos ajustes y luego los entrega a MajiqTrim. Posteriormente Inimajiq presenta los resultados de la optimización hecha por MajiqTrim al usuario, para que tome la decisión de realizar ajustes o enviar los *trims* a fabricación.

---

<sup>2</sup> [www.majiq.com](http://www.majiq.com)

Gráficamente el flujo de datos se muestra en la siguiente Figura.

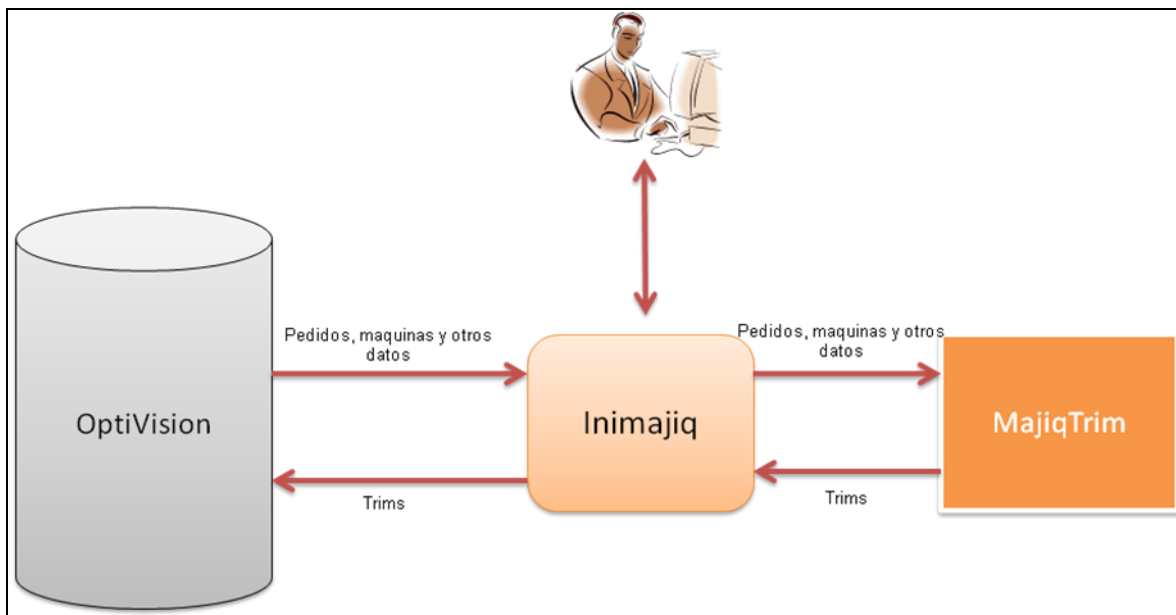


Figura 12: Operaciones Programación Producción

#### 4.4 DEBILIDADES DETECTADAS

Los módulos de Programación de Producción de OptiVision siempre se han visto dentro de la organización como los más débiles que este sistema presenta, de hecho hace algún tiempo se reemplazó su rutina de optimización de *trim* por MajiqTrim.

Adicional a lo anterior, las herramientas que OptiVision provee para apoyar la optimización de la tarea de asignación de pedidos a máquinas cortadoras, se deben adquirir por separado y son de alto costo (superior a MUSD\$300), costo que la organización no ha estado dispuesto a asumir con una herramienta que el área de Programación de Producción ha demostrado no ser confiable.

Los motivos recién expuestos y los altos costos en los que se debe incurrir cuando se quiere modificar algo en OptiVision, dieron origen a que se estudiara una opción distinta a este sistema para implementar los sistemas que soportarán el rediseño de procesos.

Debido a que la nueva solución utiliza datos que se encuentran en OptiVision y debe entregar información de vuelta a este sistema, la integración se hará con consultas, actualizaciones e inserciones directas a la base de datos de OptiVision.

## **5 DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS**

Continuando con el análisis de procesos, en esta sección se profundizará la revisión de los procesos a rediseñar y se presentarán detalles de la solución propuesta, incluyéndose la forma de operar de la heurística que apoya los procesos.

### **5.1 PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

En esta actividad se realiza la “*Estimación de demanda*”, a partir de las ventas históricas, juicio de expertos y otros parámetros, esta actividad tiene como principal salida el Plan de Ventas, el cual indica qué es lo que se debería vender en el siguiente periodo, este mensaje es entregado a “*Planificación de producción y logística*”, donde, como ya fue mencionado, a partir de esta información y variables propias de proceso productivo se realiza la generación del Plan de producción, este mensaje es enviado a “*Programación y control de la producción*” y a “*Marketing y gestión de ventas*”.

En la actividad de “*Programación de la producción*” se realiza la programación de las dos máquinas papeleras y las nueve máquinas de conversión existentes. El resultado de la actividad es el Mensaje Programa de Producción, que debe ser ejecutado por “*Producción programación y logística*”. Además de lo anteriormente mencionado, esta actividad es la encargada de llevar el control de las cantidades fabricadas en cada etapa del proceso productivo.

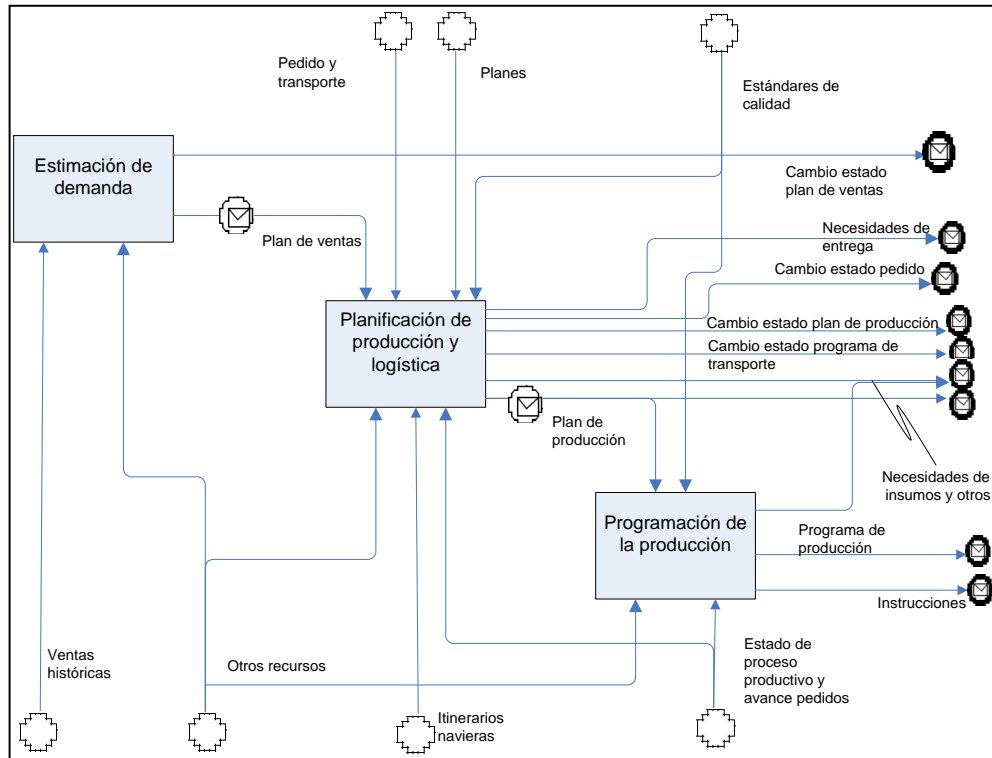


Figura 13: Planificación y programación de la producción

### 5.1.1 Programación de la Producción

El proceso comienza con la “*Programación de Máquina Papelera para rollos directos*” a partir del Plan de producción y la información que ha llegado a través de los mensajes de Pedidos y Transporte, una vez realizada la programación se actualiza en “*State Status*” el estado del Programa de Producción y el estado de los pedidos que fueron programados.

Seguido se realiza la “*Programación de Máquina Papelera y Sala de Conversión*”, donde también se actualiza el estado de Programa de Producción y pedidos, pero además se genera la Carga de Sala de Conversión.

Finalmente en Sala de Conversión se realiza la “*Asignación y liberación de carga*”, actividad que corresponde a definir y asignar en qué máquina se atenderá cada pedido y el orden que seguirán, resultado de esto se actualiza el Programa de Producción. Importante es remarcar, que esta es una actividad tácita realizada por algunas personas que “saben” como hacerlo de una buena forma.

