



Instituto Politécnico Nacional

Secretaría de Investigación y Posgrado
Centro de Investigación en Computación

Planificación de recursos de manufactura. Caso de estudio: industria del calzado

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE CÓMPUTO

P R E S E N T A

ING. THELMA IVONNE LÓPEZ LARA



DIRECTORES DE TESIS:

**Dra. Sandra Dinora Orantes Jiménez
Dr. Sergio Suárez Guerra**

CDMX

JUNIO 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 12:30 horas del día 27 del mes de septiembre de 2017 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del:

Centro de Investigación en Computación

para examinar la tesis titulada:

"Planificación de recursos de manufactura. Caso de estudio: industria del calzado"

Presentada por el alumno(a):

López
Apellido paterno

Lara
Apellido materno

Thelma Ivonne
Nombre(s)

Con registro:

B	1	5	1	1	9	9
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE CÓMPUTO**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA
Directores de Tesis

Dra. Sandra Dinora Orantes Jiménez

Dr. Sergio Suárez Guerra

Dra. Nareli Cruz Cortés

Dr. Gilberto Lorenzo Martínez Luna

Dr. Jorge Armando Rojas Ramírez

Dr. Marco Antonio Moreno Ibarra

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Marco Antonio Ramírez Salinas





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 09 del mes mayo del año 2018, la que suscribe **Thelma Ivonne López Lara**, alumna del programa de **Maestría en Ciencias en Ingeniería de Cómputo** con número de registro **B151199**, adscrito al **Centro de Investigación en Computación**, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **Dra. Sandra Dinora Orantes Jiménez** y cede los derechos del trabajo titulado **Planificación de recursos de manufactura. Caso de estudio: industria del calzado**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección ivy.lara09@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Thelma Ivonne López Lara

Resumen

La producción de calzado es una industria con un gran arraigo en la República Mexicana, siendo los estados de mayor tradición y en los que se concentra la producción Guanajuato, Jalisco, Estado de México y Ciudad de México, sin embargo, ocupa el séptimo lugar a nivel mundial, debido a su falta de competitividad. Por otra parte, la información es el arma principal de las organizaciones para alcanzar el éxito.

Por consiguiente, es preciso tener un control sobre los procesos de manufactura, surgiendo la necesidad de apoyar a la industria nacional a adaptarse a nuevas tecnologías que les permita optimizar, simplificar y elevar la calidad de los procesos de diseño y manufactura, motivo por el cual se genera como resultado el trabajo de esta tesis, con el desarrollo de un sistema de información para generar la Planificación de Recursos de Manufactura. Caso de estudio: Industria del calzado, como una variante de los sistemas de software MRP II dirigido específicamente a la fabricación de calzado, aplicando técnicas y procesos de ingeniería de software, lo cual, ha permitido obtener un prototipo escalable que está preparado para ampliar su funcionamiento sin perder calidad en las tareas que ofrece, que admite mejorar el control y la planificación de la producción considerando los diversos tipos de calzado que puedan fabricar y de esta forma, contribuir a un mejor funcionamiento interno de las fábricas para poder enfrentarse al ambiente implacable y competitivo actual.

Para alcanzar el objetivo deseado se ha recabado información de los sistemas de software que han existido a lo largo del tiempo para apoyar a los procesos de manufactura y así, poder realizar el análisis de requerimientos adecuado para el producto resultante como parte de esta investigación. A su vez, también se documenta el modelado del sistema y se ha probado su funcionamiento por medio de la implantación del prototipo en una fábrica de calzado en México y se han documentado los resultados obtenidos, con la intención de tomarlas en cuenta, adecuarlas en el sistema o incluirlas como trabajos futuros y considerarlas para las áreas de esta industria, que faltan por automatizarse.

Abstract

The footwear manufacturing is an industry with a great root in Mexico, being the states of greater commerce and which are concentrated, Guanajuato, Jalisco, Estado de Mexico and Mexico City; nevertheless it occupies the seventh place in the world in footwear production, due the lack of competitiveness. On the other hand, information is the main weapon of organizations to achieve success.

Therefore, it is necessary to have control over the manufacturing processes, arising the need to support the national industry to adapt to new technologies that allow them to optimize, simplify and elevate the quality of the design and manufacturing processes, reason for which the work of this thesis is generated as a result, with the development of an information system to generate the Manufacturing Resource Planning. Case study: Footwear industry, as a variant of MRP II software systems specifically aimed at footwear manufacturing, applying software engineering techniques and processes, which has allowed us to obtain a scalable prototype that is prepared to expand its operations without losing quality in the tasks it offers, which allows to improve the control and production planning considering the various types of footwear that can be manufactured and, thus, contribute to a better internal functioning of the factories to be able to face the implacable and competitive current environment.

In order to achieve the desired objective, information has been gathered from the software systems that have existed over time to support the manufacturing processes and, thus, to be able to perform the adequate requirements analysis for the resulting product as part of this investigation. In turn, the modeling of the system is also documented and its operation has been proven through the implantation of the prototype in a footwear factory in Mexico and the results obtained have been documented, with the intention of taking them into account, adapting them in the system or include them as future works and consider them for the areas of this industry, which are still to be automated.

Agradecimientos

Antes que nada quiero dar Gracias a Dios, por permitirme cumplir un objetivo más en mi vida.

Quiero agradecer sinceramente a todas las personas que compartieron sus conocimientos conmigo y en general a todos los que me brindaron su apoyo personal y humano para hacer posible la conclusión de esta tesis.

Gracias a mi familia, especialmente a mi madre y mi abuela, porque siempre han creído en mí y siempre me han dado su apoyo incondicional.

A la familia Rocha-Lara por creer en mí y adoptarme en su maravillosa familia.

A todos mis amigos que siempre me dieron ánimos para seguir superándome en mi vida profesional.

Al Centro de Investigación en Computación, por ser como mi segunda casa donde pude ampliar mis conocimientos, hacer nuevos amigos y conocer personas extraordinarias que han dado un gran aporte a mi vida tanto profesional como personal.

Especialmente agradezco a mis directores de tesis, la Dra. Sandra Dinora Orantes Jiménez y el Dr. Sergio Suárez Guerra por su interés y recomendaciones respecto a esta investigación. Gracias al Dr. Jorge Armando Rojas Ramírez por sus ideas para mejorar mi trabajo.

Al Instituto Politécnico Nacional por darnos una formación de calidad para enfrentarnos al competitivo mundo laboral.

Al CONACyT y a la SIP por su apoyo económico y su interés para impulsar la investigación.

A todos muchas gracias.

Índice

Capítulo 1 Introducción.....	13
1.1 Antecedentes	14
1.2 Planteamiento del problema	17
1.3 Solución propuesta.....	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 Justificación	19
1.6 Beneficios esperados.....	19
1.7 Alcances y limitaciones	20
1.8 Organización de la tesis.....	21
Capítulo 2 Marco teórico	22
2.1 Introducción	22
2.2 Estado del arte	22
2.2.1 Finite Progressive Planning for the Assembly Process in Footwear.....	22
2.2.2 An Economy Manufacturing Enterprise System. A Case Study of Plastic Injection Factory	23
2.2.3 Implementation of Manufacturing Resource Planning issues in practice	24
2.3 Sistemas de información	24
2.3.1 Sistemas de información para la manufactura	25
2.3.2 Programación maestra de producción.....	26
2.3.3 Planificación de requerimiento de materiales	27
2.3.4 Lista de materiales	28
2.3.5 Control de inventarios de manufactura	29
2.3.6 Planificación de requerimientos de capacidad	30
2.3.7 Control de planta.....	31
2.3.8 Costos estándar.....	33
2.3.9 Costeo de trabajos	34
2.3.10 Desempeño de la mano de obra	34

2.3.11 Ingeniería de diseño	35
2.4 Planificación y control de la producción	37
2.4.1 Entornos de producción	37
2.4.2 Procesamiento por lotes o intermitente.....	38
2.4.3 Flujos de información general.....	39
2.5 Diseño de calzado.....	39
2.5.1 Anatomía del calzado	40
2.5.2 La Horma	41
2.5.3 Patrones	42
2.5.4 Dibujos técnicos	43
2.6 Ingeniería de software	45
2.6.1 Modelos de proceso del software.....	45
2.6.2 Modelo de ciclo de vida en espiral.....	45
2.6.3 UML	46
Capítulo 3 Diseño y modelo de desarrollo	48
3.1 Introducción	48
3.2 Análisis de requerimientos.....	48
3.2.1 Requisitos del software	48
3.2.2 Administración de productos	51
3.2.3 Planificación de la producción	56
3.3 Diseño.....	61
3.3.1 Modelo de desarrollo	61
3.3.2 Arquitectura del software	62
3.4 Desarrollo	62
3.4.1 Programas y herramientas para el desarrollo del sistema.....	62
3.4.2 Diccionario de datos.....	63
Capítulo 4 Implantación y Pruebas	69
4.1 Introducción	69
4.2 Implantación.....	69
4.2.1 Exportación de la información	70
4.3 Pruebas.....	70
4.3.1 Pruebas de aceptación	71

4.3.2 Pruebas beta	79
4.4 Resultados	86
Capítulo 5 Conclusiones	88
5.1 Conclusiones.....	88
5.2 Logros alcanzados	89
5.3 Trabajos futuros	89
Glosario	91
Bibliografía	92
Anexo 1 Descripción de diagramas UML.....	94
Anexo 2 Navegación del sistema.....	98

Índice de Figuras

Figura 1 Sistema de aplicaciones básicas en una empresa manufacturera.[4]	16
Figura 2 Interfaz gráfica del prototipo Sistema Empresarial de Manufactura.....	23
Figura 3 Un sistema de información es la combinación de cinco elementos: personas, hardware, software, datos y redes de telecomunicaciones.[10]	25
Figura 4 Esquema de un sistema de información para la manufactura. [2]	26
Figura 5 Modulo de programación maestra de producción.[2]	27
Figura 6 Módulo de planificación de requerimientos de materiales. [2].....	28
Figura 7 Módulo de lista de materiales.[2]	29
Figura 8 Módulo de control de inventarios de manufactura. [2].....	30
Figura 9 Módulo de planificación de requerimientos de capacidad. [2]	31
Figura 10 Módulo de control de planta[2]	33
Figura 11 Módulo de costos estándar. [2]	34
Figura 12 Módulo de desempeño de la mano de obra. [2]	35
Figura 13 Módulo de ingeniería de diseño. [2]	36
Figura 14 Flujo general de las actividades de planificación y control [18].....	39
Figura 15 Componentes que forman la estructura básica del calzado.[19]	41
Figura 16 Partes que conforman la horma, con sus nombres específicos.[19]	42
Figura 17 Corte constituido por varias piezas del patrón.[19].....	43
Figura 18 Ficha técnica de una zapatilla.[19]	44
Figura 19 Un modelo en espiral típico [21]	46
Figura 20 Diagrama de paquetes de sistemas y subsistemas requeridos para la Planificación de Recursos de Manufactura	50
Figura 21 Diagrama de casos de uso de los roles de los usuarios en el sistema.....	52
Figura 22 Diagrama de casos de uso de las tareas de administración de los productos.	53
Figura 23 Diagrama de clases relacionadas a la gestión de productos, consumos e insumos.	54
Figura 24 Diagrama de casos de uso para la captura de las actividades un producto.	55
Figura 25 Diagrama de clases de las actividades de los productos.....	55
Figura 26 Flujo de actividades de la planificación de la producción.	57
Figura 27 Planificación de la producción.....	58
Figura 28 Generación de la lista de materiales	59
Figura 29 Programación de la producción	59
Figura 30 Diagrama de clases de la planificación de la producción.....	60
Figura 31 Diagrama de clases para la Planificación de Recursos de Manufactura.	68
Figura 32 Ventana de captura de lista de materiales por producto. En la primera columna se selecciona el componente, la siguiente columna corresponde al material, la tercera columna indica la talla, seguido de la cantidad requerida y el departamento en el cuál se ocupará el material.	80

Figura 33 Ficha técnica generada con el prototipo, con la información de un producto de la fábrica. Los materiales se encuentran desglosados por talla y departamento	81
Figura 34 Generación de lista de materiales en Excel para compras de material en la fábrica.	82
Figura 35 Reporte de lista de producción generado con el sistema con el que cuenta la fábrica. ..	83
Figura 36 Pantalla de captura de operaciones, indicando si es una operación de control o de proceso, el departamento, el tiempo, costo, secuencia, puesto de trabajo requerido, la maquinaria en caso de que se requiera y el indicador para generar órdenes de producción.....	84
Figura 37 Registro de operaciones de producción en Excel.....	85
Figura 38 Ejemplo de diagrama de casos de uso.[22]	94
Figura 39 Ejemplo de relaciones de casos de uso.[22]	95
Figura 40 Ejemplo de diagrama de actividades. [22]	96
Figura 41 Ejemplo de diagrama de paquetes y sus relaciones. [22]	97
Figura 42 Archivos de instalación del prototipo.	98
Figura 43 Ventana de instalación del prototipo.....	98
Figura 44 Menú principal del prototipo	99
Figura 45 Manú lateral	99
Figura 46 Menú superior de catálogos.....	100
Figura 47 Pantalla de consulta, actualización y captura de información.....	100
Figura 48 Menú de los materiales	101
Figura 49 Menú de los productos	101
Figura 50 Menú de producción	101

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación de los sistemas MRP, MRP II y ERP de acuerdo a las características mencionadas en [4]. (Elaboración propia)	15
Tabla 2 Resumen de las categorías de procesos [18].....	38
Tabla 3 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para el desarrollo del software.....	61
Tabla 4 Diccionario de datos del prototipo.....	63
Tabla 5 Caso de prueba para la gestión de catálogos.....	71
Tabla 6 Caso de prueba para la captura de productos	72
Tabla 7 Caso de prueba para la captura de insumos de un producto.	72
Tabla 8 Caso de prueba para la captura de consumos de un producto.....	73
Tabla 9 Caso de prueba para la asignación de actividades a un producto.	73
Tabla 10 Caso de prueba de la consulta de requerimientos de materiales.....	74
Tabla 11 Caso de prueba de la generación del concentrado de lista de materiales por programa.	75
Tabla 12 Caso de prueba para el desglose de un pedido.....	75
Tabla 13 Caso de prueba para la generación del concentrado de la lista de materiales por programa.....	76
Tabla 14 Caso de prueba para la regeneración de la lista de materiales.....	76
Tabla 15 Caso de prueba para la consulta de requerimientos de materiales para un programa de producción.	77
Tabla 16 Caso de prueba de la notificación de abastecimiento de materiales para un programa. .	77
Tabla 17 Caso de prueba de consulta de abastecimiento de material de un programa.	77
Tabla 18 Caso de prueba de la generación de la programación	78
Tabla 19 Caso de prueba de la generación de órdenes de producción.	78
Tabla 20 Caso de prueba para la generación de vales de trabajo.	78

Capítulo 1 Introducción

La fabricación de calzado mexicano es una actividad comercial muy importante en el país; de acuerdo a la Secretaría de Economía[1], la industria del calzado en México se concentra principalmente en cuatro entidades de la República: Guanajuato 70 %, Jalisco 15 %, Estado de México 5 % y la Ciudad de México 3 %. La industria del calzado es el principal eslabón de la cadena cuero-calzado-marroquinería y se integra por cerca de 7 mil 400 establecimientos productores (equivalentes al 68.4% del total de la cadena productiva). En 2014 se exportaron 25.6 millones de pares de zapatos, con valor de 571.7 millones de dólares y en agosto del mismo año se estableció un marco para impulsar acciones que propicien la productividad y la competitividad de la industria, así como para prevenir y combatir la subvaluación de mercancías importadas. En todo el territorio nacional existen cerca de 41 mil 500 zapaterías.

Existe una gran variedad de fábricas manufactureras. La manufactura puede variar desde trabajos repetitivos hasta específicos; los productos fabricados pueden ser vendidos a consumidores finales, a otras empresas o para el gobierno. Un fabricante puede contar con una o múltiples plantas y los recursos con los que cuenta una fábrica, puede variar ampliamente de un fabricante a otro. Sin embargo, la necesidad de un sistema de información viable para auxiliar en la coordinación y control de diversas operaciones, es algo que tienen todos los fabricantes en común. [2] Los sistemas de información son parte fundamental para hacer negocios, sin ellos la mayoría de las empresas no podrían funcionar. [3] Tomando como caso de estudio la industria del calzado se propone diseñar un software que permita llevar a cabo la planificación de la producción del zapato.

1.1 Antecedentes

En los años sesenta, las computadoras se utilizaron por primera vez para resolver problemas de negocios. Los sistemas de software MRP (Material Requirements Planning) aparecieron y se ofrecieron a las empresas de producción y se consideraban más sofisticados, comparados con otros tipos de software disponible hasta ese entonces, a pesar de que la mayoría de ellos solo procesaba lógica simple, es decir transformaba datos de entrada en datos de salida. Una función importante de los MRP era el cálculo de los requerimientos de material necesarios para la realización de cierto programa de producción en un tiempo razonable, respondiendo a dos preguntas fundamentales: ¿Cuáles materiales y que cantidades se necesitan para producir un programa de producción dado? y ¿Cómo se pueden satisfacer las necesidades de material? Responder a estas preguntas requiere de una gran cantidad de cálculos y la consideración de muchos detalles, que dependen de la complejidad de los productos industriales y los elementos contenidos en la explosión de materiales. A pesar de las ventajas que ofrecían los sistemas MRP para realizar una buena planificación de los materiales, esto no era suficiente para realizar una buena planificación de la producción.

Posteriormente, surgió MRP II (Manufacturing Resource Planning), el cual consideraba todos los recursos necesarios que deben ser considerados en la planificación no solo de los materiales, entre sus funcionalidades se encontraban la planificación y el control de las capacidades, ordenes de producción e incluso, otras áreas de negocios como cálculo de costos y ventas. Sin embargo, aunque tuvo un gran impacto en las empresas manufactureras aun existían áreas que no estaban implementadas.

Dado que existen más áreas de negocios además de la producción que contribuyen al éxito de una empresa, aparecieron los ERP (Enterprise Resource Planning), que son sistemas que soportan una amplia gama de tipos de empresa además de las de fabricación. Estos sistemas manejan funcionalidades generales como la contabilidad, el control, la planificación financiera y de recursos humanos para todo tipo de empresas; y para las empresas manufactureras, incluyen la funcionalidad MRP II.[4] MRP II es el núcleo de los sistemas ERP que han sido utilizados ampliamente en la industria manufacturera.[5] En la Tabla 1 se muestra la comparación de los sistemas MRP, MRP II y ERP.

Los beneficios potenciales de utilizar los sistemas MRP II en las empresas manufactureras es por ejemplo, minimizar los niveles de inventario y costos de transporte, determinar los tamaños de lotes de pedidos más económicos, rastreo de los requerimientos de material, asignando tiempo de producción entre varios productos y creando existencias seguras. [6]

**Tabla 1 Comparación de los sistemas MRP, MRP II y ERP de acuerdo a las características mencionadas en [4].
(Elaboración propia)**

Características	MRP	MRP II	ERP
Lista de materiales	✓	✓	✓
Seguimiento de inventario	✓	✓	✓
Programación de la capacidad de maquinaria		✓	✓
Adquisición de datos de producción		✓	✓
Cálculo de costos de producción		✓	✓
Contabilidad			✓
Planeación financiera			✓
Recursos humanos			✓

En un principio las aplicaciones de sistemas eran desarrolladas para resolver un problema específico, por lo que eran sistemas independientes que no estaban conectados entre ellos. Dado que hoy en día las empresas utilizan un amplio número de sistemas de información que deben ser integrados para trabajar en conjunto, se ha desarrollado software estándar que puede ser utilizado por diversas compañías.

En la actualidad las empresas han dejado algunas actividades a sus socios o proveedores para concentrarse en la competitividad, por lo que las cadenas de suministro se han vuelto importantes para los proveedores y las empresas, tanto como sus procesos de negocios internos. Dada esta situación se han creado sistemas SCM (Supply Chain Management) que pueden trabajar en conjunto con los ERP.

En la Figura 1 se puede observar la configuración de software de negocios para una empresa manufacturera que se compone de al menos tres grandes sistemas: ERP, SCM y CRM (Customer Relationship Management) los cuales, se intentan integrar para que trabajen en conjunto con un DBMS (Database Management System) que preferentemente utilice la misma base de datos. Estos sistemas son generalmente software estándar y se pueden personalizar, de acuerdo a los requerimientos de las empresas. [4]



Figura 1 Sistema de aplicaciones básicas en una empresa manufacturera.[4]

1.2 Planteamiento del problema

Las organizaciones deben sobrevivir en un ambiente implacable y competitivo. La información es el arma principal para ayudar a alcanzar las metas de los gerentes, de productos y servicios de excelencia y de una mayor productividad, es decir a alcanzar el éxito. Sin importar cuál sea la industria, las compañías que producen la información de más alta calidad permanecerán o se convertirán en las más fuertes competidoras del ramo. [2]

La fabricación de calzado en México, al ser una actividad económica importante y tomando en cuenta que la manufactura puede tener procesos complejos, dependiendo del tipo de calzado que se fabrique, es necesario y es requerido por esta industria, que se tenga un control sobre las tareas necesarias para la fabricación, por lo que se precisa de un sistema de información enfocado a la manufactura como una solución factible para facilitar la administración de dichos procesos y poder generar los reportes necesarios en un tiempo razonable.

1.3 Solución propuesta

Atender a los diferentes procesos que engloban la fabricación del calzado no es una tarea sencilla, por lo que se propone desarrollar un sistema de software que facilite las tareas de planificación y programación de la producción, auxiliando a los usuarios a la toma de decisiones y generando los reportes necesarios para la gestión de los procesos como el caso de las órdenes de producción, la descripción de la ficha técnica y la lista de materiales. Estas tareas son fundamentales para iniciar el proceso de fabricación de un producto y se propone partir de ellas, como la base para desarrollar un sistema de producción que permita administrarlas.

Considerando la industria del calzado en México y la diversidad de pequeñas y medianas empresas manufactureras, se propone diseñar un sistema de software que se adecue a las necesidades específicas de esta área, para tener un mejor control en la planificación de la producción considerando los diversos tipos de calzado que puedan fabricar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de software escalable para la planificación de recursos de manufactura de una fábrica de calzado aplicando técnicas y metodologías de ingeniería de software.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recabar información sobre el software que se ha desarrollado a con el paso de los años, para apoyar a los procesos de manufactura.
- Investigar el estado actual de la industria del calzado en México.
- Proponer una solución de software para la planificación de la producción.
- Realizar el análisis de requerimientos del software.
- Generar los diagramas UML para el diseño correspondiente al resultado del análisis de los requerimientos.
- Desarrollar el software para la planificación de la producción.
- Implantar el software en una fábrica de calzado.
- Realizar pruebas de funcionalidad y aceptación.
- Documentar pruebas y obtener resultados y conclusiones con base en la implantación en una fábrica de calzado.

1.5 Justificación

Empresarios de diversos sectores productivos señalaron su preocupación por el ingreso de China a la Organización Mundial de Comercio, el cual fue aprobado el 10 de Noviembre de 2001, al competir con un país que se ha convertido en una de las grandes potencias mundiales.[7]

China es el principal productor de calzado. De acuerdo a Bancomext, en 2003 su producción era de 5,500 millones de pares. En orden de importancia, China ocupaba el primer lugar, seguido por la India con 682 millones, Brasil con 520 millones, Italia con 425T millones, Indonesia con 318 millones, Turquía con 270 millones y México en séptimo lugar con 170 millones.

