

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**"ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA
PRODUCCIÓN DE ASERRADEROS, REMANUFACTURA Y TERCIAO
ARAUCO S.A."**

ERICK PATRICIO LÓPEZ SOBREVÍA

Informe de proyecto de título para optar al título de Ingeniero Civil Industrial

Profesor guía: Sr. Rodrigo Rebolledo Vega

CONCEPCIÓN, OCTUBRE DE 2015

Resumen

La propuesta consiste en una investigación de distintas herramientas, específicamente software, que sean utilizadas por distintas empresas a nivel mundial y que permitan a las plantas de Aserradero, Remanufactura y Terciado Arauco S.A. planificar la producción, reemplazando los modelos matemáticos y planillas de cálculos utilizados actualmente.

La investigación permitió que de diecisiete alternativas encontradas, luego de una evaluación realizada y enfocada a las necesidades de la empresa, distinguieran tres proveedores que pudiesen entregar un software que cumpliera con los requisitos que la empresa desea satisfacer.

En conjunto con los proveedores Asprova, quienes son uno de los escogidos y que entregan un software que tiene, dentro de sus principales cualidades, permitir resolver problemas de planificación desde niveles de planificación de ventas y operaciones, hasta programación detallada de la producción con características de multiperíodo, multiplanta, multimercado y multiobjetivo; se logró construir una demostración que permitió a la empresa observar cómo se desenvuelve el software utilizando un problema simplificado de la organización, permitiendo analizar su interfaz de usuario, desempeño y los resultados que se pueden obtener, entre otras cosas.

Abstract

The proposal consists of a research of different tools, especially software, which are used by different companies worldwide and which enable the plants of Sawmill, Remanufacture and Terciado Arauco S.A., to plan the production, replacing the mathematical models and spreadsheets used at present.

The research allowed that among seventeen found alternatives, after an evaluation that was realized and focused on the needs of the company, distinguished three providers who could deliver a software that fulfilled the requirements that the company wants to meet.

As a whole with the providers Asprova, who are one of the chosen ones and who deliver a software that has, among its main qualities, to allow to solve problems of planning from levels of sales and operations planning, up to detailed production scheduling with characteristics of multi-period, multi-plant, multi-market and multi-target; it was managed to build a demonstration that enabled the company to observe how the software operates using a simplified problem of the organization, allowing to analyze its user interface, performance and the results that can be obtained, among other things.

*Dedico este proyecto a mi Abuelita
Fresia; padres Patricio y Cecilia y
hermanas Nataly y Nicole.*

Agradecimientos

Agradezco a mis padres, Patricio y Cecilia, abuelita Fresia y hermanas, Nataly y Nicole, por su apoyo incondicional en el transcurso de esta etapa, entenderme en los momentos difíciles y aconsejarme cuando lo necesitaba, todo lo cual fue de gran importancia para cumplir con las metas que me había propuesto.

También quiero agradecer a mi profesor Guía, por sus consejos y por ayudarme a completar este proyecto.

Además agradezco a mis amigos de universidad, quienes fueron un apoyo en el transcurso de estos años de estudio.

Finalmente agradezco a mis compañeros de trabajo y supervisores en Arauco S.A., quienes me brindaron su ayuda y apoyo durante la realización de este proyecto de título.

Índice

Índice de figuras	ix
Índice de tablas.....	x
<i>CAPITULO I.....</i>	<i>11</i>
1.1 Introducción	11
1.1.1 Antecedentes generales de la empresa.....	11
1.1.2 Arauco en Chile.....	12
1.2 El problema	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la propuesta	14
1.5 Delimitación del problema	15
<i>CAPITULO II</i>	<i>16</i>
2.1 Revisión Bibliográfica.....	16
2.1.1 Planificación de la producción.....	16
2.1.2 Planificación empresarial.....	16
2.1.2.1 Planificación Estratégica	17
2.1.2.2 Planificación Táctica.....	18
2.1.2.3 Planificación Operativa	20
2.1.2.4 Planificación Adaptativa	20
2.1.3 Métodos para la solución de Planificación Táctica	21
2.1.3.1 Técnica de prueba y error mediante gráficos y tablas.....	21
2.1.3.2 Técnicas de programación matemática.....	21
2.1.3.2.1 Programación Lineal.....	21
2.1.3.2.2 Programación Cuadrática	22
2.1.3.3 Técnica Heurística.....	23

2.1.3.4	Técnicas de Simulación.....	23
2.1.4	Planificación de la producción mediante el uso de software.....	24
2.1.5	Planificación/Programación de la producción en la industria de la madera	24
2.1.6	Software utilizados para Planificación/Programación de la producción.....	25
<i>Capítulo III Definir situación actual y deseada</i>		28
3.1	Método a utilizar	28
3.2	Tipos de entrevista	28
3.3	Planificación de la entrevista	29
3.3.1	Objetivos de la entrevista	29
3.3.2	Personas a ser entrevistadas.....	29
3.3.3	Desarrollo de la entrevista.....	30
3.3.3.1	Tipo de entrevista seleccionada: Semi-estructurada	30
3.3.3.2	"Guía" a utiliza	31
3.4	Resultado de las entrevistas	31
<i>Capítulo IV Investigar a nivel mundial posible alternativas</i>		36
4.1	Búsqueda general de posibles alternativas.	36
4.2	Recopilación de información específica	37
4.2.1	Aspectos relevantes a considerar	37
4.2.2	Información recopilada y solicitada.	39
4.2.2.1	Llamasoft	39
4.2.2.2	Optware.....	40
4.2.2.3	Quintiq	41
4.2.2.4	Asprova	42
4.2.2.5	PlanVisage.....	43
4.2.2.6	Delfoi	44
4.2.2.7	Quantum-software S.A.	45

4.2.2.8	Demand Solution.....	46
4.2.2.9	Waterloo Software	47
4.2.2.10	Planettogether.....	48
<i>Capítulo V Aplicar Pauta de evaluación.....</i>		50
5.1	Ponderación de cada característica	50
5.2	Determinante de puntaje para cada alternativa.	51
<i>Capítulo VI Construir demostración con Asprova, uno de los software seleccionados.....</i>		54
6.1	Definir "problema simplificado" a resolver	54
6.2	Recopilación de datos a utilizar	54
6.2.1	Información de esquemas de corte	55
6.2.2	Información de materia prima disponible	56
6.2.3	Forecast	57
6.3	Entrega de información y construcción de demostración	58
<i>Conclusiones y recomendaciones</i>		60
7.1	Conclusiones	60
7.2	Recomendaciones	62
<i>Bibliografía</i>		63
<i>Anexo.....</i>		66
9.1	Anexo 1 Imágenes de demostración software Asprova	66

Índice de figuras

Figura 1: Plantas negocio maderas Arauco Chile. Fuente.	12
Figura 2: Etapas de planificación empresarial.....	17
Figura 3: Modalidades de entrevista según distintos criterios de clasificación.....	29

Índice de tablas

Tabla 1: Entrevista realizada al Sr. Raul Celedón	31
Tabla 2: Resumen de entrevista realizada a Sra. Sandra Cáceres.....	33
Tabla 3: Resumen entrevista realizada al Sr. Marcos Herrera.....	34
Tabla 4: Software encontrados con su respectiva pagina web.....	36
Tabla 5: Aspectos relevantes a considerar.....	38
Tabla 6: Resumen información recopilada de Llamasoft	39
Tabla 7: Resumen información recopilada de Optware.....	41
Tabla 8: Resumen de información recopilada de Quintiq	42
Tabla 9: Resumen información recopilada de Asprova	43
Tabla 10: Resumen información recopilada de PlanVisage.....	44
Tabla 11: Resumen información recopilada de Delfoi.	45
Tabla 12: Resumen información recopilada de Quantum-Software S.A.....	46
Tabla 13: Resumen información recopilada de demand solution	46
Tabla 14: Resumen de información recopilada de Waterloo Software. Fuente.....	47
Tabla 15: Resumen información recopilada de Planettogether.....	48
Tabla 16: Ponderaciones para cada característica según importancia.....	50
Tabla 17: Evaluación aplicada a cada software con sus respectivos puntajes.	53
Tabla 18: Información de esquemas de cortes..	55
Tabla 19: Información de disponibilidad de materia prima por planta.....	57
Tabla 20: Forecast correspondiente al problema simplificado en estudio.....	57

1.1 Introducción

1.1.1 Antecedentes generales de la empresa

Arauco S.A. es una empresa que se ha dedicado, durante 45 años al desarrollo sostenible de productos forestales y como referente, se ha posicionado dentro de las mayores empresas forestales del mundo en relación a superficie, rendimiento y producción de calidad, además de innovación, compromiso social y responsabilidad ambiental.

Los productos y servicios de las cinco áreas de negocio que posee la organización, son el reflejo de una solvente gestión, que combina el manejo responsable y eficiente de los recursos naturales y humanos, para de esta manera, entregar producción de calidad a 71 países alrededor del mundo.

Dentro de sus áreas de negocio, las más importantes son:

- Forestal: Encargado de proporcionar la materia prima para cada uno de sus productos, utilizando la masa forestal distribuida en Chile, Argentina, Brasil y Uruguay con aproximadamente 1,6 millones de hectáreas.
- Celulosa: Es la segunda productora de celulosa transable del mundo, la cual posee una capacidad cercana a los 3,2 millones de toneladas y más de 420 clientes distribuidos en 40 países alrededor del mundo.
- Maderas: Arauco está catalogado como el principal productor de madera del hemisferio sur, posee una capacidad instalada de 2,9 m³ de madera aserrable. Por otra parte, en Chile operan ocho plantas de Aserradero, tres plantas de Remanufactura y dos de Terciado. Los productos fabricados en cada una de las plantas, son comercializado a 46 países dentro de todo el planeta y cubriendo

múltiples usos para las industrias del mueble, la construcción, embalaje y remodelación.

- Paneles: Con la gran variedad de productos que se fabrican en esta área de la empresa, Arauco es el tercer productor más grande de tableros a nivel mundial. Con las siete plantas productivas de Flakeboard (MDF y Aglomerado) en EE.UU y Canadá, Arauco logra alcanzar una capacidad instalada de 5,9 millones de m³ anuales, lo que la deja en el primer puesto en relación a todos los productores de tableros de América y líder en la producción de MDF y Aglomerado en Norteamérica.

1.1.2 Arauco en Chile

En Chile, dentro del negocio maderas, Arauco posee las siguientes plantas que pueden ser observadas en la Figura 1.

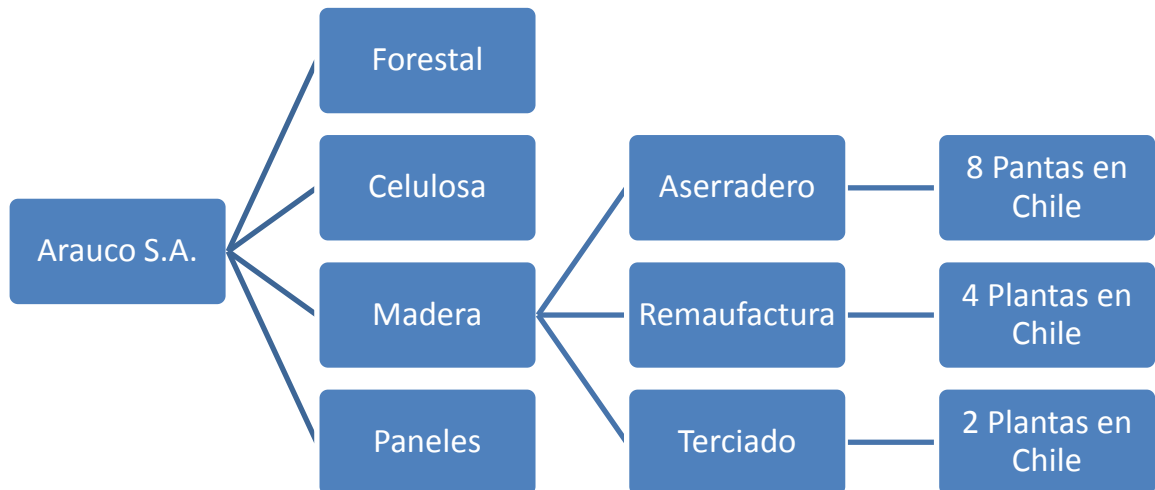


Figura 1: Plantas negocio maderas Arauco Chile. Fuente: Aserradero Arauco S.A.

1.2 El problema

Actualmente, las plantas de Aserradero y la mayoría de las plantas de Remanufactura y Terciado, utilizan un modelo de programación lineal para realizar la planificación a nivel táctico o, como le llaman dentro de la organización, un modelo global, que entrega la información necesaria a cada uno de los modelos locales (modelos de programación lineal para la planificación de la producción por planta), utilizando para su creación y solución planillas de cálculo con el solver What'sBest!.