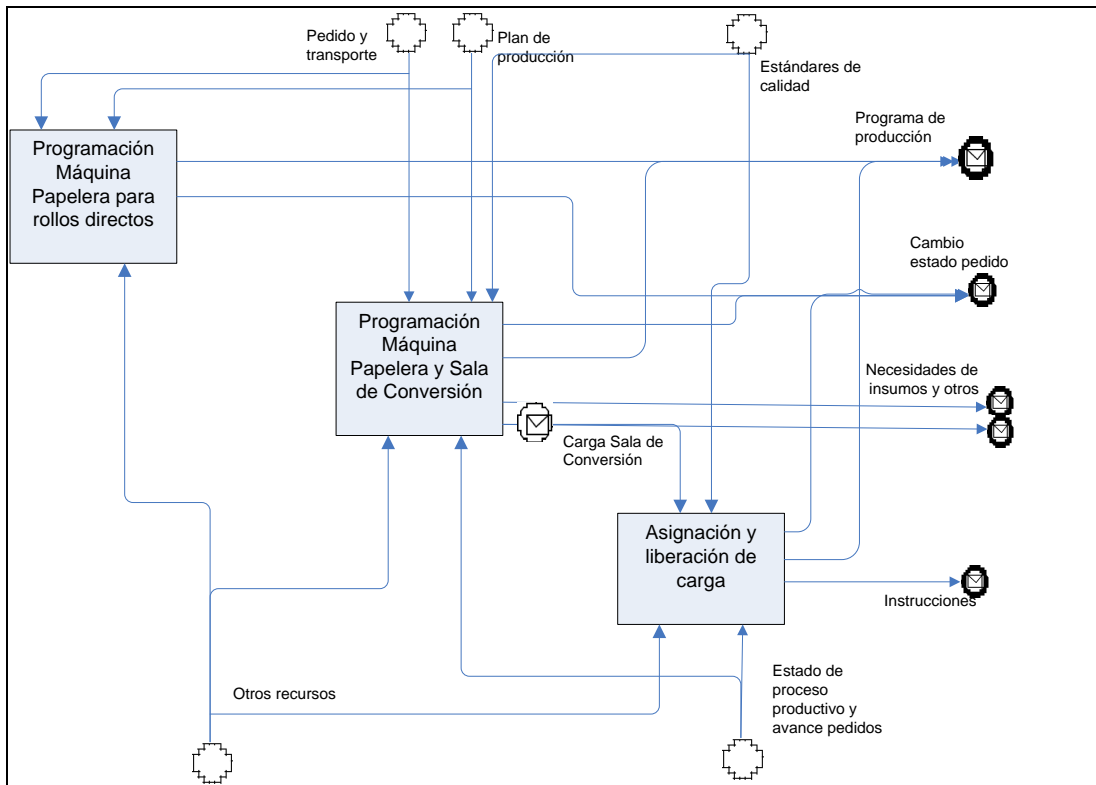


Figura 14: Programación de la producción

## 5.2 ESPECIFICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

El cumplimiento del objetivo del proyecto se pretende realizar mediante el rediseño del proceso de “*Programación de Producción*” y la implementación de un apoyo computacional para este proceso, apoyo que corresponde a una heurística de asignación de carga, esta heurística tiene como principal objetivo realizar la selección de la máquina cortadora en la cual se debe procesar cada pedido y luego liberar la carga a la máquina elegida, **minimizando el tiempo total que toma la producción de todos pedidos**, por lo tanto, se trata de la resolución de un *Job-shop problem*, donde se requiere asignar X pedidos a M máquinas, con lo cual se reemplaza la labor realizada en la actividad “*Asignación y liberación de carga*” que actualmente se encuentra en el proceso de Programación de la producción ya descrito.

## 5.2.1 Procesos del rediseño

La solución propuesta elimina la actual actividad de “Asignación y liberación de carga”, debido a que, la labor de seleccionar la cortadora en la cual producir cada pedido y la liberación de carga, se realizarán en la nueva actividad “Programación Máquina Papelera, Sala de Conversión y liberación de carga”, que además reemplaza a “Programación Máquina Papelera y Sala de Conversión”. Entonces, luego que personal de PCP programa y libera la carga de todas las máquinas productivas, personal de Sala de Conversión deberá revisar la carga y realizar ajustes sólo por alguna condición excepcional del proceso productivo, tal cual como se realiza en la actualidad para los demás procesos productivos (Máquinas Papeleras y Producción en Rebobinadora). Por lo tanto, desde la actividad de “Programación Máquina Papelera, Sala de Conversión y liberación de carga”, se informará a través de “State Status” que hay nuevo programa de producción ya liberado a las máquinas de conversión.

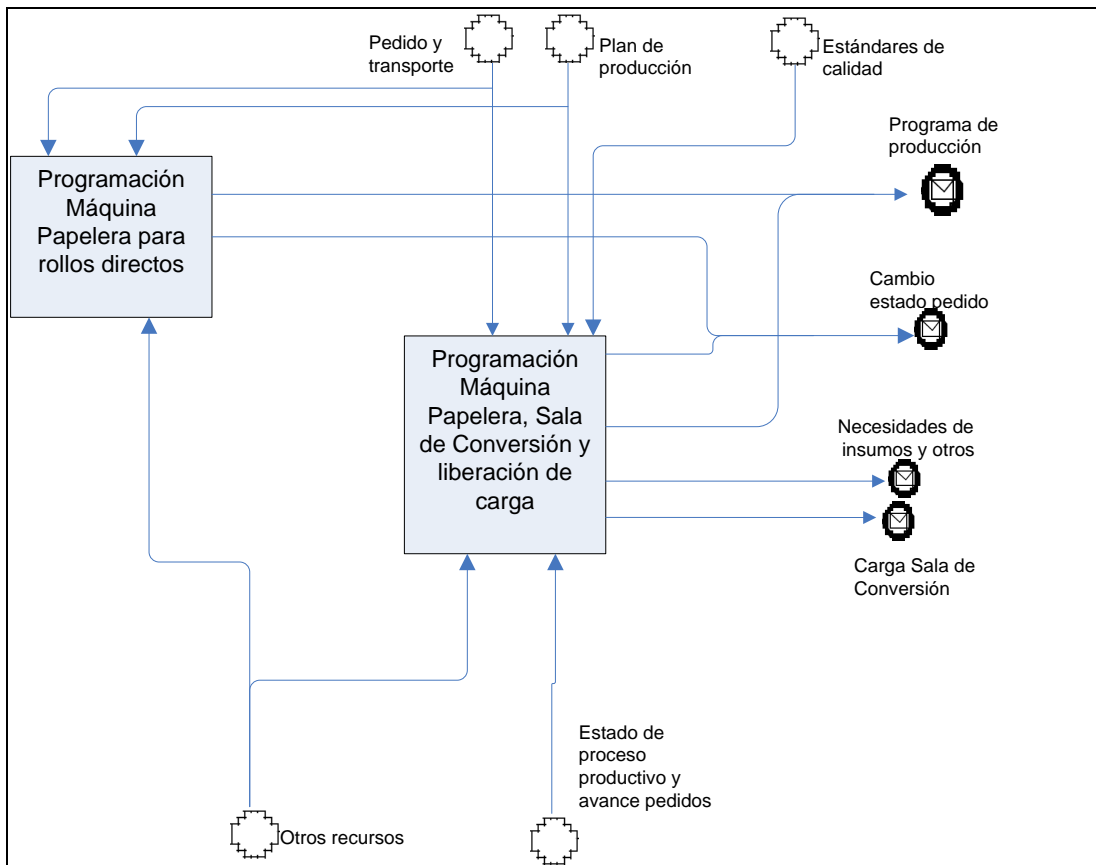


Figura 15: Nuevo Proceso de Programación de la Producción

## 5.2.2 Diagrama de pistas de nuevo proceso

En el siguiente diagrama de pistas se muestra cuál es la interacción entre el usuario y los sistemas que interactúan en la solución.

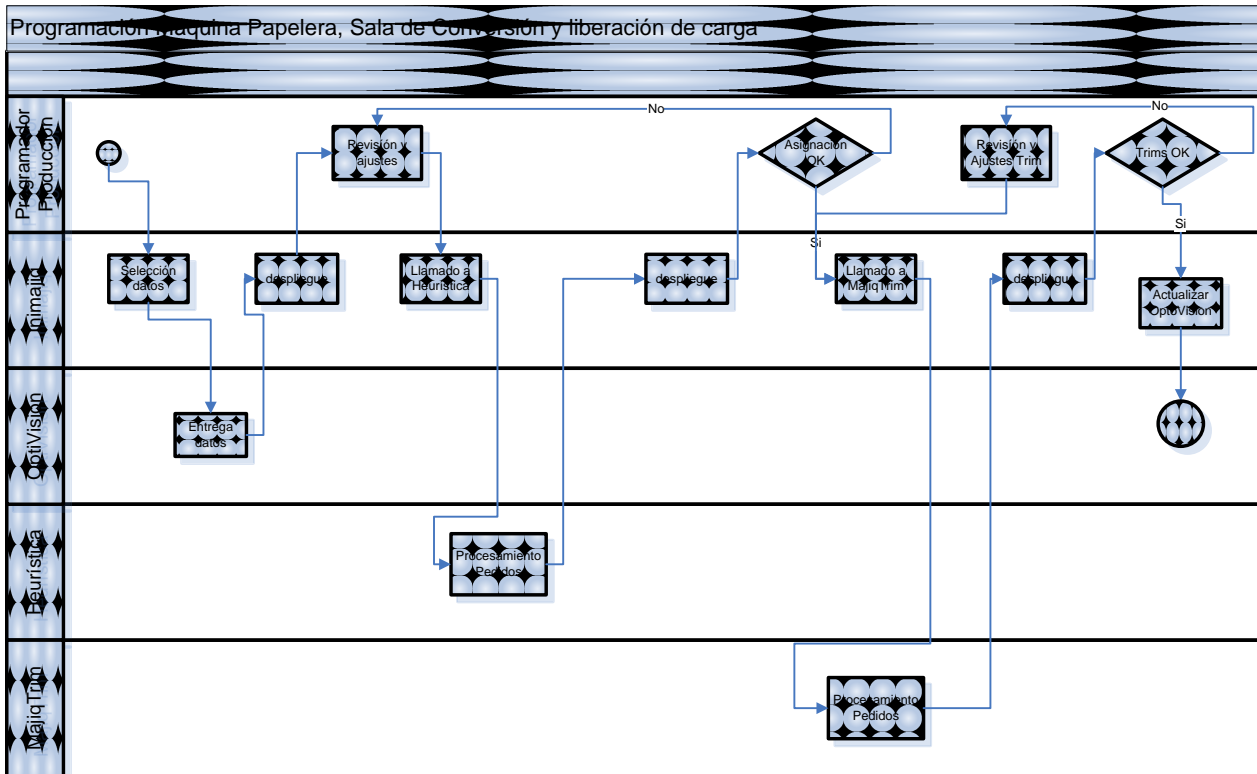


Figura 16: Diagrama de pistas nuevo proceso

El proceso comienza cuando el Programador de la Producción en Inimajiq selecciona los datos para iniciar la programación, los datos más importantes son, el papel, bloque de Máquina Papelera y tipo de pedidos a programar (rollos directos o semielaborados a conversión), para el caso de conversión luego envía los datos a la Heurística, este proceso toma algunos minutos en procesar, cuando entrega los resultados, estos son analizados, en caso de estar correcta la asignación de máquinas genera los *trims* a través de MajiqTrim. Una vez MajiqTrim ha entregado los *trims*, el programador revisa varios datos, pero los más importantes son las cantidades a fabricar que ha propuesto la rutina por cada pedido y el recorte generado, luego el programador decide si realiza ajustes como incorporar nuevos pedidos, agregar pedidos de stock o ajustar parámetros en la rutina de optimización, finalmente y casi siempre luego de algunas iteraciones en este proceso, envía los *trims* a OptiVision, donde quedan disponibles para fabricación.