En el caso de México, a partir del 2001, la pérdida de competitividad ha provocado la limitada atracción de nuevas empresas y la migración a China de un importante número de empresas que tenían actividad dentro del territorio nacional.

Una de las desventajas de México, es la falta de habilidades y capacidades de los trabajadores mexicanos; se gradúan menos ingenieros que en China, y el nivel de capacitación en el sector de tecnologías de información es bajo. Las empresas no promueven la inversión para el desarrollo de nuevos productos, no crean alianzas estratégicas y no cuentan con certificados de calidad. [7]

Se toma como caso de estudio la industria del calzado en México debido a la importancia económica que representa en el país y con un enfoque principal para pequeñas y medianas empresas, que no cuentan con un sistema de producción que se adapte a sus necesidades.

1.6 Beneficios esperados

Como resultado del análisis de requerimientos para un sistema de producción para la industria del calzado, se espera desarrollar un software que sea la base de un sistema de producción que permita administrar los diferentes tipos de productos de calzado que se puedan fabricar, considerando las capacidades de recursos de producción y con ello, reducir el tiempo de planificación y programación.

1.7 Alcances y limitaciones

El sistema a desarrollar permitirá que el usuario pueda capturar los productos de calzado a fabricar, considerando los materiales (insumos) y los consumos de los mismos, así como también los recursos para la mano de obra que intervenga en el proceso de producción, para con ello poder generar la ficha técnica del producto.

La planificación de la producción se estima con base en pares por semana y al tiempo que tardan los diferentes tipos de calzado en proceso una vez que se inicia su programación y hasta que el producto se encuentra terminado.

Los usuarios podrán programar la producción y generar las órdenes de producción y el concentrado de la lista de materiales requeridos.

El prototipo no se adentrará a la administración de los inventarios, asumiendo que ya se cuenta con un sistema que administra las entradas y salidas de materiales, sin embargo podrá generar la lista de materiales necesarios para la fabricación de un producto, dada su orden de producción.

El prototipo permite la captura de actividades de trabajo con sus respectivos tiempos estimados para su realización, para poder generar los vales de trabajo que son entregados en producción, para que el personal identifique las actividades que se deben realizar para la manufactura del calzado especificado, sin embargo, el prototipo no realiza el cálculo de la capacidad de la producción relacionada a la mano de obra, los tiempos y costos que se puedan estimar con la información capturada.

1.8 Organización de la tesis

Capítulo 1

En este capítulo se presenta una breve introducción al tema a abordar. Además se plantea la situación actual a la que se enfrentan las empresas de manufactura de calzado en México.

Capítulo 2

A lo largo de este capítulo se describen los conceptos generales para la comprensión del proyecto a desarrollar, enfocándose en la parte de la planificación y control de la producción.

Capítulo 3

En este capítulo se encontrará la documentación del análisis de requerimientos, con sus respectivos diagramas en UML, así como la documentación que se genere de la etapa de diseño.

Capítulo 4

En este capítulo se documentará el proceso de implantación del sistema en una fábrica de calzado.

Capítulo 5

En este apartado se documentan los resultados obtenidos de las pruebas del sistema implantado.

Capítulo 6

En este capítulo se describirán las conclusiones y se detallarán los logros alcanzados así como los trabajos futuros que se puedan realizar sobre el sistema desarrollado.

Capítulo 2 Marco teórico

2.1 Introducción

Las compañías actuales funcionan por la información, es un recurso importante en las organizaciones, tan fundamental como la energía o las máquinas. Es el eslabón indispensable que une a todos los componentes de la organización para una mejor operación, coordinación y su supervivencia en un ambiente competitivo y poco amigable.[2]

Kurbel define Sistema de información como “Un sistema basado en computador que procesa la información o los datos introducidos, los almacena, recupera y produce, nueva información para resolver algunas tareas de forma automática o para apoyar a los seres humanos en la operación, control y toma de decisiones de una organización”. [3]

2.2 Estado del arte

Existe una gran variedad de metodologías y software empleados para la planificación y control de empresas manufactureras basados en sistemas MRP II, algunos combinando otros enfoques de sistemas de producción.

A continuación se describen trabajos considerados relevantes, relacionados con este trabajo de tesis.

2.2.1 Finite Progressive Planning for the Assembly Process in Footwear

La programación de las operaciones de producción conocida como MES (Manufacturing Execution Systems), es un sistema de información que programa, despacha, rastrea y controla la producción de la planta. Los sistemas de programación de producción pueden ser de carga infinita o finita, la carga infinita ocurre cuando el trabajo se asigna a un centro de trabajo de acuerdo con lo que se necesita con el tiempo y en un enfoque de carga finita se programa a detalle cada recurso en la

preparación y tiempos de ejecución para cada orden. La planificación basada en un sistema JIT (Just In Time) puede considerarse un problema habitual, ya que los ingenieros a menudo no tienen el tiempo o las herramientas adecuadas para realizar una buena gestión de producción, para esta dimensión de tiempo, la más común es la programación progresiva. En el caso de las empresas de calzado se recomienda optar por el uso de un modelo de planificación y secuenciación de productos, ya que representa una herramienta que se adapta a las condiciones del ensamblaje convencional y permite la mejora potencial de la productividad a través del programa-progresión de cada modelo de calzado considerando los aspectos de demanda y restricciones de producción. [8]

2.2.2 An Economy Manufacturing Enterprise System. A Case Study of Plastic Injection Factory

Una propuesta para la gestión de las empresas manufactureras es el prototipo llamado Sistema de Manufactura Empresarial (Manufacturing Enterprise System) para proporcionar un reporte del rendimiento del proceso, por medio de la manipulación de la información, siendo registrada durante el proceso actual de la línea de producción. El sistema requiere del uso de una base de datos como información primaria. El prototipo se ha desarrollado en el lenguaje de programación Java bajo la arquitectura cliente-servidor. La implementación del prototipo fue realizada en una fábrica de inyección de plástico ubicada en Tailandia. [9] La interfaz gráfica del prototipo se muestra en la Figura 2.

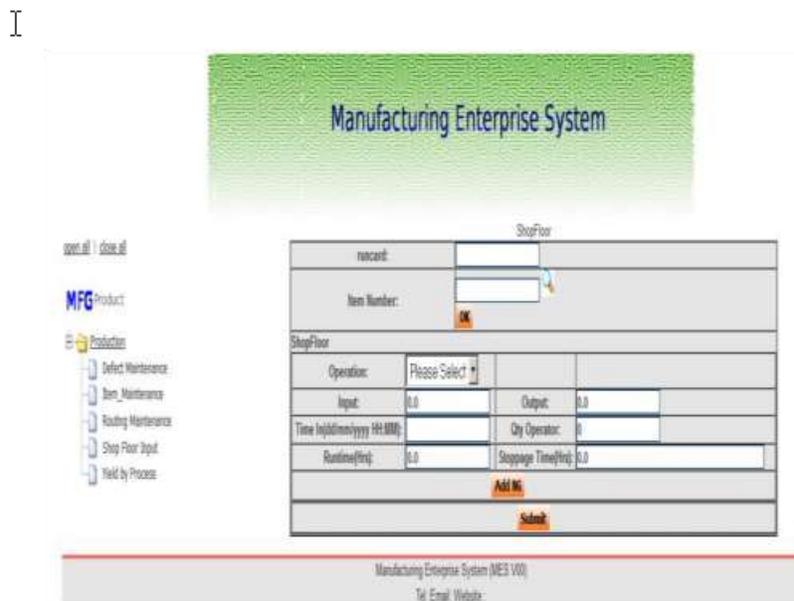


Figura 2 Interfaz gráfica del prototipo Sistema Empresarial de Manufactura.

2.2.3 Implementation of Manufacturing Resource Planning issues in practice

En este trabajo los autores describen las técnicas de implementación de un sistema MRP II en una empresa de fabricación de luces interiores. Los principales requerimientos para la implementación exitosa de un sistema MRP II se componen principalmente de dos condiciones, las entradas y las salidas del sistema.

Las tres entradas principales de un sistema MRP II son el programa maestro de producción, los registros de estructura del producto y los registros de estado del inventario. El sistema MRP II genera dos informes principales como salida: órdenes de fabricación y órdenes de compra.

A través de esta investigación se ha demostrado que la implementación de MRP puede traer beneficios significativos a los fabricantes, mejorando la calidad del producto, reduciendo los plazos de entrega, reduciendo las horas extras, reduciendo la chatarra, reduciendo el stock de seguridad, mejorando la productividad, aumentando el rendimiento, mejor estimación de costos, minimizando el trabajo en proceso (Work In Process) y una mejor programación de producción.

El estudio de caso dado crea una suposición de que, incluso si el stock del inventario debe ser demasiado costoso y consumir a tiempo, o no es posible realizar un inventario completo, se recomienda implementar el sistema MRP II de todos modos. [6]

En conclusión, con esta sección y con los trabajos analizados y que fueron seleccionados por ser los que se consideran cercanos a esta investigación, se analizan y se encuentran aspectos importantes que sirven de base para fundamentar este trabajo de tesis.

2.3 Sistemas de información

Los sistemas de información son una combinación de hardware, software y redes de telecomunicaciones, creados y utilizados normalmente en entornos organizacionales para recopilar, crear y distribuir datos útiles. [10] En la Figura 3 se muestra la relación entre los componentes de los sistemas de información.

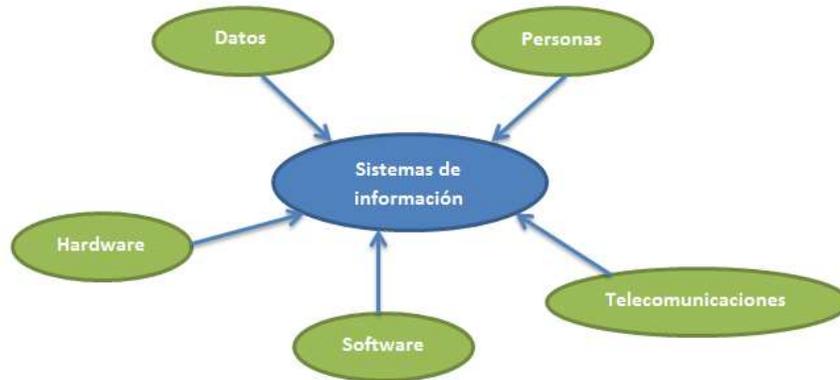


Figura 3 Un sistema de información es la combinación de cinco elementos: personas, hardware, software, datos y redes de telecomunicaciones.[10]

El uso popular de los sistemas de información en los negocios, los ha convertido en el canal y la herramienta para entender la información interna y externa del negocio para sus gerentes, empleados, proveedores y partes interesadas. [11]

Tradicionalmente las empresas se organizan según líneas funcionales. Una función es una acción o proceso para los que se adapta una persona o actividad. Los sistemas de información deben modificarse y diseñarse de manera que corresponda a la industria en la que opera una empresa, incluso cuando existen aspectos comunes entre los sistemas de información para funciones específicas. [2]

2.3.1 Sistemas de información para la manufactura

Los objetivos de un sistema de producción para la manufactura son mejorar la calidad de los productos, disminuir los costos de producción, reducir el tiempo de desarrollo de ingeniería y reducir los tiempos de preparación y los tiempos de terminación de los trabajos. Además un sistema de información bien diseñado proporciona un enlace en tiempo real entre las diferentes aplicaciones y las operaciones automatizadas y reúne a todos los componentes en un solo proceso continuo abarcando el flujo de productos e información desde su concepto, el diseño y la terminación del producto. [2] En la Figura 4 de muestra la estructura de un sistema de producción específico para la manufactura.

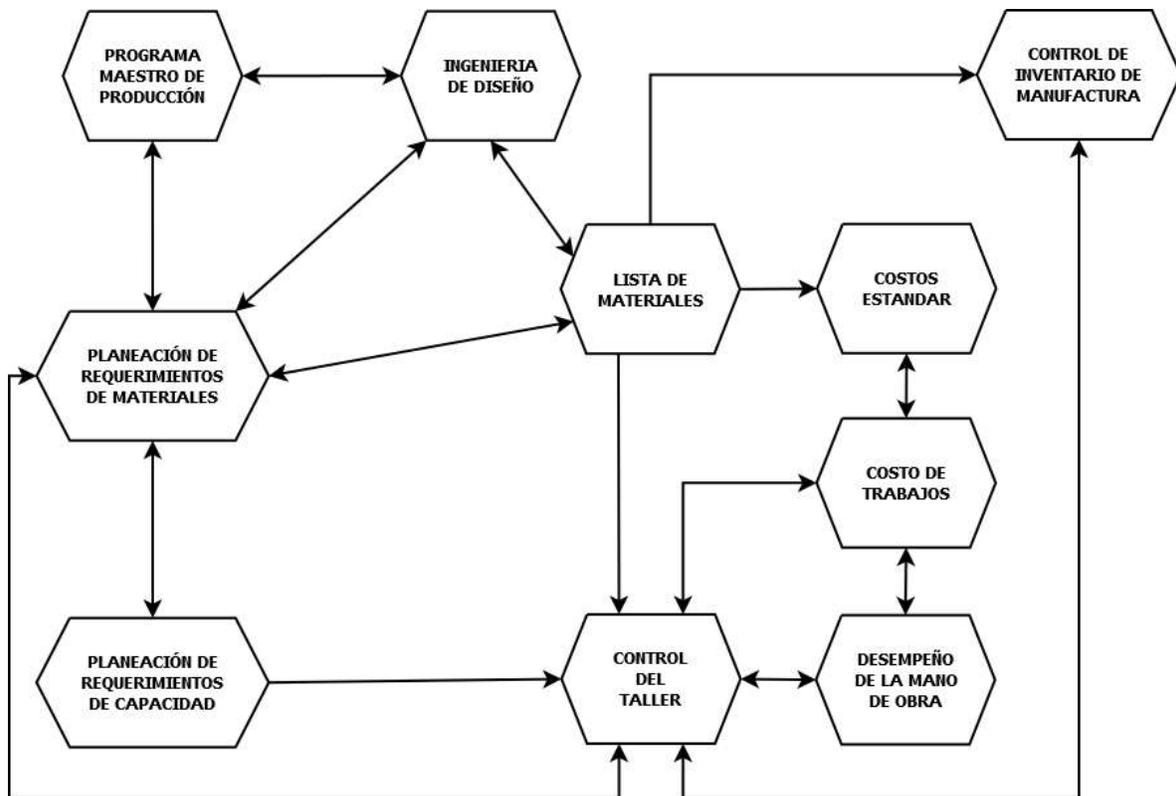


Figura 4 Esquema de un sistema de información para la manufactura. [2]

2.3.2 Programación maestra de producción

Los pedidos de los clientes son la entrada al sistema, las cuales después de ser procesadas por el departamento de ventas y marketing entran al Plan Maestro de Producción (MPS, por sus siglas en inglés Master Production Schedule). El Plan Maestro de Producción es una técnica de modelado que permite planear la producción con base en la demanda, haciendo declaraciones sobre qué, cuándo y cuánto se va a producir. [12]

El Plan Maestro de Producción es el primer paso en la jerarquía del sistema MRP II debido a que determina el programa de producción para un horizonte de planificación definido (por ejemplo, una semana o un mes). [13]

Un programa maestro de producción se conforma por la combinación de los pedidos de los clientes y los datos del pronóstico de ventas. Adicionalmente, el programa de producción es monitoreado de acuerdo a los recursos disponibles como a los pedidos de los clientes para hacer el ajuste de cantidades. El modulo proporcionará los tiempos de terminación acumulados requeridos para elaborar un producto terminado, los programas de entrega convenidos tanto para los requerimientos de productos finales como de partes de repuesto. Se puede consultar los

contratos en forma individual, por grupo o por combinación de todos los contratos. Se pueden generar simulaciones de planes alternativos de producción al cambiar las demandas de los contratos o al proporcionarse un nuevo negocio y se establecen prioridades para apoyar las fechas de entrega de los contratos. [2] El módulo de la programación maestra de producción se ilustra en la Figura 5.

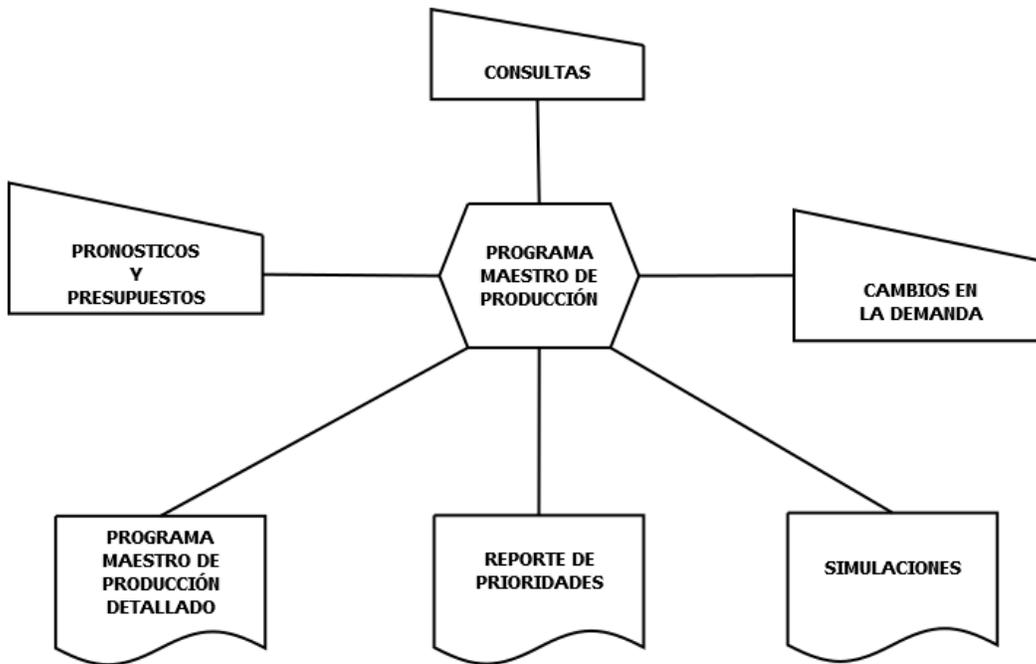


Figura 5 Módulo de programación maestra de producción.[2]

2.3.3 Planificación de requerimiento de materiales

Una vez generada la programación de la producción, el módulo de planificación de requerimientos de materiales genera la información sobre los materiales, las piezas y los ensamblajes necesarios para fabricar el producto. Su propósito es auxiliar a un mejor manejo de los inventarios, anticipando las necesidades de materiales antes de que se presenten.[2]

En primer lugar se debe obtener la cantidad de cada tipo de material que se necesita en todo el proceso de producción y posteriormente restarlo del stock disponible. De esta forma se calculan las cantidades netas a ordenar a los proveedores, dispuestas en escalas óptimas. [13]

En la Figura 6 se muestra el módulo de planificación de requerimientos de materiales. Este módulo genera un plan por etapas para las actividades de fabricación y compra, ya sea por proyecto o por contrato, para apoyar al plan maestro de producción. Proporciona reportes de identificación para rastrear los artículos de regreso al proyecto o contrato fuente que hizo que se produjeran. El

reporte de requerimientos de materiales indica los tiempos y las cantidades en los que se requieren las partes componentes. Las actividades de los almacenes de la planta, control de inventarios y compras son coordinadas. Se genera un reporte de compras por proveedor con recomendaciones con base en estadísticas de desempeño y también mostrando proveedores alternativos. Se notifica al departamento cuando se debe emitir, cerrar o abrir las órdenes. También hay notificaciones de excepción que indican el momento en que se rompe el equilibrio entre la oferta y la demanda para que el personal de la planta pueda ajustar con precisión el flujo de materiales en cualquier frecuencia apropiada, tamaño de lote o marco de tiempo. [2]

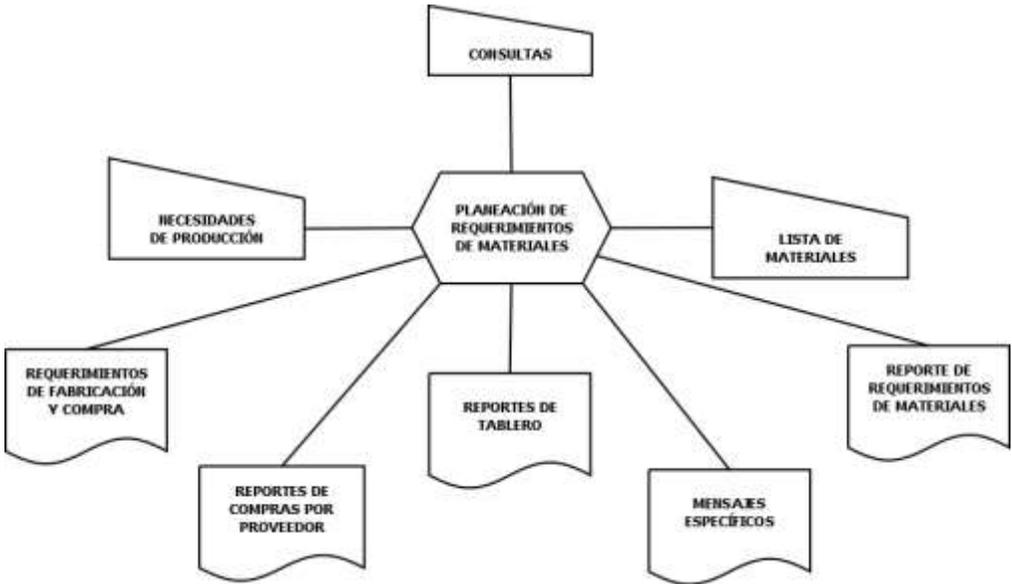


Figura 6 Módulo de planificación de requerimientos de materiales. [2]

2.3.4 Lista de materiales

El módulo de la lista de materiales se basa en el módulo de requerimiento de materiales. Mantiene y controla la descripción y especificaciones completas de los productos del fabricante como de las piezas y sub ensamblajes utilizados en el proceso de fabricación. El módulo de lista de materiales genera reportes para el diseño de ingeniería, costeo de productos, manejo de inventarios, compras y la planta. Proporciona formatos de explosión parciales y estándar (cantidad total de piezas y sub ensamblajes necesarios para la fabricación del producto) y formatos de implusión (para indicar en que productos y en que etapas de necesitan las piezas y sub ensamblajes). Además proporciona cifras para los estándares de costos. Crea listas modulares de materiales en el caso de que sean productos con características opcionales o especiales. El departamento de costos estándar y administrarán de la planta emplean los estándares de

desperdicios y mermas para un control eficaz del consumo de materiales. Se pueden generar listas de surtido para facilitar la creación de juegos de piezas para el ensamble. [2] En la Figura 7 se representa un módulo de lista de materiales.