La dificultad en el proceso mencionado anteriormente es que, para modelos con gran cantidad de información, como es el caso de los modelos de Aserradero y, en un futuro, el de Remanufactura y Terciado, la plataforma Excel es una herramienta que, a pesar de tener una interfaz amigable y rápida, se puede volver complicada para manipular, por lo que al momento de realizar planes de venta y capacity (a través de este último se determina a qué plantas se le asignará la producción según los resultados de los modelos utilizados), se ocupa un tiempo considerablemente alto para la empresa, pudiendo rondar entre los dos a tres días en cada una de las actividades.

Por otra parte, los encargados de modelos que realizan la labor de actualizar y resolver el modelo, necesitan de una amplia capacitación para entender y manipular el sistema, por lo que, en ese sentido, no resulta eficiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Investigar distintas alternativas que permitan planificar la producción de Aserradero, Remanufactura y Paneles Contrachapado Arauco S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar los requerimientos de la empresa en relación a la planificación de la producción.
- Encontrar, a nivel mundial, las posibles alternativas que se adecuen a los requerimientos de la empresa.
- Aplicar pauta de evaluación, diseñada en conjunto con la empresa, a las alternativas encontradas.
- Construir una demostración en conjunto con Asprova, de uno de los software seleccionados.

1.4 Justificación de la propuesta

La planificación de la producción, es un problema complejo en todas las grandes organizaciones y, que muy pocas empresas, han logrado solucionar eficientemente. ¿Que producir?, ¿cuánto producir?, ¿cómo producir?, ¿cuándo producir?, entre muchas otras, son interrogantes a las cuales se ven enfrentada diariamente las empresas y que afectan el rendimiento esperado de su negocio. Sin embargo, esta dificultad ha disminuido gracias a los avances que se han producido a través del tiempo, como por ejemplo, el uso de la programación lineal, que sirve como un sistema de apoyo a estas decisiones.

Actualmente, la planificación ejecutada en Aserredaro Arauco S.A. se realiza mediante el uso de la planilla de cálculo, en la cual se utiliza un modelo de programación lineal para definir como producir, en cierto periodo de tiempo, para luego, utilizando el solver What'sBest, resolver el problema e interpretar los resultados. Esto sucede tanto para las plantas de Aserradero como de Terciado y Remanufactura.

Debido a la gran información manejada en los modelos mencionados anteriormente, una herramienta tan amigable como Excel se puede volver compleja y, por lo tanto, poco eficiente.

Finalmente, este proyecto consiste en una investigación de posibles alternativas que puedan ser utilizados por la organización, diagnosticando los requisitos y necesidades que tiene la

empresa de manera de encontrar la herramienta que más se adecue a sus características y evaluar los pro y contras de las distintas alternativas seleccionadas, con el fin encontrar la mejor opción que permita a Arauco S.A. obtener una mayor eficiencia en la planificación/programación de su producción.

1.5 Delimitación del problema

En la actualidad Arauco S.A. es una empresa que se encuentra no sólo en Chile, si no en otros países como Brasil, Perú, México, entre otros, sin embargo, se considerará como problema sólo la planificación de la producción de las empresas de Aserradero, Remanufactura y Terciado que se encuentran en Chile.

También es necesario considerar que este proyecto es sólo una propuesta que se enfoca en el estudio y construcción de una demostración de las distintas alternativas, pero no contempla una elección para su implementación, ya que esa decisión se la reserva Arauco S.A.

En este proyecto no está considerado el análisis de costos, ya que es una parte de un proyecto más grande, por lo que en esta etapa sólo está considerada la investigación de las posibles alternativas.

Finalmente, el proyecto será enfocado en el proceso de planificación de Aserradero Arauco, ya que actualmente posee la mayor cantidad de problemas, además de ser el más complejo y con mayor cantidad de información. Sin embargo, en un futuro se pretende adaptar la herramienta a las plantas de Terciado y Remanufactura.

2.1 Revisión Bibliográfica

2.1.1 Planificación de la producción

La planificación de la producción se puede interpretar, como la decisión de la cantidad que se debe producir en cada uno de los períodos de tiempo sin que se sobrepase las limitaciones de las instalaciones, logrando así que se logre satisfacer la demanda de los productos solicitados (De La Fuente et al., 2006).

La planificación de la producción es un problema que siempre ha sido discutido y ha representado un gran obstáculo para las empresas, las cuales diseñan distintos planes estratégicos, con el fin de poder encontrar una solución y así operar competitivamente dentro del mercado. Esto va relacionado directamente con la capacidad que poseen las empresas de manufactura, ya que es un recurso costoso, que debe ser planificado correctamente para evitar, por una parte, grandes desperdicios y, por otra, para preservar la permanencia de la organización en el mercado. Al realizar una buena planificación, esto produce beneficios en el ámbito de costos, innovación, flexibilidad, calidad, entre otros. Lamentablemente, este problema no es fácil de resolver, debido a la falta de claridad que existe en el proceso de toma de decisiones, además del elevado número de variables involucradas y el alto nivel de incertidumbre que existe (Matta y Quirico, 2005).

2.1.2 Planificación empresarial

Al estudiar el concepto de planificación empresarial, en la literatura, se menciona que está compuesta por cuatro etapas principales, la Planificación Estratégica, Táctica, Operativa y Adaptativa. El proceso se puede observar en la Figura 2.

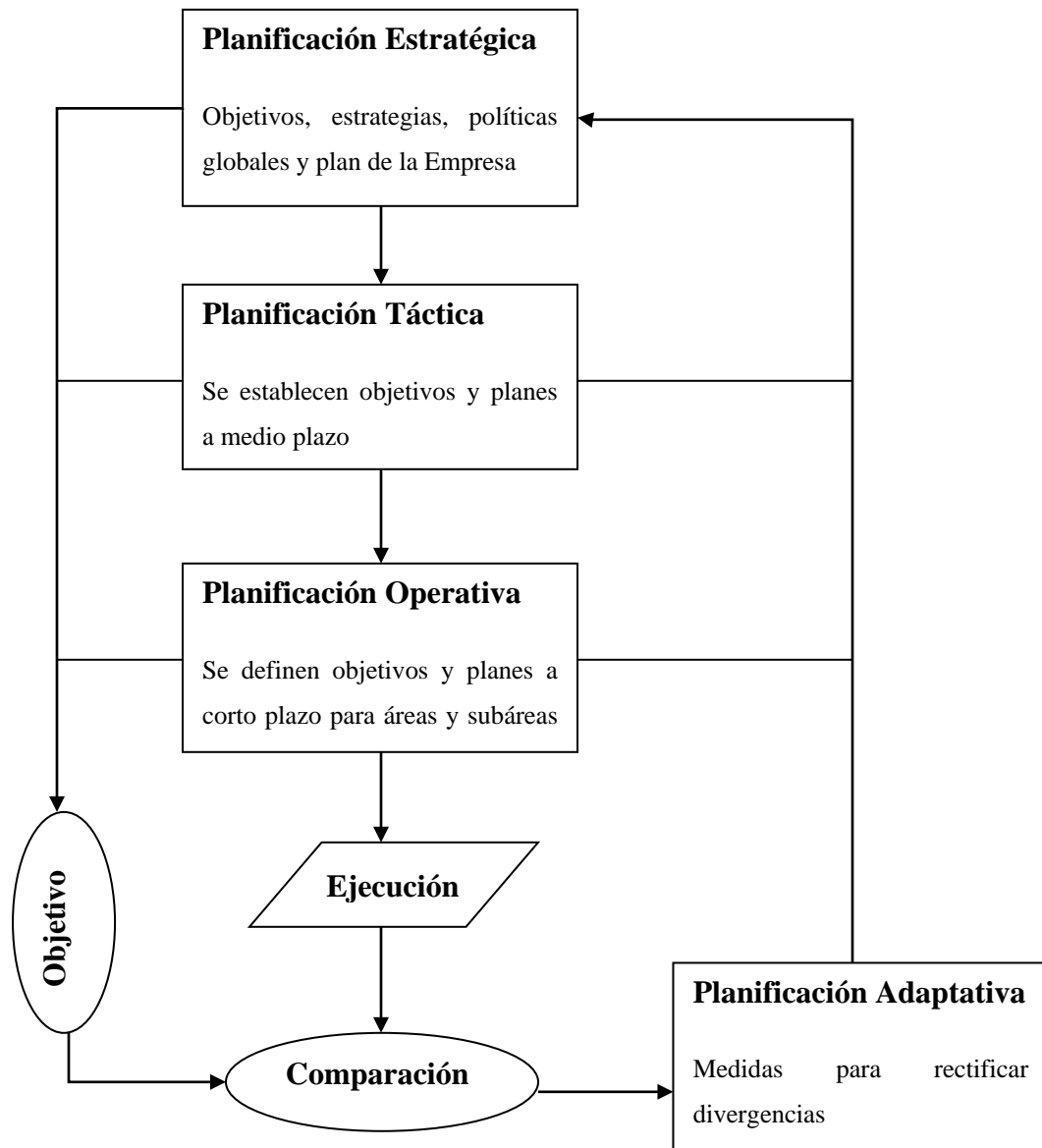


Figura 2: Etapas de planificación empresarial. Fuente: Domínguez Machuca et al., 1995.

2.1.2.1 Planificación Estratégica

Cuando se menciona planificación estratégica, lo primero que se señala en la literatura es que se enfoca a largo plazo, a la orientación y caminos que debe tomar la entidad para poder progresar y los objetivos de la organización.

Una definición que se puede encontrar es que, este tipo de planificación, se refiere a las acciones que se deben estudiar para alcanzar ciertos fines, sin olvidar la posición competitiva de la organización, las hipótesis y escenarios sobre la evolución futura (Fernández Romero, 2004).

El proceso de Planificación es donde se definen los lineamientos estratégicos de la empresa, y se desarrolla en guías detalladas para la acción, en las que se plasman los recursos asignados y a utilizar por la organización, en documentos llamados planes. La forma primitiva de la planificación, utilizada en la actualidad, es la planificación proyectiva, en la cual no es posible anticipar la presencia de obstáculos inesperados, solamente supone que de una situación inicial es posible cumplir los objetivos mediante una serie de acciones determinadas técnicamente (Francés, 2006).

Por otro lado, la planificación estratégica considera la incertidumbre dentro del proceso, identificando y analizando las oportunidades y amenazas del entorno, de manera de poder anticipar lo que otros actores pueden hacer, ya que, con el fin de identificar las fortalezas y debilidades se deben estudiar las oportunidades y amenazas (Francés, 2006).

Todo lo anterior tiene como fin el poder definir de manera más completa los objetivos, estrategias, políticas globales y plan de la empresa, enfocándose en un largo plazo que, por lo general, es entre 3 a 5 años.

2.1.2.2 Planificación Táctica

Con respecto a esta etapa, tiene como objetivo cumplir con lo propuesto en la primera fase, esto implica que se debe elaborar lo que se denomina un "Plan agregado de producción", que se puede considerar como la misión que el departamento de operaciones debe cumplir para apoyar el cumplimiento del plan de la empresa (Dominguez et al., 1995).

Dentro de este plan, se pueden identificar dos posibilidades de actuación: actuar sobre la demanda y actuar sobre la capacidad. En la primera, se hace que la demanda suba en los periodos en que la capacidad de la firma sobrepase a esta, y disminuya cuando sea superior, lo que se puede conseguir a través de acciones comerciales como es el caso de disminuir los

precios, generar productos nuevo, realizar promociones, entre otras. La segunda posibilidad tiene como fin, disminuir o aumentar la capacidad para cumplir con la demanda, esto a través de medidas de ajuste transitorio (Dominguez et al., 1995).

Los aspectos que se deben analizar para realizar una planificación agregada es, en primer lugar, determinar las cantidades a producir mensual o trimestralmente, considerando el horizonte de planificación, para luego hacer un plan de factibilidad y tener claro si es posible o no la planificación. Posteriormente, se debe analizar si es viable o no, cumplir con la planificación estratégica, para finalmente, lograr la mayor eficacia posible. Sin embargo, hasta ahora, no se ha encontrado ninguna técnica posible para poder cumplir de manera simultánea con todos los aspectos explicados anteriormente.

Las técnicas que son utilizadas actualmente para la elaboración de la planificación agregada, se pueden clasificar en tres grupos (Dominguez et al., 1995):

- Analíticos: que se basan en modelos matemáticos, ya sea utilizando programación matemática para encontrar una solución óptima o empleando heurística como herramienta para encontrar una solución que sea considerada como satisfactoria.
- Intuitivos o de “prueba y error”: que solo considera una aproximación y, sin embargo, es la más utilizada en la práctica.
- De simulación: utilizando un computador como herramienta, en donde se prueban múltiples soluciones, las cuales van mejorando según las reglas o restricciones de búsqueda que se establezcan.

Como se mencionó anteriormente, la programación matemática tiene como objetivo encontrar la mejor solución para la planificación agregada, para lo cual se utilizan diferentes técnicas, de las cuales la de mayor uso es la programación lineal. Al utilizar esta última en este tipo de planificación, es necesario plantear una función objetivo que minimice los costos de horas extras, mano de obra regular, inventarios y retrasos, etc., donde además está sujeta a ciertas restricciones de necesidad de producto, capacidad, inventarios, entre otras.