## **5.2.3 Heurística de asignación de máquinas**

En las secciones anteriores se ha mencionado la utilización de una heurística que ayudará en la selección de máquinas, en este punto se presentarán detalles acerca del porqué la selección de un algoritmo de resolución en particular y cómo funcionará.

### **5.2.3.1 Selección del Algoritmo**

La resolución del JSP puede ser realizada utilizando varias técnicas u tipos de algoritmos, los más populares son Ramificación y Poda, Búsqueda Tabú, Algoritmos Genéticos y Búsqueda en Grafos Dirigidos.

Luego de la revisión por parte del equipo de proyecto y de acuerdo a las competencias existentes en el grupo, se presentan los siguientes puntos.

1. Ramificación y Poda, Búsqueda Tabú y Algoritmos Genéticos resultaron complejos de entender para el equipo de proyecto, por lo tanto se asumió que también sería más difícil su implementación y posterior mantención.
2. Respecto de la definición de un Grafo Dirigido planteada en 2.2.6, particularizando su estructura a la de un árbol y sobre éste aplicar una búsqueda, resultó de más simple conceptualización y comprensión por parte de equipo de proyecto.
3. Adicionalmente y como se mencionó en 2.2.7, donde si bien la Búsqueda en Anchura en su forma básica no incorpora heurísticas de búsqueda, esta técnica puede ser modificada para resolver un problema en particular.
4. Se planteó adaptar Búsqueda en Anchura a la problemática particular aplicando una heurística, la cual va podando nodos y no explora soluciones donde el Makespan es mayor en un determinado parámetro.



Debido a los cuatro puntos anteriores se optó por la Búsqueda en Grafos Dirigidos como método de solución.

Ahora bien, respecto de los resultados, en general desde las primeras pruebas se obtuvieron resultados aceptables, lo cual motivo continuar utilizando la búsqueda en el grafo, de no haberse obtenido resultados razonables se debería haber explorado otra opción.

### **5.2.3.2 Forma de operar del Algoritmo**

Para poder obtener una buena asignación de carga, es necesario definir cuál será el objetivo, las variables, restricciones y políticas a incluir, donde éstas últimas corresponden a requerimientos particulares, personalizando la resolución del *Job-shop problem* a la realidad de la Programación de Producción en Cartulinas CMPC. Además se deben indicar consideraciones de tipo general incluidas en la implementación.

#### **Objetivo:**

Minimizar el Make Span de la solución, es decir, minimizar el tiempo total de procesamiento de pedidos en máquinas.

#### **Variables:**

- Existen N pedidos que deben programarse para ser procesados en una de las M cortadoras.
- Existen M Máquinas cortadoras paralelas no relacionadas, donde cada máquina tiene:
  - Tiempos de Parada programados.

- Velocidades distintas dependiendo del largo de la hoja del pedido.
- Eficiencias diferentes (Numero de Cortes), dependiendo del ancho del pedido.

### **Restricciones**

- Cada Máquina cortadora puede atender un pedido a la vez.
- No todos los Pedidos pueden ser procesados en todas las máquinas.
- El tiempo total de ejecución no puede ser superior a 24 horas.

### **Políticas**

- Minimizar los Gaps, es decir, tratar de tener todas las máquinas ocupadas el mayor tiempo posible, evitando tener máquinas detenidas.
- Cada pedido se atenderá en sólo en una máquina.
- Dar prioridad a los pedidos grandes en las máquinas más rápidas.

### **Consideraciones**

Se deben mencionar puntos adicionales que son utilizados por el algoritmo:

- Los tiempos de setup entre trabajos para una máquina han sido ignorado o considerados cero.

- La selección de pedidos a incorporar en el proceso es hecha por el programador de la producción.
- La función de costos mencionada en la definición del Job Shop Problem, corresponde a la minimización del tiempo total de procesamiento.

En la siguiente imagen se presenta un ejemplo simple para tres pedidos (P1, P2 y P3) y dos máquinas (M1 y M2), figura el cual, en líneas generales se grafica la solución.

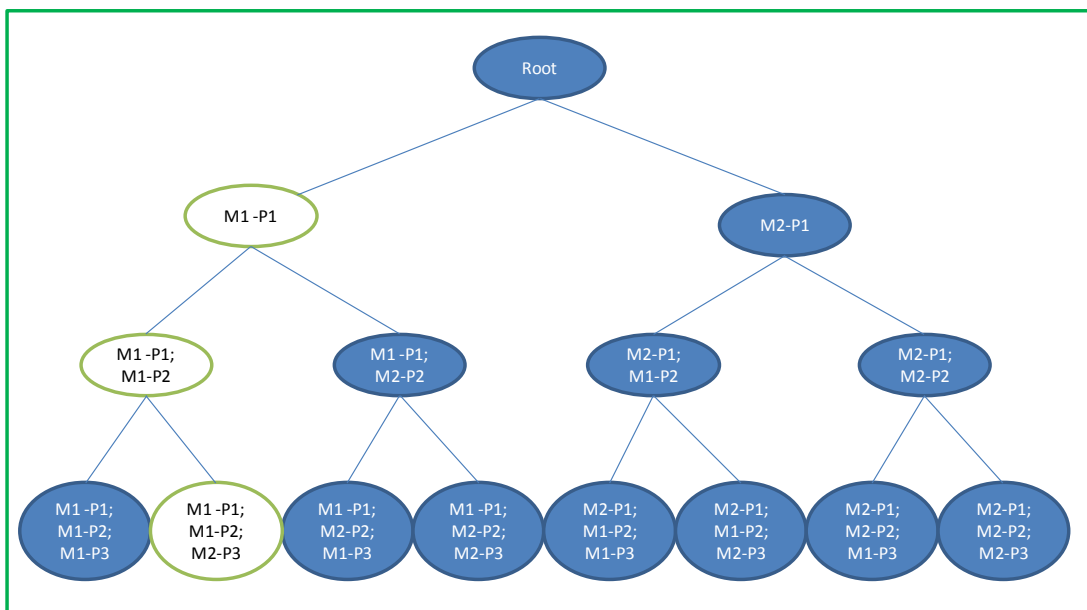


Figura 17: Árbol de ejemplo

Algunas consideraciones sobre el algoritmo:

- Cada nivel representa un pedido que se incorpora al análisis.
- Cada nodo tiene calculado el tiempo total de ejecución y en su creación se aplican las políticas definidas, además de validar las restricciones.

A modo de descripción de la imagen anterior, se explicarán los nodos y pedidos destacados.

### **Nivel 1**

M1-P1-> Máquina 1 procesa pedido 1.

### **Nivel 2**

M1-P1;M1-P2→ Máquina 1 procesa pedido 1 y Máquina 1 procesa pedido 2

### **Nivel 3**

M1-P1;M1-P2;M2-P3 → Máquina 1 procesa pedido 1, Máquina 1 procesa pedido 2 y Máquina 2 procesa pedido 3

En el nivel 3 termina la expansión del árbol debido a que se exploraron todas las posibles opciones para todas las máquinas, en este punto, cada uno de los nodos tiene un MakeSpan y se elegirá como solución el que tenga el menor valor.

Si describimos todos los nodos posibles para un árbol, tendremos todas las soluciones posibles. Entonces el espacio de solución es de:

Número Pedidos elevado a Número de Máquinas.

Si  $P=10$  y  $M=6$

Entonces el espacio de solución es = 1.000.000

Por lo tanto si  $P > 10$  o  $M > 6$ , buscar la mejor solución en el espacio factible se hace muy difícil de implementar. Entonces lo que se busca con el algoritmo es ir expandiendo, pero a la vez en cada nivel detener la exploración en las ramas menos factibles, esto se hará ordenando los nodos de acuerdo a su MakeSpan de menor a

mayor y cuando el número de nodos llega a 200.000 se eliminan desde el 200.001 en adelante los que tenga mayor MakeSpan.

Con el objetivo de explicar cómo opera la heurística y no de constituir una especificación de software, a continuación se presenta el pseudocódigo que describe la forma como opera la rutina.

```
Begin Main  
  Ordenamiento_pedidos  
  Crea_nodo_raíz  
  For i= 1 to número_pedidos  
    While nodos_sin_hijos_este_nivel  
      Begin  
        For j= 1 to número_máquinas  
          If nodo_valido (pedido (i), máquina (j) )  
            then crear_nodo (pedido (i), máquina (j))  
          Ordenar_nodos_por_makespan  
        End  
      Podar.  
    Return Mejor_nodo  
End Main.
```

Para poder entender el cómo funciona esta lógica se describirán las funciones utilizadas:

- *Ordenamiento\_pedidos*: ordena los pedidos de mayor a menor, con lo cual el espacio de soluciones tiende a preferir los pedidos más grandes en las máquinas que lo procesan más rápido.
- *Crea\_nodo\_raíz*: procedimiento para crear el primer nodo del árbol que sirve como punto de inicio en la confección del árbol.
- *Nodos\_sin\_hijos\_este\_nivel*: busca en el nivel actual todos aquellos nodos los cuales no han sido analizados para exploración.