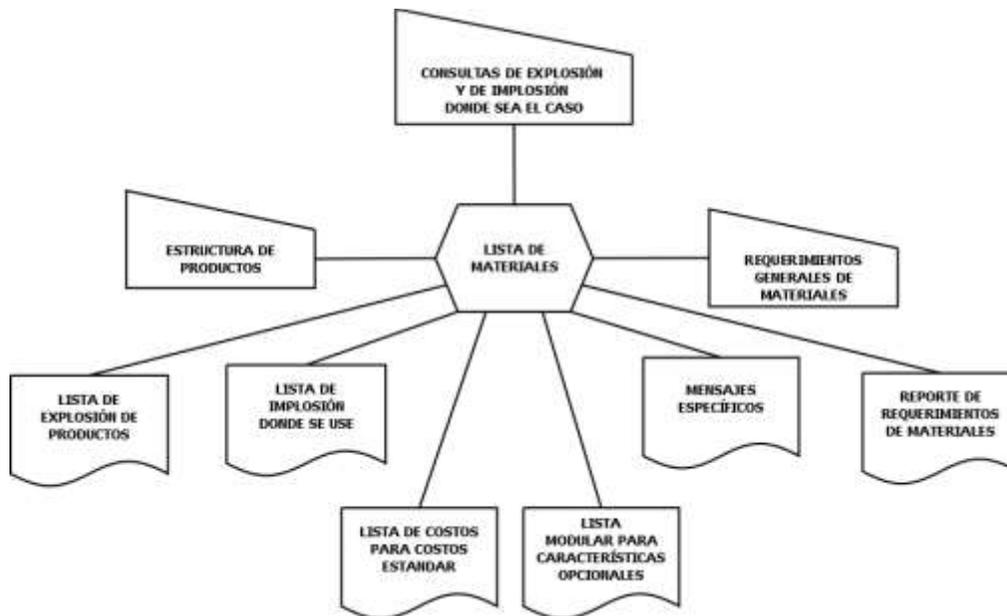


Figura 7 Módulo de lista de materiales.[2]

2.3.5 Control de inventarios de manufactura

El módulo de control de inventarios se conecta con el de lista de materiales para preparar la lista de materiales que se van a fabricar, comprar o recoger de los almacenes para entregarse a producción. Mantiene bajo control el almacén de materiales y la ubicación de los anaqueles. Procesa las entradas, salidas y transferencias de materiales proporcionando además un seguimiento del área de descarga al almacén. Si es necesario, este módulo se puede enlazar con un sistema automatizado de almacenamiento y salidas. Se generan reportes completos de consumo por clave de inventario, por descripción y por lugar de consumo. El reporte proporciona un perfil de entradas, salidas, transferencias y ajustes para cada artículo. El reporte de existencias proporciona información del área de descarga al almacén y del estado de los pedidos. El reporte de localización indica la ubicación de los artículos dentro de uno o varios almacenes. [2]. El módulo de control de inventarios de manufactura de presenta en la Figura 8.

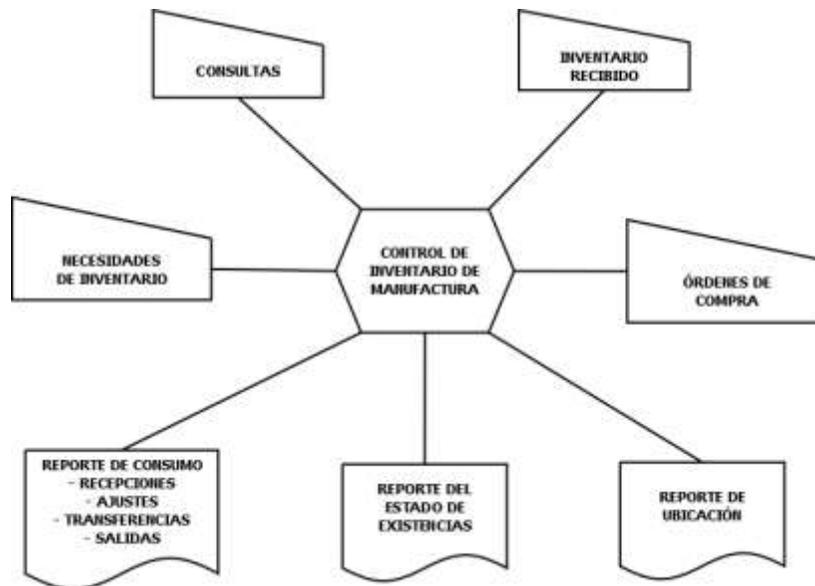


Figura 8 Módulo de control de inventarios de manufactura. [2]

2.3.6 Planificación de requerimientos de capacidad

En el módulo de planificación de requerimientos de capacidad se comparan las cargas de trabajo proyectadas a lo largo del tiempo con la capacidad práctica o real de cada centro de trabajo o departamento. Es necesario que de cuenta con la información oportuna acerca de la carga de cada centro de trabajo en comparación con su capacidad. Además este módulo facilita la planificación del trabajo de la planta proporcionando reportes tanto de las órdenes actuales como las pronosticadas. En otras palabras, este módulo mide la producción planeada contra la producción real durante un espacio específico de tiempo.

El reporte de la carga de producción se desglosa por centros de trabajo o departamentos. Adicionalmente identifica las cargas de producción por periodo, partes, órdenes y operaciones. En caso de que se presenten problemas de capacidad, se pueden hacer análisis que muestren los resultados pronosticados de programas alternativos. Los reportes se pueden representar en tablas o gráficamente. [2] El modelo de planificación de los requerimientos de capacidad se muestra en la Figura 9.

Dependiendo del requisito de los usuarios sobre la implementación de recursos, los principios principales de la planificación de capacidad de carga de recursos son: principio de configuración de carga centralizada y el principio de configuración de balanceo de carga.

El principio de configuración de la carga centralizada se refiere a la configuración centralizada de las tareas productivas actuales de la empresa en los recursos de fabricación parcial, lo que puede

aumentar la tasa de utilización de dichos recursos de fabricación parcial y otros recursos se dejan de lado temporalmente.

El principio de configuración de carga equilibrada se refiere a la configuración equilibrada de las tareas productivas actuales de la empresa en cada elemento del recurso de fabricación, lo que hace que la carga productiva entre varios recursos permanezca en un estado relativamente equilibrado.

El principio de configuración de la carga centralizada es aplicable a las empresas con mayor capacidad y menor carga. Con el fin de mejorar la eficiencia del uso de los recursos, las empresas concentran las tareas productivas, cerca o no utilizan el excedente de capacidad. Este tipo de configuración puede ahorrar costos operativos y mejorar la eficiencia operativa.

El principio de la configuración equilibrada de la carga es aplicable a la ejecución con la tarea productiva más grande. Las empresas tienen que separar completamente los recursos de fabricación y equilibrar la carga del uso de los recursos respectivos en la medida de lo posible para completar eficientemente las tareas productivas. La configuración del balanceo de cargas puede reducir la ociosidad de los recursos y profundizar la capacidad de la empresa al máximo, además es benéfico para mejorar la vida útil de los recursos de fabricación, evitar y eliminar cuellos de botella de la producción. [14]

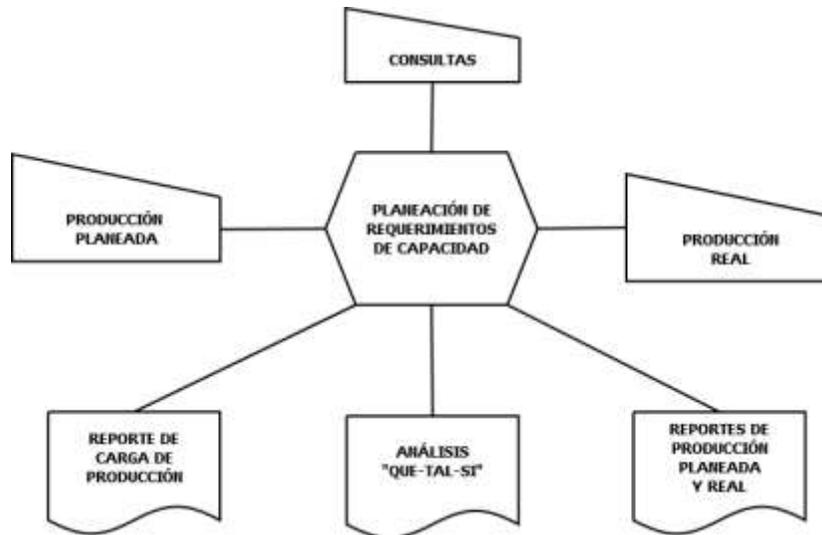


Figura 9 Módulo de planificación de requerimientos de capacidad. [2]

2.3.7 Control de planta

El módulo de control de planta abarca muchos aspectos del ambiente del área de fabricación. Da seguimiento a las rutas de las órdenes de producción y datos estándar de las operaciones.

Especifica los departamentos, talleres o centros de trabajo por los que debe fluir el producto a fabricar así como las horas estándar por operación. Su principal objetivo es el de mantener un movimiento uniforme de los productos a lo largo del proceso de producción. Desde el momento en que se entrega una orden al área de fabricación, se proporciona un control que continúa hasta que la orden termina y se dirige al almacén de productos terminados. Se proporcionan reportes de estado o condición en cada lugar crítico. Estos datos se transmiten al departamento de costos estándar para el análisis de los costos de mano de obra, materiales y generales de fabricación.

El módulo de control de planta también apoya para asegurar las prioridades y planes especificados en el módulo del programa maestro de producción y el módulo de planificación de requerimientos de materiales se ejecuten en el área de fabricación. Además, se crean perfiles de las cargas de los centros de trabajo para la planificación de requerimientos de la capacidad. Se controlan las líneas de espera y los tiempos de terminación para evitar cuellos de botella y aumentar el rendimiento de la planta.

Al descomponerse los procesos, se identifican las entradas variables. Son adoptadas las medidas necesarias para monitorear las variables y ajustarlas según se requiera. Se monitorean las variables, así como el producto en proceso, a medida que este pasa por los numerosos puntos de verificación de producción. Así se detecta cualquier variación mínima y se corrige antes de que afecte al producto, evitando de esta forma que la producción final no cumpla con las especificaciones.

La información de la ruta contiene la definición de las operaciones requeridas para fabricar cada producto, el herramental requerido en el proceso, los centros de trabajo o departamentos involucrados y la secuencia del flujo del producto por los centros de trabajo o departamentos. El reporte también proporciona rutas alternativas así como rutas primaria y se proporcionan referencias cruzadas con la lista de materiales por centro de trabajo y operación. Otro reporte lleva un seguimiento del estado de cada orden por operación, detectando las áreas problemáticas. El reporte de estándares de producción indica los tiempos requeridos para cada parte o producto, preparación, corrida, transportación y espera. [2] En la Figura 10 se muestran los aspectos del ambiente del área de fabricación.

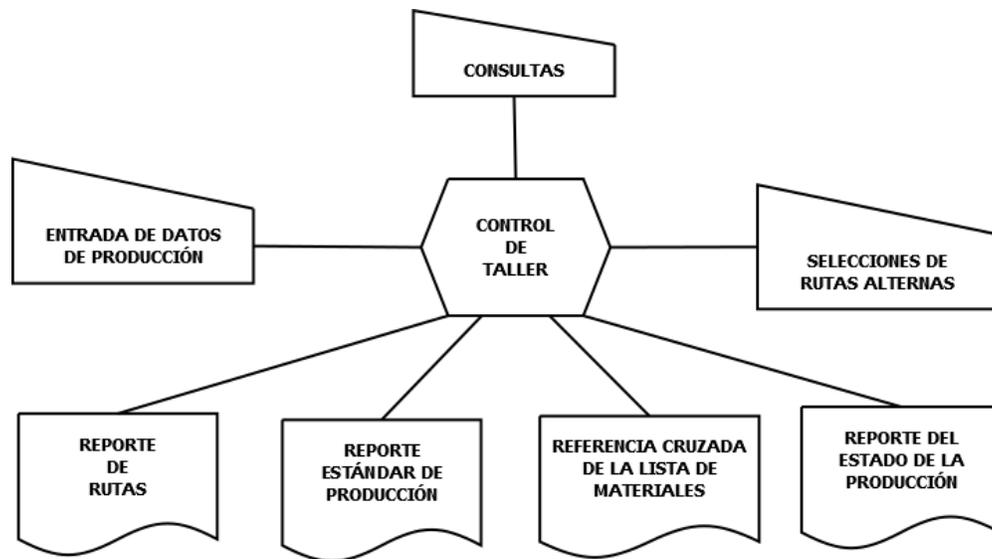


Figura 10 Módulo de control de planta[2]

2.3.8 Costos estándar

El módulo de costos estándar incluye todos los costos estándar, como tarifas de mano de obra, tiempos de la mano de obra, precio de los materiales, consumo de materiales y varios estándares de costos generales. También calcula el costo de los productos. El establecimiento de estándares evita que se puedan presentar ineficiencias, motivando de esta forma a los trabajadores para que no excedan estos costos estándar. Estos estándares son la base para medir las desviaciones con respecto al desempeño planeado. Además proporcionan una forma de fijar responsabilidades. También ayuda a estimar los trabajos futuros y preparar cotizaciones, ya sea por trabajos, proyectos o procesos. Esta información también revela el grado de utilidad de los productos. Este módulo compara los costos reales de producción con los costos estándar y el principal reporte que produce es el de costos estándar. Además del costo de los productos, el reporte proporciona las variaciones con respecto a los estándares. Por lo general se calculan cuatro variaciones básicas para los costos de producción: variaciones en consumo de materiales y precio de materiales, y variaciones en la mano de obra y sus tarifas. Adicionalmente un análisis muestra el efecto de un cambio en la mezcla de materiales y mano de obra, así como una diferencia en el rendimiento real de la producción terminada en comparación con el rendimiento estándar. Los costos indirectos (o generales) se pueden analizar de diferentes formas. Una de ellas consiste en tomar en cuenta las variaciones en volumen, eficiencia y gastos. [2] En la Figura 11 de muestra el módulo de costos estándar.

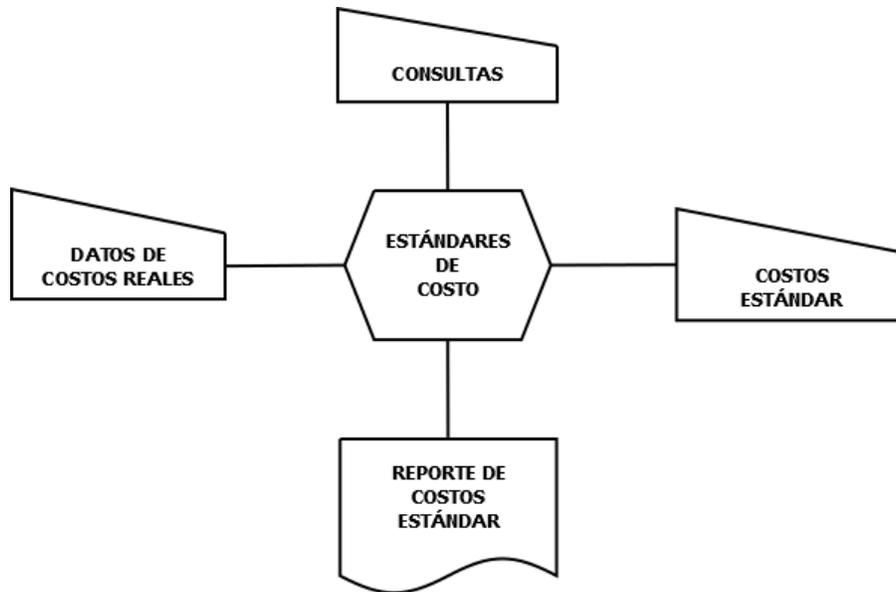


Figura 11 Módulo de costos estándar. [2]

2.3.9 Costeo de trabajos

El módulo de costeo de trabajos es un programa para darle seguimiento a los costos y fue diseñado para satisfacer las necesidades de los fabricantes que operan por trabajos o por proyectos. Este módulo se conecta con el módulo de costos estándar para la emisión de reportes. Recopila costos y los asigna así como los costos indirectos. Mediante el módulo de costos estándar proporciona reportes de análisis de costos por trabajo o por proyecto. En el análisis de variaciones también se incluyen desgloses de tarifas, rendimientos, desempeño y cantidades. Debido a que el módulo de costos estándar se encarga de los reportes, no se muestra un diagrama para el costeo por trabajos. [2]

2.3.10 Desempeño de la mano de obra

La Figura 12 representa el módulo del desempeño de la mano de obra, el cual permite identificar los problemas de productividad y mejorar el empleo de los recursos laborales. Las entradas clave de este módulo son las tarifas de la mano de obra, rendimientos y variaciones de eficiencia provenientes del módulo de costos estándar. Además, mantiene un seguimiento de las estadísticas de producción de los empleados y monitorea el desempeño de los supervisores y los trabajadores, considera el pago de los incentivos y permite la captura de las tarjetas de tiempo. Genera reportes sobre los empleados con sueldo fijo así como las ganancias por incentivos y permite la captura de salarios por hora, por tiempo extra y por doble tiempo. El reporte principal

es el de estadísticas de producción de los empleados y el monitor de desempeño de los trabajadores. [2]

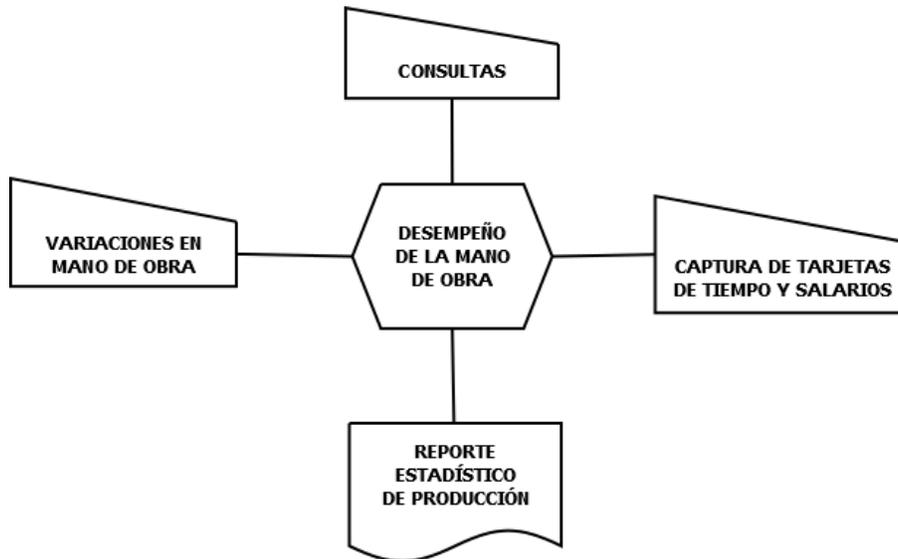


Figura 12 Módulo de desempeño de la mano de obra. [2]

2.3.11 Ingeniería de diseño

El módulo de ingeniería de diseño crea, organiza y mantiene las especificaciones requeridas para fabricar un producto. Los ingenieros de diseño utilizan las estaciones de trabajo y el software para el diseño asistido por computadora (CAD) para desarrollar especificaciones exactas y oportunas para que los nuevos productos satisfagan rápidamente los gustos y necesidades del mercado cambiante.

Adicionalmente, ayuda a controlar y dar seguimiento a las listas de materiales existentes. En el reporte de especificaciones de diseño se describen las características de cada parte y producto. En este reporte se presentan las piezas alternativas y de reemplazo que pueden utilizarse en forma intercambiable en el proceso de fabricación. Además concilia cualquier diferencia entre las configuraciones de ingeniería y las listas de materiales de producción y muestra los cambios que deben hacerse a las configuraciones de los productos para satisfacer los requerimientos particulares de los clientes. Las especificaciones y configuraciones están representadas por dibujos generados por computadora. [2] En la Figura 13 se muestra el módulo de ingeniería de diseño.

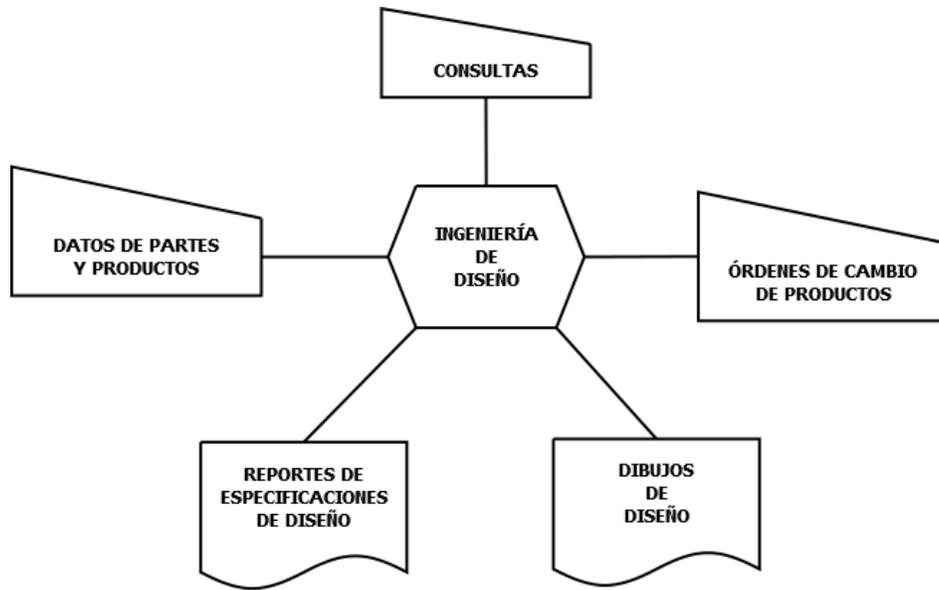


Figura 13 Módulo de ingeniería de diseño. [2]

2.4 Planificación y control de la producción

La planificación de la producción es la función de la planificación, la dirección y el control de los métodos que se utilizarán para fabricar los productos y la forma en que las instalaciones de producción, los edificios, las máquinas, los equipos, etc. deben estar dispuestos en el espacio disponible para la producción. [15]

En la planificación y control de la producción, la fábrica recibe pedidos que definen el producto o los productos requeridos, sus cantidades y las fechas deseadas de entrega. Si los recursos de la fábrica son conocidos, así como la lista de materiales y la ruta, la tarea de la programación de la producción es asegurarse que los pedidos estarán listos en tiempo para su envío.[16]

El proceso de planificación tiene como propósito transformar materia prima en un producto terminado definido por el plano de ingeniería. En la planificación de procesos, se deben tomar decisiones en las que se busca como objetivo primordial satisfacer las especificaciones que figuran en el ámbito de la ingeniería. Otros aspectos importantes a considerar, son el costo y el tiempo con respecto a las limitaciones con las que cuenta la empresa como herramientas, conocimientos, capacidades de la maquinaria, etc. las cuales, pueden ser fijas o cambiar con el tiempo, pero estas deben ser consideradas a la hora de tomar decisiones. [16]

[17] cita a Wight (1984) definiendo dos problemas clave en la planificación de la producción: “Prioridades” y “Capacidad”, es decir, ¿Que se debería hacer primero? y ¿Quién debería hacerlo? Wight define la planificación como “Establecer el tiempo para la realización de una tarea”.

2.4.1 Entornos de producción

El volumen y la variedad son algunos de los factores más importantes que afectan la planificación y el control de la producción, los cuales suelen ser definidos en su mayoría por la influencia que el cliente ejerce sobre el diseño del producto que le será entregado de acuerdo a los procesos de la empresa. El grado de influencia del cliente se describe principalmente por las siguientes categorías listadas a partir del orden de influencia.

Fabricación para almacenamiento (MTS, Make To Stock). En esta categoría el producto es fabricado y almacenado como producto terminado. Un grupo clientes puede tener cierta influencia sobre el diseño general en una fase temprana del bosquejo del producto, sin embargo un cliente individual solo puede decidir adquirir o no adquirir el producto terminado. Estos productos son muy comunes en tiendas minoristas de herramientas, ropa, artículos de oficina, etc.

Armado bajo pedido (ATO, Assemble To Order). En este caso el cliente tiene una mayor influencia sobre el diseño del producto y seleccionar varias opciones por medio de subarmados predefinidos.