Otra alternativa analítica, son las técnicas de Heurística, las cuales intentan buscar una solución que sea aceptable, pero que, sin embargo, puede estar alejada de la verdadera y óptima solución.

El otro método utilizado es la simulación, que tiene como objetivo, al igual que la heurística, encontrar una solución satisfactoria, mediante la elaboración de un modelo que represente el sistema en estudio, el cual se utiliza para simular el resultado de distintos escenarios asignando distintos valores a las variables que lo integran, sin embargo, esta solución no necesariamente es la óptima, pero puede ser una aproximación aceptable, bajo ciertos criterios.

2.1.2.3 Planificación Operativa

En esta etapa se cumple con los objetivos y planes estratégicos para cada una de las áreas y subáreas funcionales, con un alto grado de detalle y en donde se especifican, además de las tareas que son necesarias para concretar lo planificado, preguntas tales como, ¿cuándo?, ¿cómo? y ¿dónde? se van a realizar, abarcando un horizonte de planificación a corto plazo (Dominguez et al., 1995).

2.1.2.4 Planificación Adaptativa

En ella se establecen las medidas a utilizar para corregir las alteraciones que se producen, entre los resultados obtenidos y los objetivos establecidos, para esto se realiza una comparación de los datos reales alcanzados de la ejecución de los planes con lo planificado en las otras etapas, para de esa manera, realizar una retroalimentación con cada una de las otras etapas. Se debe considerar que esta etapa se realiza al final y luego de la ejecución de los planes, con el fin de poder realizar la comparación (Dominguez et al.,1995).

2.1.3 Métodos para la solución de Planificación Táctica

2.1.3.1 Técnica de prueba y error mediante gráficos y tablas

A pesar de ser un método que no entrega un óptimo resultado, intenta llegar a una solución lo más satisfactoria posible, con el fin de que se pueda usar como respuesta válida para la planificación. Para esto se elaboran, como punto inicial, uno o varios planes, los cuales pueden ser realizados a partir de resultados o experiencias pasadas. Luego de esto, utilizando políticas simple, se prueban diversas mejoras con el propósito de disminuir los costos y llegar a un plan agregado lo más aceptable posible (Dominguez et al., 1995).

Debido a que por un lado, no existe un proceso sistematizado para desarrollar esta técnica y, que por otro hay un gran número de variables y cálculos que se deben realizar para encontrar la solución, este proceso es apoyado con gráficos y tablas que permitan ordenar los resultados y el proceso de valoración de los distintos planes.

Esta técnica es utilizada bastante en empresas, debido a que es fácil de comprender y utilizar, además de permitir ver claramente la relación entre los datos y el plan agregado obtenido.

Por otro lado, este sistema no está exento de problemas, a pesar de ser factible de utilizar, los cálculos suelen ser extensos y pesados, por lo que mientras mayor sea la cantidad de variables que se tenga, es posible que el tiempo que tome aumente considerablemente. Además debido a la amplia posibilidad de mejoras del plan, provoca que no necesariamente se llegue a una solución óptima, pero sin duda se llegará a un resultado.

2.1.3.2 Técnicas de programación matemática

2.1.3.2.1 Programación Lineal

Relacionar la programación lineal con la planificación agregada de la producción, no es nada más que plantear una función objetivo con el fin de minimizar los costos provenientes de la mano de obra regular, inventarios, contrataciones y despido, horas extras, retrasos,

entre otros. Claramente esta función se encuentra asociada a ciertas restricciones que se deben cumplir, ya sea por las necesidades de productos o demanda agregada a satisfacer como por la disponibilidad de capacidad, evolución de inventario y mano de obra.

Si se realiza un modelo de P.L. lo más adecuado a la realidad posible, entonces la solución entregada sería el plan agregado óptimo, sin embargo, en la mayor parte de los casos, se obtendrá el óptimo del modelo planteado, pero no de la realidad, por lo que puede haber algunas diferencias. Algunas de las razones, por lo cual sucede lo antes mencionado son (Dominguez et al., 1995):

- Las variables cuantitativas y cualitativas que no pueden ser expresadas en forma lineal, no serán captadas por los modelos, provocando que las posibles aproximaciones, a veces, no sean muy satisfactorias.
- Los costos no son en realidad lineales, aunque pueden hacerse aproximaciones satisfactorias, cuando la curvatura de la función no es excesiva.
- La productividad de los trabajadores va variando a través del tiempo, lo que puede influir al momento de realizar despidos y contrataciones, puesto que el número de horas necesario para cada producto puede no ser constante.
- La utilización de esta técnica suele ser de una alta complejidad, por lo que es necesario un profesional especializado para utilizarla, tanto en relación a planificación agregada como en herramientas matemáticas.

2.1.3.2.2 Programación Cuadrática

Este tipo de técnica permite entregar un mayor grado de detalle y realismo en comparación con la programación lineal, sin embargo, la supera en complejidad e inconvenientes que pueden surgir. La aplicación más utilizada es el nombrado Modelo HMMS, que fue realizado para resolver el problema de planificación agregada en una fábrica de pinturas (Dominguez et al., 1995).

El modelo mencionado anteriormente fue el primer modelo utilizado para resolver problemas de planificación agregada de la producción, obteniendo un éxito completo, ya que la empresa mejoró sus inventarios y logro disminuir los costes, sin embargo, la

utilización de este tipo de programación en la práctica no ha sido relevante, ya que su uso es de una alta complejidad.

2.1.3.3 Técnica Heurística

Este método permite encontrar soluciones satisfactorias o aceptables del problema, sin embargo, pueden estar alejadas del verdadero óptimo.

Entre las técnicas heurísticas más utilizada, se encuentran las de los coeficiente de gestión, en la cual se consideran una serie datos históricos de la empresa de experiencias exitosas en relación a la producción, inventario y mano de obra, para luego, por medio de técnicas de regresión, reducirlas a ecuaciones que se acerquen lo más posible a los datos históricos. De esta manera se dispondrá de una regla de decisión heurística que se podrá aplicar en el futuro, la cual es de más fácil obtención que la regla de decisión lineal.

2.1.3.4 Técnicas de Simulación

En este procedimiento se construye un modelo que represente al sistema en estudio, para luego confeccionar distintos escenarios posibles al modificar los valores de determinadas variables que lo integran, para finalmente, llegar a la solución más satisfactoria de ellas.

El modelo más conocido es de "reglas de búsqueda", en el que se considera como punto inicial un plan agregado, caracterizado por ciertos valores de producción, que las satisfacen, de manera de poder calcular los costos totales. Luego, se realiza el mismo proceso y se determinan los nuevos costos, y así sucesivamente.

Indiscutidamente, no se consigue una solución óptima, sin embargo, la cantidad de escenario que se pueden estudiar son numerosos.

2.1.4 Planificación de la producción mediante el uso de software

Está claro que la tecnología de la información ha tenido un gran avance a lo largo del tiempo, lo que ha hecho posible que los sistemas de planeación y programación que se basan en computadores sean ocupados por las distintas empresas y de todos los tamaños. A pesar de que algunas empresas aun no se han sumergido en este tipo de tecnología, otras han diseñado sistemas avanzados que usan innovadores algoritmos. Dichos sistemas tienen como objetivo el recoger, procesar y generar la información como parte de un sistema más amplio en la toma de decisiones (Pinedo, 2005).

Para obtener éxito en operaciones de manufactura de cualquier empresa, se debe obtener la mayor eficacia posible en los procesos de planeación y programación de la producción. Actualmente, estas operaciones son soportadas por las tecnologías de la información, las cuales tienen como objetivo el abastecer de la mayor cantidad de información posible en tiempo real.

2.1.5 Planificación/Programación de la producción en la industria de la madera

En la industria forestal se distinguen principalmente las etapas de planificación estratégica, táctica y operativa, en las cuales se han desarrollado distintas alternativas para programar la operación a nivel táctico y operativo, utilizando como herramientas el moldeamiento matemático como sistemas de apoyo a las decisiones y utilizado distintas herramientas para su solución, de las cuales la más usada es Excel en conjunto con un solver como what'sBest! o utilizando conocimientos de lenguaje de programación para utilizar solver como Lingo o Cplex.

Se desarrolló un sistema de apoyo a las decisiones basado en la optimización (OB-DSS) para la planificación de la producción de un aserradero, que tenía como objetivo utilizar un modelo matemático para determinar los niveles de producción de un conjunto de productos en un Aserradero para varios periodos t (Rebolledo et al., 2010).

Los resultados al aplicar el modelo permite encontrar una variedad de respuesta como es el caso de los niveles de producción para todos los productos en cada periodo, los esquemas de corte óptimos para la demanda dada, el balance de la materia prima utilizada, entre otras.

Por otro lado, algunos autores realizaron un modelo de apoyo a la toma de decisiones para la programación de la producción de las operaciones, con el fin de evaluar económica y operacionalmente los pedidos a realizar, utilizando algoritmos y heurística como base para desarrollar el modelo (Romero et al., 2004).

Se obtuvo como respuesta que, al optimizar la asignación de la materia prima para fabricar un pedido, hay un aumento en la rentabilidad de este último. Además se determinó qué acciones eran necesarias al programar la producción, con el fin de cumplir con las fechas de entrega establecidas.

2.1.6 Software utilizados para Planificación/Programación de la producción

En la actualidad, ya son muchas las empresas que utilizan para planificar la producción un software, ya sea basado en programación lineal o heurística, con el fin de maximizar sus utilidades por medio de un mejor plan de producción que optimice sus recursos.

Uno de los software de optimización utilizado, es el que entrega la empresa OptwareSolución LLC, que fue fundada en 1991 y que tiene como objetivo dar solución a los problemas de planificación y programación de la producción, por medio del uso de la programación lineal. Además es considerada una de las empresas pioneras en el uso de esta tecnología.

Un productor de madera de Oregón (EEUU), utilizó el software de optimización proporcionado por OptwareSolution LLC, para mejorar en gran medida su proceso de planificación. Se trabajó con el productor de madera para diseñar un modelo de negocio, utilizando los datos existentes de la empresa. El modelo incorporó opciones de aserrado para cada clase de tronco según su diámetro y longitud, además de opciones de materias primas y sus precios; opciones y precios de los productos terminados, la tasa de mano de obra y otros costos fijos y variables. De esta manera se puede generar el mix de productos

óptimo, que permita maximizar las utilidades de la empresa, siempre y cuando, los planificadores y personal de ventas del productor, decidan si es posible vender la mezcla óptima de productos (Optware, 2011).

La empresa McKenzieForestProducts, con el fin de obtener un mayor rendimiento, en conjunto con OptwareSolution LLC, seleccionó la tecnología que mejor se adecuara al problema que se deseaba solucionar y que permitiera mejorar la toma de decisiones, por lo que se desarrolló un plan para recopilar los datos necesarios, los cuales son cargados en el sistema Optware que posee una interfaz fácil de usar. Posteriormente, el sistema fue sometido a pruebas para asegurar que el modelo representara adecuadamente a la empresa y que entregara la información y análisis que se requería, permitiendo de esa manera tomar las decisiones que maximizaran sus beneficios (Optware, 2011).

Esto produjo que la empresa obtuviera una mejor orientación en cuanto a la combinación de chapas (láminas de madera delgada) que se deben comprar y qué productos son los más rentables de fabricar, lo que provocó una mejora financiera extraordinaria.

Por otra parte, existen software que solucionan problemas de manera separada, a nivel táctico, por medio de la planificación de la producción o, a nivel operativo, mediante la programación de la producción, ambos se complementan para entregar una respuesta más completa que logre aumentar el rendimiento de la empresa.

Uno de los programas que puede ser utilizado para la planificación de la producción, es ControlStocks, el cual permite realizar una planificación, utilizando información como las previsiones de ventas y valores de producción, los que se consigue a través de un minucioso análisis estadístico de las ventas de cada producto. Por otro lado, permite analizar tendencia, estacionalidad y corregir la producción dependiendo del stock de seguridad, porcentaje de primera calidad, tamaño de lotes, etc. de la empresa. De esta manera se pueden obtener respuesta sobre los productos que se debe producir y cuándo y en qué cantidad deben ser producidos para satisfacer la demanda del negocio (Rubén Ruiz e Inella, 2010).

A nivel operativo, se encuentra el software ProdPlanne, este programa permite realizar una programación de la producción tomando en cuenta gran parte de los aspectos más relevantes de una empresa, como son la existencia de cientos de productos y decenas de líneas de producción, rutas complicadas de producción, entre otros. Estos programas de producción que se generan son en un tiempo muy corto, por lo que es posible comparar distintas alternativas y estudiar situaciones con mayor o menor lotes (Rubén Ruiz e Inella, 2010).

En el caso de ControlStock se realizó un estudio riguroso sobre los resultados que se obtenían al implementar esta herramienta en una empresa de cerámica, entregando muy buenos resultados sobre 2 medidas importantes de gestión de inventarios, como es el porcentaje de roturas y el nivel total de stock, lo que logró un porcentaje de roturas del 50% y al mismo tiempo se redujo el stock cerca de un 300%. Estos datos se obtuvieron de un estudio profundo y una simulación completa con datos reales de una empresa del sector (Ruiz y Edo, 2003).