- **Nodo\_valido** (pedido, máquina): esta función calcula el makespan del nodo a crear y verifica si excede el tiempo límite de fabricación, esto último significa que la solución que pasa por ese nodo no es viable, debido a que el producto se entregará en forma tardía.
- **Crear\_nodo** (pedido, máquina): crea un nodo, el que agregará al *path* un nuevo paso con el pedido y la máquina que se reciben por parámetros, calculando y almacenando el MakeSpan del nodo.
- **Ordenar\_nodos\_por\_makespan**: ordena el árbol colocando los nodos con menor MakeSpan a la izquierda.
- **Podar**: elimina los nodos que se encuentran en la derecha del árbol desde el número 200.000 en adelante.
- **Mejor\_nodo**: es una función que identifica el nodo con mejor MakeSpan, además de chequear la desviación estándar en la utilización de las máquinas. En este es necesario mencionar que empíricamente se ha comprobado que siempre el nodo con mejor MakeSpan tiende a mantener todas las máquinas ocupadas.

## 6 DISEÑO DE LA APLICACIÓN COMPUTACIONAL

Siguiendo con la metodología de Ingeniería de Negocios, el siguiente paso es plantear el diseño de las aplicaciones que apoyarán el rediseño de procesos, en este punto debido a restricciones de confidencialidad impuestas por Empresas CMPC, sólo se entregarán antecedentes generales respecto del diseño y su implementación.

### 6.1 DERIVACIÓN DE CASOS DE USO

El primer punto a desarrollar en el diseño de las aplicaciones es la presentación de los casos de uso que definirán la forma como debe operar el sistema desde la perspectiva de quien los usará.

### 6.1.1 Obtención de información de pedidos

El caso de uso a presentar, dice relación con la actividad que desarrolla el Programador de la producción al momento de comenzar a programar, que es ingresar al sistema Inimajiq un papel a programar, un bloque de producción de Máquina Papelera y un tipo de pedido (rollos directos o semielaborado a conversión), luego el sistema con el cual interactúa el usuario hace una llamada a una interfaz que trae los datos desde OptiVision, estos datos son la información relacionada a los pedidos que es necesaria para su programación (cantidades, formatos, fechas, etc).

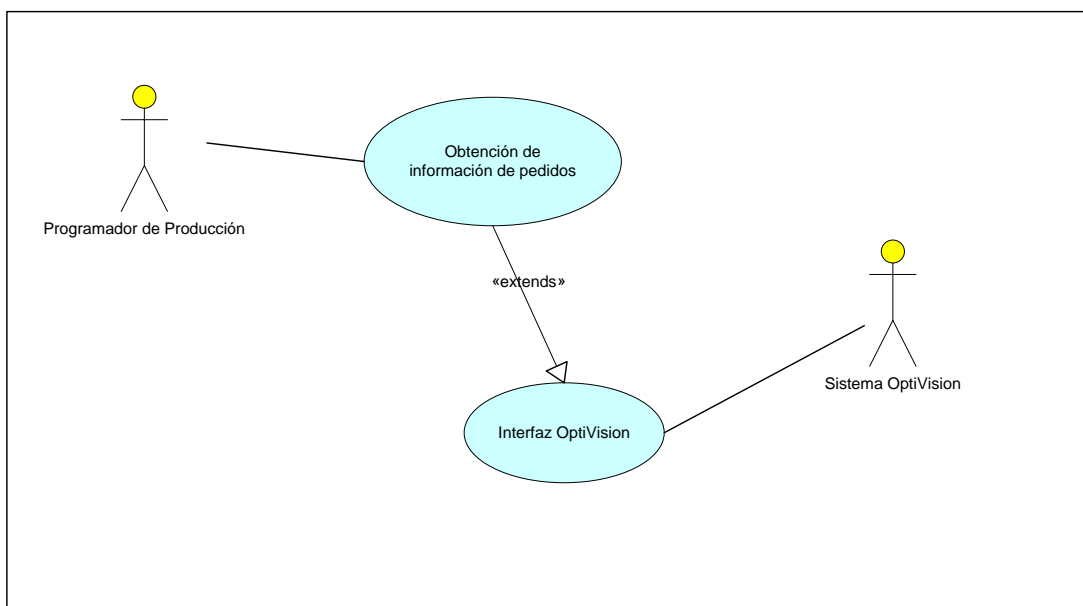


Figura 18: Caso de Uso obtención fechas

### 6.1.2 Llamado a Heurística

Una vez a que se tienen los datos indicados en el punto anterior, se realiza la selección de las máquinas cortadoras que deben ser incluidas en la heurística y con toda esta información se hace la llamada a la heurística.

La heurística devuelve los valores de asignación de máquinas, la cual es revisada y puede ser modificada por el programador de producción antes de liberar la carga a Sala de Conversión.

## 7 VARIABLES DE DISEÑO

Luego de presentar la solución, el siguiente paso es analizar los beneficios esperados con la implementación del proyecto, este apartado tiene por objetivo puntualizar estos retornos desde el punto de vista cualitativo vía Variables de Diseño.

Para dar un marco de referencia al diseño sistemático de procesos, a partir de la estrategia, modelo de negocio, arquitectura de procesos y situación actual, se deben analizar variables asociadas a la innovación del proyecto, seguido se encontrará el análisis de las variables que sufren cambios relevantes con la implementación del proyecto.

Las mejoras en las siguientes variables no han sido incluidas explícitamente como objetivos del proyecto, pero indiscutiblemente se ven afectadas de manera positiva por el nuevo proceso de negocio.

Variable	Actual	Propuesto
<b>Anticipación:</b> Cumplimiento de fechas de producción.	Producto de no asignar correctamente la carga a las máquinas, las fechas de fabricación no siempre se cumplen. Esto se evidencia habitualmente cuando ya es tarde y el pedido está atrasado.	Una mejor asignación disminuirá el atraso de pedidos y además permitirá evidenciar la situación al momento de programar, cuando aún se puede tomar alguna acción para cumplir la fecha comprometida.



<p><b>Coordinación:</b> Recursos de holgura.</p>	<p>En estos momentos las cortadoras no son utilizadas en forma óptima.</p>	<p>Se tendrá una mejor utilización de las cortadoras, no necesariamente de un 100%, pero de acuerdo a las estimaciones, será mejor que la utilización actual.</p>
<p><b>Coordinación:</b> reducción de estándares de producción.</p>	<p>Se calculan en base a lo que se “ha logrado” realizar hasta el momento.</p>	<p>Se elevarán los estándares de producción, permitiendo la venta de una mayor cantidad de producto.</p>
<p><b>Coordinación:</b> reglas.</p>	<p>Tácitas y dependen de algunas personas.</p>	<p>Formalizadas e implementadas en un sistema de apoyo.</p>
<p><b>Coordinación:</b> jerarquía.</p>	<p>Gran uso, debido a que existe mucho conocimiento tácito que es interpretado según la situación.</p>	<p>Se usará sólo en situaciones de excepción cuando falle lo definido e implementado en el sistema de apoyo.</p>

<p><b>Prácticas de trabajo:</b> Lógica de apoyo a actividades tácitas.</p>	<p>No hay.</p>	<p>Formalizadas e implementadas en un sistema de apoyo.</p>
<p><b>Prácticas de trabajo:</b> Métricas de medición</p>	<p>En estos momentos son parciales y generadas por cada departamento.</p>	<p>Formales y estándares, implementadas en un sistema.</p>
<p><b>Integración de procesos inconexos.</b></p>	<p>Hay dos actividades que se “culpan” mutuamente de algunos problemas de programación</p>	<p>Se integran las dos actividades, lo cual tendrá un responsable del nuevo proceso.</p>

<b>Mantenimiento consolidado de estado.</b>	Hay algunos datos como las métricas de medición que cada departamento maneja independientemente.	Se integrarán y estandarizarán en un repositorio de datos común.
---	--	--

## 8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para realizar la evaluación económica del proyecto se analizará la inversión necesaria, los costos de mantenimiento y una estimación de aumento de producción, el cual será valorizado de acuerdo a un margen promedio.

La moneda a utilizar en la evaluación será el dólar, debido a que todas las evaluaciones de proyectos en Empresas CMPC se realizan utilizando esta moneda, lo cual se fundamenta en aspectos financieros de la compañía.

### 8.1 INVERSIÓN

Para poder identificar la inversión necesaria, lo primero que se debe explicitar es el equipo de proyecto, la dedicación de los miembros y la programación de proyecto.

El siguiente esquema muestra cómo se organizó el grupo de trabajo que desarrolla el proyecto.