El producto terminado será el resultado de ensamblar dichas opciones que desea el cliente. Ejemplos de este tipo de productos son los automóviles y las computadoras personales.

Fabricación bajo pedido (MTO, Make To Order). Esta categoría le permite al cliente especificar el diseño exacto del producto o servicio final, con la condición de utilizar materias primas y componentes estándar.

Ingeniería bajo pedido (ETO, Enginner to Order). En este caso el cliente define prácticamente por completo el diseño del producto o servicio. Generalmente no tendrá la condición de utilizar materias primas y componentes estándar, por lo que el productor podría desarrollar un producto diseñado “desde cero”. [18]

2.4.2 Procesamiento por lotes o intermitente

El impacto que tiene la influencia del cliente en el diseño del producto o servicio afecta también al diseño de los procesos que intervienen para su fabricación.

Existen muchos centros de manufactura en el mundo actual que utilizan el procesamiento por lotes o intermitente. El equipo suele ser más especializado que el de un taller de trabajo, sin embargo es lo suficientemente flexible para producir cierta variedad de diseños. Generalmente no se requieren trabajadores tan calificados, debido a que la mayor parte de la habilidad para fabricar el producto depende del equipo especializado. Esta categoría también es conocida como “por lote” debido a que los productos por lo regular se fabrican en lotes discretos. Habitualmente los procesos por lote son más apropiados para los procesos ATO, sin embargo también pueden producir MTO y otros MTS. Algunos ejemplos de productos fabricados bajo este esquema son ropa, bicicletas, muebles, etcétera. [18]

En la Tabla 2 se resumen las características de algunos tipos de proceso. En el desarrollo del proyecto se empleará el procesamiento por lotes.

Tabla 2 Resumen de las categorías de procesos [18]

	Proceso de trabajo	Por lotes
Equipo	De propósito general	Semiespecializado
Habilidad de la fuerza laboral	Altamente calificada	Semicalificada
Enfoque administrativo	Solucionador de problemas técnicos	Liderazgo de equipo
Volumen de la producción por diseño	Bajo	Medio
Variedad de diseños producidos	Alto	Medio
Entorno del diseño	ETO, MTO	MTO, ATO, MTS
Flujo del trabajo	Variable, desorganizado	Más definido

2.4.3 Flujos de información general

En la Figura 14 se muestra el flujo de información general para la planificación y control de las empresas manufactureras, a medida de que el diagrama avanza de arriba a hacia abajo, el nivel de detalle se incrementa y el tiempo tiende a disminuir. Las flechas con doble sentido indican que la información fluye de ida y vuelta conocida como planificación de “lazo cerrado”. En la parte inferior del diagrama se muestran las actividades ejecución, las cuales ocurren una vez que se ha completado la planificación y la producción ha dado inicio.

El sistema de producción a desarrollar planificará la producción cuando se trate del esquema de producción de demanda bajo pedidos del cliente.

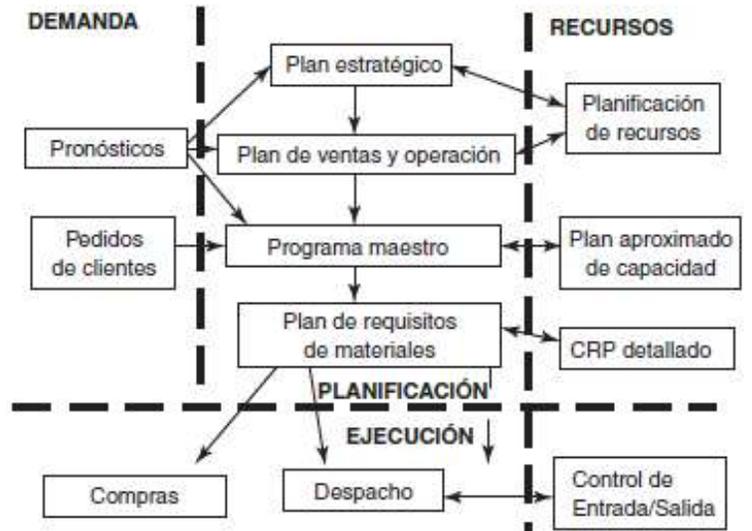


Figura 14 Flujo general de las actividades de planificación y control [18]

2.5 Diseño de calzado

La función básica del calzado siempre ha sido proteger los pies de los elementos que puedan lastimarlos. Sin embargo, aún en las formas más primitivas y simples de calzado, se denota un diseño. [19]

2.5.1 Anatomía del calzado

El zapato está compuesto de varias partes que en general son fabricadas de forma independiente, pero que deben acoplarse y funcionar bien como un todo dinámico. En una fábrica de calzado se ensamblan todas esas partes para producir el calzado. Generalmente las fábricas no producen componentes o materiales en bruto. [19]

A continuación, se definen las partes más importantes que componen el zapato: [19]

Corte: es todo aquello que queda por encima de la suela. Está formado por piezas que son cocidas entre sí.

Forro: es el componente que mantiene las partes internas del corte en su sitio.

Tope: es una pieza que se adapta a la forma de la puntera del zapato y sirve para mantener su forma y altura.

Contrafuerte del talón: es la pieza que ayuda a mantener la forma de la calzoneta y a evitar que se salga el talón.

Plantilla: es el componente que está en contacto con la planta del pie y cubre la palmilla.

Cambrillón: es un componente que va pegado a la *talonera* y sirve para mantener el puente entre el talón y la bola del pie.

Palmilla: es la pieza que da cuerpo y forma a la base del zapato, cuya función principal es permitir que se pueda sujetar el corte.

Suela exterior: es el componente inferior del zapato que toca el suelo.

Tacón: es un soporte elevado hecho con material rígido, el cual va unido a la suela en la parte inferior del pie.

Tapa del tacón: es la pieza que cubre la parte inferior del tacón.

En la Figura 15 se muestran los componentes básicos que forman el calzado.



Figura 15 Componentes que forman la estructura básica del calzado.[19]

2.5.2 La Horma

La construcción del calzado comienza con la horma. La horma es un molde estilizado del pie, utilizado como la base sobre la que se construye el calzado. A pesar de que la horma ni la forma, ni las medidas exactas del pie, está diseñada para ser introducida en el zapato, con holguras para el movimiento. La horma también debe ser diseñada para acoplar la forma del tacón y de la suela del zapato. [19]

La construcción de la horma es la parte más importante de la fabricación de calzado, puesto que determina su forma y ajuste. El desarrollo de un diseño debe empezar a partir de la horma y posteriormente diseñar todos los demás componentes (principalmente la suela y el tacón) para ajustarse a la horma. [19] En la Figura 16 se puede observar las partes que conforman la horma.

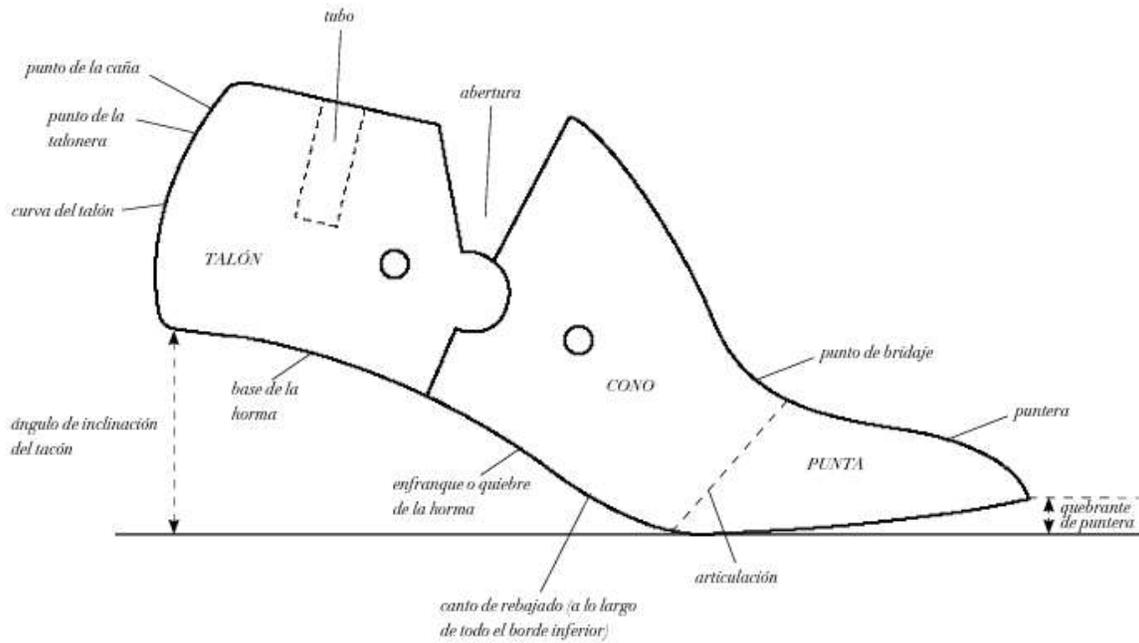


Figura 16 Partes que conforman la horma, con sus nombres específicos.[19]

2.5.3 Patrones

Un patrón es la representación bidimensional en tamaño real de la superficie tridimensional de la horma. Es utilizada para cortar el material con el que se hará el corte y está compuesto por las distintas piezas del calzado, cada una con su forma. Además, los patrones también son necesarios para otras partes del calzado, por ejemplo, para el forro, la palmilla, el tacón o la suela.[19] En la Figura 17 se puede observar un corte constituido por las piezas de un patrón.

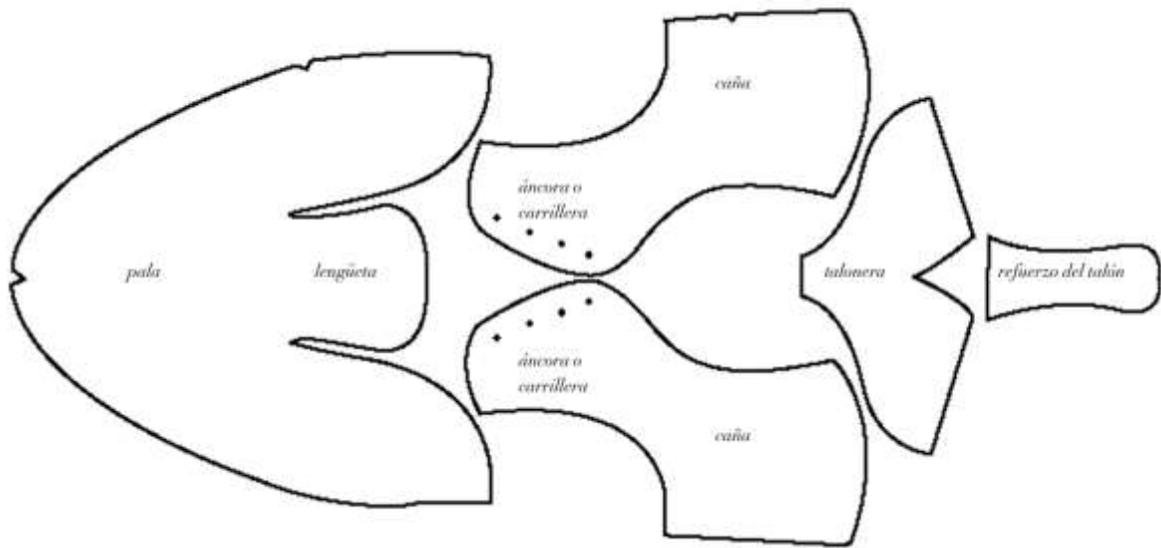


Figura 17 Corte constituido por varias piezas del patrón.[19]

2.5.4 Dibujos técnicos

Los dibujos técnicos son la comunicación entre el diseñador y el fabricante, es por ello que es de vital importancia que la información sea lo más completa posible y que los dibujos estén a escala.[19]

Los dibujos técnicos tienen información específica como por ejemplo medidas detalladas, para explicar cómo están hechos los zapatos. [19] En la Figura 18 se puede apreciar la ficha técnica de una zapatilla.

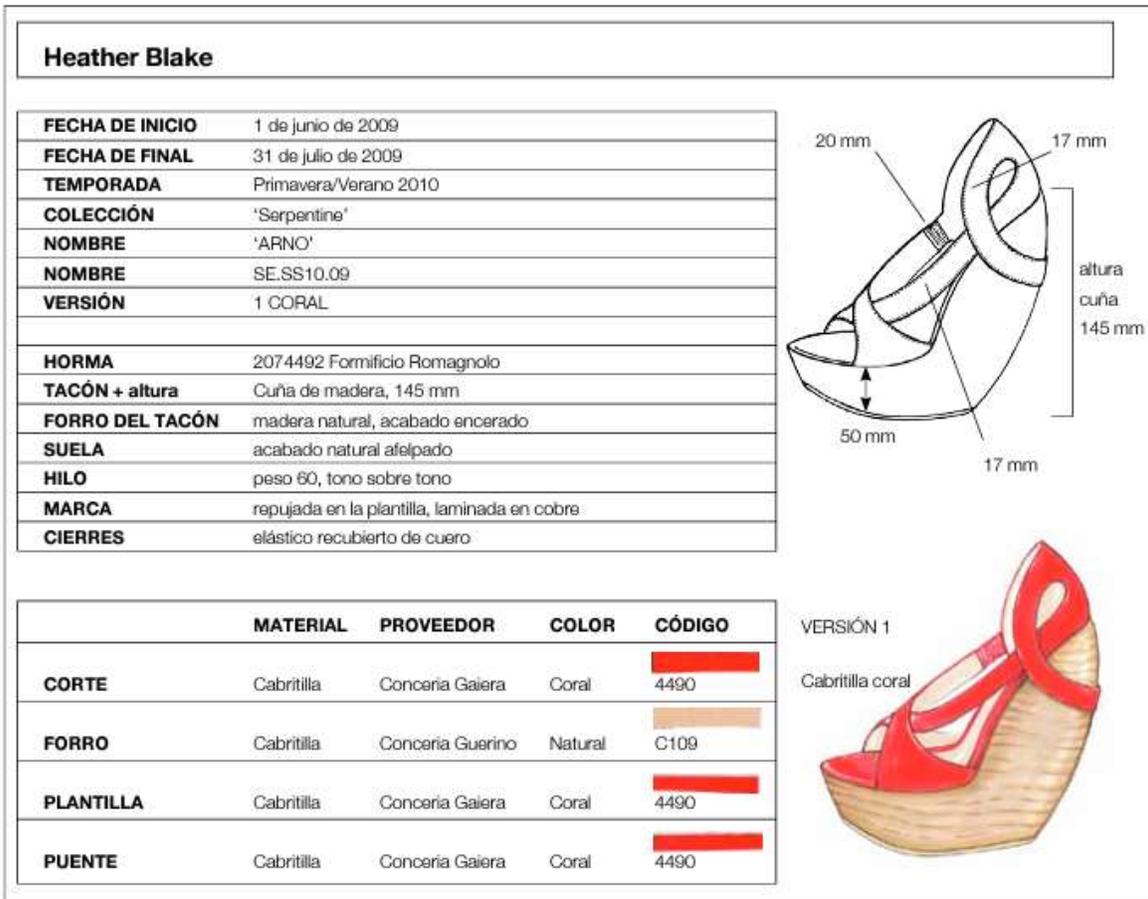


Figura 18 Ficha técnica de una zapatilla.[19]

2.6 Ingeniería de software

[20] define “La ingeniería de software es una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza.”

El software entrega información, el cuál es el producto más importante de nuestro tiempo. Transforma los datos personales de forma que sean más útiles en un contexto local, mejora la competitividad de las empresas al manejar su información, proporciona una vía para las redes de información alrededor del mundo (Internet) y proporciona los medios para adquirir información de cualquier forma.

2.6.1 Modelos de proceso del software

Un modelo del proceso del software, también llamado paradigma de proceso, es una representación abstracta de un proceso del software. Cada modelo de proceso representa un proceso desde una perspectiva particular, proporcionando sólo información parcial sobre ese proceso que pueden ser utilizados para explicar diferentes enfoques en el desarrollo de software. [20]

2.6.2 Modelo de ciclo de vida en espiral

El modelo de ciclo de vida en espiral es un proceso de software evolutivo que fusiona aspectos de la construcción de prototipos con la naturaleza controlada y sistemática del *modelo en cascada* y permite el desarrollo rápido de versiones incrementales del software.

Con la aplicación del modelo en espiral se desarrolla una serie de entregas evolutivas, donde las entregas en las primeras iteraciones pueden ser un documento del modelo o un prototipo y en las últimas iteraciones se generan versiones más completas del software desarrollado. [21]

El equipo de ingeniería de software define las actividades del marco de trabajo, las cuales conformarán el proceso en espiral. Cada una de estas actividades representa un segmento de la ruta en espiral, como se muestra en la Figura 19.

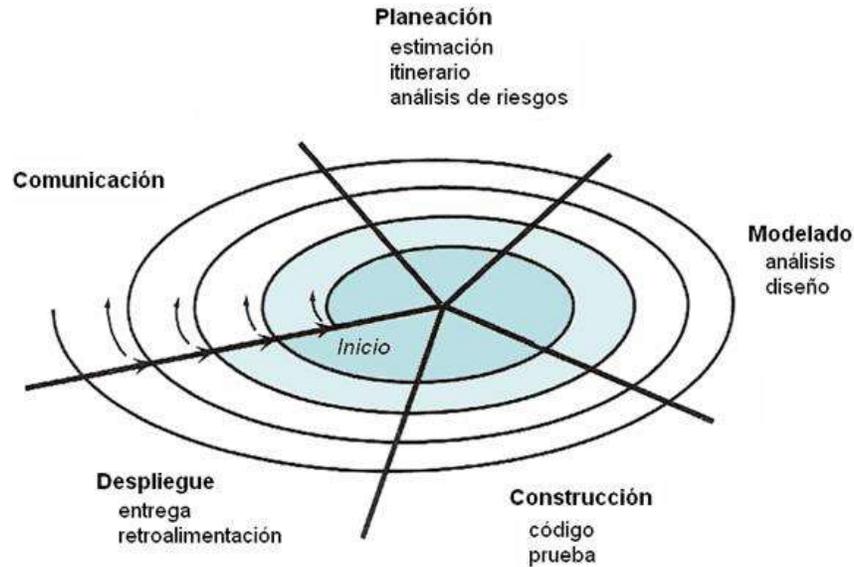


Figura 19 Un modelo en espiral típico [21]

Cuando inicia el proceso evolutivo, el equipo de software realiza actividades involucradas en un circuito alrededor de la espiral en dirección al sentido del movimiento de las manecillas del reloj, iniciando desde el centro. El factor del riesgo es considerado todas las evoluciones. En cada paso evolutivo se consideran los puntos de fijación que son una combinación entre los productos de trabajo y condiciones incluidas a lo largo de la ruta del espiral. Los costos y el itinerario son ajustados de acuerdo a la retroalimentación generada de la relación con el cliente una vez realizada la entrega. El número de iteraciones para terminar el software puede ser ajustado por el administrador del proyecto.

El modelo en espiral puede adaptarse y aplicarse a lo largo de la vida del software, a diferencia de otros modelos de proceso que terminan cuando se entrega el software.

2.6.3 UML

UML fue creado por Grady Booch, James Rumbaugh (creadores de las metodologías Booch'94 y OMT) e Ivar Jacobson (creador del método OOSE), conocidos como el equipo de "3 amigos" con inmenso prestigio en el mundo de la ingeniería de software, quienes se unieron para crear un nuevo lenguaje de modelado, realizando la combinación de gran cantidad de estándares, regido a través de tres metodologías precedentes de los tres creadores, así como del análisis y el estudio de alrededor de 20 métodos estándares que a su vez se han integrado en UML.

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es un lenguaje de modelado visual, que permite modelar sistemas de software con el objetivo de que los modelos descritos con cierto grado de

formalismo, sean entendidos por los clientes o usuarios finales del sistema que se modela. Es un estándar en toda industria que requiera la construcción de modelos como condición previa para el diseño y posteriormente la construcción de prototipos. UML se puede emplear en todos los métodos de desarrollo, etapas del ciclo de vida, dominios de aplicación y medios. [22]

Para el desarrollo del sistema serán empleados los diagramas UML de casos de uso, diagrama de actividades y diagrama de paquetes, en el Anexo 1 se describe el modelado de cada uno de ellos.

Capítulo 3 Diseño y modelo de desarrollo

3.1 Introducción

Como parte de la aplicación de ingeniería de software, en este capítulo se describe el modelo de ciclo de vida a seguir para el desarrollo del software, iniciando con el análisis de requerimientos y la creación de diagramas UML para su modelado. Asimismo, se describe el diseño arquitectónico que será empleado para el desarrollo del sistema, los programas y herramientas que serán empleados durante esta fase.

3.2 Análisis de requerimientos

Para poder planear la producción, es necesario contar la información de los productos, así como los consumos de materiales y las actividades requeridas para su fabricación. Es por ello que se requieren básicamente de dos módulos, la administración de los productos y posteriormente se podrá realizar la planificación y programación de la producción.

En el módulo de administración de productos, en el apartado de operaciones por producto, se definen campos adicionales de costos, tiempos y fases de proceso, para tener los registros necesarios para futuros módulos que se conecten al sistema como puede ser el control de la planta, donde son requeridas las fases de producción para definir la ubicación de los lotes, así como el desempeño de la mano de obra, y los costos y tiempos, para obtener costeos generales del trabajo o costos estándar.

3.2.1 Requisitos del software

Administrar los productos a fabricar, relacionando sus respectivos consumos e *insumos* así como las operaciones requeridas para su fabricación.

Generar la ficha técnica del producto que se adapte a los diferentes tipos de calzado que existen en el mercado.

Realizar la planeación y programación de la producción, brindando la información necesaria para un buen manejo y fluidez de la producción.

Generar el concentrado de la lista de materiales.

Generar órdenes y vales de producción.

En la Figura 20 se muestra el diagrama de paquetes donde se muestran los sistemas y subsistemas que integran y se relacionan con el software para la Planificación de Recursos de Manufactura.

3.2.2 Administración de productos

Se requiere un sistema de información para la manufactura que permita capturar los productos que se fabrican y generar su respectiva ficha técnica. Los requisitos son mencionados a continuación:

Captura de datos generales del producto:

Nombre

Estilo

Modelo

Horma

Moldura

Captura de materiales requeridos para su fabricación incluyendo sus respectivos consumos.

Captura de las actividades y tiempos.

Captura de fases de producción.

Selección de tallas disponibles para fabricar.

El departamento de desarrollo de productos se compone de capturistas y un jefe, los cuales realizan diferentes actividades.

Un capturista puede realizar las siguientes acciones:

Gestionar catálogos, es decir, crear nuevos registros o modificarlos.

Crear nuevos productos con los respectivos materiales que lo componen y modificarlos.

Los jefes de departamento pueden autorizar y desautorizar registros en caso de que exista un error de captura, así como también darlos de baja. En la Figura 1Figura 21 se muestra el diagrama de casos de los roles de los usuarios del sistema.

En la Figura 22 se muestra el diagrama de caso de uso de las actividades y usuarios que intervienen en la administración de productos.

Los catálogos que intervienen en la administración de productos, son: colores, hormas, molduras, tallas, foliados, líneas, estilos y clientes.

Una vez que el departamento de diseño ha capturado el producto con sus materiales correspondientes, el departamento de ingeniería procede a la captura de los consumos de material para la fabricación del producto.