Por último, para el caso de la ProdPlanned, al utilizarlo en una empresa de cerámico se observó que las programaciones realizadas con la herramienta eran capaces, por un lado, de aprovechar los recursos productivos en un 10% adicional al valor real, y por otro, reducían el número de tiempos muertos y cambios de formato en las prensas (Ruiz et al., 2004).

3.1 Método a utilizar

Esta etapa del proyecto, tiene como finalidad determinar cómo es que Arauco realiza la planificación de todos sus aserraderos, con el fin de poder definir la situación actual de este proceso y que es lo que ellos desearían de la nueva herramienta.

Para esto se realizaron entrevistas a algunos empleados de Aserradero Arauco S.A., quienes tenían una directa relación con la planificación de la producción actual de los Aserraderos, Remanufactura y Terciado.

Como técnica cualitativa, la entrevista es uno de los caminos más utilizado para investigar la realidad social. Permite recopilar información sobre acontecimientos y aspectos subjetivos de las personas: opiniones, creencia y actitudes, valores o conocimiento, que de otra manera no estarían al alcance del investigador (Acevedo y López, 1986).

Para esto se necesita saber que una entrevista consiste en la recopilación de información por medio de un proceso de comunicación, en la cual el entrevistado responde a cuestiones, primeramente diseñadas, en función a lo que se pretende estudiar, por el entrevistador.

3.2 Tipos de entrevista

El primer paso para comenzar es determinar la modalidad de entrevista a realizar, la que va desde polaridad estructurada a polaridad abierta, admitiendo diversas formas y denominaciones específicas: dirigida, no dirigida, clínica, informal, individual, entre otros, lo que se observa en la figura 4.


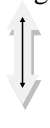
Estructuración	Directividad	Finalidad	Según número de participantes
Estructurada  No estructurada	Dirigida  No dirigida	- Clínica - De orientación - De selección - De investigación	- Individual - Un grupo - Varios grupos

Figura 3: Modalidades de entrevista según distintos criterios de clasificación. Fuente: Del Rincón et al., 1995

3.3 Planificación de la entrevista

Para planificar la entrevista se puede tener en cuenta tres fases para la construcción de esta: determinar los objetivos, escoger las personas a entrevistar dependiendo de las respuestas que se necesiten y el desarrollo de la entrevista (Flick, 2004).

3.3.1 Objetivos de la entrevista

Antes de escoger una modalidad de entrevista a utilizar, primero se debe definir los objetivos a considerar, los cuales son:

- Conocer los requerimientos de la empresa en relación a la herramienta que se desea.
- Entender cómo es que trabaja el solver utilizado actualmente (What's best!).
- Investigar los problemas ocasionado con la herramienta actual.

3.3.2 Personas a ser entrevistadas

Debido a que el área de estudio es la de planificación de Aserraderos Arauco, se decidió entrevistar a quienes poseían directa relación en esta, por lo que en conjunto con el Sr. Luis Martínez, jefe de desarrollo y encargado del proyecto, se decidió entrevistar a:

Entrevistado N°1: Sr. Raúl Celedón

Rol: Encargado de modelo Capacity

Entrevistado N°2: Sra. Sandra Cáceres.

Rol: Actualizaciones de parámetros y modelo de asignación de producción

Entrevistado N°3: Sr. Marcos Herrera.

Rol: Encargado de modelo de terciados

3.3.3 Desarrollo de la entrevista.

3.3.3.1 Tipo de entrevista seleccionada: Semi-estructurada

En este caso el entrevistador no tiene una serie de preguntas pre-establecidas, sino más bien un "guión", en el cual se recogen los temas que deben ser tratados o que desean ser investigados a lo largo de la conversación. Sin embargo, el orden en el que se abordan los distintos temas y la manera de formular las preguntas se dejan a libertad de decisión del entrevistador. En un determinado tema, éste puede plantear la conversación como más lo estime conveniente, además de realizar las preguntas que evalúe pertinentes y hacerlo en los términos que aprecie ventajoso, pedir al entrevistado aclaraciones cuando no se entienda algún punto en particular o cuando es necesario que se profundice en algún extremo cuando le parezca necesario, establecer un estilo personal y propio de la conversación.

La finalidad de utilizar este tipo de estructuración es poder recabar la mayor información posible en relación a los objetivos de la entrevista, además se debe considerar que es una entrevista orientada a la investigación y que será aplicada a los entrevistados individualmente.

3.3.3.2 "Guía" a utiliza

La guía fue construida en relación a los temas que se querían abordar, por lo que los puntos a tratar en la entrevistas fueron:

- El rol de cada participante en relación a la planificación de la producción de los Aserradero, Remanufactura y terciado Arauco.
- Herramienta actual utilizada para la planificación y funcionamiento.
- Características del software utilizado actualmente.
- Deficiencias de la herramienta actual en relación al software utilizado.
- Posibles criterios de decisión para realizar una selección del software.
- Conocimiento de alguna alternativa que sería interesante evaluar.

3.4 Resultado de las entrevistas

A continuación, en las Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 se muestra un resumen matricial de la entrevistas realizadas, utilizando los registros auditivos captados al momento de realizada la conversación.

Entrevistado	Sr. Raúl Celedón
Rol dentro de la planificación.	Se encarga de modificar parámetros e interpretar los resultados del modelo de Capacity. En el cual conociendo la demanda, el abastecimiento forestal y los esquemas de corte, se encuentra el mix de productos óptimos.
Software actual y como es utilizado.	Actualmente el software utilizado es un solver llamado What'sBest!, en el cual en conjunto con Excel resuelve el modelo que sea necesario resolver. Por otro lado una de las deficiencias que se está viendo es el tiempo de respuesta del software, ya que resolviendo un modelo de un periodo lleva a un tiempo de 10 minutos por iteración.

Tabla 1: Entrevista realizada al Sr. Raul Celedón. Fuente: elaboración propia

Características de los software investigados	Primero que nada se debe considerar idealmente un software que pueda trabajar con multiperiodo, multiplantak multimercado y multiproducto. Además se deben considerar los tiempos de respuesta, que sea un sistema abierto y que la demanda de recursos, al ejecutar el software, no sea tan alta. Que utilice un buen algoritmo para la solución del modelo, de preferencia programación lineal.
Información no entregada por WhatsBest.	Se respondió con las preguntas anteriores, en relación a que no entrega una información un poco más precisa de el error de formulación del modelo o al realizar una modificación.
Horizonte de planificación.	Se espera que como mínimo el software trabaje para 3 o más periodos, ya que actualmente se realizan modelos los cuales trabajan para 3 periodos y que tienen un tiempo de respuesta muy elevado en WB.
Criterios de decisión entre uno y otro	Se debe considerar en primer lugar el tiempo de respuesta, que sea lo menos posible incluyendo una cantidad de periodo de 3 o 4. Además, que sea un sistema abierto, que no sea necesario de terceros para ejecutarlos y por último que la cantidad de recursos no sea excesiva, lo que influirá también en la capacidad de respuesta.
Software que pueda ser utilizado.	Un software en concreto no, pero sí se sabe que hace un tiempo, en Santiago, hubo una presentación de varios software utilizados en la planificación.

Tabla 1: Entrevista realizada al Sr. Raul Celedón. Fuente: elaboración propia

Entrevistado	Sra. Sandra Cáceres
Rol dentro de la planificación.	Se encarga de modificar parámetros e interpretar los resultados del modelo de asignación de producción, utilizando el mismo modelo de capacity. En el proceso se asigna la producción a cada una de las plantas y se les entrega la información a los jefes de planta.
Software actual y como es utilizado.	Actualmente el software utilizado es un solver llamado What'sBest, en el cual en conjunto con Excel resuelve el modelo que se esté utilizando.
Características de los software investigados	Considera lo mismo que el Sr. Raúl Celedón, es decir, se debe tener en cuenta un sistema amigable para el usuario, en el cual se puedan hacer modificaciones, sin problemas y sin ayuda de terceros. Además se debe considerar la cantidad de datos que se cargan al software el que debe ser rápido y flexible en ese sentido para que permita identificar donde se producen los errores.
Alguna Información no entregada por WhatsBest.	Se respondió con las preguntas anteriores, en relación a que no entrega una información un poco más precisa del error de formulación del modelo.
Horizonte de planificación.	Se espera que como mínimo, el software trabaje para 3 o más periodos, ya que actualmente se realizan modelos los cuales trabajan para 3 periodos y que tienen un tiempo de respuesta muy elevado en WB.
Criterios de decisión entre uno y otro	El tiempo de respuesta del software, que sea amigable para el usuario, que cargue rápido los datos y que sea fácil de realizar modificaciones. Buena interacción con SAP, en relación a la subida y bajada de datos desde el sistema.
Software que pueda ser utilizado.	Un software en concreto no, pero si se sabe que hace un tiempo, en Santiago, hubo una presentación de varios software utilizados en la planificación.

Tabla 2: Resumen de entrevista realizada a Sra. Sandra Cáceres. Fuente: Elaboración propia

Entrevistado	Sr. Marcos Herrera
Rol dentro de la planificación.	Se encarga de formular, ejecutar e interpretar los modelos de planificación de las plantas de Terciado.
Software actual y como es utilizado.	A pesar de que en el modelo de terciados, WB no se demora más de 2 a 3 min. en resolver, sin embargo, son modelos de un periodo, por lo que si se desea aumentar la cantidad de periodos a considerar, también se debería considerar buscar una herramienta que satisficiera la necesidad.
Características de los software investigados	Considerar que sea un software para modelos Multiperiodo, Multiplanta, Multimercado y Multiproducto, además como han dicho Don Raúl y la Srta. Sandra, los tiempos de respuesta y la flexibilidad son importantes, sin embargo, también que entregue una mayor información en caso de errores durante la formulación, es decir, ser un poco más específico.
Alguna Información no entregada por WhatsBest.	Se respondió con las preguntas anteriores, en relación a que no entrega una información un poco más precisa del error de formulación del modelo.
Horizonte de planificación.	A pesar de que el modelo de terciado actual trabaja a un periodo, se espera que en un futuro próximo se realice un modelo que pueda trabajar en varios periodos, por lo que como base es lo que el software debe soportar.
Criterios de decisión entre uno y otro	Que sea Multiperiodo es el criterio más fuerte a considerad, además de los tiempos de ejecución y de flexibilidad, y por último, pero no menos importante es lo que fue mencionado anteriormente, que sea más específicos con respecto a los errores.
Software que pueda ser utilizado.	El Sr. Marcos Herrera no posee información en relación a algún software que pueda ser utilizado para la planificación, ya que el modelo, es menos complejo que el de Aserradero con respecto a la cantidad de información.

Tabla 3: Resumen entrevista realizada al Sr. Marcos Herrera. Fuente: Elaboración propia.

De las entrevistas se observa que la mayoría de las respuestas fueron similares entre los entrevistados, a pesar de haber realizado la entrevista individualmente y haber otorgado libertad a la hora de responder, por lo que se puede afirmar que todas las características que fueron mencionadas, son de real importancia dentro de la empresa y de los usuarios del software, por lo que se le debe dar prioridad y gran énfasis.

El software o herramienta que la empresa necesita debe ser mejor que la herramienta actualmente utilizada, What'sBest!, además de cumplir con ciertas características que, si bien el actual software cumple con ellas, no lo hace de la manera más eficiente, ya que en ámbitos tan importantes como los tiempos de respuesta, flexibilidad, consumo de recursos, por ejemplo, este no es muy completo a pesar de cumplir con su trabajo.

Los criterios que fueron deducidos de las entrevistas realizadas y que serán considerados como filtro dentro de la investigación son:

- Capacidad para soportar modelos Multicriterio, Multiplanta, Multiproducto y Multimercado.
- Los menores tiempos de respuesta posibles.
- Sistema abierto, que no sea necesario un tercero para realizar modificaciones.
- Amigable para el usuario en relación a su uso y en la modificación.
- Entregue mayor información en relación a los errores en la formulación
- Buena interacción con SAP, en relación a la subida y bajada de datos desde el sistema.
- Tipo de algoritmo utilizado en su solución.

Dentro de las cuales las más importante de todas y que van directamente conectadas, son Multiperíodo y tiempo de respuestas, ya que actualmente se está trabajando en modelos de 3 períodos, por lo que aumentaría de manera significativa el tiempo de respuesta, lo que no debe ser permitido, ya que lleva a una ineficiencia en el operador.

4.1 Búsqueda general de posibles alternativas.

Luego de realizar, estudiar y analizar las entrevistas, se inició la búsqueda de software que resolvieran problemas de planificación en industrias de producción por batch y que tuvieran, además, la característica de utilizar materias primas para generar producción y co-producción, dado que esas son las condiciones con las cuales Aserradero Arauco realiza su producción. Para lo anterior se consideraron los aspectos generales en relación a la planificación de la producción, además de algunos casos en estudios publicados y al tipo de industria que han sido aplicados, entre otros.