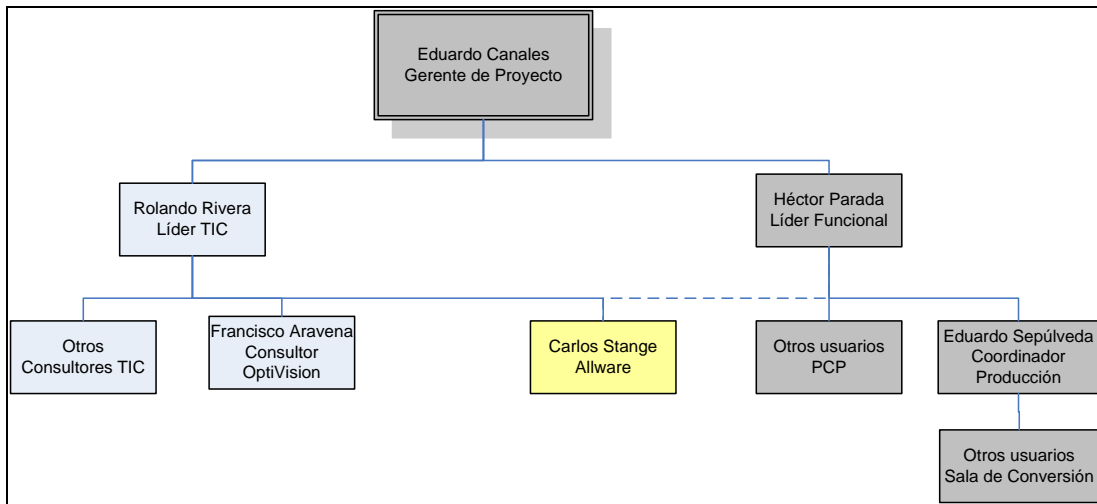


Figura 19: Organigrama Proyecto

A continuación se describen las principales funciones y dedicación de los miembros del equipo.

- Gerente de Proyecto: es el actual Jefe del Departamento de Programación y Control de Operaciones (PCO)
  - Funciones:
    - Su principal labor es velar por el cumplimiento general de proyecto.
    - Participar en la definición de la forma cómo abordar el proyecto.
    - Participar en el modelamiento de la solución.
  - Su dedicación promedio durante todo el proyecto está en torno a las cuatro horas semanales.

- Líder TIC: es uno de los Jefes de Proyecto de la Gerencia de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones de Empresas CMPC.

- Funciones:

- Participar en la definición de forma cómo abordar el proyecto, tanto desde el punto de vista metodológico como tiempos a considerar.
- Participar en el modelamiento de la solución.
- Control de proveedores, desde el punto de vista económico, funcional y técnico.
- Control presupuestario.
- Gestionar las actividades de los consultores de TIC.

- Dedicación de aproximadamente 15 horas semanales.

- Líder Funcional: es el actual Jefe del Área de Programación y Control de Producción (PCP), quien reporta directamente al Jefe de PCO.

- Funciones:

- Participar en la definición de forma cómo abordar el proyecto, desde el punto de vista funcional.
- Participar en el modelamiento de la solución.

- Realizar análisis de detalle de los avances.
  - Realizar pruebas del sistema y aceptación de funcionalidades.
  - Gestión de los recursos de PCP que se puedan necesitar.
  - Servir como un *link* con los demás entes de Cartulinas CMPC, especialmente con Sala de Conversión.
- Dedicación parcial, en torno a las 20 horas semanales.
- Allware: es la empresa consultora que realizó la mayor parte de la implementación.
  - Funciones:
    - Modelar en detalle las necesidades planteadas.
    - Implementación y *testing* de aplicaciones.
    - Soporte de puesta en productivo.
  - Se considerará dedicación completa de los consultores que participaron, pero el costo es fijo de acuerdo a un valor cotizado.
- Consultor OptiVision: Corresponde a un consultor de una empresa de tecnologías de información, llamada Tutelkan.
  - Funciones:

- Realizar la integración de las nuevas aplicaciones con el Sistema que maneja los pedidos y la producción, el cual es OptiVision.
    - Colaborar en la implementación de algunos reportes asociados a los nuevos procesos de negocio.
  - Dedicación parcial, pero su costo está en base a un valor cotizado.
- Otros consultores TIC: corresponden a consultores adicionales de TIC que participan en el proyecto, su dedicación es parcial, y está en torno a las cuatro horas semanales durante el periodo de proyecto.
- Coordinador Producción: es un usuario de Sala de Conversión, quien actualmente se encarga de realizar la Asignación y Liberación de carga.
  - Función:
    - Aportar con su experiencia a la definición de políticas a implementar en la heurística.
    - Realizar pruebas y validación de datos.
  - Su dedicación es de aproximadamente 4 horas a la semana.
- Otros usuarios: son miembros del equipo de PCP o de Sala de Conversión que intervienen en el proyecto. Participarán aproximadamente cuatro horas semanales.

Respecto de la programación de proyecto, en la siguiente tabla se encuentran las principales actividades a desarrollar y los tiempos estimados.

ACTIVIDADES	MES1	MES2	MES3	MES4
Definiciones iniciales				
Construcción				
Pruebas, correcciones y paso a productivo				
Soporte y entrega a Mantenimiento				

Tabla 1: Actividades y tiempos

Los siguientes ítems no serán considerados en la inversión:

- *Hardware*: debido a que se utilizará la actual infraestructura que dispone Empresas CMPC, tanto para el desarrollo como para la puesta en productivo de las nuevas herramientas.
- *Licenciamiento*: se usarán las actuales licencias de *software* que Empresas CMPC dispone.

Por lo tanto la inversión queda sólo expresada por las horas que los miembros del equipo deben invertir, en la siguiente tabla se detallan las horas de cada miembro y la tarifa que se aplica a cada uno.

Recurso	Horas	USD\$/hora	Total Recurso (USD\$)
Gerente de Proyecto	64	84	5.376
Líder TIC	240	63	15.120
Líder Funcional	320	42	13.440
Coordinador de producción	64	34	2.150
Consultores TIC	64	34	2.150
Otros usuarios	64	34	2.150
Allware (valor fijo cotizado)			32.000
Consultor OptiVision			3.000
<b>Total</b>			<b>75.387</b>

Tabla 2: Inversión



Cabe destacar que las horas del Gerente de Proyecto, del Líder Funcional, Coordinador de Producción y Otros usuarios no se facturarán a Cartulinas CMPC, ya que son miembros de su personal, pero deben ser considerados dentro de los costos.

## **8.2 COSTOS DE MANTENCIÓN**

La mantención del sistema durante los dos primeros años está pensada no sólo en la continuidad operativa que debe tener este sistema, sino que también en la mejora continua del aplicativo, vía la incorporación de nuevas políticas y/o restricciones que puedan mejorar la programación de las máquinas cortadoras. Desde el tercer año en adelante se asume que están todas las mejoras hechas y desde ahí en adelante sólo se mantendrá el sistema funcionando.

Los costos para los dos primeros años están dados principalmente por tres componentes:

- Consultoría externa: corresponde al proveedor que realice las implementaciones sobre el sistema.
- Consultoría TIC: son las horas necesarias de personal de la Gerencia de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones de Empresas CMPC que colabore en la implementación.
- Horas de usuario interno: es el tiempo que deben dedicar usuarios para realizar definiciones y pruebas.

Desde el tercer año en adelante se elimina el ítem de usuarios internos, debido a que no se continuarán incorporando funciones que requieran de su análisis y/o definiciones.

En las siguientes tablas se resumen los costos anuales por cada ítem.

Dos primeros años				
Recurso	Horas/mes	Horas/año	USD\$/hora	Total Anual (USD\$)
TIC	12	144	63	9.072
Allware	20	240	84	20.160
Usuarios	20	240	34	8.064
<b>Total Anual</b>				<b>37.296</b>

Tabla 3: Costos mantención 2 primeros años

Tercer año en adelante				
Recurso	Horas/mes	Horas/año	USD\$/hora	Total Anual (USD\$)
TIC	2	144	63	9.072
Allware	2	24	84	480
<b>Total Anual</b>				<b>9.552</b>

Tabla 4: Costos mantención tercer año en adelante

### 8.3 BENEFICIOS ESPERADOS

Como se mencionó en el objetivo del proyecto, el principal beneficio es un aumento de producción en Sala de Conversión, lo cual significa un aumento de fabricación de productos terminados en Cartulinas CMPC, además considerando lo planteado en el punto de Relación con los Clientes, respecto que la demanda es infinita, se traduce en que cada tonelada adicional de producto fabricado podrá ser vendida.

La estimación de aumento de producción por una mejor utilización de la capacidad de corte instalado, o dicho de otra forma, realizando una mejor programación de las máquinas productivas, se basa en análisis que se han hecho luego que el proceso productivo ha sido ejecutado, es decir, se han tomado las tareas realizadas en Sala de Conversión y se ha analizado el cómo se podrían haber realizado en forma óptima, este análisis ha entregado que en los mejores casos, **se pudo haber fabricado un 10% más de lo realmente realizado, sólo vía una mejor programación.**

El aumento de producción se analizará a cinco años sólo para Planta Maule, debido a que en Valdivia en estos momentos sólo hay una cortadora, por lo tanto todos los pedidos deben ser asignados a ella.

Siendo extremadamente conservadores en el análisis, en la siguiente tabla se muestran los porcentajes esperados de aumento de producción respecto de la producción actual, considerando tres escenarios:

Escenario	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Pesimista	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Normal	0,5%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Optimista	1,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%

Tabla 5: Escenarios

Transformando a toneladas los valores de porcentajes recién presentados, seguido se encuentra una tabla con la producción actual, la producción esperada, los totales en un plazo de cinco años y las diferencias respecto de la producción actual.

Escenario	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	Total en 5 años	Aumento Producción
Prod actual	156.000	156.000	156.000	156.000	156.000	780.000	
Pesimista	156.000	156.780	156.780	156.780	156.780	783.120	3.120
Normal	156.780	157.560	157.560	157.560	157.560	787.020	7.020
Optimista	157.560	159.120	159.120	159.120	159.120	794.040	14.040

Tabla 6: Resultados productivos en escenarios

Ahora bien si consideramos el actual margen medio de USD\$300 por tonelada, los ingresos esperados en dólares son:

Escenario	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Pesimista	0	234.000	234.000	234.000	234.000
Normal	234.000	468.000	468.000	468.000	468.000
Optimista	468.000	936.000	936.000	936.000	936.000

Tabla 7: Resultados económicos en escenarios

Por otra parte si unimos los costos del proyecto y los ingresos esperados podemos calcular el Valor Actual Neto (USD\$) y la Tasa Interna de Retorno, en la siguiente tabla están los datos para se encuentran estos indicadores para los tres escenarios:

Escenario	VPN	TIR
Pesimista	416.588	19%
Normal	1.383.736	29%
Optimista	2.933.517	38%

Tabla 8: VPN y TIR

### 8.3.1 Conclusiones económicas

Del análisis de los datos presentados en el punto anterior se puede afirmar que el proyecto es rentable, e incluso en el peor escenario entrega importantes retornos a la organización, esto se debe a el nuevo modelo de negocios implementa

cambios radicales en la forma como se programa la producción, incorporando técnicas innovadoras en esta área.