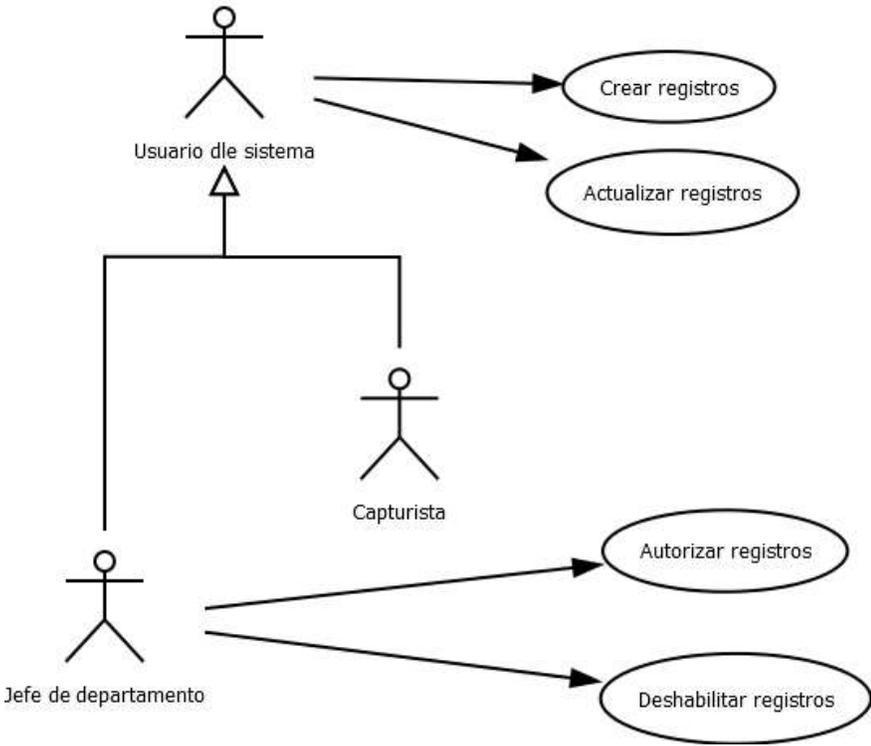


Figura 21 Diagrama de casos de uso de los roles de los usuarios en el sistema.

El reporte principal requerido en la administración de productos es la Ficha Técnica, la cual debe contener las características del producto mencionadas anteriormente y los materiales requeridos para su fabricación desglosados por tallas.

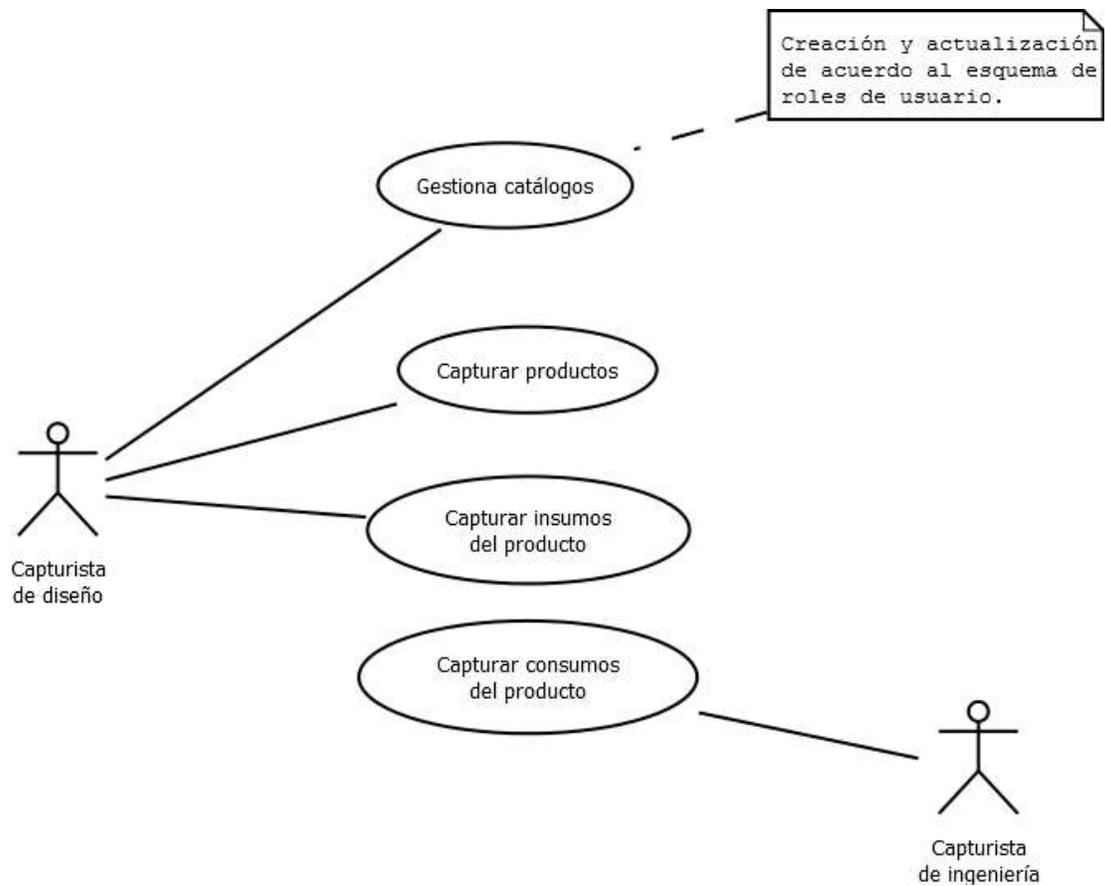


Figura 22 Diagrama de casos de uso de las tareas de administración de los productos.

Además de la captura de materiales que se requieren para fabricar un producto, es necesario capturar las actividades necesarias para su fabricación.

La captura de actividades requiere los siguientes campos

Descripción de la actividad

Departamento de producción donde se realiza la actividad

Duración de la actividad (tiempo).

Costo de la actividad



Figura 23 Diagrama de clases relacionadas a la gestión de productos, consumos e insumos.

Los capturistas pueden crear actividades y asignarlas a los productos, como se puede observar en la Figura 24.

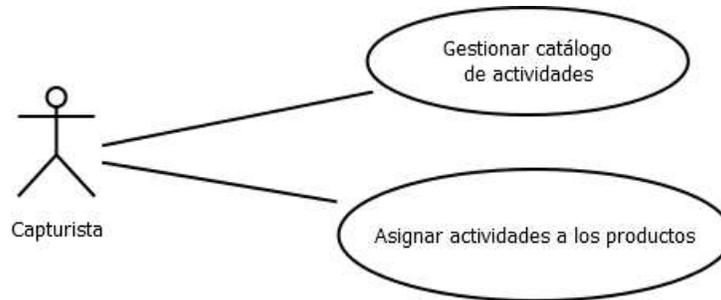


Figura 24 Diagrama de casos de uso para la captura de las actividades un producto.

En la Figura 25 se muestra el diagrama de clases relacionado a las actividades asignadas a los productos.

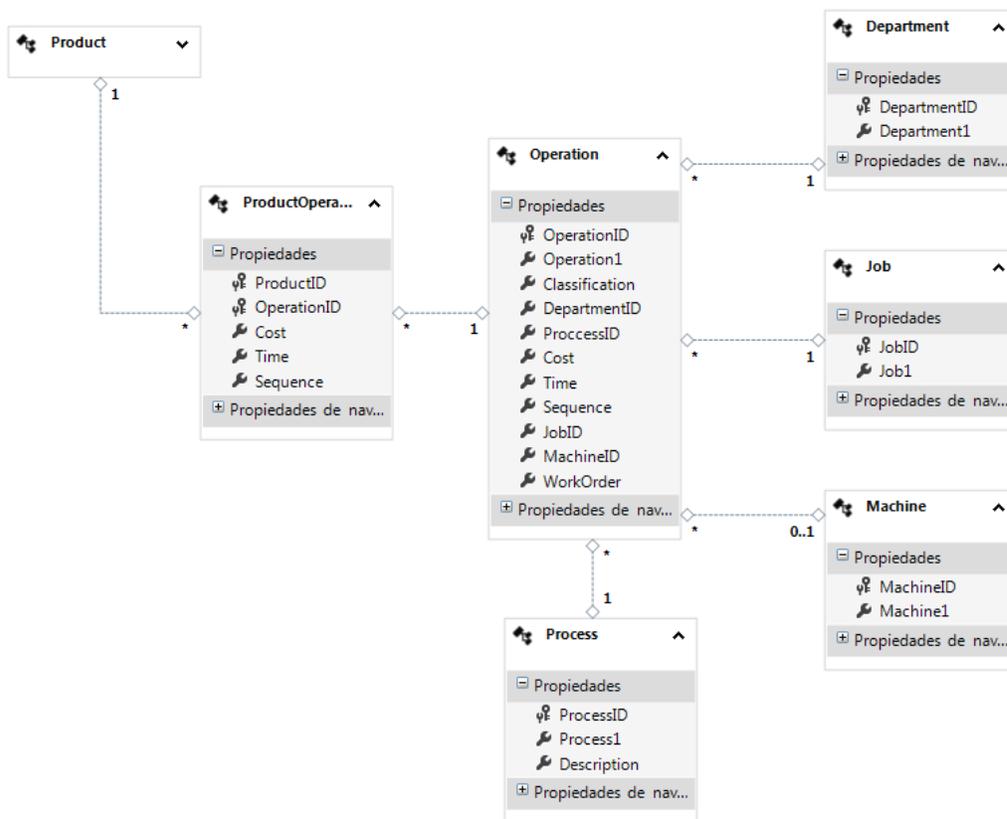


Figura 25 Diagrama de clases de las actividades de los productos.

3.2.3 Planificación de la producción

Los factores de tiempo considerados para la planificación de la producción son:

Tiempo de entrega del proveedor de materia prima.

Tiempo de proceso de manufactura del calzado desde que se genera la programación de la producción hasta que el producto se encuentra terminado y almacenado.

La demanda es dada por los pedidos de los clientes para proceder a realizar la planificación de la producción. Una vez planeada la producción, se genera la lista del concentrado de materiales que será proporcionada al departamento de Compras para su abastecimiento.

Una vez que los materiales han sido abastecidos o se han acordado las fechas de entrega, se procede a realizar la programación de la producción.

En la Figura 26 se puede ver el diagrama de actividades que muestra el flujo del proceso de planificación de la producción.

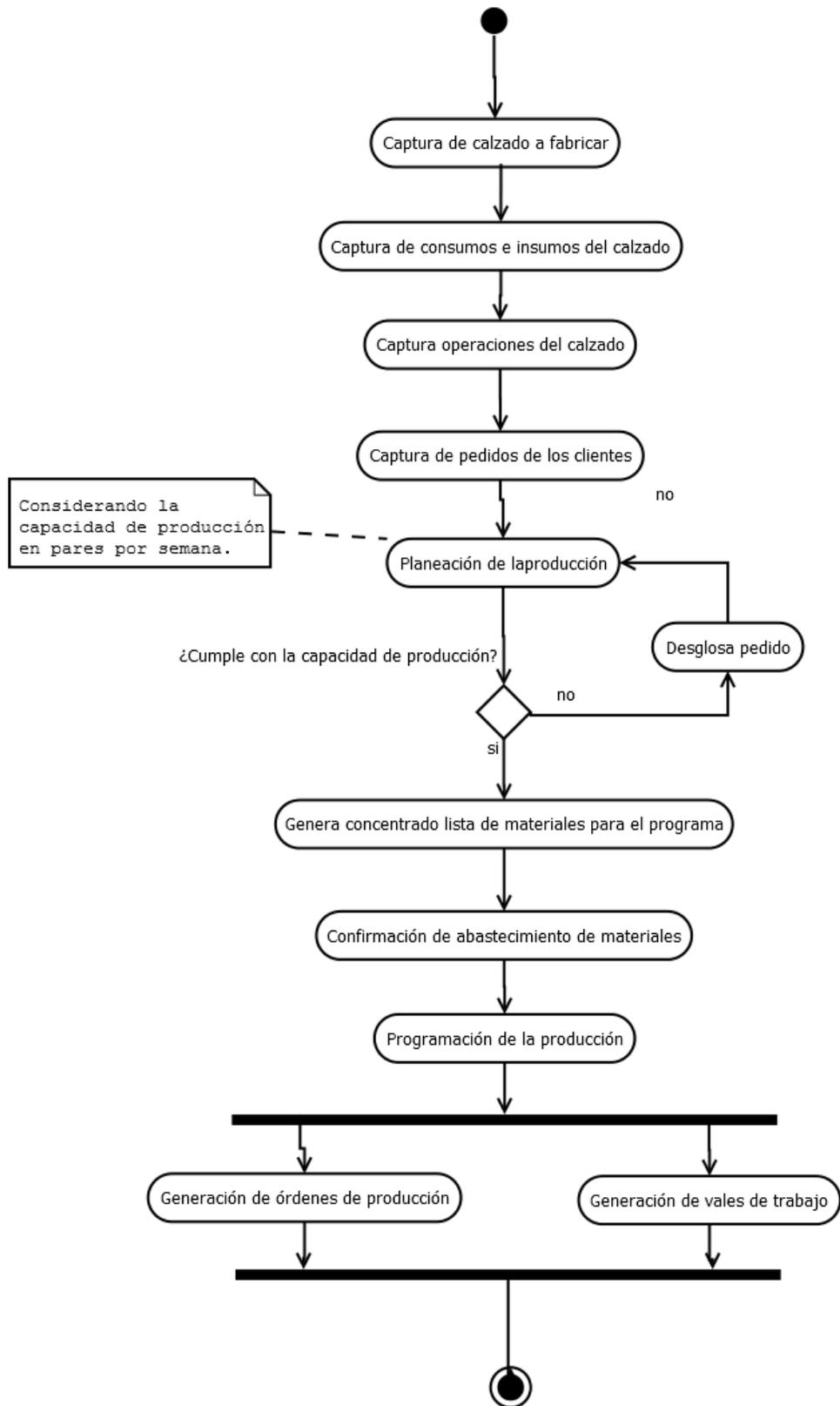


Figura 26 Flujo de actividades de la planificación de la producción.

Para la planificación de la producción se debe contar con los pedidos capturados, para ello se requieren los siguientes datos de captura:

Cliente

Fecha de pedido

Fecha de entrega

Productos con sus respectivas tallas

Lista de precios correspondiente

Para planear la producción, el programador de la producción deberá desglosar el pedido en lotes. Una vez generados los lotes el programador podrá seleccionarlos y ver los materiales requeridos para su fabricación. En la Figura 27 se muestra el diagrama de casos de uso con las acciones que puede realizar el programador de la producción.

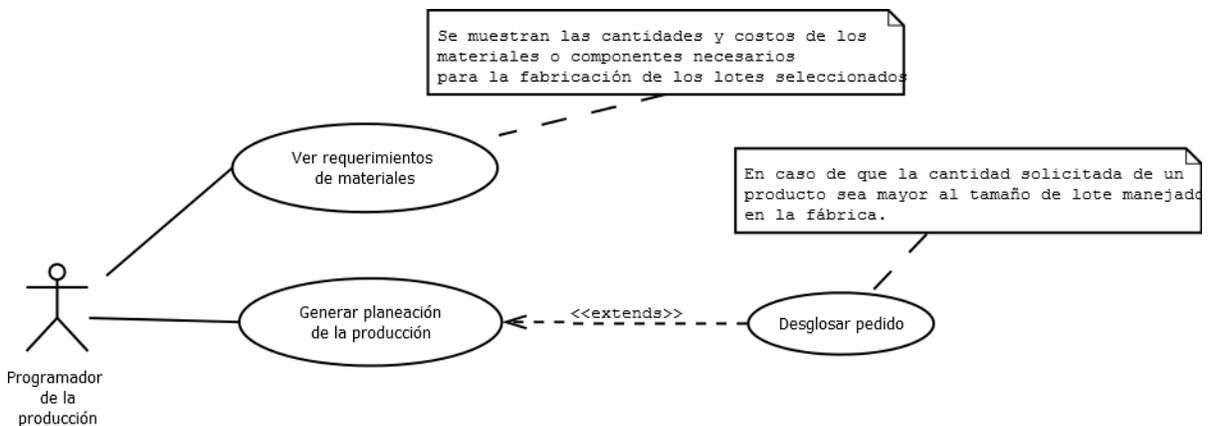


Figura 27 Planificación de la producción

Una vez planeados los lotes, estos se seleccionan para generar el reporte de lista de materiales, en el cual se debe especificar el material y la cantidad que se requiere para la fabricación de los respectivos lotes.

El departamento de compras recibirá las listas de materiales, así mismo informará por medio de una ventana de confirmación cuando los materiales hayan sido abastecidos. En la Figura 28 se muestran las actividades que se realizan en la generación de la lista de materiales.

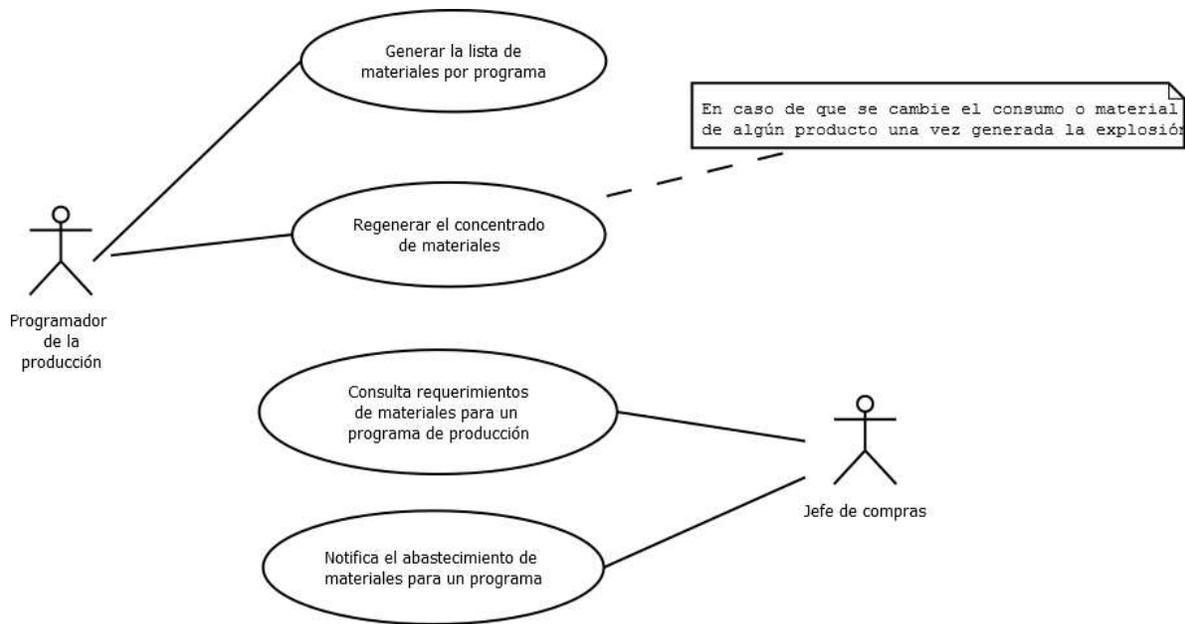


Figura 28 Generación de la lista de materiales

Una vez que se confirme que se tienen las existencias suficientes para la fabricación de los lotes, se procede a programar su producción y con esto generar las órdenes de producción y vales de trabajo, los cuales indicaran las actividades u operaciones que se deben realizar en el proceso de fabricación, así como los materiales necesarios para cada una de ellas. En la Figura 29 se pueden observar las acciones que se pueden realizar para la programación de la producción. En la Figura 30 se muestra el diagrama de clases relacionadas a la planificación de la producción.

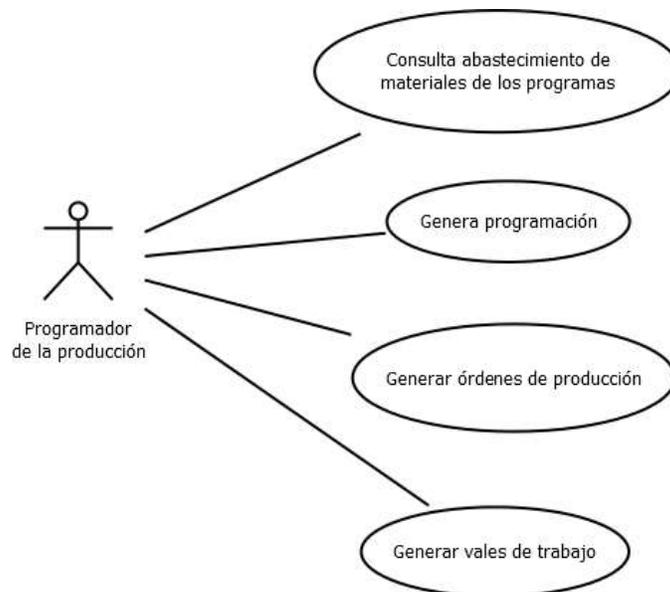


Figura 29 Programación de la producción

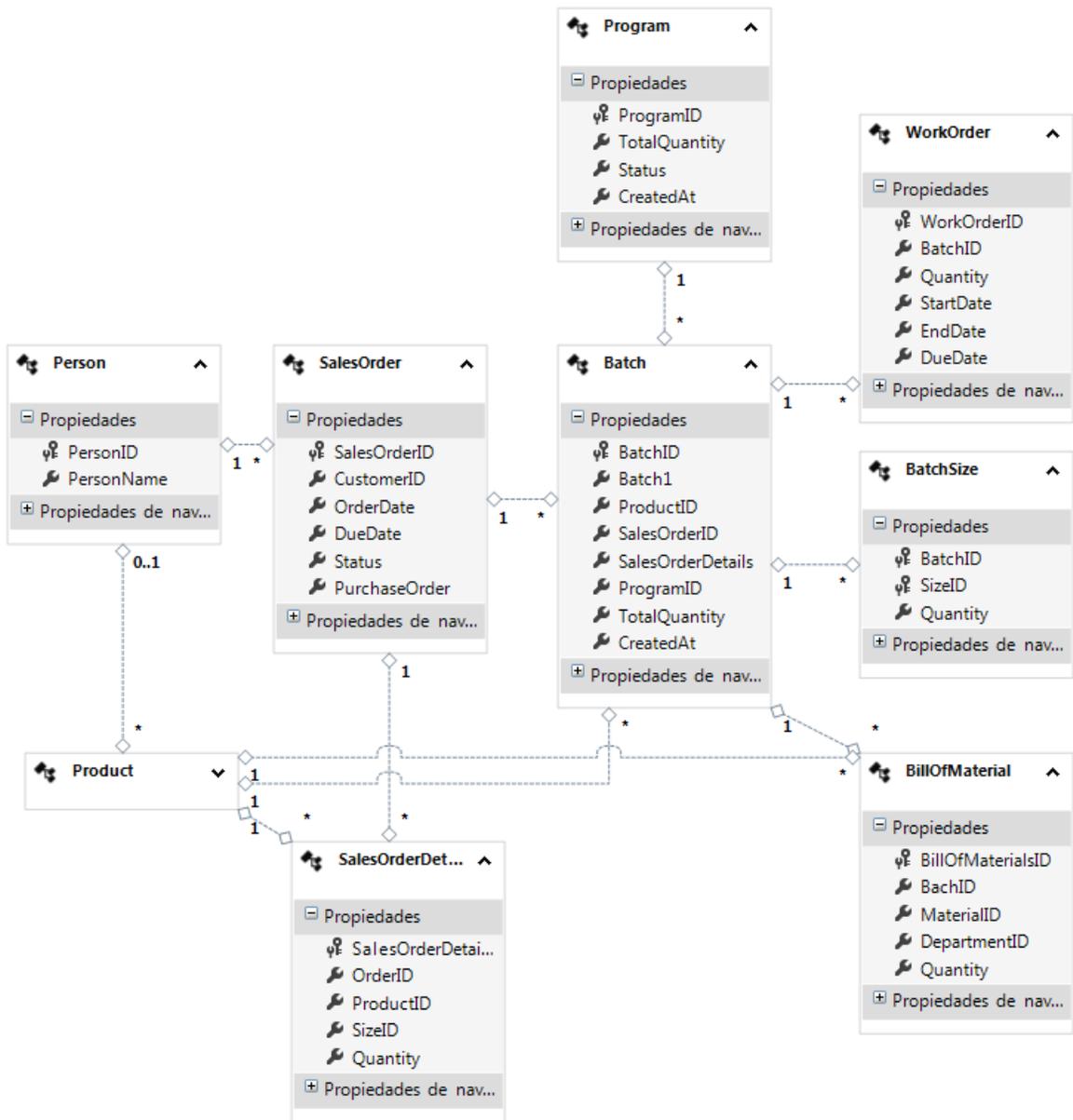


Figura 30 Diagrama de clases de la planificación de la producción.