Cabe destacar que en primera instancia se intento encontrar la mayor cantidad de software que permitieran realizar la planificación de la producción de una empresa, independiente si estas eran o no aplicadas a empresas pertenecientes a la industria de la madera, ya que dependiendo de la flexibilidad del software, este puede llegar a ser adaptado.

Al realizar la investigación anterior se encontraron 17 posibles alternativas, que según lo estudiado de manera general, pudiesen llegar a ser una opción a considerar en los posteriores análisis. Estas se individualizan en la Tabla 4.

<u>Software</u>	<u>Página web</u>
Waterloo- Software	http://www.waterloo-software.com
DELFOI	http://www.delfoi.com
Demand Solution	http://es.demandsolutions.com
PIMSS	http://www.mjc2.com
PREACTOR	http://www.preactor.com
Orchestrate	http://www.simulation.co.uk/

Tabla 4: Software encontrados con su respectiva página web. Fuente: Elaboración Propia.

Planettogether	http://planettogether.com
Planvisage	http://www.planvisage.com/
Optivision	https://www.honeywellprocess.com
Quantum-Software S.A.	http://www.quantum-software.pl
ICRON	http://www.icrontech.com
Optware	http://www.optware.com/
JDA Software	http://www.jda.com
Epicor	http://www.epicor.com
Quintiq	http://www.quintiq.com
Llamasoft	http://www.llamasoft.com
Asprova	http://www.asprova.com

Tabla 4: Software encontrados con su respectiva pagina web. Fuente: Elaboración Propia.

4.2 Recopilación de información específica

Luego de analizar la información de las alternativas anteriores, se procedió a buscar o consultar, directamente con los proveedores de estos software o utilizando algunos casos en estudios que cada una de las opciones tenía disponible en la web, ciertas características que, en conjunto con la empresa, se definieron como de gran relevancia, por lo que resultaba importante determinar si los software lograban cumplir o no con esas cualidades.

4.2.1 Aspectos relevantes a considerar

En conjunto con la empresa se determinaron ciertos aspectos importantes a considerar en la recopilación de la información. Estos aspectos, en su gran mayoría, fueron los definidos en el capítulo III, al analizar la entrevista, sin embargo, algunos de ellos fueron excluidos, ya que no fue posible analizarlos en esta etapa, es el caso del “tiempo de respuesta” del software, debido a que solo se podría haber observado, aplicando el problema de planificación completo con toda su información en una demostración y no utilizando un problema simplificado. Por otro lado, la empresa, consideró otros aspectos igual de importantes y que deben ser considerados en esta recopilación.

La información más importante que se debe tener en consideración, es:

- El tipo de problema que resuelve, en relación a si es a nivel de programación de la producción o llega a los niveles más complejos de planificación y S&OP.
- Se debe estudiar las características de producción, en relación a si el producto ofrecido puede trabajar con producción multiperiodo, multiproducto, multiplanta y multimercado.
- Se debe solicitar información sobre el algoritmo utilizado y la interacción con SAP, esto toma en consideración si el software utiliza programación lineal, entera, heurística, etc. y cuánta es la comunicación que posee con SAP, sobre la subida y bajada de información desde este último.
- El tiempo de maqueta. Se debe analizar cuánto tiempo se demorarían los proveedores en realizar una demostración tomando un problema simplificado de la empresa y utilizando datos de la empresa.
- Saber cómo es la interfaz del usuario, si es amigable, si permite modificar la información utilizada libremente, si se necesita algún tipo de nivel de programación, entre otros.
- Considerar si el software necesita computadores de alta capacidad o computadores comunes y que tan grandes pueden ser los modelos con los que puede trabajar, en relación al número de variables y restricciones

Los aspectos relevantes mencionados anteriormente y que deben ser considerados se presentan en la Tabla 5.

<u>Ítem</u>
Tipo de problema que resuelve
Características de producción
Algoritmo utilizado
Interacción con SAP
Tiempo Maqueta
Interfaz usuario
Requisitos del sistema
Tamaño del modelo

Tabla 5: Aspectos relevantes a considerar. Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Información recopilada y solicitada.

A continuación se mostrará un resumen de la información recopilada y tabulada de cada uno de los software encontrados y para cada uno de los ítems mencionados anteriormente. Cabe destacar que si dentro de cada tabla no se identifica un aspecto del punto anterior, quiere decir que no se obtuvo información al respecto.

Por otro lado, las herramientas serán nombradas según sus proveedores, ya que generalmente las herramientas que utilizan son diseñadas específicamente para cada empresa utilizando como base un software creado por ellos. Además se agregará una breve descripción de los proveedores.

4.2.2.1 Llamasoft

Llamasoft, Inc. ofrece software y experiencia para ayudar a las grandes organizaciones a mejorar la planificación de estas. LLamasoft Supply Chain Guru es la aplicación de diseño y análisis de la cadena de suministro que lleva disponible en el mercado hoy en día. Permite a las empresas modelar, optimizar y simular sus operaciones, lo que lleva a las principales mejoras en el costo, el servicio, la sostenibilidad y la mitigación de riesgos. Observar Tabla 6 con un resumen de la información más específico (Llamasoft inc., 2014).

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Esta tecnología puede planificar la problemática del diseño de la cadena de suministro desde el punto de vista estratégico, hasta un tema táctico. Dentro de lo que puede resolver está el diseño de redes de distribución, optimización de producción e inventarios, optimización de distribución, diseño óptimo de rutas. Puede ser utilizado para complementar el proceso de S&OP puesto que permite optimizar el flujo de productos y también determinar demanda restringida óptima que se puede atender.

Tabla 6: Resumen información recopilada de Llamasoft. Fuente: Elaboración propia.

Características de producción	Según la información entregada, puede aplicarse a problemas de multimercado, multiproducto, multiplanta y multiperiodo sin problemas.
Tipo de algoritmo utilizado	Utiliza como algoritmo la programación entera mixta, utilizando para resolver los problemas el Solver FICO EXPRESS. En el caso de simulación, se utiliza un motor de simulación creado por ellos.
Tiempo de maqueta	La demostración puede demorar de 2 a 3 semanas, sin embargo, todo está sujeto al tamaño del problema y la complejidad de este.
Interfaz de usuario	Fácil de usar, parecida a office 2013, no se debería tener problemas al utilizar el software.
Tamaño de modelo que soporta	Mencionan que no hay restricciones con respecto a la cantidad que soporta en relación a la cantidad de variables y restricciones, pero sí en relación a la capacidad de la máquina.
Requisitos del sistema	Según la información entregada con respecto a este aspecto, se necesita un computador con buenas capacidades, como mínimo intel core i5, 12gb de RAM y 512 gb SSD.
Interacción con SAP	Son partner certificados de SAP, pueden intercambiar información libremente, desde y hacia SAP, por lo que pueden construir un modelo directamente de la información de SAPS.

Tabla 6: Resumen información recopilada de Llamasoft. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2 Optware

Optware Solutions es una empresa que se encarga de proporcionar modelos de negocios que permite tomar decisiones estratégicas, tácticas y operativas con mayor facilidad. El objetivo general es el de optimizar la asignación de recursos con el fin de maximizar los resultados financieros. La información se muestra en la Tabla 7 (Optware, 2014).

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Por la información entregada y recordando la conversación anterior con Arauco, Optware es una herramienta de planificación completa, que resuelve la planificación y programación de la producción tomando en consideración los trozos, capacidades del molino, inventarios, opciones industriales y recursos de la máquina. El objetivo del Optware-x es producir el archivo de pedido (orden) de la manera más rentable y eficiente.
Características de producción	Soporta multimercado, multiproducto, multiplanta y multiperiodo en una solución completa.
Tipo de algoritmo utilizado	Utiliza como algoritmo la programación lineal para la solución de los problemas a resolver
Tiempo de maqueta	No se tiene información con respecto a la construcción de una demostración, sin embargo fue realizada anteriormente en Arauco.
Interfaz de usuario	Software fácil de utilizar y muy intuitivo, no habría problemas.
Tamaño de modelo que soporta	Número ilimitado de variables y restricciones, permitiendo utilizar modelos sin ningún tipo de restricción en relación al tamaño.
Requisitos del sistema	Consideran que es necesario PC con alto rendimiento, como mínimo para utilizar se debe poseer 8gb de RAM.
Interacción con SAP	Puede interactuar con SAP de varias formas, por lo que no debería tener problema.

Tabla 7: Resumen información recopilada de Optware. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.3 Quintiq

Su misión es el desarrollo de software para la planificación y optimización de recursos, que se logran adaptar a cualquier modelo de negocio. Los algoritmos únicos y sofisticados que diseñaron fueron una de las principales razones del éxito de Quintiq. Reúne todo lo esencial para una empresa. Es un sistema de planificación para cubrir todos los aspectos de la planificación, de los planes estratégicos a largo plazo a los horarios de corto plazo y la gestión de la interrupción (Dassault Systèmes, 2002). Ver Tabla 8.

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Quintiq es una compañía de software, la cual ofrece una planificación de la cadena de suministro y la plataforma de optimización, es bastante completa y es capaz de cubrir todos los puzles y en múltiples horizontes de planificación. Dentro de las soluciones que ofrecen, están para la planificación de la producción S&OP, MPS, programación detallada, entre otras.
Características de producción	Soporta multimercado, multiproducto, multiplanta y multiperiodo.
Tipo de algoritmo utilizado	Consideran que los tipos algoritmos utilizados para la optimización muy pocas veces se adaptan realmente a los problemas específicos de cada empresas, por lo que ellos al analizar el problema en estudio, realizan una mezcla de ellos
Tiempo de maqueta	Dependiendo del tamaño de la demostración, sin embargo, si es un problema simplificado debería demorar un tiempo cercano a las 3 semanas, pero con un costo de un 1% de costo total estimado del producto.
Interfaz de usuario	Es una herramienta fácil de utilizar y flexible.
Tamaño de modelo que soporta	No tiene restricción en relación a variable y restricciones del modelo
Interacción con SAP	No tienen problemas al interactuar con SAP, cerca del 70% de los clientes que ellos poseen lo usan y no tienen complicaciones.

Tabla 8: Resumen de información recopilada de Quintiq. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.4 Asprova

Asprova es un sistema de Planificación y Programación Avanzada (APS) que crea programas de producción a gran velocidad por varios elementos, y múltiples procesos, integrando plenamente los planes de ventas, fabricación, inventario y de compra. Es capaz de adaptar sus programas dependiendo de los requisitos de cada empresa. Un resumen de lo

recopilado de Asprova se observa en la Tabla 9 (Asprova Corporation y Sr. Felipe Murcia comunicación directa, 2014).

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Resuelve problemas desde S&OP, hasta programación de la producción. Comentan que dentro de las distintas funciones que posee Asprova APS, los clientes lo utilizan para maximizar sus recursos, lo que no es posible utilizando hojas de Excel o ERP.
Características de producción	No tiene problemas con la planificación de tipo multimercado, multiproducto, multiplanta y multiperiodo.
Tipo de algoritmo utilizado	Algoritmo diseñado por ellos y que se adapta dependiendo del problema que se desea resolver.
Tiempo de maqueta	Se estima un tiempo de 2 a 4 semanas, dependiendo de los problemas que puedan surgir.
Interfaz de usuario	Amigable, Flexible y fácil de utilizar para el usuario, no se debería tener problemas.
Tamaño de modelo que soporta	No posee límite en relación a las variables y restricciones.
Interacción con SAP	No se debería tener problemas, puesto que la mayoría de los clientes que utiliza Asprova APS posee SAP.

Tabla 9: Resumen información recopilada de Asprova. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.5 PlanVisage

Planvisage permite entregar soluciones a lo largo de la Cadena de Suministro (SCM) que ayuda a las empresas a responder de manera proactiva a los problemas que suelen surgir en tiempo real, lo que proporciona una ventaja competitiva sostenible a sus clientes y ayuda como apoyo a la toma de decisiones (PlanVisage, 2014). Observar la Tabla 10.

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	de Posee dos soluciones clave, por un lado planificación de la demanda (forecasting, Reposición y planificación de distribución) y APS. Esto funciona con una base de datos integrada para que la planificación de la demanda alimente al APS. Por otro lado si solo se desea utilizar APS, no es necesario utilizar la planificación de la demanda. Están en conversaciones con varios clientes de EEUU para proporcionar soluciones a nivel de S&OP.
Caract. de producción	de No tiene problemas con estas características.
Tipo de algoritmo utilizado	En relación a algoritmo, ellos entregan solución por medio de métodos estadísticos, tales como series de tiempo, suavizado exponencial, media móvil, media móvil ponderada, etc. Si la empresa desea incorporar otro algoritmo, por la información que se entregó, se puede realizar.
Tiempo de maqueta	Para una demostración utilizando los datos de la empresa, estiman un tiempo aproximado de 6 semanas, dependiendo de la buena calidad de los datos que se entregue.
Interfaz de usuario	Software moderno y fácil de utilizar, según la información entregada, no se debería tener problemas para el manejo de este.
Tamaño de modelo que soporta	No poseen límite de restricciones.
Interacción con SAP	No se tendría problemas al interactuar con SAP, la mayoría de los clientes utiliza SAP y no se tienen mayor inconveniente.