## **9 GESTIÓN DEL CAMBIO**

El proceso de Gestión del Cambio fue enfocado desde la perspectiva de los ámbitos de observación que se deben abordar en un proceso de este tipo, donde, el conocimiento de las personas que se desempeñan en la organización y de la cultura de Cartulinas CMPC jugaron un rol fundamental.

### **9.1 ESTRATEGIA Y SENTIDO**

El primer punto sobre el cual se trabajó fue definir y presentar claramente cuál es el objetivo y cómo será logrado, destacándose el perfecto alineamiento del objetivo del proyecto con la estrategia de la empresa.

Se presentó el programa de trabajo, inversión necesaria y se definieron los participantes en el equipo de proyecto, junto con la estructura organizacional de éste y las responsabilidades de cada miembro del grupo de trabajo.

### **9.2 CONSERVACIÓN**

Dado que cada proyecto produce algún cambio, es necesario mencionar que cosas permanecen, en este sentido, a comienzos del proyecto se informó a los usuarios cuales procesos y funciones se mantienen. Esta actividad fue fundamental, porque al mencionar que se mejoraría la asignación de carga a las cortadoras, hubieron algunas personas que sintieron temor respecto de su estabilidad laboral, a quienes se clarificó que esto los ayudará a desarrollar mejor su trabajo y que permitiría asignar excedentes de su tiempo a otras labores de mayor valor para el negocio.

### **9.3 LIDERAZGO Y GESTIÓN**

La mayor parte de esta función fue desempeñada por el Gerente de Proyecto, quien estuvo muy cercano al proyecto y a los usuarios finales, lo cual marcó el liderazgo del proceso, además su experiencia de más de 10 años en Cartulinas CMPC desempeñando labores de este tipo, el alto conocimiento de Planta Maule y la Cultura Organizacional fue un factor crítico de éxito.

Respecto de la gestión más detallada en términos de control presupuestario, avance de tareas y solución de problemas fue llevado a cabo por el Líder TIC.

#### **9.4 PROCESO COMUNICACIONAL**

El Proyecto fue desarrollado en Planta Maule y la mayoría de los usuarios finales se encuentran en esa planta, motivo por el cual no fue complejo realizar reuniones periódicas con los entes involucrados y de esta manera mantenerlos informados acerca de los avances y/o problemas del proyecto. El proceso comunicacional incluía desde el Gerente de Operaciones hasta los usuarios finales, evidentemente, con distinta información a compartir en cada nivel.

#### **9.5 GESTIÓN DE ESTADOS DE ÁNIMO**

A pesar que el proyecto fue relativamente corto, gestionar los estados de ánimo fue un punto importante, debido a que inicialmente se tuvieron problemas con los resultados entregados por el nuevo sistema, además de atrasos en las entregas, lo cual mermó el entusiasmo inicial del grupo, nuevamente la experiencia del Gerente de Proyecto y otros miembros del equipo ayudó poder soslayar los problemas que surgieron.

#### **9.6 ALERTA Y CONCIENCIA DEL PROCESO**

Debido a la cercanía del Gerente de Proyecto con la gente y el estar en antecedentes de los detalles, así como la experiencia del Líder TIC en este tipo de labores, ayudó a mantener una clara visión de lo que ocurría en el proyecto, tanto desde la perspectiva técnica como desde el punto de vista de las personas involucradas.

## **9.7 EVALUACIÓN Y CIERRE**

Sin realizar una ceremonia de cierre del proyecto, el término de éste se comunicó a los miembros del proyecto y a los involucrados en el nuevo proceso. Un hito importante en este sentido fue es la “entrega” del soporte del nuevo sistema al Área de Mantenimiento de Sistemas, quienes son los encargados de apoyar las operaciones de los sistemas que se encuentran en operaciones en todo el grupo de Empresas CMPC.

## **10 PRUEBA DE LA HEURÍSTICA**

Una vez que se terminó de modelar el nuevo proceso, se realizó la especificación de lo requerido y comenzó su desarrollo, inmediatamente se comenzaron las pruebas evaluando constantemente los resultados, los cuales debieron ser corregidos en reiteradas oportunidades, debido a que no se cumplían los requerimientos impuestos, tanto desde la perspectiva del objetivo, gestión de variables (pedidos, máquinas, restricciones, etc.) como desde la perspectiva de las políticas definidas (utilización de todas las máquinas, asignación de pedidos grandes, etc.), además también se debieron hacer correcciones en relación a la restricciones. Fue un proceso iterativo guiado principalmente por el Gerente de Proyecto, quien se involucró fuertemente en la evaluación de los resultados antes de la puesta en marcha.

Una vez que se tuvo la “confianza” en los resultados e intentando no retrasar los tiempos de proyecto, se puso en operaciones en nuevo proceso.

La siguiente tabla muestra las producciones en toneladas de las cortadoras de Planta Maule, en la primera columna está el nombre de la cortadora y seguido cada columna representa un mes de producción, el mes “M” representa cuando fue puesto en operaciones en nuevo proceso.

Toneladas							
Máquina	M-2	M-1	M	M+1	M+2	M+3	M+4
JAGENBERG	3.509	3.464	2.831	3.222	4.073	3.736	3.501
PASABAN 1	1.758	1.661	1.688	1.916	1.618	2.015	2.215
PASABAN 2	3.423	3.303	3.362	3.498	3.084	3.209	3.482
PASABAN 3	3.858	3.802	3.542	4.057	4.074	3.810	3.909
PASABAN 4	1.572	1.350	1.624	1.807	1.627	1.721	1.890
PASABAN 5	1.494	1.569	1.650	1.881	1.796	1.728	1.835
PASABAN 6	2.018	2.067	2.199	2.207	2.196	2.065	2.145
<b>Total</b>	<b>17.632</b>	<b>17.216</b>	<b>16.896</b>	<b>18.588</b>	<b>18.469</b>	<b>18.285</b>	<b>18.977</b>

Tabla 9: Aumentos reales de producción

Durante el primer mes se puede apreciar una disminución en la producción de las Cortadoras, el principal motivo de esta reducción de producción se debe a que la heurística no operaba de acuerdo a lo esperado, además con un menor impacto, pero no por eso se debe obviar, fue el cambio asociado a los nuevos procesos.

En términos cuantitativos, durante el primer mes de operaciones se tuvo una producción de 16.896 toneladas, lo cual fue 584 toneladas inferior a 17.424 toneladas (correspondiente al promedio de los dos meses anteriores), valor que será utilizado como referencia. La reducción en la producción corresponde a casi un día de operaciones del conjunto de cortadoras, generando una pérdida aproximada de US\$158.000.

La situación anterior fue superada trabajando arduamente en correcciones sobre la lógica de la heurística, lo cual revirtió la situación y los resultados se pueden apreciar en el siguiente cuadro, donde se muestran los aumentos de producción y como consecuencia el aumento en ingresos estimado.

Mes	M	M+1	M+2	M+3	M+4	Totales
Aumento Producción (Tons)	-528	1.163	1.045	861	1.552	<b>4.093</b>
Incremento Ingresos (USD\$)	-158.507	349.041	313.440	258.165	465.739	<b>1.227.878</b>

Tabla 10: Retorno del proyecto

El resumen es muy positivo, debido a que muestra que al quinto mes de operaciones (M+4) se ha obtenido una producción de 4.000 toneladas adicionales y un aumento estimado de ingresos de MM USD\$1.2



Lo anterior confirma y refuerza el planteamiento de Barros [1] en que el potencial de apoyo computacional a actividades tácitas complejas es grande y puede generar un importante aumento en la competitividad.

## 11 GENERALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA

El desarrollo de un Framework permite que un producto genérico se adapte a condiciones particulares de cada caso, permitiendo ser utilizado como base de implementación, con esto permitir que el desarrollador sólo se ocupe en las variaciones del proceso y no de la aplicación completa. Lo anterior puede lograrse a partir de un caso en particular que permita lograr una abstracción del modelo y plasmar el conocimiento obtenido en el desarrollo, para poder posteriormente resolver problemas de características similares con un menor esfuerzo.

En general al referirse a un framework se está hablando de una estructura de componentes personalizables para la aplicación a un dominio en particular.

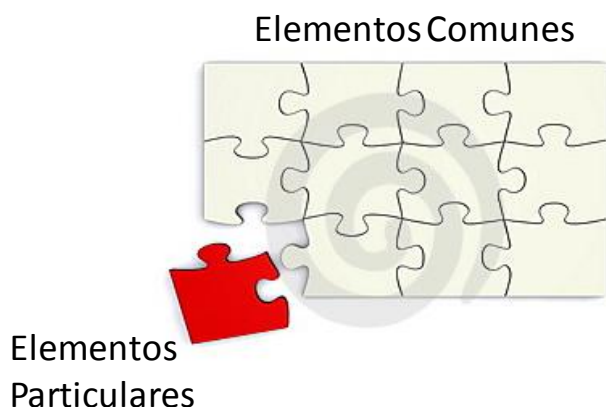


Figura 20: Representación de un Framework

La figura anterior intenta graficar en líneas muy generales un framework, donde se muestran elementos comunes y otros particulares, los cuales en su conjunto completan un sistema, que resuelve un problema de un proceso de negocio particular, en una empresa determinada.

