

## **Módulo II: SISTEMA SOPORTE DE LA GESTIÓN DE MATERIALES**

Griselda CASTRO<sup>1</sup>, Leonardo GREGORET<sup>1</sup>, Walter DELFABRO<sup>1</sup>, Omar CHIOTTI<sup>2</sup>

(1) **GIDSATD - UTN** - Facultad Regional Santa Fe - Lavaisse 610 - 3000 SANTA FE - ARGENTINA

(2) **INGAR - CONICET** - Avellaneda 3657 - 3000 SANTA FE - e-mail: [chiotti@arcride.edu.ar](mailto:chiotti@arcride.edu.ar)

### **RESUMEN**

En este trabajo presentamos una descripción de un subsistema que brinda soporte a la gestión de materiales. Este subsistema forma parte de un Sistema Soporte de Decisiones global prototipo en desarrollo en el GIDSATD (Grupo de Investigación y desarrollo de Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones). En particular, en primer lugar describimos brevemente la estrategia de operación del sistema, en segundo lugar presentamos un análisis y diseño orientado a objetos del sistema soporte de la gestión de materiales (SSGM).

### **INTRODUCCIÓN**

Hoy las empresas en su objetivo de satisfacer las expectativas del cliente ofrecen una gama muy amplia de productos. Por otra parte, los permanentes cambios tecnológicos son causa de la rápida obsolescencia de los mismos. Ambos factores están impulsando a las empresas a abandonar la tradicional política de inventarios de productos para pasar a una política de producción bajo órdenes de pedido.

Para ejecutar en forma competitiva una política de producción por órdenes se requiere un sistema que proporcione la información necesaria al momento de tomar decisiones. Los sistemas de planificación, gestión y control de inventarios tradicionales, tales como los MRP (Material Requirement Planning), los sistemas MRP-CL (MRP Closed Loop) que integran Producción-Inventarios-Compras, y los sistemas MRP II, los cuales intentan integrar además el resto de las áreas de la empresa, básicamente Contabilidad, Finanzas y Planificación Estratégica (Machuca y otros, 1995), están estructurados de manera que la información vinculada a la gestión de materiales se genera a partir del Programa Master de Producción. Estos sistemas fueron diseñados en base a utilizar inventarios de productos para hacer frente a las variaciones estimadas de la demanda. De ese modo, se logra generar un programa de producción que en condiciones normales (sin imprevistos como podría ser la rotura de un equipo o el ingreso de un pedido por encima del nivel de seguridad de inventarios) se mantiene válido durante un periodo del orden de una semana o más. Esto es, salvo imprevistos el programa de producción es revisado al final de cada periodo. Esta estrategia de generación de la información, es demasiado rígida para ser utilizada en sistema de producción que operan bajo órdenes de pedido, ya que sin inventarios, o con inventarios mínimos, no es posible trabajar con un programa de producción fijado semanalmente. Normalmente en un sistema de producción por órdenes el programa de producción es generado a partir del scheduling de las órdenes de producción y en general debe ser revisado frecuentemente (posiblemente a diario), por lo que con esta estructura de la información sería prácticamente imposible. En un sistema de producción por órdenes de pedido se requiere una estructura más simple y flexible, diseñada para trabajar en forma dinámica, en el sentido de poder modificar los planes de compra en la medida que surgen nuevas órdenes de producción. De allí la necesidad de contar con sistemas cuya estructura permita evaluar en-línea la posibilidad de modificar un pedido de materiales ya planificado (adelantándolo, atrasándolo o modificando la cantidad).

Este análisis refleja la necesidad de modificar la concepción de la estructura de la información para gestionar y controlar los materiales en un sistema que trabaja bajo órdenes de pedido. En este trabajo presentamos una estrategia de manejo de información, en base a la cual diseñamos

un sistema que brinda soporte a la tarea de gestión y control de materiales. Este sistema forma parte de un sistema soporte de decisiones global prototipo en desarrollo (Rico y otros, 1997). Con el término global nos referimos a un sistema que involucra todos los puntos de decisión de una organización y además que no es diseñado para una organización en particular. En este trabajo describimos la arquitectura del subsistema soporte de la gestión de materiales. En primer lugar describimos la estrategia de generación de la información en la que se basa el módulo, y en segundo lugar presentamos un análisis y diseño orientado a objeto del SSGM.