Tabla 10: Resumen información recopilada de PlanVisage. Fuente: Elaboración propia

4.2.2.6 Delfoi

Delfoi desarrolla, comercializa y apoya la planificación de la producción y la programación y servicios de consultoría. Delfoi entrega soluciones que permiten a las empresas optimizar y acelerar sus procesos de producción y entrega. Con productos y

servicios de las empresas Delfos pueden planificar, ejecutar y gestionar sus procesos de fabricación y entrega. El resumen de la información se muestra en la Tabla 11 (Delfoi,2014).

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Delfos Planner fue desarrollado originalmente para la Programación de la producción (APS) y de control (MES)..
Características de producción	Sí. El sistema fue desarrollado para cumplir con ese tipo de planificación. Es un sistema de planificación basado en web. Como ejemplo, Valmet Corporation es una empresa multiPlanta, multiperiodo, multimercado y multiproducto, en la cual no produjo ningún problema para aplicar el sistema
Tiempo de maqueta	Depende del problema en estudio, pero para una demostración, en promedio, se estima un mes.
Interfaz de usuario	La interfaz de usuario es fácil de utilizar, además de ser bastante flexible para operarlo sin problemas.
Requisitos del sistema	Va dependiendo del tamaño del problema a estudiar. Como mínimo requiere 2 CPU virtual, 4 GB de RAM, disco de 40 GB.

Tabla 11: Resumen información recopilada de Delfoi. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.7 Quantum-software S.A.

Quantum se caracteriza por sus muchos años de experiencia y excepcional combinación entre las TI, la logística y la planificación. Utiliza especialistas altamente capacitados para reforzar las soluciones entregadas, logrando dejar satisfecho a sus clientes más exigentes. Posee éxito internacional con respecto al uso de su principal software "Qguar". El resumen de la pesquisa realizada se observa en laTabla 12 (Quantum Software S.A.)

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Se enfoca solo en la programación de la producción.
Características de producción	Puede trabajar sin problemas en la planificación multi-periodo, multi-producto, multi-planta y multi-mercado.
Tipo de algoritmo utilizado	Para resolver los problemas de programación de la producción, utiliza Metaheurística.
Interfaz de usuario	Posee una interfaz fácil de usar, flexible, amigable y muy intuitiva.
Tamaño de modelo que soporta	No tiene problemas en relación a límite de restricciones y variables.
Requisitos del sistema	Necesita un PC de alto rendimiento o un servidor.
Interacción con SAP	No se debería tener problemas al interactuar, varios clientes poseen SAP y no se ha tenido inconveniente al respecto.

Tabla 12: Resumen información recopilada de Quantum-Software S.A. Fuente: Elaboración propia

4.2.2.8 Demand Solution.

Demand Solutions se encarga de proporcionar software para resolver problemas para la cadena de suministro, planeación del inventario, planeación de ventas y operaciones (S&OP), planeación y pronóstico de la demanda, optimización y reabastecimiento del inventario, planeación y programación avanzada y planeación de ventas al detalle. Sus productos son fáciles de implementar y usar, además de económicos, permitiendo proporcionar un rápido retorno en la inversión de la empresa. Véase la información recopilada en la Tabla 13 (Demand Management Inc., 2014).

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Resuelve problemas en relación a la programación de la producción, no se entregó mayor información al respecto

Tabla 13: Resumen información recopilada de Demand Solution. Fuente: Elaboración propia

Características de producción	No tiene problemas al trabajar con multi-planta, multi-producto, multi-periodo y multi-mercado
Interfaz de usuario	Tiene una interfaz amigable y flexible, no se debería tener problemas al trabajar con el sistema, con una breve capacitación podrá aprovecharse al máximo.
Tamaño de modelo que soporta	Esta aplicación está hecha para grandes empresas, no se encuentra un límite de restricciones.
Requisitos del sistema	Requiere computadores comunes de hoy en día, procesador i3 con sobre 4 gb de RAM

Tabla 13: Resumen información recopilada de Demand Solution. Fuente: Elaboración propia

4.2.2.9 Waterloo Software

Waterloo Manufacturing Software desarrolla y comercializa software avanzados de planificación y programación de la producción planificación en industrias de producción por lote. Utilizando el software que proveen, logran resolver problemas de producción y entregar apoyo en la toma de decisiones. La información recopilada se puede observar en la Tabla 14(Waterloo Manufacturing Software,2014).

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	Puede realizar la programación detallada de la producción y abarcar amplios horizontes de planificación, de pocos días hasta un año.
Características de producción	No tiene problemas para realizar la programación de este tipo de planificación.
Tipo de algoritmo utilizado	Utiliza heurística como algoritmo para las soluciones con respecto a la programación detallada de la producción.

Tabla 14: Resumen de información recopilada de Waterloo Software. Fuente: Elaboración propia

Interfaz de usuario	de	Es una herramienta flexible, amigable y fácil de utilizar, por lo que mencionan no debería tener problemas para operarla.
Tamaño de modelo que soporta	de	Ilimitada, no se tiene restricción con respecto a la cantidad de variables y restricciones.

Tabla 15(continuación): Resumen de información recopilada de Waterloo Software. Fuente: Elaboración propia

4.2.2.10 Planettogether

El software avanzado de planificación y programación de PlanetTogether, Galaxy APS, permite optimizar de forma eficiente los materiales, mano de obra y los cronogramas de recursos para sus equipos. Con el software que proveen, las compañías aumentarían significativamente la productividad y la visibilidad, aumentarían las ganancias y la confiabilidad del servicio mejorarán su servicio al cliente, reducirán costos, mejorarán su servicio al cliente (PlanetTogether, 2014). La información se observa en la Tabla 16.

<u>Ítem</u>	<u>Descripción</u>
Tipo de planificación	La mayoría de los clientes de Galaxy APS, software entregado por PlanetTogether, utilizan para la programación detallada de la producción, el uso de la capacidad y las limitaciones de materiales.
Características de producción	No tiene problemas con estas características, ya que fue diseñado para cumplirlas.
Tipo de algoritmo utilizado	Utiliza la técnica de heurística, pero no programación lineal ni estocástica.
Interfaz de usuario	Interfaz fácil de usar y flexible para el usuario, propuesta de una demostración para ver su uso.

Tabla 16: Resumen información recopilada de Planettogether. Fuente: Elaboración propia.

Tamaño de modelo que soporta	No hay restricciones en el tamaño del modelo que Galaxy puede gestionar.
Requisitos del sistema	Alta capacidad de computadores para correr óptimamente el programa.
Interacción con SAP	Son capaces de interactuar con distintos tipos de SAP que están disponible (SAP ECC, All-in-One, ByDesign, y BusinessOne por ejemplo), por lo que no debería tener inconvenientes.

Tabla 16: Resumen información recopilada de Planettogether. Fuente: Elaboración propia.

Los software que no tienen información tabulada es por el hecho de no haber facilitado la información necesaria para realizar un análisis de los aspectos considerados en el estudio anterior, por lo que sería poco fiable considerarlos como posibles candidatos, ya que en conjunto con la empresa, se decidió calificarlos como que no poseían las características que la empresa deseaba.

5.1 Ponderación de cada característica

Utilizando los aspectos considerados en el capítulo IV, se les debe asignar una ponderación respecto a la importancia que cada uno tiene para la empresa, por lo que es de vital importancia que la acción de determinar las ponderaciones, sea una decisión que se tome en conjunto con la organización.

Luego de reuniones con el Sr. Luis Martínez, encargado del proyecto de Aserradero Arauco S.A. se llegó a la siguiente conclusión con respecto a los porcentajes de cada una de las características a considerar. Observar la Tabla 17.

<u>Ítem</u>	<u>Ponderación</u>
Tipo de problema que resuelve	17%
Características de la producción	17%
Algoritmo utilizado	12%
Interacción con SAP	12%
Tiempo Maqueta	12%
Interfaz usuario	12%
Requisitos del sistema	6%
Tamaño del modelo	12%

Tabla 17: Ponderaciones para cada característica según importancia.
Fuente: Elaboración Propia

Claramente se observa que los Ítems "tipo de problema que resuelve" y " Características de la producción", tienen la mayor ponderación, esto es, porque la nueva herramienta debe cumplir de la manera más completa con estas características, por lo que debe ser capaz de realizar planificación de la producción para multiperiodo, multiplanta, multiproducto y multimercado, además de resolver los problemas de planificación de la producción y no solamente programación. Por otro lado las características que poseen un 12% tienen una relevancia media esto porque, en el caso del algoritmo utilizado, es importante que utilice programación lineal, sin embargo si se encuentra una buena solución utilizando heurística o simulación, vale la pena ser considerada. En el caso de interacción con SAP es relevante, ya

que es el sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) que utiliza la empresa. Por otro lado, en lo que respecta a tiempo de maqueta, se considera que necesita ser el menor tiempo posible, ya que no se desea una prolongación amplia del proyecto. La interfaz de usuario posee un 12%, ya que es necesario que sea amigable, flexible y que se necesite la menor capacitación posible, en caso de necesitarla. El tamaño del modelo también es considerado de importancia, ya que el modelo utilizado actualmente utiliza una gran cantidad de variables y restricciones, por lo que debe ser importante no tener problemas posteriores por este aspecto. Por último tanto "Requisitos del sistema" y "Licencia" deben ser consideradas, pero con un nivel de ponderación menor, puesto que para la organización considera que es más fácil adaptarse a esos aspectos.

5.2 Determinante de puntaje para cada alternativa.

A continuación se mencionara cada aspecto por separado y se mencionara de que dependerá el puntaje asignado a cada uno de los software, cabe destacar que este sistema de puntuación fue decidido en conjunto con la empresa.

La puntuación considerada es, 3 en caso de que se cumple con el aspecto lo más completo posible, 1 en caso de que cumple con algunos aspectos, sin embargo no con los primordiales que la empresa necesita, y 0 si no cumple con nada o no se logro obtener información al respecto. Esto último, a pesar de que es drástico asignar un valor cero en caso de que no se tenga información, ya que puede que la alternativa sí cumpla con cada aspecto, sin embargo, para la empresa, para efectos del estudio, si no se logró obtener la información se considerará que no cumple con esas características.

Tipo de planificación que resuelve: Se considerará con puntaje 3 si resuelve problemas de programación de la producción hasta niveles de planificación a nivel táctico. 1 en caso de que solo sea programación detallada de la producción y 0 en otro caso.

Características de la producción: En este ítem se considero asignar con valor 3, si la herramienta cumple con cada uno de los "multi" que han sido mencionados en el estudio, 1 si cumple con cada uno, pero de una manera limitada y 0 si no cumple o no se tiene información.

Algoritmo utilizado: Se otorgará un 3 al software que utilice programación lineal, 1 en caso de que el algoritmo sea heurística o simulación, 0 en caso de que utilice un sistema simple de probabilidades o no se obtenga información al respecto.

Interacción con SAP: Si se penetra con SAP perfectamente en relación a la subida y bajada de datos se otorgará el valor 3, si se complementa con SAP con limitantes como, la cantidad de información que se puede transmitir y 0 si no se tiene ningún tipo de comunicación con SAP.

Tiempo de maqueta: Se asignará un valor de 3, si el tiempo en realizar la maqueta o demostración, utilizando un problema simplificado de la empresa, requiere un tiempo de 1 a 4 semanas, un 1 si se necesita entre 5 a 8 semanas y 0 si sobrepasa las 9 semanas o no se tiene información, ya que es un tiempo muy extenso para el proyecto.

Interfaz de usuario: Si la interfaz de usuario es amigable, fácil de entender, de realizar modificaciones y la necesidad de una pequeña capacitación para el usuario, se otorgará el valor de 3, sin embargo si es necesario un período de adaptación muy prolongado antes de utilizar el software al máximo o es necesario realizar capacitaciones por un largo período de tiempo, obtendrá un valor de 1 y si es necesario un lenguaje de programación como C, C++ o algún otro, se considerará un valor de 0.

Requisitos del sistema: Si el software obtiene un puntaje de 3, quiere decir que necesita computadores que son utilizados comúnmente por cualquier usuario con capacidades media, si logra un 1, se necesita un computador avanzado o de última generación, y 0 si no se recopiló información al respecto.

Tamaño del modelo: Si se le asigna un valor de 3, quiere decir acepta un número ilimitado de variables y restricciones, vale decir una cantidad suficientemente grande que está orientado a grandes empresas, si logra un valor de 1 es porque la cantidad de variables y restricciones aceptable es limitada y orientado a pequeñas y medianas empresas y 0 si no se obtuvo información.

A continuación en la Tabla 18 se muestra la evaluación designada a cada uno de los software y el puntaje total de estos.