3.3 Diseño

3.3.1 Modelo de desarrollo

El modelo en espiral fue elegido para el desarrollo del prototipo, debido a que es el que más se aproxima a los objetivos que se buscan alcanzar, es decir, de crear un prototipo funcional escalable que se encuentre preparado para convertirse en un sistema de información para atender otras las áreas de una empresa manufacturera, sin perder la calidad de las tareas definidas. Considerando estos aspectos, de acuerdo este modelo de ciclo de vida del software, con cada vuelta de la espiral, se puede obtener una versión mejorada del prototipo funcional, permitiendo la escalabilidad y pasando por cada una de las etapas que conlleva para obtener un producto final de software que cumpla con los objetivos descritos en la etapa de análisis de requerimientos.

Las actividades para el de desarrollo del sistema se describen a continuación.

1. Análisis de requerimientos
2. Diseño
3. Desarrollo
4. Implementación del sistema
5. Pruebas

En la Tabla 3 se muestra el diagrama de Gantt con las actividades propuestas de forma cronológica.

Tabla 3 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para el desarrollo del software.

Actividad	2016						2017								
	E	F	M	A	M	J	J	E	F	M	A	M	J	J	A
1	■	■	■	■	■										
2						■	■	■	■	■					
3											■	■	■	■	
4														■	
5															■

3.3.2 Arquitectura del software

El modelo arquitectónico elegido para el diseño del prototipo es el modelo cliente-servidor debido a que es un modelo de sistema que se organiza como un conjunto de servicios y servidores asociados, más unos clientes que acceden y utilizan los servicios [20]. El objetivo es que la base de datos sea instalada en un servidor, y el prototipo en terminales que realicen peticiones a él.

3.4 Desarrollo

El primer paso en el desarrollo del sistema, después de haber realizado el análisis de requerimientos del sistema, fue el diseño de la base de datos, y posteriormente se procedió con la codificación de las pantallas y creación de reportes que serán utilizadas por los usuarios finales.

3.4.1 Programas y herramientas para el desarrollo del sistema

La base de datos fue creada con Microsoft SQL Server 2014 en su versión Express, dado que es una edición gratuita que incluye la versión completa de Microsoft SQL Server Management Studio. [23]

El prototipo está desarrollado en el lenguaje de programación C# el cual se ejecuta en el Framework .NET de Microsoft [24], en conjunto con los componentes de desarrollo de software DevExpress, [25] debido a que estos componentes adicionales, facilitan y hacen rápido el desarrollo de software. Además al utilizar C# con el Framework .NET de Microsoft, ofrece herramientas para una fácil conectividad con el manejador de base de datos SQL Sever.

3.4.2 Diccionario de datos

En la siguiente Tabla 4 se muestra el *diccionario de datos* correspondiente a la base de datos diseñada en base a los requerimientos descritos anteriormente y en la Figura 31 se muestra el diagrama de la base de datos.

Tabla 4 Diccionario de datos del prototipo

Tabla	Columna	Descripción
Batch	BatchID	Llave primaria
Batch	Batch	Número de lote
Batch	ProductID	Llave foránea de la tabla Product
Batch	SalesOrderID	Llave foránea de la tabla SalesOrder
Batch	ProgramID	Llave foránea de la tabla Program
Batch	TotalQuantity	Cantidad total de productos en el lote
Batch	CreatedAt	Fecha de creación del lote
BatchSize	BatchID	Llave foránea de la tabla Batch
BatchSize	SizeID	Llave foránea de la tabla Size
BatchSize	Quantity	Cantidad de productos por talla pertenecientes a un lote
BillOfMaterial	BillOfMaterialsID	Llave primaria
BillOfMaterial	BachID	Llave foránea de la tabla Batch
BillOfMaterial	MaterialID	Llave foránea de la tabla Product
BillOfMaterial	DepartmentID	Llave foránea de la tabla Department
BillOfMaterial	Quantity	Cantidad total de material requerido para el lote
Color	ColorID	Llave primaria
Color	Color	Nombre del color
Company	CompanyID	Llave primaria
Company	CompanyName	Nombre de la compañía
Department	DepartmentID	Llave primaria
Department	Department	Nombre del departamento
Job	JobID	Llave primaria
Job	Job	Nombre del puesto de trabajo
ListOfMaterial	ListOfMaterialID	Llave primaria
ListOfMaterial	ProductID	Llave foránea de la tabla Product
ListOfMaterial	RawMaterialID	Llave foránea de la tabla Product, haciendo referencia al material
ListOfMaterial	ComponentID	Llave foránea de la tabla Component
ListOfMaterial	Quantity	Cantidad de material necesario por componente de un producto
ListOfMaterial	ProcessID	Llave foránea de la tabla Process

ListOfMaterial	DepartmentID	Llave foránea de la tabla Department
Machine	MachineID	Llave primaria
Machine	Machine	Nombre de la máquina
MaterialCategory	CategoryID	Llave primaria
MaterialCategory	Category	Nombre de la categoría del material
MaterialSubcategory	SubcategoryID	Llave primaria
MaterialSubcategory	Subcategory	Nombre de la subcategoría del material
MaterialSubcategory	CategoryID	Llave foránea de la tabla MaterialCategory
Operation	OperationID	Llave primaria
Operation	Operation	Operación
Operation	Classification	Clasificación: C - Control: Indicador del departamento o fase donde se encuentra el lote. P - Proceso: Indica que se trata de una operación.
Operation	DepartmentID	Llave foránea de la tabla Department
Operation	ProcessID	Llave foránea de la tabla Process
Operation	Cost	Costo de la operación
Operation	Time	Tiempo requerido para la operación
Operation	Sequence	Secuencia de la operación
Operation	JobID	Puesto de trabajo requerido para la operación
Operation	MachineID	Máquina requerida para realizar la operación
Operation	WorkOrder	Indicador de generación de orden de trabajo
Person	PersonID	Llave primaria
Person	PersonName	Nombre de la persona
Person	PersonType	Tipo de persona: C - Cliente
Process	ProcessID	Llave primaria
Process	Process	Nombre del proceso
Process	Description	Descripción del proceso
Product	ProductID	Llave primaria
Product	ProductName	Nombre del producto o material
Product	ProductTypeID	Tipo de producto: P - Producto de manufactura M - Material
Product	CompanyID	Llave foránea de la tabla Company
Product	ProductUnitID	Unidad de producción del producto.
Product	ProductCost	Costo de la fabricación del producto.
Product	MinInventory	Cantidad mínima en inventario
Product	MaxInventory	Cantidad máxima en inventario

Product	ProductCustomerID	Cliente para el cual se fabricará el producto
Product	ProductStyleID	Estilo del producto
Product	ProductComb	Combinación del producto
Product	ProductLineID	Línea del producto
Product	TrademarkID	Marca del producto
Product	ProductSizeGroupID	Grupo de tallas disponibles del producto
Product	ProductFoliageID	Foliado del producto
Product	ProductShapeID	Horma del zapato
Product	ProductMoldingID	Modulra del zapato
Product	ProductDaysToManufacture	Días para la manufactura del producto
Product	RawMaterialSubcategoryID	Llave foránea de la tabla MaterialSubcategory
Product	RawMaterialUnitPurchase	Llave foránea de la tabla UnitMeasure para indicar la unidad de compra del material
Product	RawMaterialUnitProduction	Llave foránea de la tabla UnitMeasure para indicar la unidad de consumo del material en producción
Product	RawMaterialType	Tipo de material: D – Directo I - Indirecto
Product	ColorID	Llave foránea de la tabla Color
Product	CreatedAt	Fecha de creación del producto
Product	DateDisabled	Fecha de baja del producto
Product	Status	Estatus del producto: V – Vigente N - Dado de baja
ProductComponent	ComponentID	Llave primaria
ProductComponent	Component	Nombre del componente
ProductComponent	Disabled	Indicador de componente deshabilitado
ProductFoliage	ProductFoliageID	Llave primaria
ProductFoliage	FoliageName	Nombre del foliado
ProductFoliage	ProductSizeGroupID	Llave foránea de la tabla ProductSizeGroup
ProductFoliageSize	ProductFoliageID	Llave foránea de la tabla ProductFoliage
ProductFoliageSize	SizeID	Llave foránea de la tabla ProductSize
ProductFoliageSize	Foliage	Foliado de la talla
ProductFoliageSize	Abbrev	Abreviación del foliado por talla
ProductLine	ProductLineID	Llave primaria
ProductLine	ProductLine	Nombre de la línea del producto.
ProductMolding	MoldingID	Llave primaria
ProductMolding	Molding	Nombre de la moldura
ProductOperation	ProductID	Llave foránea de la tabla Product
ProductOperation	OperationID	Llave foránea de la tabla Operation

ProductOperation	Cost	Costo de la operación por producto
ProductOperation	Time	Tiempo requerido para la operación por producto
ProductOperation	Sequence	Secuencia de la operación
ProductShape	ShapeID	Llave primaria
ProductShape	Shape	Nombre de la horma
ProductSize	SizeID	Llave primaria
ProductSize	Abbrev	Abreviación de la talla
ProductSize	Size	Nombre de la talla
ProductSize	ProductSizeGroupID	Llave foránea de la tabla ProductGroupSize
ProductSizeGroup	ProductSizeGroupID	Llave primaria
ProductSizeGroup	SizeGroupName	Nombre del grupo de tallas
ProductStyle	StyleID	Llave primaria
ProductStyle	Style	Nombre del estilo del producto
Program	ProgramID	Llave primaria
Program	TotalQuantity	Cantidad total de productos a fabricar en el programa
Program	Status	Estado del programa: P – Planeado X - Programado
Program	CreatedAt	Fecha de creación del programa
SalesOrder	SalesOrderID	Llave primaria
SalesOrder	CustomerID	Llave foránea de la tabla Person, indicando el cliente que realizó el pedido
SalesOrder	OrderDate	Fecha del pedido
SalesOrder	DueDate	Fecha de entrega del pedido
SalesOrder	Status	Estado del pedido: O – Abierto X – Programado P - En producción D - Entregado
SalesOrder	PurchaseOrder	Orden de compra del cliente
SalesOrderDetails	SalesOrderDetailsID	Llave primaria
SalesOrderDetails	OrderID	Llave foránea de la tabla SalesOrder
SalesOrderDetails	ProductID	Llave foránea de la tabla Product
SalesOrderDetails	SizeID	Llave foránea de la tabla ProductSize
SalesOrderDetails	Quantity	Cantidad del producto por talla
SystemUser	UserID	Llave primaria
SystemUser	CompanyID	Llave foránea de la tabla Company
SystemUser	UserName	Nombre de usuario del sistema
SystemUser	Password	Contraseña del usuario
Trademark	TrademarkID	Llave primaria
Trademark	Trademark	Nombre de la marca

Trademark	Type	Tipo de marca: P - Marca para producto M - Marca para material
UnitMeasure	UnitMeasureID	Llave primaria
UnitMeasure	Unit	Nombre de la unidad de medida
UnitMeasure	Abbreviation	Abreviación de la unidad de medida
WorkOrder	WorkOrderID	Llave primaria
WorkOrder	BatchID	Llave foránea de la tabla Batch
WorkOrder	Quantity	Cantidad de productos a fabricar
WorkOrder	StartDate	Fecha de inicio de la orden de producción
WorkOrder	EndDate	Fecha real de entrega de los productos solicitados en la orden de producción
WorkOrder	DueDate	Fecha de entrega de los productos de la orden de producción

Capítulo 4 Implantación y Pruebas

4.1 Introducción

La implantación del sistema fue realizada en una fábrica de botas industriales en la ciudad de Irapuato en el estado de Guanajuato. Actualmente la fábrica cuenta con un sistema de software con el cual administran la mayor parte de los procesos en distintos departamentos, como recursos humanos, ventas, cobranza y producción, sin embargo en los últimos meses han presentado problemas con el funcionamiento del sistema por lo cual, en su búsqueda para mejorar los procesos de producción, optaron por probar el prototipo desarrollado.

4.2 Implantación

Para la implantación del software primeramente se realizó la instalación de la base de datos en el servidor principal con el que ya cuenta la fábrica. Para eso se generó un script con la estructura de las tablas y procedimientos almacenados requeridos por el prototipo.

Los archivos de instalación fueron generados por medio de publicaciones que se generan desde Visual Studio (Entorno de Desarrollo Integrado de .NET), para que en caso de que exista alguna actualización del prototipo, éste mismo busque actualizaciones al iniciarse la aplicación, en una ruta en red específica.

Posteriormente los archivos de instalación se guardaron en una carpeta compartida en red en el mismo servidor. La guía de navegación del usuario se encuentra en el Anexo 2.

4.2.1 Exportación de la información

La empresa proporcionó el acceso a la base de datos del sistema con el que trabajan actualmente, así como la documentación necesaria del funcionamiento del sistema. Dado que la base de datos se encuentra en SQL Server, al igual que el prototipo desarrollado, se pudo realizar una exportación con éxito.

Para poder integrar el prototipo al sistema actual con el que trabaja la fábrica, se creó un procedimiento almacenado, el cual se encarga de leer la información actual del sistema y posteriormente crear los registros necesarios. La información exportada de forma exitosa se encuentra en el siguiente listado:

Materiales

Productos

Catálogos (Departamentos, categorías y subcategorías de materiales, colores, unidades de medida, tallas, folios, marcas, componentes de calzado, estilos de calzado).

Pedidos de clientes (Demanda de calzado)

Las relaciones entre los materiales y productos con sus respectivos catálogos fueron capturados de forma manual, debido a que las claves y las estructuras de datos no coinciden con las del prototipo desarrollado.

Los catálogos de molduras y hormas no fueron exportados, debido a que no se tenían capturados los datos de forma específica en los catálogos proporcionados por el sistema, ya que solo los describen dentro del nombre del producto.

4.3 Pruebas

Las pruebas realizadas al sistema, se hicieron tanto en el entorno controlado, simulando el entorno de producción (pruebas beta), y las *pruebas de aceptación* fueron verificadas por el cliente.

4.3.1 Pruebas de aceptación

Para el módulo de administración de productos, fueron aplicados los siguientes casos de prueba.

Gestionar catálogos. (Véase Tabla 5)

Capturar productos (Véase Tabla 6)

Capturar insumos del producto (Véase

Tabla 7)

Capturar consumos del producto (Véase Tabla 8)

Asignar actividades a los productos (Véase Tabla 9)

Tabla 5 Caso de prueba para la gestión de catálogos.

Gestionar catálogos
Descripción: Gestionar los catálogos que intervienen en la captura de los productos.
Prerrequisitos Ninguno
Pasos: Consultar registros del catálogo Creación de un registro. Actualización de un registro existente Autorización de un registro. Poner en estatus “deshabilitado” un registro. Eliminación de un registro.
Resultado esperado: Realización correcta de cada acción
Resultado obtenido: Realización correcta de cada acción.

Tabla 6 Caso de prueba para la captura de productos

Capturar productos
Descripción: Capturar nuevos productos.
Prerrequisitos Tener catálogos capturados.
Pasos: Consultar productos existentes. Crear nuevos productos, asignando sus respectivas características y catálogos correspondientes. Actualización de un producto existente Autorización de un producto. Poner en estatus “deshabilitado” un producto. Eliminación de un producto.
Resultado esperado: Realización correcta de cada acción
Resultado obtenido: Realización correcta de cada acción.

Tabla 7 Caso de prueba para la captura de insumos de un producto.

Capturar insumos del producto
Descripción: Asignar los materiales que intervienen en el proceso de fabricación del calzado.
Prerrequisitos Tener catálogos capturados. Tener materiales capturados. Tener productos capturados.
Pasos: Asignar los materiales requeridos para la fabricación del calzado, con los respectivos componentes y procesos en los que se van a necesitar.
Resultado esperado: Asignación correcta de materiales.
Resultado obtenido: Asignación correcta de materiales.

Tabla 8 Caso de prueba para la captura de consumos de un producto.

Capturar consumos del producto
<p>Descripción: Capturar consumos del producto, es decir, la cantidad de material que de ocupará para la fabricación del calzado. Cuando los consumos no están asignados, tienen por defecto el valor cero.</p>
<p>Prerrequisitos Tener catálogos capturados. Tener materiales capturados. Tener productos capturados con sus respectivos materiales asignados.</p>
<p>Pasos: Capturar el consumo de los materiales asignados a los productos.</p>
<p>Resultado esperado: Actualización correcta de consumos.</p>
<p>Resultado obtenido: Actualización correcta de consumos.</p>

Tabla 9 Caso de prueba para la asignación de actividades a un producto.

Asignar actividades a los productos
<p>Descripción: Asignar las actividades que intervienen en el proceso de fabricación de calzado.</p>
<p>Prerrequisitos Tener catálogo de actividades capturado. Tener productos capturados.</p>
<p>Pasos: Asignar del catálogo de actividades, aquellas que son requeridas para la fabricación de un producto dado.</p>
<p>Resultado esperado: Asignación correcta de actividades.</p>
<p>Resultado obtenido: Asignación correcta de actividades.</p>

Para la planificación de la producción, se llevaron a cabo las siguientes pruebas de aceptación

Ver requerimientos de materiales. (Véase Tabla 10)

Generar planeación de la producción. (Véase Tabla 11)

Desglosar pedido (Véase

Tabla 12)

[Generar la lista de materiales por programa \(Véase](#)

Tabla 13)

Regenerar el concentrado de materiales (Véase Tabla 14)

Consultar requerimientos de materiales para un programa de producción. (Véase Tabla 15)

Notificar el abastecimiento de materiales para un programa (Véase Tabla 16)

Consulta abastecimiento de materiales de los programas (Véase Tabla 17)

Generar la programación (Véase Tabla 18)

Generar órdenes de producción (Véase Tabla 19)

Generar vales de trabajo (Véase Tabla 20)

Tabla 10 Caso de prueba de la consulta de requerimientos de materiales.

Ver requerimientos de materiales
Descripción: Consultar el concentrado de materiales requerido para la producción de calzado
Prerrequisitos Tener capturados los productos con sus respectivos consumos e insumos.

Pasos:

Seleccionar productos

Consultar los requerimientos de material de los productos seleccionados.

Resultado esperado:

Listado de materiales indicando la cantidad necesaria para la producción de productos seleccionado.

Resultado obtenido:

Listado de materiales indicando la cantidad necesaria para la producción de productos seleccionado.

Tabla 11 Caso de prueba de la generación del concentrado de lista de materiales por programa.

Generar la lista de materiales por programa
Descripción: Consultar el concentrado de materiales requerido para la producción de calzado
Prerrequisitos Tener capturados los productos con sus respectivos consumos e insumos.
Pasos: Seleccionar productos Consultar los requerimientos de material de los productos seleccionados.
Resultado esperado: Listado de materiales indicando la cantidad necesaria para la producción de productos seleccionado.
Resultado obtenido: Listado de materiales indicando la cantidad necesaria para la producción de productos seleccionado.

Tabla 12 Caso de prueba para el desglose de un pedido.

Desglosar pedido
Descripción: Desglosar un pedido cuando la cantidad solicitada excede el tamaño del lote de procesamiento de la fábrica.
Prerrequisitos Pedido capturado
Pasos: Generar el desglose de tallas
Resultado esperado: Pedido desglosado en lotes
Resultado obtenido: Pedido desglosado en lotes

Tabla 13 Caso de prueba para la generación del concentrado de la lista de materiales por programa.

Generar la lista de materiales por programa
Descripción: Generar el concentrado de lista de materiales que se requerirán para fabricar un programa planeado.
Prerrequisitos Pedidos capturados y desglosados (en caso de que aplique)
Pasos: Generar el reporte del concentrado de lista de materiales
Resultado esperado: Reporte del concentrado de lista de materiales por programa.
Resultado obtenido: Reporte del concentrado de lista de materiales por programa.

Tabla 14 Caso de prueba para la regeneración de la lista de materiales.

Regenerar la lista de materiales
Descripción: Volver a generar el concentrado de la lista de materiales en caso de que se actualice algún consumo o insumo de materiales.
Prerrequisitos Generar el reporte de materiales.
Pasos: Regenerar el reporte
Resultado esperado: Reporte actualizado.
Resultado obtenido: Reporte actualizado.

Tabla 15 Caso de prueba para la consulta de requerimientos de materiales para un programa de producción.

Consultar requerimientos de materiales para un programa de producción
Descripción: Consultar los requerimientos de materiales de un programa de producción generado.
Prerrequisitos Generar el concentrado de lista de materiales.
Pasos: Consultar los requerimientos de materiales.
Resultado esperado: Pantalla de consulta de requerimientos.
Resultado obtenido: Pantalla de consulta de requerimientos.

Tabla 16 Caso de prueba de la notificación de abastecimiento de materiales para un programa.

Notificar el abastecimiento de materiales para un programa
Descripción: Notificar al programador de la producción cuando se han abastecido los materiales de un programa.
Prerrequisitos Haber generado el detallado de lista de materiales de un programa.
Pasos: Notificar que los materiales han sido abastecidos.
Resultado esperado: Notificación de que los materiales han sido abastecidos.
Resultado obtenido: Notificación de que los materiales han sido abastecidos.

Tabla 17 Caso de prueba de consulta de abastecimiento de material de un programa.

Consulta abastecimiento de materiales de los programas
Descripción: Consultar el abastecimiento de materiales de los programas.
Prerrequisitos Haber generado el detallado de lista de materiales de un programa.
Pasos: Consultar el estado de abastecimiento de materiales de los programas.
Resultado esperado: Pantalla de consulta.
Resultado obtenido: Pantalla de consulta.

Tabla 18 Caso de prueba de la generación de la programación

Generar la programación
Descripción: Consultar el abastecimiento de materiales de los programas.
Prerrequisitos Haber generado el detallado de lista de materiales de un programa.
Pasos: Consultar el estado de abastecimiento de materiales de los programas.
Resultado esperado: Pantalla de consulta.
Resultado obtenido: Pantalla de consulta.

Tabla 19 Caso de prueba de la generación de órdenes de producción.

Generar órdenes de producción
Descripción: Generación reporte para la producción de calzado
Prerrequisitos Haber generado la programación
Pasos: Seleccionar programas para generar órdenes de producción.
Resultado esperado: Reporte de orden de producción
Resultado obtenido: Reporte de orden de producción.

Tabla 20 Caso de prueba para la generación de vales de trabajo.