### ESTRATEGIA DE GENERACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL SSGM

En los sistemas que operan bajo órdenes de pedido, para hacer frente a las variaciones de la demanda, en lugar de un “pulmón de inventarios” se utiliza un “pulmón de tiempo”, éste es el plazo de entrega de una orden (Morton y otro, 1994). El objetivo es entonces reducir dicho pulmón al menor tiempo posible, ya que esto mejorará la satisfacción del cliente.

En estos sistemas el concepto de *programa de producción* como algo “cierto” en base a lo cual se programa todo el accionar de la empresa no es aplicable, porque sería un programa sujeto a modificaciones, ya no por la eventualidad, sino por la naturaleza misma de la política de operación por órdenes de pedido.

A raíz de lo expresado, preferimos no usar la designación de *programa de producción* como lo hacen los sistemas MRPs, sino que utilizamos el término *plan de producción desagregado actual*. El mecanismo de operación del subsistema soporte de la gestión de materiales se representa gráficamente en la Figura 1:

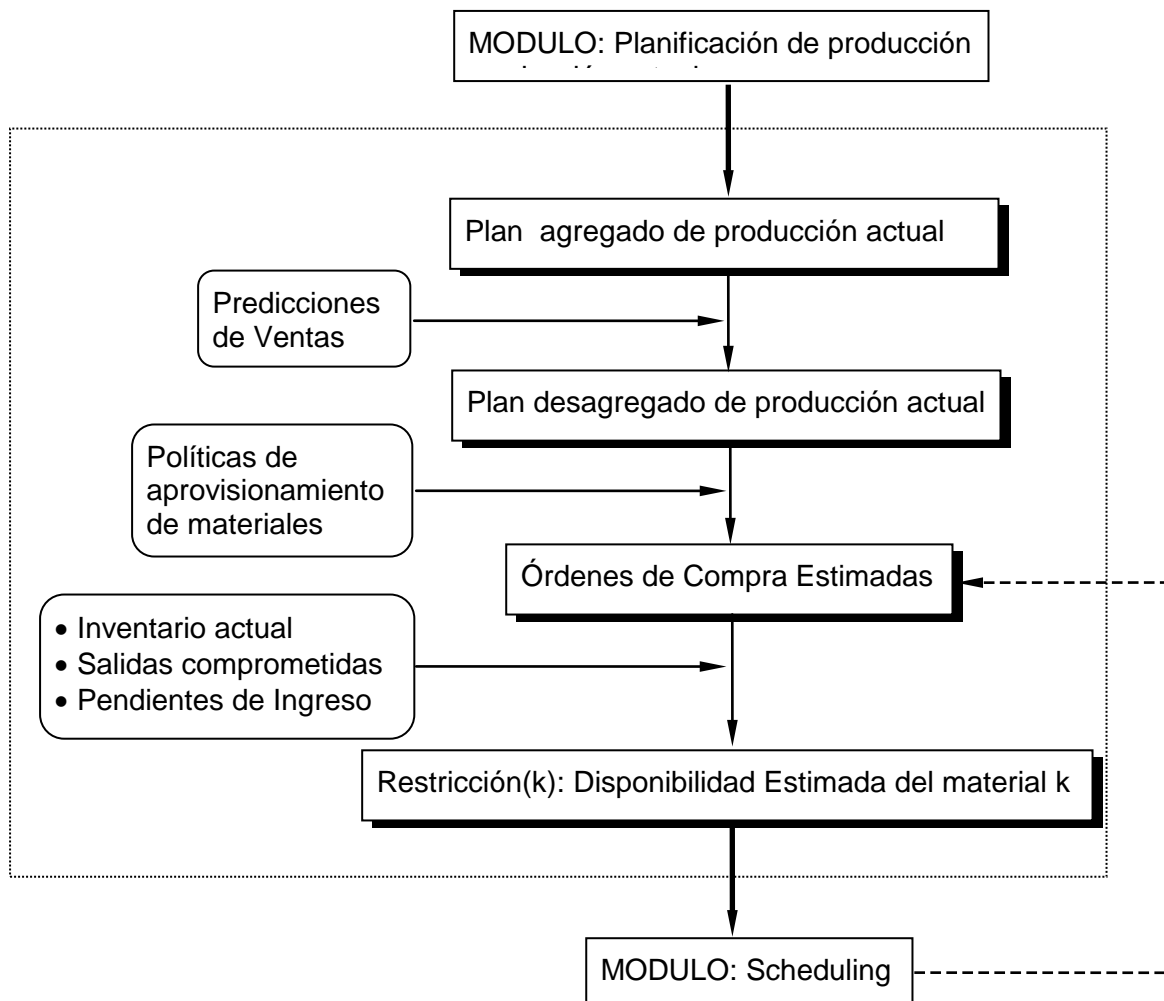


Figura 1:

El SSGM recibe del Sistema Soporte de Planificación de demanda el *Plan de Producción Agregado actual* (expresado en término de familia de productos). El subsistema, utilizando información de predicción de demanda de productos terminados (generada esta predicción mediante el soporte brindado por el SSP, Sistema Soporte de Predicciones), estima un *Plan de Producción Desagregado actual*. Según la política de aprovisionamiento seleccionada por el usuario, el sistema genera las *Órdenes Estimadas de Compra de Materiales*.

Ante el requerimiento del SSS (Sistema Soporte de Scheduling), el SSGM suministra información del cronograma de *Disponibilidad Estimada del Material (k)*. Esta información es generada a partir del *Inventario Actual* del material (k), el cronograma de *Órdenes de Compra Emitidas* del material (k) pendientes de ingreso, el cronograma de la *Salidas Comprometidas* del material (k) por parte de las *Órdenes de Producción Comprometidas*, y el cronograma de *Órdenes Estimadas de Compra* del material (k). Esta información constituye la restricción de disponibilidad del material (k) a ser tenida en cuenta por el scheduling. Esta restricción así definida posee cierta Flexibilidad proporcionada por las *Órdenes Estimadas de Compra* (aún no concretadas). De este modo, es el scheduling de las órdenes de producción el que finalmente define (representado en la figura 1 como información que retorna del Módulo de scheduling), dentro del rango de flexibilidad disponible, las *Órdenes de Compra Concretas* del material.

El scheduling de las *Órdenes de Producción actual* toma como restricciones la *Disponibilidad Estimada* de los materiales. Estas restricciones, a diferencias de las restricciones de capacidad de producción (las cuales definimos como “duras”), las consideramos “Flexibles”; en el sentido que durante la selección de un scheduling, es posible modificar las *Órdenes de Compra Estimadas*, ya sea adelantando la fecha y/o incrementando el volumen de la compra para hacer factible una secuencia de producción. También es posible retrasar y/o reducir el volumen de una compra a efecto de reducir inventarios.

El rango de Flexibilidad de una restricción de disponibilidad de material es determinado por varios parámetros, los más comunes son: cantidad mínima y máxima permitida para un lote de compra, y el plazo de entrega.

En resumen, la característica esencial de esta estrategia es que utiliza el plan de producción estimado para realizar una estimación del cronograma de compra de materiales. Luego las *Órdenes de Compra concretas* son decididas por el Módulo de Scheduling, dentro del margen de Flexibilidad que resulte de la planificación previa y las modificaciones posteriores.

El Plan de producción estimado se actualiza por períodos de 7 a 15 días, exceptuando casos de imprevistos que no permiten ajustes del cronograma de compras estimadas actual.

Con esta estructura de información, es relativamente fácil evaluar la viabilidad de incorporar al scheduling actual una nueva orden de producción.

En la sección siguiente, describimos el análisis y diseño del SSGM basado en esta estrategia de manejo de la información.

## **ANALISIS Y DISEÑO ORIENTADO A OBJETOS**

En el diseño de este módulo hemos utilizado la metodología de análisis y diseño orientado a objetos propuesta por Grady Booch (1993).

Hemos realizado el análisis y diseño del módulo comenzando con una definición de los escenarios principales a los cuales el sistema debiera dar soporte. Como ejemplo presentamos el escenario principal, el cual denominamos *Planificación de Compra de Materiales*:

ESCENARIO: <i>Planificación de Compra de Materiales</i>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Seleccionar el Plan de Producción Agregado</li><li>2. Desagregar el Plan de Producción</li><li>3. Generar el Plan de Compra de Materiales</li><li>4. Determinar las Órdenes de Compra</li></ol>

A partir de este escenario, si realizamos un análisis de sustantivos, podemos inferir como clases/objetos candidatos los siguientes: *Plan de Producción Agregado*, *Plan de producción Desagregado*, *Plan de Compra de Materiales*, *Horizonte de Tiempo* y *Órdenes de Compra de Materiales*. En la Figura 2 mostramos el *Diagrama de Interacción* correspondiente, el cual representa la interacción entre las clases/objetos candidatos.