Ponderación	17%	17%	12%	12%	12%	12%	6%	12%	
Software	Tipo de problema que resuelve	Características de la producción	Algoritmo utilizado	Interacción con SAP	Tiempo Maqueta	Interfaz usuario	Requisitos del sistema	Tamaño del modelo	Puntaje final
Waterloo-Software	1	3	1	0	0	3	0	3	1,52
DELFOI	1	3	1	1	3	3	3	0	1,82
Demand Solution	1	3	1	0	0	3	3	3	1,7
PIMSS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PREACTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orchestrate	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planettogether	1	3	1	3	0	3	1	3	1,94
Planvisage	3	3	1	3	1	3	0	3	2,34
Optivision	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantum-Software S.A.	1	3	1	3	0	3	1	3	1,94
ICRON	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Optware	3	3	3	3	0	3	1	3	2,52
JDA Software	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epicor	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quintiq	3	3	3	3	3	3	0	3	2,82
Asprova	3	3	1	3	3	3	0	3	2,58
LLamaSoft	3	3	3	3	3	3	1	3	2,88

Tabla 18: Evaluación aplicada a cada software con sus respectivos puntajes. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar Quintiq, Asprova y LlamaSoft, son los proveedores que mejor están calificados, esto porque según la información recopilada cumplen con prácticamente todos los aspectos de la forma más completa posible. Por lo tanto, estas tres opciones serán contempladas para la construcción de una demostración en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO VI CONSTRUIR DEMOSTRACIÓN CON ASPROVA, UNO DE LOS SOFTWARE SELECCIONADOS.

6.1 Definir "problema simplificado" a resolver

Como primer paso para poder crear un problema de prueba a utilizar para la demostración es necesario entender a qué corresponde el conflicto que se intentará resolver, por lo que en conjunto con la empresa se estudió qué parte del proceso de planificación puede "extraerse" para que los proveedores escogidos puedan trabajar y resolver ese problema, utilizando el software que ofrecen o que adaptan para ese caso en específico.

Dentro de la planificación que realiza Aserradero Arauco, existe un proceso llamado Capacity el cual determina como será realizada la producción según el plan de ventas que se realiza antes del proceso y las capacidades de cada una de las plantas y para cada producto específicamente.

Como fue mencionado en capítulos anteriores, en este proceso de Capacity, es utilizado el modelo de asignación para la planificación de la producción, el cual se encuentra desarrollado en Excel y utiliza la plataforma What'sBest! para su solución, lo que produce una lentitud en el proceso por el tiempo de demora del software y lo complejo de realizar modificaciones.

Por lo tanto se utilizará una pequeña parte de este modelo de asignación para lo cual se realizará una recopilación de datos, que corresponde a la información de entrada que utiliza la parte del modelo a ser estudiada y se solicitará las respuestas que se entregan con esta.

6.2 Recopilación de datos a utilizar

En esta parte del procedimiento se trabajo en conjunto con la organización para definir los datos a utilizar y, de esta manera, lograr entenderla para entregársela a los proveedores.

La información se mostrará tabulada y se explicará por separado, sin embargo, los datos fueron recopilados en planillas de Excel.

6.2.1 Información de esquemas de corte

Cabe destacar que la Tabla 19 solo es una parte de la información entregada, sin embargo, suficiente para que se logre entender, ya que la información relacionada con esto es bastante amplia y, a pesar de que la información es una versión modificada proporcionalmente a la correspondiente a la empresa, se desea mantener cierto resguardo de esta.

Planta	MP	ID_esq	3	14	20	21
12	240520	4123	0	0	0,448492577	0,06137497
12	240520	4133	0	0	0,451644091	0,061355142
12	240520	4154	0	0	0,467692087	0,063575262
12	240520	4157	0	0	0,402267807	0,065742255
12	240520	4159	0	0	0,47557169	0,06357705
7	240030	832	0	0	0,465512326	0,062863197
7	240030	855	0	0	0,303908478	0,071905035
7	240030	856	0	0	0,304028298	0,071905035
7	240030	866	0	0	0,301255738	0,07233059
2	240030	19	0	0	0,345463986	0,060964233
2	240030	61	0	0	0,30816508	0,054382073
2	240030	68	0	0	0,347531882	0,061329156

Tabla 19: Información de esquemas de cortes. Fuente: Aserradero Arauco S.A.

Se explicará brevemente la tabla mostrada anteriormente, los nombre de plantas, y nombre de productos fueron ocultos para respetar la privacidad de la empresa.

La primera fila "Planta" corresponde a las plantas que se consideraron en el estudio, en este caso la planta 12, 7 y 2.

La Fila "MP", corresponde a la materia prima de cada planta, el número "240520" ubicado en la fila 2, columna 2, corresponde al número de identificación de los troncos, El primer número corresponde a la calidad del tronco, los tres dígitos posteriores corresponde al largo y los últimos dos dígitos corresponde al diámetro de estos.

La casilla "ID_Esq", corresponde al id designado a cada uno de los esquemas de cortes que las plantas pueden trabajar.

Por último, desde la casilla 3 hasta la 21 corresponde a los productos y coproductos que pueden ser producidos, por lo que, por ejemplo, los números 0,448492577 y 0,06137497 ubicados en la fila 2 interceptado con la columna 6 y 7, corresponde al porcentaje de la materia primera que será convertida en los productos 20 y 21 respectivamente, si se utiliza ese esquema de corte en particular.

Cabe destacar que la suma de los porcentajes a lo largo de la fila debe dar 100%, sin embargo, esto solo es una parte de la amplia base de datos, por lo cual en esa tabla no se cumple con la suma.

La cantidad de productos que contempla la base de datos son 1878 y 106 esquemas de corte.

6.2.2 Información de materia prima disponible

En la Tabla 20 se observa la cantidad de materia prima que se dispone en cada una de las plantas y el respectivo precio de los recursos.

Mate prima	Disponibilidad planta 2 (m ³)	Disponibilidad planta 7 (m ³)	Disponibilidad planta 12 (m ³)	Precio MP (US\$/m ³)
240020	15000	2000	5000	60
240022	15000	5000	15000	62
240024	25000	12000	25000	65
240026	20000	24000	20000	66
240028	15000	24000	20000	67
240030	5000	24000	10000	68
240032	5000	9000	5000	70

Tabla 20: Información de disponibilidad de materia prima por planta. Fuente: Aserradero Arauco S.A.

Cabe destacar que la disponibilidad de materia primera es una modificación proporcionada de la realidad de la empresa, así también sus respectivos precios.

6.2.3 Forecast

El forecast que se observa en la Tabla 21 corresponde a información real de la empresa, pero también con su respectiva modificación para mantener en secreto la información de la misma.

Producto	Forecast (m ³)	Precio (US\$/m ³)
3	1080000	59
14	22994,0055	81
20	15601254,5	24
21	2529380,08	5
77038010	120351,266	241
77044010	43435,1914	280
78025010	0	226

Tabla 21: Forecast correspondiente al problema simplificado en estudio Fuente: Aserradero Arauco S.A.

79017008	3280,48479	283
79020008	0	277
79023008	74087,5131	254
79025008	0	265
79029008	65347,9779	297
79033008	1198,34949	276

Tabla 22(continuación): Forecast correspondiente al problema simplificado en estudio Fuente: Aserradero Arauco S.A.

6.3 Entrega de información y construcción de demostración

Luego de construida la planilla con los datos que se utilizarán para la creación de la demostración, se entregó la información para que se comenzará con la construcción.

La demostración tiene como finalidad observar cómo es que trabajan los software entregados por los proveedores, analizando la interfaz de usuario y la capacidad de planificación y programación de estas herramientas, entregando la asignación de productos a producir en cada una de las plantas, según la información entregada.

De las tres alternativas que fueron escogida por la alta puntuación obtenida en el capítulo V, Llamasoft, Quintiq y Asprova, solamente será construida la demostración de este último, esto por las siguientes razones:

- Aserradero Arauco S.A. quiso que la relación del proyecto solo fuese entre la Universidad y los proveedores, sin mencionar a la empresa, esto no cautivó a Llamasoft para consumir sus recursos en una demostración, ya que la Universidad no es un potencial cliente, sin embargo, se dio la posibilidad de que una vez que los recursos actuales que tiene Llamasoft para la creación de demostraciones estuviesen disponibles, se establecerían las comunicaciones para una posible "maqueta", sin embargo, esto no sucedió.

- En el caso de Quintiq, se aceptó la construcción de la demostración, sin embargo, por un costo de un 1% de una estimación del costo total del producto, sin embargo la empresa no está dispuesta a invertir en esta etapa del proyecto, por lo que solo optó por las demostraciones que fuesen gratuitas.

En el caso de Asprova si decidió ser partícipe de la creación de la maqueta y totalmente gratuita, fueron fijadas reuniones para la entrega y explicación de la base de datos. Además de la realización de reuniones posteriores para el apoyo de la construcción.

La última reunión contempló la presentación de la demostración por parte de Asprova, en donde se explicó cómo era el funcionamiento del software y la información que puede entregar. En el Anexo 1 se observan imágenes del software.

Cabe destacar que la empresa estimó como aceptable la presentación de la demostración, ya que se logró ver las características del software antes mencionado, sin embargo, se observó que el software, a pesar de resolver problemas de planificación, su fuerte era la programación de la producción, pero según lo mencionado por los diseñadores, debido a la información entregada, no es posible mostrar el gran potencial de la herramienta y además que, con el problema total, se puede llegar a resolver las inquietudes que pudiesen quedar.

7.1 Conclusiones

Del proyecto de título correspondiente al "Estudio de alternativas para la planificación de la producción de Aserradero, Remanufactura y Terciado Arauco", se desprenden las siguientes conclusiones.

- Claramente Aserradero Arauco, teniendo las plantas más grandes en relación a las otras dos, maneja una gran cantidad de información en sus modelos, lo que produce una ineficiencia a la hora de realizar procesos, como lo son los planes de venta y capacity, ya que debido a la cantidad de veces que es necesario correr los modelos para que entreguen resultados satisfactorios, se pierde una gran cantidad de tiempo de trabajo y conlleva a errores con mayor facilidad debido a lo complejo que se puede volver una herramienta fácil de utilizar como es Excel, si la cantidad de información supera las capacidades de esta.
- A nivel mundial existe una gran cantidad de software que permite a pequeñas, medianas y grandes empresas, realizar sus procesos de planificación y programación de la producción de una manera más eficiente, simple y segura, además de ser productos que son utilizados en distintas industrias y, algunos de ellos adaptables para los problemas que cada empresa en particular enfrenta.
- El trabajo en conjunto con Aserradero Arauco, permitió evaluar y filtrar las diferentes herramientas encontradas, con el fin de determinar cuáles son las que más se adecuan a los requisitos que la organización necesita, por lo que se logró diseñar un sistema que permitió evaluar las distintas alternativas considerando cada una de las exigencias que la entidad manifestó.
- La construcción de la demostración creada en conjunto con Asprova, cumplió con la finalidad de que, Aserradero Arauco, observara cómo era que operaba el software,

utilizando un problema simplificado de la empresa, mostrando cómo era la interfaz de usuario y la flexibilidad que la herramienta otorgaba.

- A pesar de que la demostración mostró grandes rasgos de programación, se lograron observar aspectos que ayudarían a la planificación de la producción, y que, por el tamaño del problema, puede no haber mostrado todo su potencial, sin embargo, la empresa aceptó los resultados y observó que puede ser un potente software que permita solucionar y facilitar las tareas de planificación que, en la actualidad, se ven entorpecidas por la herramienta utilizada.

7.2 Recomendaciones

La organización debería considerar entablar una mejor relación, con quienes no se realizó la demostración, Llamasoft y Quintiq, e invertir tiempo y dinero en la construcción de demostraciones, esto porque permite una mayor rapidez en la entrega de información y un mayor interés por parte de los proveedores por el proyecto en cuestión.

A pesar de que desde un comienzo para la organización no fue una opción el estudiar software que utilizarán lenguaje de programación, sería bueno que se considerara, ya que, a pesar de ser alternativas que necesitan cierta capacitación al personal que hará uso de ellas, son herramientas con potenciales elevados y destinados esencialmente, a resolver modelos con altas cantidades de información.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Ibáñez, A., & López Martín, A. F. (1986). EL PROCESO DE LA ENTREVISTA: conceptos y modelos. Limusa.
- Arauco S.A. (s.f.). *Arauco, sembramos el futuro*. Recuperado el Diciembre de 2014, de <http://www.arauco.cl/>
- Asprova Corporation. (s.f.). *Asprova*. Recuperado el Noviembre de 2015
- Dassault Systèmes. (2002). *QUINTIQ solving the world's planning puzzles*. Recuperado el Noviembre de 2015, de <http://www.quintiq.com/>
- de la fuente, D., Gómez, A., Puente, J., & García, N. (2006). *Organización de la producción en Ingenierías*. Asturias: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Del Rincón, D., Arnal, J., Latorre, A., & Sanz, A. (1995). técnicas de investigación en ciencias sociales. madrid: Dykinson, S.L.
- Delfoi. (s.f.). *DELFOI improving your productivity*. Recuperado el Octubre de 2014, de <http://www.delfoi.com/>
- Demand Management Inc. (s.f.). *Demand Solution*. Recuperado el Diciembre de 2014
- Dominguez, J., García, S., Ruiz, A., Dominguez, M., & Alvarez, M. (1995). *DIRECCIÓN DE OPERACIONES*.
- Fernández Romero, A. (2004). *Dirección y Planificación Estratégicas en las Empresas y Organizaciones*. Madrid: Ediciones Díaz deSantos S.A.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.