Ahora bien, el cómo se identifica y obtienen los elementos de cada grupo (comunes y particulares) supone dos puntos de partida:

1. El análisis de las funciones entregadas por el framework en su versión “estándar” o que son producto de la abstracción que se mencionó.
2. La utilización del Método de Ingeniería de Negocios descrito por Barros [2], donde en la actividad de Diseño de Aplicación de Apoyo se deben identificar los elementos que no están incluidos en framework, de tal forma de implementarlos y/o modificar alguno existente. La siguiente imagen delinea el proceso.

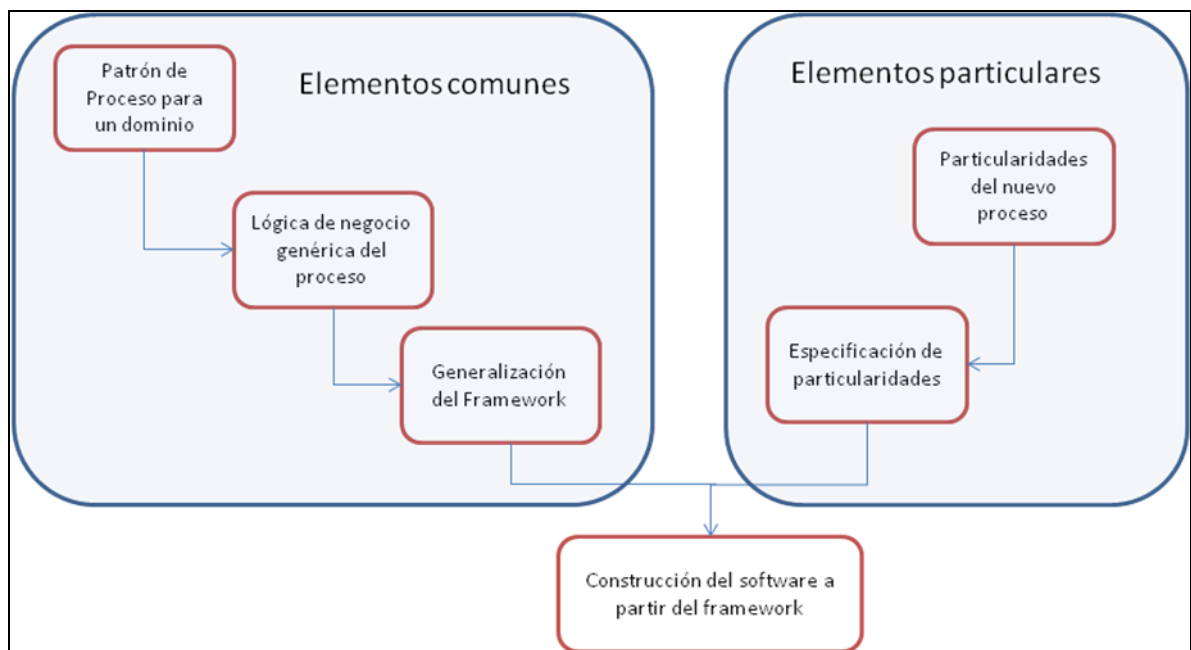


Figura 21 Estructuración de un Framework

La generalización de la experiencia estará enmarcada en el proceso de Programación de Producción de otros negocios, primero se abordará el proceso en una Planta que Fabrica Papeles Tissue y luego en una Fábrica de Cajas de Cartón Corrugado.

### 11.1 CASO 1: FABRICA DE PRODUCTOS TISSUE

La Planta en cuestión es una planta que fabrica papeles y productos del mencionado tipo, en formato de rollos de papel higiénico, toallas absorbentes, pañales, toallas femeninas y productos fuera de hogar.

Los principales clientes son las cadenas de supermercados, seguido por las cadenas de farmacias y en menor medida los “almacenes de barrio”.

Cerca del 90% de la producción es Make to Stock, esto debido a los rápidos tiempos de despacho que se han comprometido con sus clientes, los cuales no permiten ejecutar un proceso de fabricación especial para cada solicitud de cliente.

### **11.1.1 Proceso Productivo**

En términos de capacidad productiva instalada, la planta cuenta con tres máquinas papeleras que fabrican 18 papeles y cuyas principales características son:

- Máquina Papelera 1:
  - Producción: 120 tons/día.
  - Ancho: 2.8 m
  - Gramaje: 15 a 40 gr/m2.
  - Principales materias primas: papel reciclado y celulosa.
  
- Máquina Papelera 2:
  - Producción: 90 tons/día.
  - Ancho: 2.8 m.

- Gramaje: 20 a 35 gr/m<sup>2</sup>
- Principales materias primas: papel reciclado y celulosa.
- Máquina Papelera 3:
  - Producción: 20 tons/día.
  - Ancho: 2.1 m.
  - Gramaje: 17 a 28 gr/m<sup>2</sup>
  - Principales materias primas: papel reciclado y celulosa.

Además cuenta con:

- 5 líneas de conversión de rollos:
  - 4 son para fabricar productos masivos.
  - 1 para productos Fuera De Hogar (FDH).

- 4 líneas de sanitarios:
  - 2 para pañales de niños.
  - 1 para pañales de adulto.
  - 1 para toallas femeninas.

Todos los procesos productivos recién mencionados deben ser programados.

En líneas generales, el proceso productivo de Conversión Rollos y Sanitarios opera de la siguiente forma:

1. Se fabrican jumbos de papel en una de las Máquinas Papeladas.
2. Los jumbos son llevados a una bodega de almacenamiento temporal, donde esperan proceso de conversión.
3. Una vez que los jumbos deben ser convertidos en producto final son llevados a la máquina donde se procesará.
4. El o los jumbos son montados en la máquina de conversión, máquina que además se “carga” con los demás insumos requeridos dependiendo del producto a fabricar y se inicia el proceso de producción.
5. La máquina en cuestión fabrica el producto en formato final, luego producto es empaquetado y finalmente los paquetes son palletizados.

La siguiente imagen muestra un esquema con el proceso productivo.

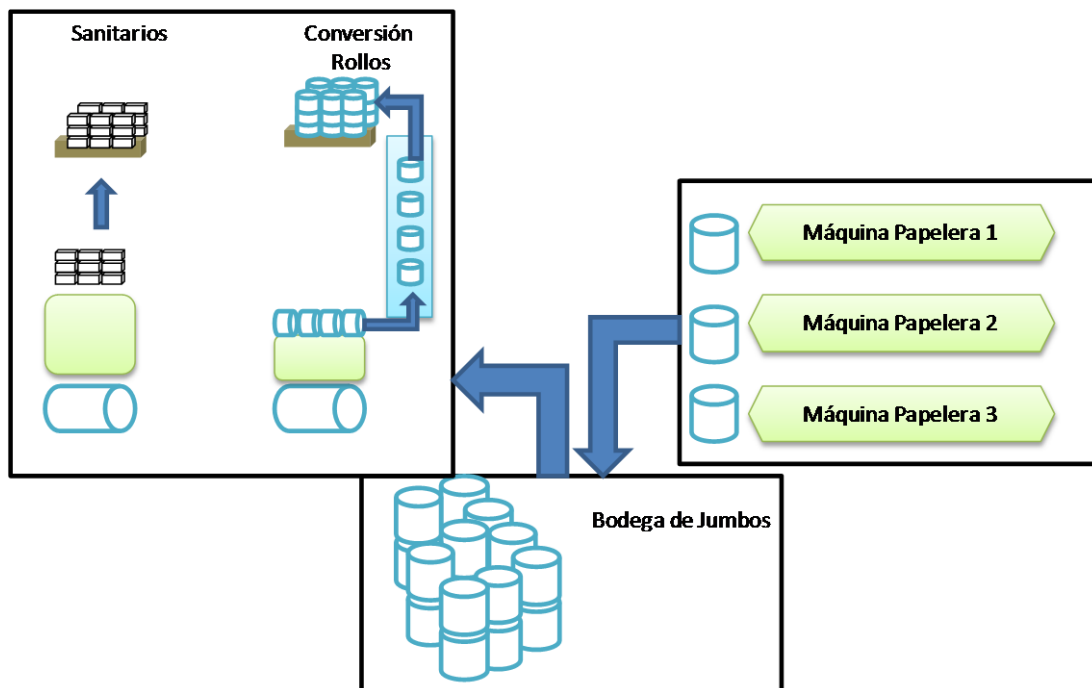


Figura 22 Esquema de Producción Fabricación Tissue

### 11.1.2 Programación de la Producción

Antes de plantear detalles acerca de cómo se programa la producción, se debe mencionar que anualmente se define un presupuesto de producción, esto se basa en las estimaciones de venta que se realizan para el siguiente año. Luego, para cada mes se define un plan mensual de producción, tomando como principales inputs, los pronósticos de venta para el mes y los niveles de inventario disponible. El recién mencionado plan mensual se lleva a Programas Semanales de Producción, los cuales indican día a día qué productos se deben fabricar en la Máquinas Papeleras, Conversión de Rollos y Sanitarios.

El principal objetivo de los programas de producción es generar las Órdenes de Fabricación (con productos, cantidades y fechas definidas) indicadas para evitar quiebres de stock y de esta manera poder entregar los productos oportunamente a los clientes.