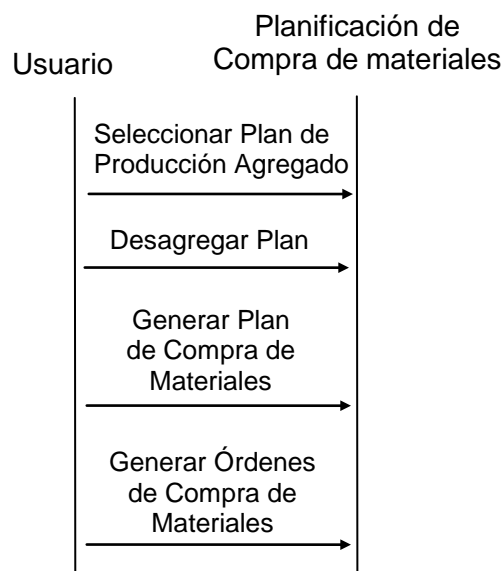


Figura 4: Diagrama de Interacción

En este trabajo definimos como *Plan de Compra de Materiales* al conjunto de órdenes de compra de materiales definido para un horizonte de tiempo determinado. Luego, es posible considerar a la clase/objeto *Plan de Compra de Materiales* compuesta por las clases/objetos *Horizonte de Tiempo*, *Materiales* y *Órdenes de Compra de Materiales*. El vínculo corresponde a una relación de composición.

Un *Plan de Producción Desagregado* consiste en un conjunto de productos a producir durante un determinado horizonte de tiempo. De este modo, la clase/objeto *Plan de Producción Desagregado* es compuesta por las clases/objetos *Producto* y *Horizonte de Tiempo*. Resulta evidente una relación de composición entre estas clases/objetos.

Por otra parte, un plan de compra de materiales se genera a partir de un plan de producción desagregado a través de la información de la *lista de materiales* asociada a cada *Producto*; información administrada por el subsistema soporte de diseño de producto. Es decir, todo *Plan de Compra de Materiales* estará asociado a un *Plan de Producción Desagregado*. Esto permite inferir

una relación de asociación entre las clases/objetos *Plan de Compra de Materiales* y *Plan de Producción Desagregado*.

Representamos en el Diagrama de Clases 1 los resultados de este análisis.

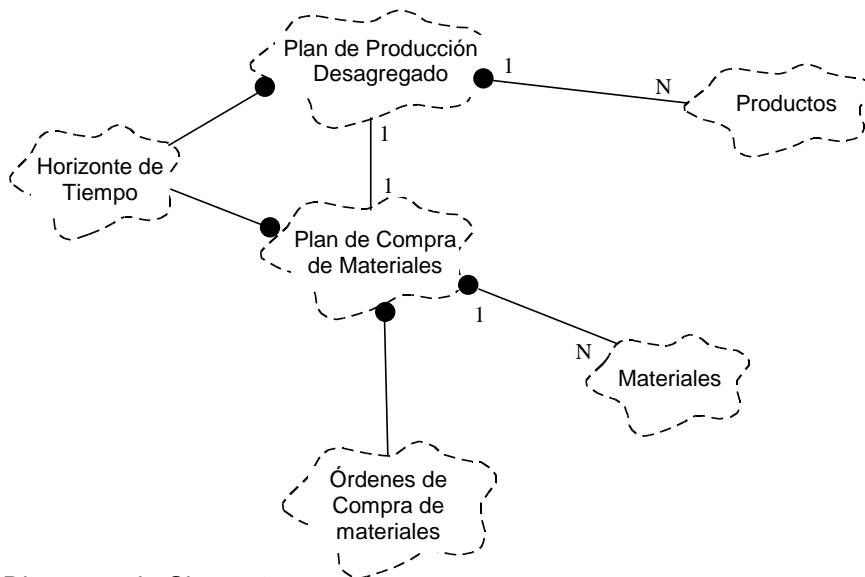


Diagrama de Clases 1

El Plan de Producción Agregado definido a nivel de familia de productos es determinado por el subsistema soporte de planificaciones a corto y mediano plazo. El subsistema soporte de la gestión de materiales recibe dicho plan; a partir del mismo, utilizando un *Pronóstico de Ventas* generado a través del subsistema soporte de predicciones, desagrega el plan de producción, obteniendo el *Plan de Producción Desagregado*. Podemos inferir entonces una relación de asociación entre las clases *Plan de Producción Agregado* y *Plan de Producción Desagregado*; mientras que corresponde una relación de uso entre las clases *Plan de Producción Desagregado* y *Pronóstico de Ventas*. Representamos esto en el Diagrama de Clases 2:

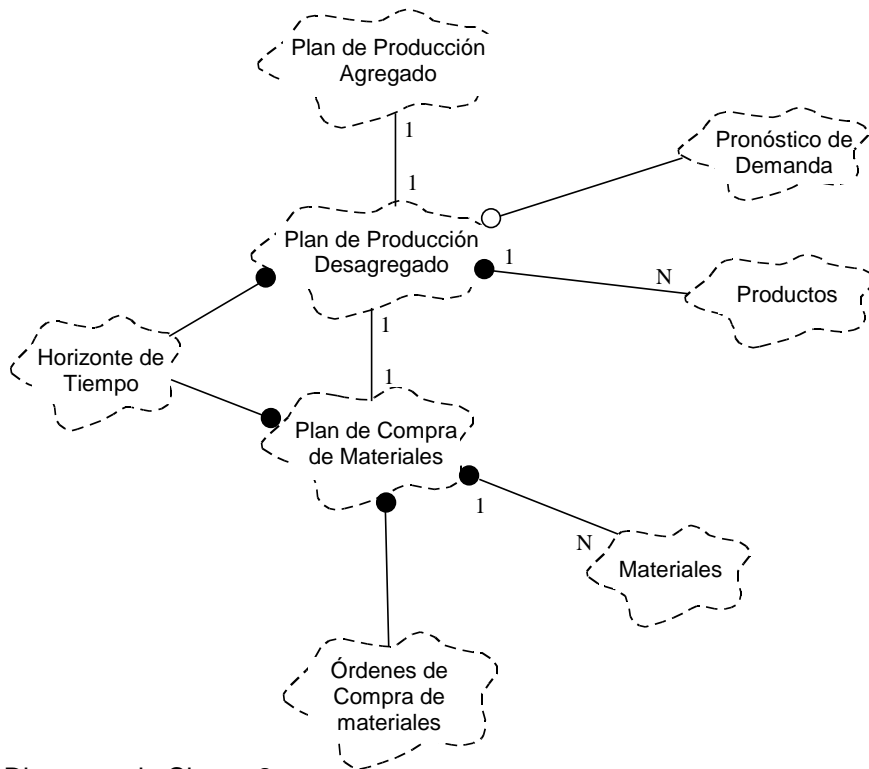


Diagrama de Clases 2

Para generar las órdenes de compras, el usuario selecciona el *Modelo* y/o la *Técnica* a utilizar. El usuario puede definir para distintos materiales o conjuntos de materiales diferentes modelos o técnicas (por ejemplo puede recurrir a una clasificación de los materiales usando la técnica ABC, puede definir una política JIT para determinados materiales, etc.). Podemos inferir entonces la existencia de una clase/objeto que denominamos *Modelos* y *Técnicas*. Luego, el sistema utiliza estos modelos o técnicas para determinar las órdenes de compra de materiales. Podemos considerar entonces que entre las clases/objetos *Modelos* y *Técnicas* y *Plan de Compra de Materiales* existe una relación de uso.

Respecto a las *Órdenes de Compra de Materiales generadas*, cada una de ellas estará asociada a un *proveedor*. A su vez un proveedor podría tener asociadas varias órdenes de compra. La selección del proveedor la puede realizar el usuario. En el caso de los materiales involucrados en una política JIT, la orden se asigna al proveedor homologado. Inferimos entonces la existencia de una clase/objeto que denominamos *Proveedor*. La relación que la vincula con la clase/objeto *Órdenes de Compra de Materiales* corresponde a una asociación.

Con estos nuevos elementos agregados al análisis, generamos el Diagrama de Clases 3:

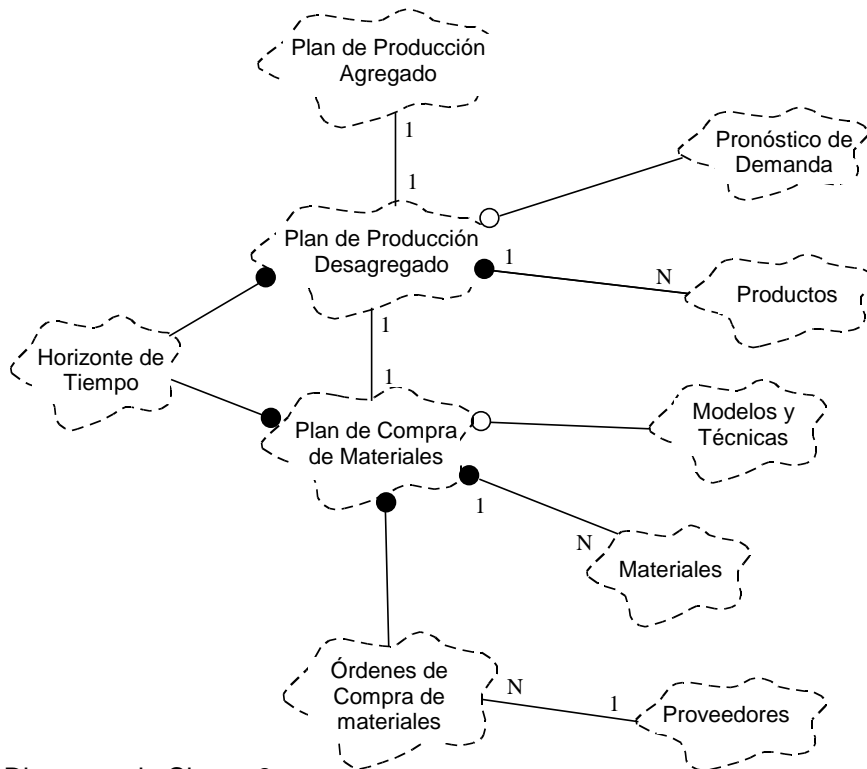


Diagrama de Clases 3

Según lo hemos expresado en la sección anterior, en la que explicamos el mecanismo básico de generación de la información del SSGM, existen dos categorías de órdenes de compra, éstas son: Las *órdenes de compra estimadas* aún no concretadas como tales. Dichas órdenes dan lugar a la flexibilidad de las restricciones de materiales referida en la sección anterior. Una vez que se concreta la orden de compra con el proveedor, y no existiendo ya posibilidad de modificación, pasa a ser una *orden de compra concreta*. Cada una de estas órdenes tiene un papel esencialmente diferente como soporte de información, por esta razón inferimos la existencia de las clases/objetos *Órdenes de Compra Estimadas* y *Órdenes de Compra Concretas*. Ambas clases comparten atributos y algunos métodos, los que son heredados de la clase *Órdenes de Compra*. Luego, ambas clases/objetos son vinculadas con la clase *Órdenes de Compra* a través de una relación de herencia. Representamos esto en el Diagrama de Clases 4:

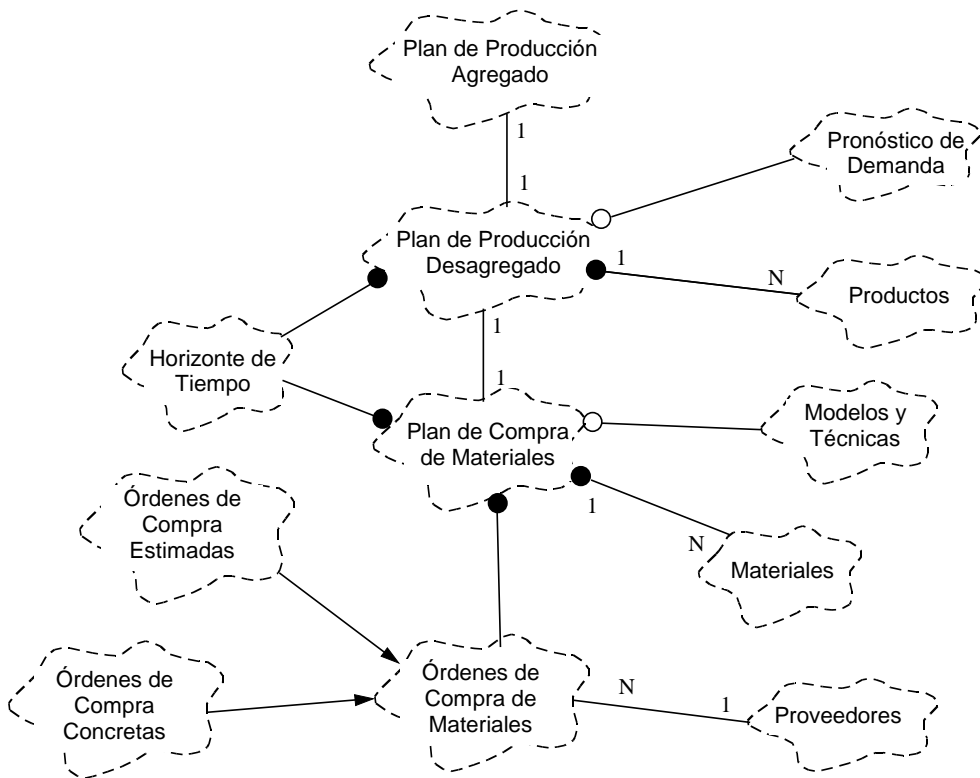


Diagrama de Clases 4

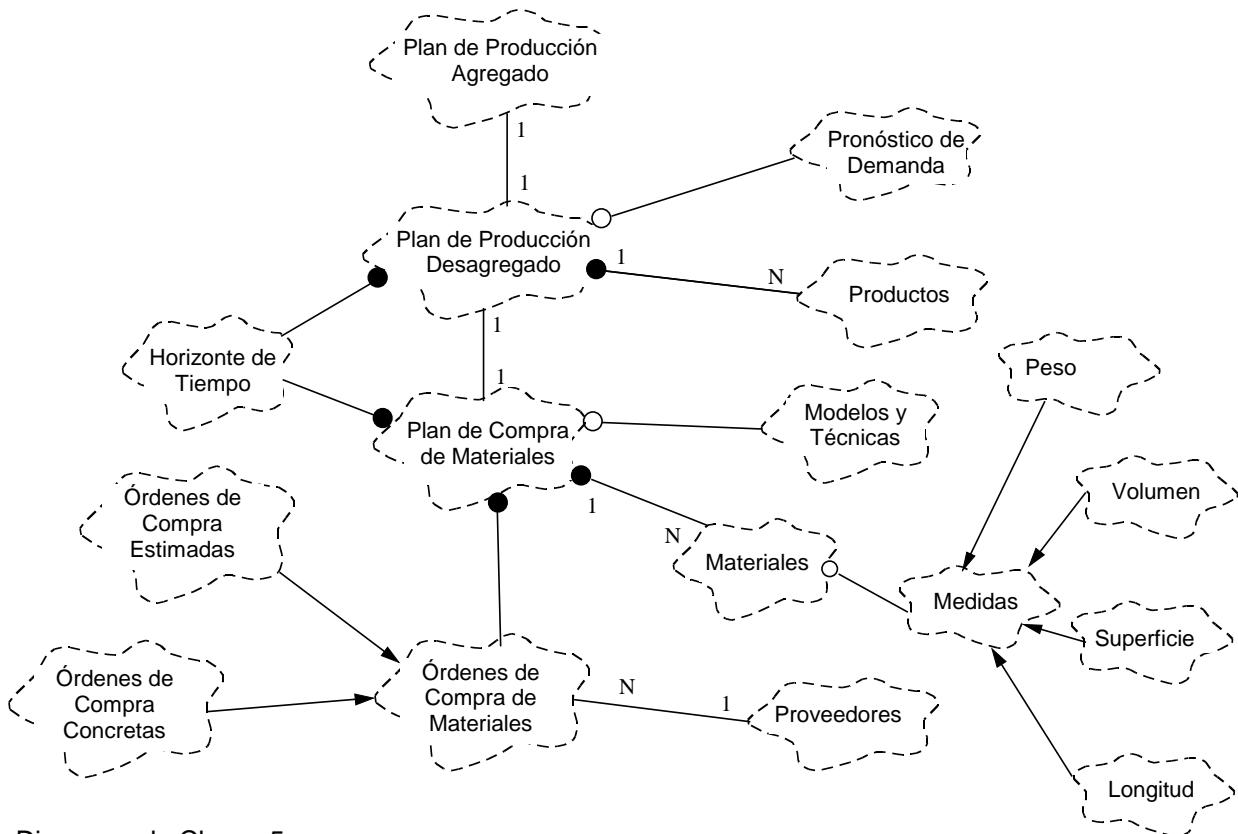


Diagrama de Clases 5



Los *materiales* requieren definir cuáles son sus medidas o valores a utilizar. Para poder trabajar con distintos tipos de unidades de medidas se define una clase *Medidas* con diferente especialización. Estas también deben definir sus fórmulas de cálculo para poder aplicar a los valores concretos que se suministren. Los *Materiales* deben hacer uso de esta clase para determinar la unidad de medida de los elementos que “instancien”. Por ejemplo: Una plancha de madera de cedro debe decir que su medida es superficie, y su ancho y largo. La relación de uso de la clase *Medidas* por parte de la clase *Materiales* se representa en el Diagrama de Clases 5.