- Francés, A. (2006). *Estrategia y planes para la empresa con el cuadro de mando integral*. Pearson Educación de Mexico S.A.
- Llamasoft inc. (s.f.). *Llamasoft Supply Chain By Design*. Recuperado el noviembre de 2014, de <http://www.llamasoft.com/>
- Matta, A., & Quirico, S. (2005). *Design of Advanced Manufacturing*. Springer.
- Optware. (2011). *Optware*. Recuperado el 2014, de www.optware.com
- Pinedo, M. (2005). *Planning and scheduling in Manufacturing and Services*.
- PlanetTogether. (s.f.). Recuperado el Enero de 2015, de <http://www.planettogether.com/>
- Quantum Software S.A. (s.f.). *Quantum Software S.A.* Recuperado el diciembre de 2014, de <http://www.quantum-software.pl/>
- Rebolledo, R., Pradenas, L., López, A., & Inostroza, R. (2010). Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones Basado en la Optimización (OB-DSS) para la Planificación de la Producción en un Aserradero. *ICHIO* , 79-88.
- Romero, R., Poblete, M., & Baesler, F. (2004). Modelo de programación de la producción para la industria del aserrío. *Ingeniería Industrial*.
- Rubén Ruiz García, E. V., & inella, T. U. (2010). Planificación y promagración de la producción. *Revista del insitituto Tecnologico de Informatica*.
- Ruiz, R., & Edo, M. (2003). *Analisis y prevision de ventas en el sector azulejero*. Lleida.
- Ruiz, R., Segura, B., Vallada, E., & Maroto, C. (2004). Análisis del sistema de operaciones en empresas del sector cerámico español. *Boletin de la sociedad Española de cerámica y vidrio* , 939-932.

- Waterloo Manufacturing Software. (s.f.). *TACTIC competitive manufacturing through advanced planning and scheduling*. Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://www.waterloo-software.com/>

ANEXO

9.1 Anexo 1 Imágenes de demostración software Asprova

Tabla de recursos.

	Resource code	Resource groups	Spec 1	Spec 2	Group members	Resource class	Resource type	Resource quantity	Assigned resource	Comments	Cost type	Hourly cost
1	E073					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
2	E074					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
3	E075					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
4	E076					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
5	E077					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
6	E078					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
7	Cliente1					Simple r	Custom	Constrai	Normal		Hourly c	
8	Daily value calculation (weighted)					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
9	Daily value calculation (levelling)					Simple r	Main re	Constrai	Normal		Hourly c	
10	Inventory					Simple r	Inventor	Constrai	Normal		Hourly c	
11	Purchase Orders					Simple r	Purchas	Constrai	Normal		Hourly c	
*												

Tabla de Ítem.

Arauco18062015-150618-02 - Asprova APS 12.0.2.0 Trial Edition - up to 1000 operations - [Item table - KPI (Training)]

File Edit View Table View Schedule Table Tools Window Help

100% Default KPI calculation parameter

	Item code	Item type	Unit price	Outsourcing price	Earnings	Material cost	Inventory turnover d	Total inventory	Total inventory	Consumption value	Consumption qty	Production value	Production qty	Daily demand q	Avg daily demand q
1	3660150032002	Interme	150		\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
2	236525	Interme	40		\$0,00	\$0,00		\$20.000,0	500						
3	236523	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
4	236527	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
5	236528	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
6	236526	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
7	236524	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
8	S236523	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
9	S236527	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
10	S236528	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
11	S236526	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
12	S236524	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
13	S236525	Interme			\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
14	S1	Interme	20		\$0,00	\$0,00		\$0,00	0						
*															

Custom Chart Resource table - Arauco Item table - KPI (Training) KPI evaluation result t... Shift table Order table - Standard... Resource Gantt chat... Integrated Master Edit... Inventory graph Custom Chart

Ready NUM

Tabla de ordenes

Arauco18062015-150618-02 - Asprova APS 12.0.2.0 Trial Edition - up to 1000 operations - [Order table - Standard (Training)]

File Edit View Table View Schedule Table Tools Window Help

100% Default KPI calculation parameter

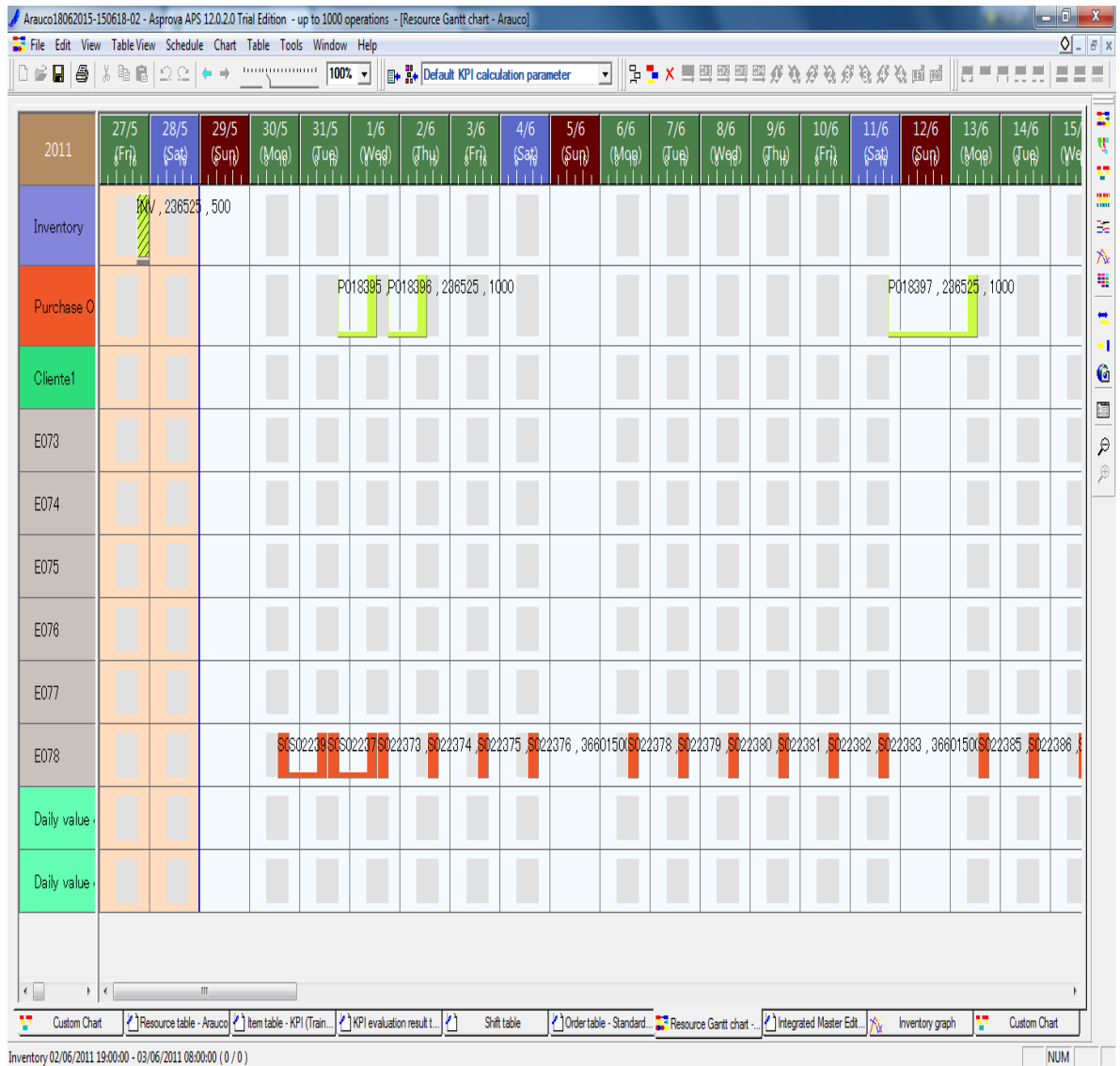
Specify here the priority in assignment. If you set the dispatching key in the scheduling parameter to Order Priority, the dispatching order will be determined according to this value.

	Order code	Order type	Order class			quantity						
1	S022373	Manufact	Register	3660150032002	02/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	01/06/2011 13:26:0	01/06/2011 19:0	
2	S022374	Manufact	Register	3660150032002	03/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	02/06/2011 13:27:0	02/06/2011 19:0	
3	S022375	Manufact	Register	3660150032002	04/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	03/06/2011 13:27:0	03/06/2011 19:0	
4	S022376	Manufact	Register	3660150032002	05/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	04/06/2011 13:26:0	04/06/2011 19:0	
5	S022377	Manufact	Register	3660150032002	06/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	18H33M	31/05/2011 18:53:0	01/06/2011 13:2	
6	S022378	Manufact	Register	3660150032002	07/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	06/06/2011 13:27:0	06/06/2011 19:0	
7	S022379	Manufact	Register	3660150032002	08/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	07/06/2011 13:26:0	07/06/2011 19:0	
8	S022380	Manufact	Register	3660150032002	09/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	08/06/2011 13:27:0	08/06/2011 19:0	
9	S022381	Manufact	Register	3660150032002	10/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	09/06/2011 13:27:0	09/06/2011 19:0	
10	S022382	Manufact	Register	3660150032002	11/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	10/06/2011 13:26:0	10/06/2011 19:0	
11	S022383	Manufact	Register	3660150032002	12/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	11/06/2011 13:27:0	11/06/2011 19:0	
12	S022384	Manufact	Register	3660150032002	13/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	31/05/2011 13:20:0	31/05/2011 18:5	
13	S022385	Manufact	Register	3660150032002	14/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	13/06/2011 13:26:0	13/06/2011 19:0	
14	S022386	Manufact	Register	3660150032002	15/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	14/06/2011 13:27:0	14/06/2011 19:0	
15	S022387	Manufact	Register	3660150032002	16/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	15/06/2011 13:27:0	15/06/2011 19:0	
16	S022388	Manufact	Register	3660150032002	17/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	16/06/2011 13:26:0	16/06/2011 19:0	
17	S022389	Manufact	Register	3660150032002	18/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	17/06/2011 13:27:0	17/06/2011 19:0	
18	S022390	Manufact	Register	3660150032002	19/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	18/06/2011 13:27:0	18/06/2011 19:0	
19	S022391	Manufact	Register	3660150032002	20/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	18H34M	30/05/2011 18:46:0	31/05/2011 13:2	
20	S022392	Manufact	Register	3660150032002	21/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	20/06/2011 13:27:0	20/06/2011 19:0	
21	S022393	Manufact	Register	3660150032002	22/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	21/06/2011 13:27:0	21/06/2011 19:0	
22	S022394	Manufact	Register	3660150032002	23/06/2011 00:00	334	80	Cliente1	5H34M	22/06/2011 13:26:0	22/06/2011 19:0	
23	S022395	Manufact	Register	3660150032002	24/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	23/06/2011 13:27:0	23/06/2011 19:0	
24	S022396	Manufact	Register	3660150032002	25/06/2011 00:00	333	80	Cliente1	5H33M	24/06/2011 13:27:0	24/06/2011 19:0	

Custom Chart Resource table - Arauco Item table - KPI (Tran... KPI evaluation result t... Shift table Order table - Standard (Resource Gantt chat... Integrated Master Edit... Inventory graph Custom Chart

Ready NUM

Carta Gantt de producción



Integrated master editor

Arauco18062015-150618-02 - Asprova APS 12.0.2.0 Trial Edition - up to 1000 operations - [Integrated Master Editor table - Standard (Training)]

File Edit View Table View Schedule Table Tools Window Help

100% Default KPI calculation parameter

	Item	Process number	Process code	Instruction type	Instruction code	Resource/Item	Resource valid cond	Setup	Production	Res	Valid condition
1	3660150032002	10	Aserrio	Input instruction	In0	236525			0.297148959		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
2				Input instruction	In0	236525			0.322776559		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
3				Input instruction	In0	236525			0.352708318		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
4				Input instruction	In0	236525			0.375929315		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
5				Input instruction	In0	236525			0.337609154		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
6				Input instruction	In0	236525			0.329640208		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
7				Use instruction	M	E078	70	1mp			
8				Use instruction	M	E077	100	1mp			
9				Use instruction	M	E076	90	1mp			
10				Use instruction	M	E075	60	1mp			
11				Use instruction	M	E074	50	1mp			
12				Use instruction	M	E073	80	1mp			
13				Output instruction	Out	S1			0.670359792		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
14				Output instruction	Out	S1			0.624070685		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
15				Output instruction	Out	S1			0.647291682		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
16				Output instruction	Out	S1			0.677223441		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
17				Output instruction	Out	S1			0.702851041		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
18				Output instruction	Out	S1			0.662390846		ME.FirstOperations.OperationMainRes==E
*											

Custom Chart Resource table - Arauco Item table - KPI (Train...) KPI evaluation result t... Shift table Order table - Standard... Resource Gantt chart ... Integrated Master Edito... Inventory graph Custom Chart

Ready NUM