Ahora bien, considerando que no es el objetivo de esta tesis el generar un modelo de predicción de demanda, nos focalizaremos en la labor que sigue a la generación de las Órdenes de Fabricación, la cual corresponde a asignar de la mejor forma las Órdenes de Fabricación a las máquinas disponibles, considerando:

1. La factibilidad técnica de fabricación de un producto en una máquina determinada.
2. El cumplimiento de las fechas definidas para la Orden de Fabricación.
3. La productividad de cada máquina con cada producto en particular.
4. La carga ya programada a una máquina.
5. Minimizar el tiempo total de ejecución de las tareas.

Al analizar los puntos recién expuestos, se hace evidente que corresponden casi a los ítems descritos como objetivo en “1.1.2.2.3.2Asignación y liberación de carga”, lo cual hace que el problema a resolver sea el mismo.

## ***11.2 CASO 2: FÁBRICA DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO***

El siguiente ejemplo en el cual se puede aplicar la Heurística de Asignación de Máquinas, corresponde a una Fábrica de Cajas de Cartón Corrugado. La Planta en cuestión pertenece a una empresa que produce, vende y distribuye cajas en el mercado nacional, teniendo clientes de diversas áreas, como productores hortofrutícolas, salmoneras, empresas de productos lácteos y viñas, entre otros.

A diferencia del Caso 1, la fabricación es contra pedido y considerando que cada tamaño de caja, diseño e impresión, definen un producto diferente, esta empresa fabrica cerca de 10.000 productos.

### **11.2.1      Proceso Productivo**

La capacidad productiva instalada es la siguiente:

- Una Máquina Corrugadora.
  - Producción de 230 ton/día.
  - Ancho 2,4 metros.
  - Velocidad 60 metros/minuto.
- Siete líneas de Conversión, cada máquina tiene características técnicas diferentes.
- Una línea de embalado de pallets.

El proceso se realiza de la siguiente forma:

1. Se montan los rollos en la Máquina Corrugadora, son tres rollos que se procesan (desbobinan) en paralelo, uno para cada “cara” del papel y otro es ondeado para el centro.
2. Al final de la Máquina Corrugadora se obtienen planchas de un determinado ancho y largo, la cuales son puestas sobre pallets, estas planchas son un producto semielaborado que será utilizando en la fabricación final de las cajas.
3. Las planchas son almacenadas en una zona esperando conversión.
4. Una vez que se llega el momento de producción de un pedido en una máquina de conversión, las planchas fabricadas para ese pedido son llevadas a la máquina de conversión, ésta las va sacando en forma automática una a una y comienza su corte, en base a una matriz prediseñada la cual va “golpeando” las planchas y generando el corte.



5. Luego las cajas ya cortadas son pintadas en la misma máquina.
6. Las cajas son llevadas vía una cadena de transporte a la zona de palletizado, donde son puestas sobre pallets.
7. Los pallets son llevados a la línea de embalado, donde se les coloca un plástico protector.

### **11.2.2 Programación de la Producción**

El proceso de programación incluye la programación de la Máquina Corrugadora y de las líneas de conversión, tanto en la optimización de trim (optimización de uso de los rollos y planchas al ancho) como en el secuenciamiento de la producción, la primera tarea es apoyada por un sistema denominado CoreTrim especializado en esta labor.

Respecto del secuenciamiento de las tareas a realizar en las máquinas de conversión, es hecho manualmente, sin un sistema de apoyo.

El objetivo del secuenciamiento de producción es realizar la mejor asignación de pedidos a las máquinas, considerando lo siguiente:

1. La factibilidad técnica de fabricación de un producto en una máquina determinada.
2. El cumplimiento de las fechas definidas para la Orden de Fabricación.
3. La productividad de cada máquina con cada producto a fabricar.
4. La carga ya programada a una máquina.

5. Minimizar el tiempo total de ejecución de las tareas.

Nuevamente nos encontramos con una situación similar a la descrita para Cartulinas CMPC, lo cual significa que el modelo desarrollado puede ser aplicado, obviamente realizando las adaptaciones necesarias para la operación en este negocio.

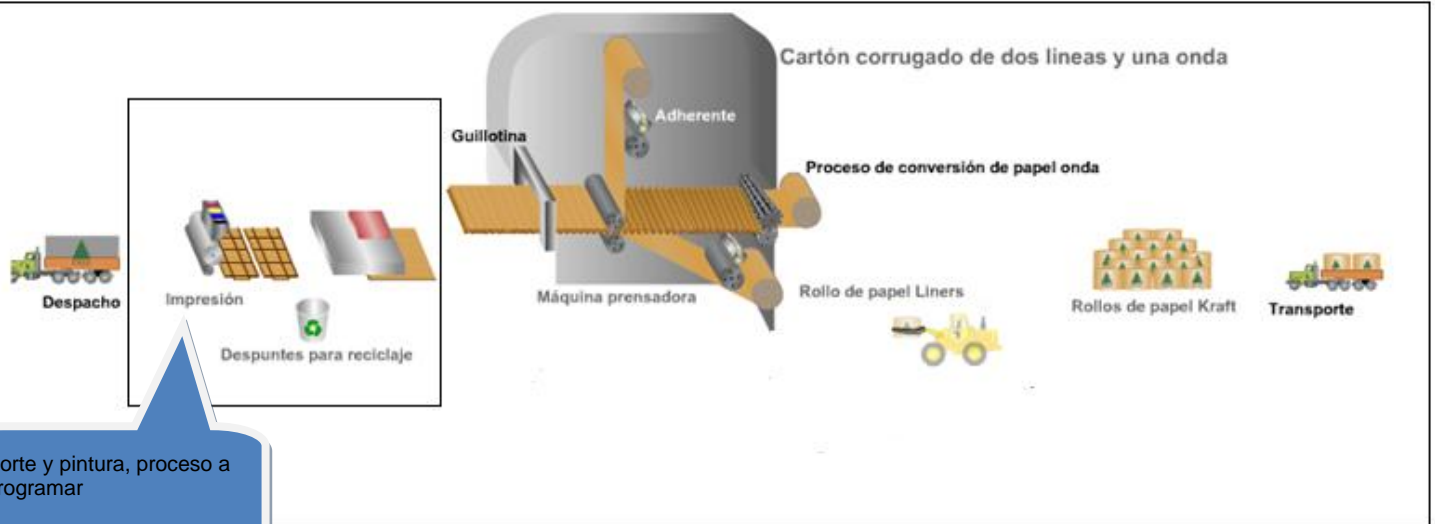


Figura 23: Fábrica de Cajas de Cartón Corrugado

## 12 CONCLUSIONES FINALES

Los excelentes resultados obtenidos por el proyecto permiten plantear las siguientes conclusiones:

1. El objetivo planteado de un aumento de producción, fue cumplido con creces, lo cual evidencia una correcta ejecución de proyecto.
2. La implementación de soluciones que consideren un diseño explícito de apoyo de TI para actividades tácitas, vía modelos matemáticos, heurísticas o business intelligence, en este caso una heurística, puede generar retornos de un orden muy superior a la inversión realizada.

3. El modelo planteado por el Macroproceso Macro 1 de Barros, describe a la perfección la realidad de la Cadena de Valor de Cartulinas CMPC.
  
4. La estructuración de la actividad tácita de Asignación y Liberación de Carga, ha reducido en líneas generales los Costos de Coordinación, variable que en esta tesis no fue cuantificada, pero que según entrevistas sostenidas con personal de Planta Maule, ha mejorado la comunicación, existen menos conflictos entre áreas y una mejor utilización de los recursos instalados.
  
5. La problemática resuelta por este proyecto, es similar a la problemática que se encuentra en otras planta productivas, las cuales tienen un proceso de producción de semielaborados y luego un proceso de terminación, lo anterior, permite afirmar que la solución es extrapolable con algunos ajustes a otros procesos productivos.

Finalmente, y como un punto a parte, **La Metodología de la Ingeniería de Negocios** desarrollada por el Doctor Barros es una muy buena metodología para abordar proyectos de TI, de hecho para el autor de esta tesis, se ha convertido en el mejor método para generar e implementar proyectos de TI. Lo anterior en el caso de Cartulinas CMPC queda graficado en que una de sus principales ventajas competitivas (menores costos) es potenciada vía una mejor utilización de su capacidad productiva instalada.

## 13 BIBLIOGRAFÍA

- [1] BARROS, ÓSCAR. *Ingeniería de Negocios Diseño Integrado de Negocios, Procesos y Aplicaciones TI*, Santiago, 2009
  
- [2] BARROS, ÓSCAR. “*Rediseño de procesos de negocios mediante el uso de patrones*”, Comunicaciones Noreste LTDA., Santiago, 2003
  
- [3] WEB DE OSCAR BARROS VERA. *Proyectos de patrones de procesos* [En línea] <<http://www.obarros.cl>> [Consulta: julio 2008]
  
- [4] Fundación Wikimedia, Inc. 2001 “[http://en.wikipedia.org/wiki/Job-shop\\_problem](http://en.wikipedia.org/wiki/Job-shop_problem)” enciclopedia colaborativa de uso público disponible en internet.
  
- [5] Fundación Wikimedia, Inc. 2001 “[http://es.wikipedia.org/wiki/Grafo\\_dirigido](http://es.wikipedia.org/wiki/Grafo_dirigido)” enciclopedia colaborativa de uso público disponible en internet.
  
- [6] Fundación Wikimedia, Inc. 2001 [http://es.wikipedia.org/wiki/B%C3%BAsqueda\\_en\\_anchura](http://es.wikipedia.org/wiki/B%C3%BAsqueda_en_anchura), enciclopedia colaborativa de uso público disponible en internet.
  
- [7] IMPROVEN CONSULTORES: gestión del cambio <[www.improven-consultores.com](http://www.improven-consultores.com)>
  
- [8] ARNOLDO HAX y DEAN L. WILDE. *The Delta Project: Discovering New Sources of Profitability in a Networked Economy*, Palgrave.