Hemos presentado así una comprensión básica del problema. El paso siguiente fue realizar un análisis detallado de la estructura de cada clase y de sus responsabilidades (métodos). Para esto hemos desarrollado el *Diccionario de Clases* para cada una de las clases. A modo de ejemplo mostramos el diccionario de la clase *Materiales*:

NOMBRE DE CLASE: Materiales
DESCRIPCION: Es la clase base de los distintos tipos de materiales
PROPIEDADES: <ul style="list-style-type: none"><li>➤ nombre</li><li>➤ descripción</li><li>➤ identificador</li><li>➤ marca JIT</li><li>➤ plazo de vencimiento</li><li>➤ existencia actual</li><li>➤ lista de proveedores</li></ul>
METODOS: <ul style="list-style-type: none"><li>➤ crearse</li><li>➤ destruirse</li><li>➤ modificarse</li><li>➤ mostrar lista de miembros</li><li>➤ mostrar lista de proveedores</li><li>➤ actualizar lista de miembros</li><li>➤ actualizar lista de proveedores</li></ul>

A partir de este análisis detallado se obtuvo información sobre las relaciones estructurales necesarias (por ejemplo, que la clase *Materiales* necesitará de una lista de proveedores de la misma), como así también un detalle de los atributos de cada clase, y un detalle de los métodos requeridos por la clase.

## CONCLUSIONES

Debemos destacar que, siguiendo lo propuesto por Sage 1991, hemos adoptado una política de desarrollo evolutiva del SSGM prototipo. Debido a esto, hemos avanzado en el análisis y diseño del subsistema hasta un nivel considerado satisfactorio y luego pasamos a la etapa de programación. Los resultados de esta primer versión académica del prototipo seguramente sugerirán cambios tanto en la estructura de la información como del diseño del sistema. En este trabajo hemos descripto brevemente el mecanismo de generación de la información, y en función de las mismas hemos descripto los pasos seguidos y los criterios de análisis y diseño orientado a objeto utilizados.

Una característica, que marca una diferencia sustancial con los sistemas MRPs, es que la estructura de este sistema ha sido desarrollada bajo el concepto de obtener un sistema que permita estimar las órdenes de compra de materiales a partir de las estimaciones de demanda de productos. Estas órdenes estimadas son las que confieren flexibilidad a las restricciones de

disponibilidad de recursos que definen la región factible al momento de realizar el scheduling de las órdenes de producción. Esta flexibilidad es también la que facilita (desde el punto de vista de los materiales) la incorporación de nuevas órdenes de producción al schedule actual. En otros términos, la flexibilidad está dada por la posibilidad de realizar modificaciones locales del plan de compra de materiales para acomodar las órdenes de producción.

La flexibilidad se mantiene hasta tanto surja la necesidad de concretar con el proveedor la orden de compra del material en cuestión. La filosofía de los sistemas MRPs es definir un programa master de producción y de ese programa derivar el plan de compras de materiales. Ese plan se debe cumplir estrictamente (salvo imprevistos) durante todo el período para el cual se ha establecido.

También es importante destacar que el diseño del módulo compatible con la estructura de un SSD global, establece un vínculo muy fluido de comunicación con los módulos con cuales debe intercambiar información. Este vínculo es el que se requiere para implementar una política de producción por pedidos, debido a los permanentes cambios producidos por el ingreso de nuevas órdenes.

El prototipo se implementa utilizando el lenguaje de programación visual DELPHI, para lo cual debimos compatibilizar el diseño de objetos realizado siguiendo la metodología de G. Booch, y el lenguaje de programación. La adaptación más importante ha sido quizás la necesidad de almacenar objetos en tablas relacionales.

## REFERENCIAS

- Booch,G., (1993), *Object Oriented Analysis and Design*, J.Wiley & Sons
- Machuca, M.A. (1995), *Dirección de Operaciones, Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios*, McGraw-Hill.
- Morton, T.E. y D.W. Pentico, (1993), *Heuristic Scheduling Systems*, John Wiley & Sons, New York
- Rico M., O.Yuschak, M.L.Taverna, J. C.Ramos, M.R Galli and O.Chiotti, *Decision Support Systems Generator for Industrial Companies*, Proceeding of 21th International Conference on Computers & Industrial Engineering. Puerto Rico, (Marzo 1997).
- Sage,A.P. (1991), *Decision Support Systems Engineering*, John Wiley & Sons