Generar vales de trabajo
Descripción: Generación reporte de vales de trabajo, los cuales indican las operaciones que se deben realizar para la fabricación del calzado.
Prerrequisitos Haber generado la programación
Pasos: Seleccionar programas para generar los vales de trabajo.
Resultado esperado: Listado de operaciones de trabajo
Resultado obtenido: Listado de operaciones de trabajo.

4.3.2 Pruebas beta

El principal problema al que se enfrenta la fábrica, es a la generación del concentrado de la lista de materiales una vez que se genera la programación. Actualmente se lleva un registro manual en Excel para generar la lista de materiales requerido para un programa de producción, por lo que el abastecimiento correcto y en tiempo depende de la experiencia de la persona encargada de compras y el conocimiento que tiene de los materiales necesarios para la fabricación de los diferentes tipos de calzado. Un ejemplo claro de esta situación es el caso del componente “Casco” para fabricar una bota en punto 27 se utiliza un casco del punto 26.

Cuando se realizó la captura de materiales por producto, se sugirió añadir una opción para poder cargar los componentes que por defecto se ocupan para la fabricación de un zapato, y de esta forma tener una plantilla que facilite y haga más rápida la captura de materiales por producto, además de prevenir el olvido de la captura de un material. En la Figura 32 se muestra la pantalla de captura de materiales por producto del prototipo.

Después de la exportación de productos y materiales al sistema, una vez que fueron capturados los materiales por producto, se generó la ficha técnica donde se muestra las especificaciones del producto y los materiales requeridos para su fabricación, desglosados por talla y departamento. En la Figura 33 se muestra la ficha técnica generada por el prototipo, de un producto que se fabrica actualmente.

Para poder realizar la planeación y programación de la producción, es necesario realizar un enlace con el sistema con el que cuentan actualmente y de esta forma poder generar la lista de materiales por programa que debe ser entregada al departamento de compras para adquirir los materiales para la producción. En la Figura 34 se observa los registros con los que actualmente generan la lista de materiales para compras.

En la Figura 35 se puede observar la orden de producción o lista de producción que se genera actualmente con el sistema con el que cuenta la fábrica, la cual indica el número de lote, el pedido, el producto y las tallas correspondientes a fabricar.

Lista de Materiales: 99 - TITANIUM RETRIYVER MICRO PIEL NEGRO CASCO POLIAMIDA IRON NARANJA 22-32

Componente	Material	Talla	Cantidad	Departamento
	Click here to add a new row			
CASCO	CASCO POLIAMIDA #31	30.5		1,000 MONTADO
PLANTA	PLANTA BURGOS #31	30.5		1,000 MONTADO
SUELA	SUELA BORNABANDA #31	30.5		1,000 MONTADO
AGUJETA	AGUJETA PLANA IRON/NARANJA CON CENT...	30.5		1,000 ADORNADO
ETIQUETA	ETIQUETA TRANSFER MICROPEL RETRIYVE...	30.5		2,000 CORTE
ETIQUETA LATERAL	MANDRITA RETRIYVER	30.5		1,000 CORTE
ETIQUETA LENGUA	PLASTICO LENGUA RETRIYVER (LOGO NUEVO)	30.5		1,000 CORTE
PLANTILLA	PLANTILLA RETRIYVER #31	30.5		1,000 ADORNADO
PLANTILLA	PLANTILLA RETRIYVER #26	26		1,000 MONTADO
ETIQUETA	ETIQUETA TRANSFER MICROPEL RETRIYVE...	26		2,000 CORTE
CASCO	CASCO POLIAMIDA #29	27		1,000 MONTADO
PLANTA	PLANTA BURGOS #27	27		1,000 MONTADO
SUELA	SUELA BORNABANDA #27	27		1,000 MONTADO
PLANTILLA	PLANTILLA RETRIYVER #27	27		1,000 MONTADO
ETIQUETA	ETIQUETA TRANSFER MICROPEL RETRIYVE...	27		2,000 CORTE
CASCO	CASCO POLIAMIDA #29	28		1,000 MONTADO
PLANTA	PLANTA BURGOS #28	28		1,000 MONTADO
SUELA	SUELA BORNABANDA #28	28		1,000 MONTADO
PLANTILLA	PLANTILLA RETRIYVER #28	28		1,000 MONTADO
ETIQUETA	ETIQUETA TRANSFER MICROPEL RETRIYVE...	28		1,000 CORTE

Figura 32 Ventana de captura de lista de materiales por producto. En la primera columna se selecciona el componente, la siguiente columna corresponde al material, la tercera columna indica la talla, seguido de la cantidad requerida y el departamento en el cuál se ocupará el material.

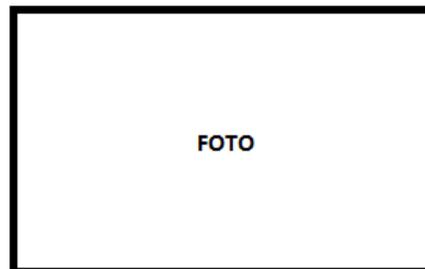
FICHA TÉCNICA

1/1

Producto TITANIUM RETRYVER MICRO PIEL NEGRO CASCO
POLIAMIDA IRON NARANJA 22-32

Clave 3641

Estilo TITANIUM
Comb.
Línea BOTA INDUSTRIAL
Foliado NACIONAL
Color NEGRO
Marca
Horma
Moldura



TALLA 26				
ADORNO				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
AGUJETA	1.000	UNIDAD	AGUJETA PLANA NRO/NARANJA CON CENTRO 1.15	144622
CORTE				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
ETIQUETA	2.000	UNIDAD	ETIQUETA TRANSFER MICROPIEL RETRYVER #26	14222
ETIQUETA LATERAL	1.000	UNIDAD	BANDERITA RETRYVER	93894
ETIQUETA LENGUA	1.000	UNIDAD	PLASTISOL LENGUA RETRYVER (LOGO NUEVO)	413
ENSUELADO				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
CUÑA	1.000	UNIDAD	CUÑA IRON #26	98
MONTADO				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
PLANTILLA	1.000	UNIDAD	PLANTILLA RETRYVER #26	217805
TALLA 27				
ADORNO				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
AGUJETA	1.000	UNIDAD	AGUJETA PLANA NRO/NARANJA CON CENTRO 1.15	144622
CORTE				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
ETIQUETA	2.000	UNIDAD	ETIQUETA TRANSFER MICROPIEL RETRYVER #27	14224
ETIQUETA LATERAL	1.000	UNIDAD	BANDERITA RETRYVER	93894
ETIQUETA LENGUA	1.000	UNIDAD	PLASTISOL LENGUA RETRYVER (LOGO NUEVO)	413
ENSUELADO				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
CUÑA	1.000	UNIDAD	CUÑA IRON #27	99
MONTADO				
COMPONENTE	CONSUMO	UNIDAD	MATERIAL	CODIGO
CASCO	1.000	UNIDAD	CASCO POLIAMIDA #28	23
PLANTA	1.000	UNIDAD	PLANTA BURGOS #27	12566
SUELA	1.000	UNIDAD	SUELA IRON NARANJA #27	289
PLANTILLA	1.000	UNIDAD	PLANTILLA RETRYVER #27	204892

Figura 33 Ficha técnica generada con el prototipo, con la información de un producto de la fábrica. Los materiales se encuentran desglosados por talla y departamento

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA								
3	MONTADO	HERA	CASCO	NEGRO	SUELA	PROG																												
4	18-ago	HERA	POLIAMIDA	CAFÉ	REX FUSHIA	1762					100		50		50											200								
5		HERA	POLIAMIDA	CAFÉ	REX FUSHIA	1762					100															100								
6		TITANIUM	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1762																				350								
7	MARGARITA DIAZ	GORILA	POLIAMIDA	NEGRO	TORNADO	1762									100	75		175								72								
8	SUAMER	CHOCLO	POLIAMIDA	NEGRO	ENCLAVE	1762					2		1		24	24										6								
9	TATIANA COLLADO	CHOCLO	THERMO	NEGRO	BOMBARDIER	1762					5		1													7								
10	MIA GUADALUPE	BMX	POLIAMIDA	CAFÉ	IRON	1762																				2								
11	GTO SERVICIOS	TITANIUM MET	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1762							10													10								
12	INDUSTRIAS MAASS	ROOPER	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1762																				2								
13	UNIMEX	CHOCLO	POLIAMIDA	NEGRO	ENCLAVE	1762					1															1								
14	JOSE ENRIQUE	CHOCLO	THERMO	NEGRO	IRON	1762																2				1								
15	TOPY	GORILA MET.	POLIAMIDA	NEGRO	REX MARANJA	1762																				8								
16	COFICAB	Z-28 PLUS	POLIAMIDA	NEGRO	BOMBARDIER	1762							8		18											123								
17	INGENIERIA MG	ROOPER	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1762																				12								
18	ZAPATERIA SUPER	GORILA	ACERO	NEGRO	ENCLAVE	1762																				40								
19	ZAPATERIA SUPER	GORILA	TERMO	NEGRO	CONFORT	1762									5	10	5	25	10	10	5	20	5	10		115								
20	ZAPATERIA SUPER	GORILA	ACERO	NEGRO	CONFORT	1762									5	5	15	15	10	10	20	20	10			63								
21	BLANCA ESTHELA	Z-28 MET	POLIAMIDA	CAFÉ	STRONG	1762									2	2	3	3	3	3	3	3				8								
22	AVACOR	TITANIUM	POLIAMIDA	CAFÉ	IRON	1762					4		36		126	100	100	54	10							352								
23	LUIS GDO MEZA	TIGER	POLIAMIDA	CAFÉ	ENCLAVE	1762																				5								
24	GTO SERVICIOS	TITANIUM MET	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1762									20	25										45								
25	JOSE CASTAÑEDA	TITANIUM	POLIAMIDA	CAFÉ	IRON	1762							2		3											11								
26	CALZADO Y SEG	ROOPER	POLIAMIDA	NEGRO	STRONG	1762							10		20	30	30	10	10	10	5	1				100								
27	TRW SISTEMA	BMX	POLIAMIDA	BLANCO	REX	1762							20		3	10	11	2								48								
28	MARIA SILVIA	TITANIUM	POLIAMIDA	MIEL	STRONG AMBAR	1762																				2								
29	FFT MEXICO	TITANIUM MET	POLIAMIDA	NEGRO	LAMOLE	1762							4		16	27	27	5	2							54								
30		TITANIUM	POLIAMIDA	MIEL	STRONG AMBAR	1762																				1								
31	GTO SERVICIOS	TITANIUM MET	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1762					10		10													20								
32	EQUIPOS Y SEÑA	ROOPER	POLIAMIDA	NEGRO	STRONG	1762									20	50	50	20								140								
33	PROVEEDORA IND	ARGO	POLIAMIDA	NEGRO	STRONG	1762					10		30		50	80	80	75	30							300								
34	ALMACENADORA	ARGO	POLIAMIDA	NEGRO	BOMBARDIER	1762							1		3											7								
35	ALMACENADORA	CHOCLO	POLIAMIDA	NEGRO	BOMBARDIER	1762					1		3													3								
36		Z-28	POLIAMIDA	NEGRO	BOMBARDIER	1763									150	50	200	400	200							1250								
37		TIGER	POLIAMIDA	NEGRO	ENCLAVE	1763									150	200	200	50								350								
38		TITANIUM	POLIAMIDA	NEGRO	IRON	1764									50	100	75	175								725								
39		GORILA	POLIAMIDA	NEGRO	TORNADO	1764							50		200	200	200	200								875								
40		TIGER	POLIAMIDA	NEGRO	ENCLAVE	1765									100	100	100	100								400								
41		Z-28	POLIAMIDA	NEGRO	BOMBARDIER	1765									50	100	150	200								1200								
42		TIGER	POLIAMIDA	NEGRO	ENCLAVE	1766									200	200	200	200								800								
43		GORILA	POLIAMIDA	NEGRO	ENCLAVE	1766									200	100	200	100								800								
44															67	25	63	25	308	54	485	570	1362	955	1786	1060	971	405	277	82	104	0	10	8609

Figura 34 Generación de lista de materiales en Excel para compras de material en la fábrica.

Las actividades u operaciones de producción que se deben realizar en cada área así como los tiempos aún no se tienen definidas en el sistema con el cual trabajan, la estructura se encontraba definida en Excel, por lo que con el prototipo se empezaron a realizar las primeras capturas de información con la que ya contaban.

Actualmente la capacidad de producción es medida por pares a la semana, que en este momento es de 7000 pares, por lo cual resultó de gran utilidad el prototipo para llevar el registro de operaciones y tiempos.

Lista de producción
Programa No.1783 de la lista: 170818

Fecha: viernes, 18 agosto, 2017

FOTO	LOTE	CANT	PRODUCTO	CORTE	REBA.	PES. FOR	PES. PIEL	PREARAI	MONTA.	PEGADO	ADORNO	SALIDA	
	1708180101	28	SPX RETRIEVER NEGRO PIEL NEGRO CASCO POLIURETANO P.U BOMBARDIER 22-33										
	Pod. 16737	F0224	MAQUA GORDALCINE PERN F. ERE: 17/8/17										
	22 22.5 23 23.5 7 6 8 7	24	SPX RETRIEVER NEGRO PIEL NEGRO CASCO POLIURETANO P.U BOMBARDIER 22-33										
	Pod. 16737	F0225	MAQUA GORDALCINE PERN F. ERE: 17/8/17										
	1708180103	30	SPX RETRIEVER NEGRO PIEL NEGRO CASCO POLIURETANO P.U BOMBARDIER 22-33										
	Pod. 16737	F0225	MAQUA GORDALCINE PERN F. ERE: 17/8/17										
			24 24.5 25 25.5 10 5 5 4	26 26.5 27 27.5 6 2 5 3	28 7	29 7							
Cantidad total de la fábrica:								82				Minutos:	0.00
Cantidad total del programa: 1783								82				Minutos:	0.00

Figura 35 Reporte de lista de producción generado con el sistema con el que cuenta la fábrica.

En la Figura 37, se puede observar los registros que se llevan de las operaciones de producción en Excel y en la figura se muestra la pantalla de captura de las operaciones del prototipo, donde también se puede especificar el tiempo requerido para la operación, el costo, el puesto de trabajo y el departamento, para su posterior análisis de capacidad.

Operación	Clasificación	Dep. Operación	Proyecto	Costo	Tiempo	Secuencia	Puesto de trabajo	Máquina	Operación de trabajo
ARMADO DE TABLAS	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	1	1. MIL. JORNAL DE COBTE	3000000000	<input type="checkbox"/>
CORTAR FIBRA	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	10	10. CORTADOR	ALBIR-CUT	<input checked="" type="checkbox"/>
REPARAR PUNTO	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	12	12. REPARADOR	REPARATE 0000	<input checked="" type="checkbox"/>
ARMAR JUNTA	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	13	13. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
TRAMPAS	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	15	15. CORTADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
PLANO DE CONTAMINANTE	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	16	16. CORTADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
CORTAR MACHOS	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	20	20. CORTADOR	ALBIR-CUT	<input checked="" type="checkbox"/>
CORTAR BIEL	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	21	21. CORTADOR	ALBIR-CUT	<input checked="" type="checkbox"/>
CORTAR REPULANTE	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	24	24. CORTADOR	ALBIR-CUT	<input checked="" type="checkbox"/>
CORTAR LENSULA	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	26	26. CORTADOR	ALBIR-CUT	<input checked="" type="checkbox"/>
SAHNET	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	28	28. CORTADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
POLVADO	P	COBTE	NO APETCA	0.000	0.000	29	29. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR COBTE	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	30	30. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR VENTILA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	31	31. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	32	32. MIL. JORNAL DE REPARATE	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	33	33. MIL. JORNAL DE COBTE	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR COBTE	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	34	34. REPARADOR	REPARATE 0000	<input checked="" type="checkbox"/>
COMPARACION	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	35	35. MIL. JORNAL DE REPARATE	3000000000	<input type="checkbox"/>
COLAR	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	36	36. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
RENOVIAR	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	38	38. REPARADOR	REPARATE 0000	<input checked="" type="checkbox"/>
REPARAR COBTE	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	39	39. MIL. JORNAL DE REPARACION	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	40	40. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	41	41. MIL. JORNAL DE REPARADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	42	42. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	43	43. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	44	44. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	45	45. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	46	46. REPARADOR	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	47	47. MIL. JORNAL DE REPARADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	48	48. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	49	49. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	50	50. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	51	51. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	52	52. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	53	53. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	54	54. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	55	55. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	56	56. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	57	57. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	58	58. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	59	59. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>
REPARAR JUNTA	P	REPARATE	NO APETCA	0.000	0.000	60	60. MIL. JORNAL DE ACABADO	3000000000	<input type="checkbox"/>

Figura 36 Pantalla de captura de operaciones, indicando si es una operación de control o de proceso, el departamento, el tiempo, costo, secuencia, puesto de trabajo requerido, la maquinaria en caso de que se requiera y el indicador para generar órdenes de producción.

	A	B	C	D	E	F	G
2		DEPARTAMENTO		AREA		SECCION	
3		PRODUCCIÓN	1	FORRO	1.1	FORRO	
4					1.2	FORRO PESPUNTE	
5					1.3	PEG LENGUA	
6					1.4	TRASFER	
7					1.5	MANUAL	
8							
9				CORTE	2.1	MICROPIEL/PIEL	
10					2.2	REFLEJANTE/LENGUA	
11					2.3	RAYADO	
12					2.4	PINTADO	
13					2.5	PREPARADO	
14					2.6	ARMADO DE TAREAS	
15							
16				ORISOL	3.1	MAQUINA 1	
17					3.2	MAQUINA 2	
18					3.3	MAQUINA 3	
19					3.4	MAQUINA 4	
20					3.5	MAQUINA 5	
21					3.6	MAQUINA 6	
22					3.7	MAQUINA 7	
23					3.8	MAQUINA 8	
24					3.9	MAQUINA 9	
25					3.10	MANUAL	
26							
27				ENCHINELADO	4.1	MAQUINA 1	
28					4.2	MAQUINA 2	
29					4.3	MAQUINA 3	
30				PESPUNTE			
31				LINEA 1	5.1	MAQUINA 1	
32					5.2	MAQUINA 2	
33					5.3	MAQUINA 3	
34					5.4	MAQUINA 4	
35					5.5	MANUAL	
36				LINEA 2	5.6	MAQUINA 1	
37					5.7	MAQUINA 2	
38					5.8	MAQUINA 3	
39					5.9	MAQUINA 4	
40					5.10	MANUAL	
41							
42				PREPARADO	6.1	REFILADO	
43							
44					6.2	PREPARADO 1	
45					6.3	PREPARADO 2	
46					6.4	PREPARADO 3	
47					6.5	PREPARADO 4	
48							
49					6.6	REFILADO DE LENGUA	
50					6.7	PEGADO DE LENGUA	
51					6.8	CONFORMADO 1	
52					6.9	CONFORMADO 2	
53					6.10	OJILLADO	
54					6.11	REVIZADO	
55				AYUDANTE GENERAL		DIEGO	
56							
57				MONTADO	7.1	ENGRAPADO DE HORMA	
58					7.2	CARGA DE LINEA	
59					7.3	MONTADO FORRO	
60					7.4	MONTADO MICROPIEL	
61					7.5	LADOS/TALONES 1	
62					7.6	LADOS/TALONES 2	
63					7.7	CARDADO	
64					7.8	RAYADO 1	
65					7.9	RAYADO 2	
66					7.10	SUELA	
67					7.11	EMBARRADO 1	
68					7.12	EMBARRADO 2	
69					7.13	PEGADOR 1	
70					7.14	PEGADOR 2	
71					7.15	PRENSADO	
72					7.16	DESORMAR	
73					7.17	FLAMEADO	
74					7.18	EMPLANTILLADO	
75					7.19	RESANADO	
76					7.20	ENCINTADO	
77					7.21	ENCINTADO	
78					7.22	REVISADO	
79					7.23	ENCREMADO	
80					7.24	INSPECCION	
81					7.25	CHEQUEO	
82					7.26	EMPACADO	

Figura 37 Registro de operaciones de producción en Excel

4.4 Resultados

Después de hacer el análisis de requerimiento y de modelar el funcionamiento del sistema, se realizó el diseño de una base de datos con un total de 33 tablas, necesarias para almacenar la información de los procesos de producción y poder generar la Planificación de Recursos de Manufactura.

El sistema cuenta con un total de 9 catálogos generales: unidades, clientes, estilos del productos, líneas del producto, corridas (para indicar las tallas en las que se producirá un producto), foliados, hormas, molduras y colores.

El apartado de productos permite la captura de actividades de trabajo y la lista de materiales. Las actividades de trabajo son definidas para determinar las operaciones necesarias para fabricar el producto, por ejemplo, cortar piel; para definir las actividades de trabajo, también se debe especificar el tiempo requerido, el costo, el puesto de trabajo, la maquinaria (en caso de que se requiera) e indicar si es una operación que generará un vale de trabajo, con el cual se especifica las operaciones que debe realizar un operador. La lista de materiales es requerida para posteriormente genera la lista de materiales por programa, es decir cuando ya se planea la producción para una semana y el concentrado de materiales que se va a requerir para su fabricación.

La demanda de la producción, es dada por los pedidos de los clientes, y posteriormente se puede realizar su planeación por semana. Antes de realizar el programación de la producción, es necesario generar el concentrado de lista de materiales para que el departamento de compras se anticipe y cuando los requerimientos de material sean abastecidos se pueda generar la programación y cumplir con los tiempos definidos.

Los inventarios de material se pueden minimizar si se compran los materiales en las cantidades especificadas para cada programa de producción en vez de mantener valores mínimos y máximos de stock, para ello, el personal encargado de realizar las compras, debe considerar el concentrado de lista de materiales que genera el prototipo y compararlo con las existencias del inventario de materiales que no han sido asignados para otro programa de producción.

La cancelación de pedidos de clientes ocasionadas por la entrega tardía de calzado, se pueden minimizar con el prototipo debido a que al realizar la planificación de la producción, considera los factores involucrados con el tiempo que requiere un producto para fabricarse, desde el momento en que el cliente realiza el pedido hasta que el producto se encuentra terminado.

El prototipo realiza todas las tareas mencionadas anteriormente, la administración de productos permite definir las características de los productos y los recursos necesarios para su fabricación. El proceso de planificación de los recursos de manufactura comienza por la captura de pedidos y termina una vez que se realiza la programación de la producción, debido a que en el momento en

que se realiza la programación, ya se conoce el tiempo que tardará el calzado en proceso hasta que se encuentre terminado.

El personal involucrado en la implantación del software, indicó que la forma en la que las pantallas que fueron presentadas de forma gráfica permanecieron entendibles y fáciles de usar.

Capítulo 5 Conclusiones

5.1 Conclusiones

- Con base a la información recabada de los sistemas de información que han existido con el paso de los años para apoyar a los procesos de manufactura fue diseñado un prototipo de software para generar la Planificación de Recursos de Manufactura.
- Con el objetivo de brindar una herramienta a la industria del calzado en México para mejorar la productividad y la competitividad a la que se enfrentan las empresas en la actualidad.
- El prototipo fue desarrollado en base al análisis de requerimientos, y fue modelado con diagramas UML para facilitar la comprensión de su funcionamiento.
- Se eligió la metodología de desarrollo en espiral como buena práctica de ingeniería de software el cual permite adaptarse y aplicarse a lo largo de la vida del software, con el objetivo de obtener un prototipo funcional, escalable y de calidad. A pesar de que el prototipo se encuentra especializado para la industria del calzado, se puede adaptar a empresas manufactureras de otras áreas, de forma general, sin incluir los catálogos específicos relacionados con el calzado, de ésta forma se define también la escalabilidad del software, al tener la capacidad de cambiar su configuración para adaptarse a otras circunstancias.
- Se generaron los diagramas UML correspondientes a los resultados esperados y a los requerimientos requeridos para la aplicación.
- Se desarrolló el software para la planificación de la producción de productos en una fábrica de botas industriales, el cual demostró su funcionalidad y aceptación.
- El prototipo fue implantado en una fábrica de botas industriales, para poder realizar pruebas de funcionalidad y aceptación. Los resultados fueron satisfactorios, al utilizar el prototipo para realizar tareas que antes se realizaban de forma manual en hojas de cálculo, la tarea principal que fue de más ayuda fue la generación de lista de materiales que es requerida para las compras.
- La administración de productos del prototipo generó el reporte de ficha técnica adaptable a los diferentes tipos de calzado que existen en el mercado, en el cual se indican las especificaciones del producto, así como sus respectivos insumos y consumos.

- La programación de la producción no generó pruebas debido a que se requería un enlace con el sistema con el que la fábrica ya cuenta, para poder adaptar este módulo como en el caso de la administración de productos.

5.2 Logros alcanzados

El prototipo además de ser desarrollado, fue implantado en una fábrica de calzado para corroborar el funcionamiento correcto y obtener retroalimentación de las mejoras que se pueden realizar al software.

Para facilitar el proceso de implantación del software, se realizó la exportación de la información general de los productos y materiales, puesto que la fábrica donde se realizó la implantación del prototipo ya contaba con un software para la administración de la producción y de otras áreas administrativas.

La fábrica se encuentra en busca de nuevas y mejores opciones para la administración de sus procesos debido a que en los últimos meses ha presentado problemas con el sistema con el que cuentan actualmente, principalmente en la generación de lista de materiales de la programación de la producción, sin embargo encontraron satisfactoria la implantación del prototipo, debido a que ahora cuentan con un producto de software que les permite realizar las tareas que antes generaban de forma manual en hojas de cálculo.

5.3 Trabajos futuros

El prototipo desarrollado es la base para crear un sistema más amplio que abarque otras áreas de una empresa manufacturera. El prototipo puede ser adaptado completamente para trabajar en conjunto con otros sistemas, al ser un prototipo funcional escalable, y siguiendo un modelo de ciclo de vida de software apropiado, como el modelo en espiral, el cual fue utilizado para el desarrollo del prototipo.

El prototipo desarrollado permite la captura de información para el análisis de otras áreas, por lo que en base a esto, posteriormente se podrían realizar reportes o indicadores con los que el prototipo no cuenta actualmente.

El apartado de pedidos podría mejorarse si se desarrolla bajo una plataforma web, donde tanto clientes como vendedores puedan realizar sus pedidos sin necesidad de ingresar al sistema interno.

El prototipo obtiene información de los inventarios de materiales, sin embargo no se encuentra incluido en el prototipo, por lo que integrar un módulo de inventarios sería la siguiente mejora importante a realizar.

Los costos que se pueden obtener con el prototipo corresponden a los gastos de mano de obra, dado por las operaciones de trabajo y los materiales requeridos para la fabricación, sin embargo se puede enriquecer añadiendo un módulo de costos donde se detallen todos los costos involucrados en la fabricación de los productos.

Como una extensión del prototipo, se podría generar la logística que interviene una vez que el calzado se encuentra terminado y sale de la fábrica hasta que es entregado al cliente.

Glosario

D

diccionario de datos[20]

lista de nombres ordenada alfabéticamente incluida en los modelos de un sistema. El diccionario debería incluir, además del nombre, una descripción asociada de dicha entidad con nombre y, si el nombre representa un objeto compuesto, una descripción de la composición., 56

I

insumos[26]

Conjunto de elementos que toman parte en la producción de otros bienes., 41

M

modelo en cascada[20]

Modelo del proceso del software en el que existen diferentes etapas de desarrollo especificación, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento. En principio, se debe completar una etapa antes de que se pueda avanzar a la siguiente. En la práctica, existe iteración entre las etapas., 38

P

pruebas de aceptación[20]

Implicación del cliente en las pruebas de entrega. Si la entrega es lo suficientemente buena, el cliente puede entonces aceptarla para su uso., 63

T

talonera[26]

Pieza de cuero que se pone en el contrafuerte de los zapatos para evitar que se salgan al caminar., 33

Bibliografía

- [1] Secretaría de Economía, “La Industria del Calzado en México | Secretaría de Economía | Gobierno | gov.mx.” [Online]. Available: <http://www.gob.mx/se/articulos/la-industria-del-calzado-en-mexico>. [Accessed: 15-Mar-2017].
- [2] J. G. Burch and G. Grudnitski, *Diseño de sistemas de información*, 1st ed. México: MEGABYTE, 1992.
- [3] E. K. Kurbel, “The Digital Firm,” in *The Making of Information Systems: Software Engineering and Management in a Globalized World*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 1–26.
- [4] K. E. Kurbel, “Business Information Systems,” in *Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management: Functions, Business Processes and Software for Manufacturing Companies*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 1–17.
- [5] W. Jiang and J. Han, “The Methods of Improving the Manufacturing Resource Planning (MRP II) in ERP,” *2009 Int. Conf. Comput. Eng. Technol.*, pp. 383–389, 2009.
- [6] V. Surka, G. Krizanova, M. Iringova, P. Vazan, and J. Znamenak, “Implementation of manufacturing resource planning issues in practice,” *INES 2016 - 20th Jubil. IEEE Int. Conf. Intell. Eng. Syst. Proc.*, pp. 151–156, 2016.
- [7] E. de la P. Hernández Águila, “Retos y perspectivas de la industria mexicana del calzado ante la apertura comercial. El impacto de la competencia con China,” *Sociedad*, vol. 40, no. 40, pp. 437–466, 2009.
- [8] J. Reyes *et al.*, “Finite Progressive Planning for the Assembly Process in Footwear,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 212, no. 1, 2017.
- [9] P. Suesaowaluk, “An Economy Manufacturing Enterprise System.”
- [10] L. M. Jessup and J. S. Valacich, *Information Systems Today*, 2nd Editio. New Jersey, United States of America: Pearson Education, 2005.
- [11] K. Y. Chen, H. Y. Lee, and S. Tu, “Study on user’s satisfaction of enterprise resource planning system - An example of manufacturing,” *Proc. - 2016 IEEE Int. Symp. Comput. Consum. Control. IS3C 2016*, pp. 1010–1013, 2016.
- [12] S. Dumbrava, “The Design of an Enterprise Resource Planning,” vol. 0, pp. 587–590, 2005.

- [13] M. Braun and S. Moehle, "Developing complex information systems from standard software components: A case study within manufacturing resource planning (MRP II)," *Proc. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 6, no. Mrp 11, pp. 143–152, 1998.
- [14] J. F. Tu, R. F. Guo, and Z. M. Fang, "Capacity planning of ERP based on the state of manufacturing resources," *2011 Int. Conf. Consum. Electron. Commun. Networks, CECNet 2011 - Proc.*, pp. 134–137, 2011.
- [15] A. Jørgensen and M. Hauschild, *CIRP Encyclopedia of Production Engineering: Machinability*, no. Un 2003. 2014.
- [16] G. Halevi, "Introduction," in *All-Embracing Manufacturing: Roadmap System*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, pp. 1–15.
- [17] J. W. Herrmann, "A History of Production Scheduling," in *Handbook of Production Scheduling*, J. W. Herrmann, Ed. Boston, MA: Springer US, 2006, pp. 1–22.
- [18] S. N. Chapman, *Planificación y control de la producción.*, Primera ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [19] A. Choklat, *Diseño de calzado*. Gustavo Gili, 2012.
- [20] I. Sommerville, *Ingeniería de software*, 7th ed. PEARSON EDUCACIÓN, 2005.
- [21] R. S. Pressman, *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*, 6th ed. McGrawHill, 2005.
- [22] J. Rumbaugh, I. Jacobson, and G. Brooch, *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de referencia*. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, 2000.
- [23] "Microsoft SQL Server 2014 Express."
- [24] Microsoft, "Visual C#." [Online]. Available: [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/kx37x362\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/kx37x362(v=vs.110).aspx).
- [25] Devexpress, "Our Awards."
- [26] "Real Academia Española." [Online]. Available: <http://www.rae.es/>. [Accessed: 04-Dec-2017].
- [27] A. Canchala, "UML, ejemplo sencillo sobre Modelado de un Proyecto." [Online]. Available: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972214.aspx>.

Anexo 1 Descripción de diagramas UML

Casos de uso

El diagrama de casos de uso representa la funcionalidad completa de un sistema (o una clase) mostrando su interacción con los agentes externos. La representación se hace por medio de las relaciones entre los actores (agentes externos) y los casos de uso (acciones) dentro del sistema. Los diagramas de casos de uso definen conjuntos de funcionalidades afines que el sistema debe cumplir para satisfacer todos los requerimientos que tiene a su cargo. Los casos de uso pueden ser visualizados como las funciones más importantes que la aplicación puede realizar o como las opciones presentes en el menú de la aplicación.

[27] En la Figura 38 se muestra un ejemplo de diagrama de casos de uso.

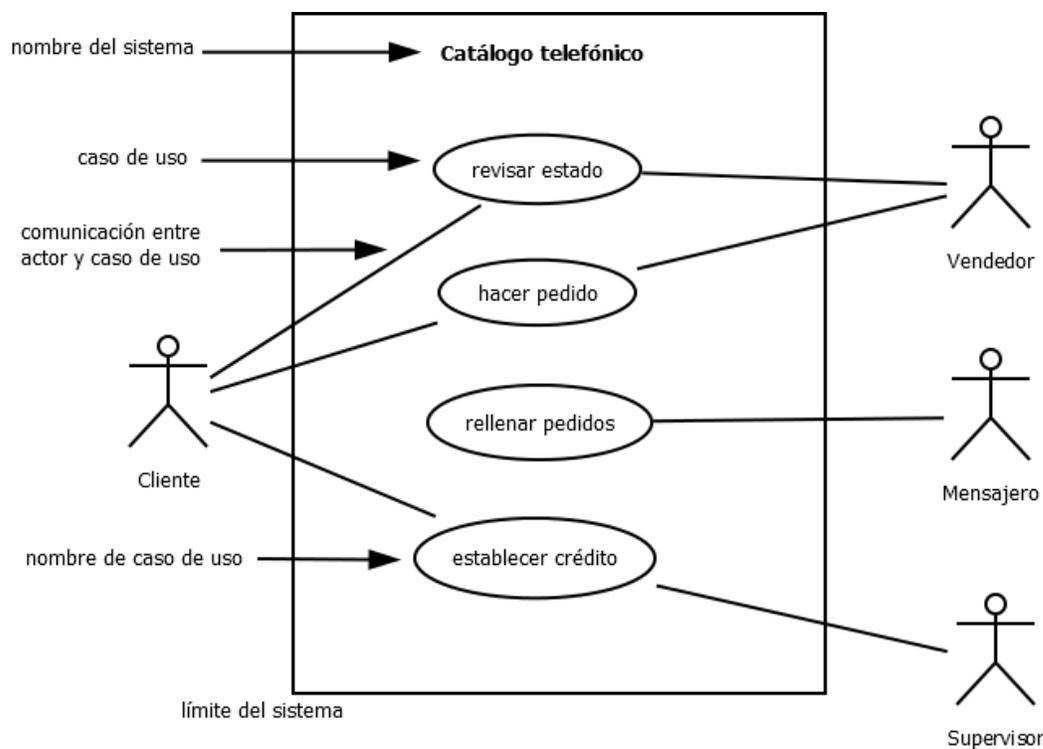


Figura 38 Ejemplo de diagrama de casos de uso.[22]

En un diagrama de casos de uso, un actor es una idealización de una persona externa, proceso u objeto que interactúa con un sistema, un subsistema o una clase. Cada actor participa en uno o más casos de uso y es representado como una persona pequeña con trazos lineales y el nombre debajo de él.

Un caso de uso representa una unidad coherente de funcionalidad, externamente visible, proporcionada por una unidad del sistema expresada por secuencias de mensajes intercambiados por la unidad del sistema y uno o más actores. Su propósito es definir una pieza de comportamiento coherente, sin revelar la estructura interna del sistema.

A pesar de que cada instancia de un caso de uso es independiente, la descripción de cada caso de uso se puede descomponer en factores de otros casos de uso más simples. La relación de inclusión permite incorporar el comportamiento de varios casos de uso como fragmentos de otro caso de uso. Un caso de uso también puede ser definido como una extensión incremental de un caso de uso base. Las relaciones de inclusión y extensión son representadas con flechas discontinuas con la palabra clave <<include>> o <<extends>>. En la Figura 39 se muestra un ejemplo de relaciones de casos de uso. [22]

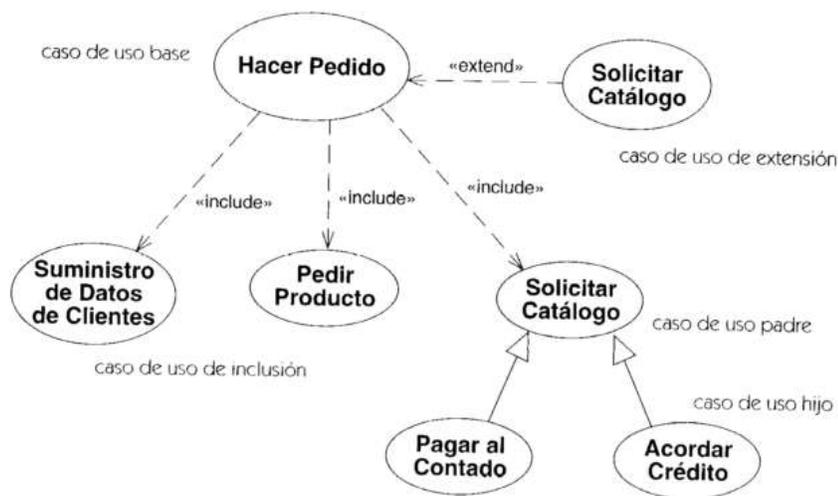


Figura 39 Ejemplo de relaciones de casos de uso.[22]

Diagrama de actividades

El diagrama de actividades es una forma especial de máquina de estados, con el cual se puede modelar cálculos y flujos de trabajos. Un estado de una actividad representa la ejecución de una sentencia en un procedimiento o el funcionamiento de una actividad en un flujo de trabajo. Cuando la actividad termina la ejecución procede al siguiente estado de actividad dentro del grafo.

Dentro de un diagrama de actividades pueden existir bifurcaciones, así como divisiones de control en hilos concurrentes. Los hilos concurrentes representan actividades que se pueden realizar de forma concurrente por los diversos objetos o personas de una

organización. La concurrencia es presentada con frecuencia a partir de la agregación, en la cual cada objeto tiene su propio hilo concurrente. Las actividades concurrentes se pueden realizar de forma simultánea o en cualquier orden.

El estado de una actividad está representado como una caja con las esquinas redondeadas que contiene la descripción de la actividad. Las transiciones simples se representan con flechas. Las ramas se representan como rombos con múltiples flechas de salida etiquetadas. La división o unión de control es representada de la misma forma que los diagramas de estado, con múltiples flechas que entran o salen de una barra gruesa de sincronización. En la Figura 40 se muestra un ejemplo de diagrama de actividades. [22]

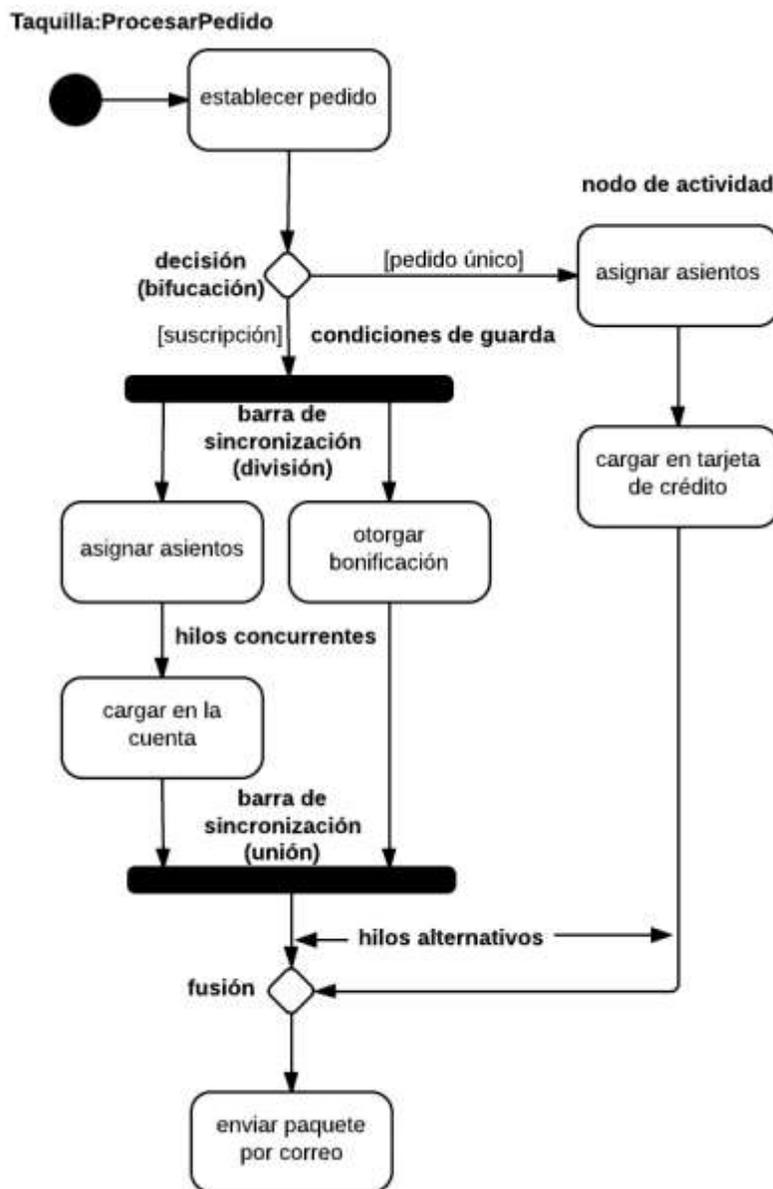


Figura 40 Ejemplo de diagrama de actividades. [22]

Diagrama de paquetes

Cualquier sistema grande debe ser dividido en unidades más pequeñas, de modo que las personas puedan trabajar con una cantidad limitada de información, al mismo tiempo que los equipos de trabajo no interfieran con el trabajo de los otros. La gestión del modelo consiste en paquetes y relaciones de dependencia entre paquetes.

Un paquete es la parte de un modelo, cada parte de un modelo debe pertenecer a un paquete. El contenido de un modelo puede ser asignado a un conjunto de paquetes. Los paquetes pueden contener otros paquetes. El paquete raíz contiene indirectamente el modelo completo de un sistema. Las dependencias entre los paquetes resumen dependencias entre los elementos internos a ellos.

Los paquetes son representados como rectángulos con lengüetas (iconos "carpeta") y las dependencias se dibujan como líneas discontinuas. En la Figura 41 se muestra un ejemplo de diagrama de paquetes para un sistema de reserva de entradas.

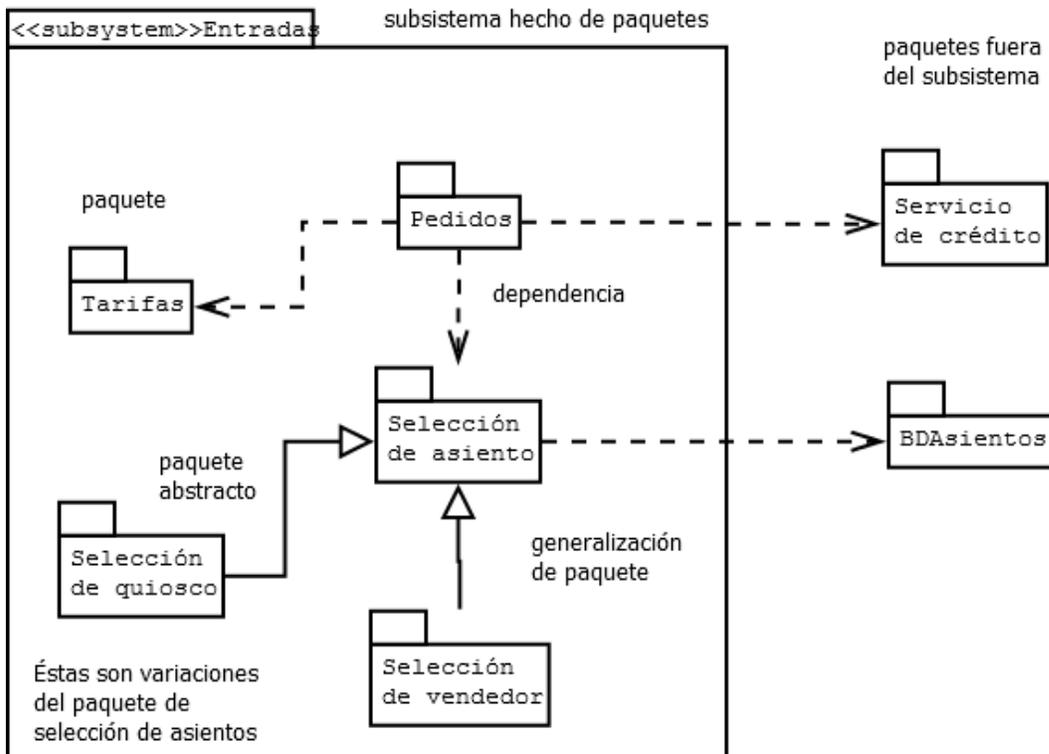


Figura 41 Ejemplo de diagrama de paquetes y sus relaciones. [22]

Anexo 2 Navegación del sistema

La instalación del prototipo se realiza a través de un setup, generado a partir de publicaciones versionadas, lo cual permite la facilidad de actualizar el prototipo en caso de mejoras o correcciones sin necesidad de reinstalar. Cada vez que se abre el programa, se buscan actualizaciones recientes y procede a su instalación.

Los archivos generados en la publicación se muestran en la Figura 42. Dentro de la carpeta Application Files, se encuentran las versiones generadas del prototipo.

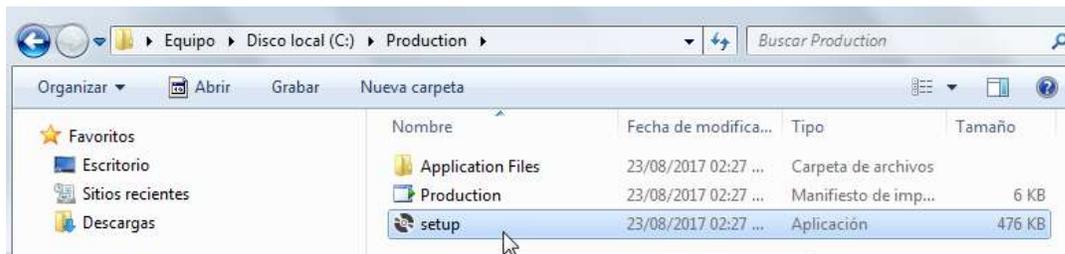


Figura 42 Archivos de instalación del prototipo.

Al ejecutar el archivo setup se abrirá una ventana como la que se muestra en la Figura 43, al hacer clic en instalar, se abrirá una ventana con una barra de progreso de instalación. Al finalizar la instalación, el prototipo se abrirá y estará listo para su uso.

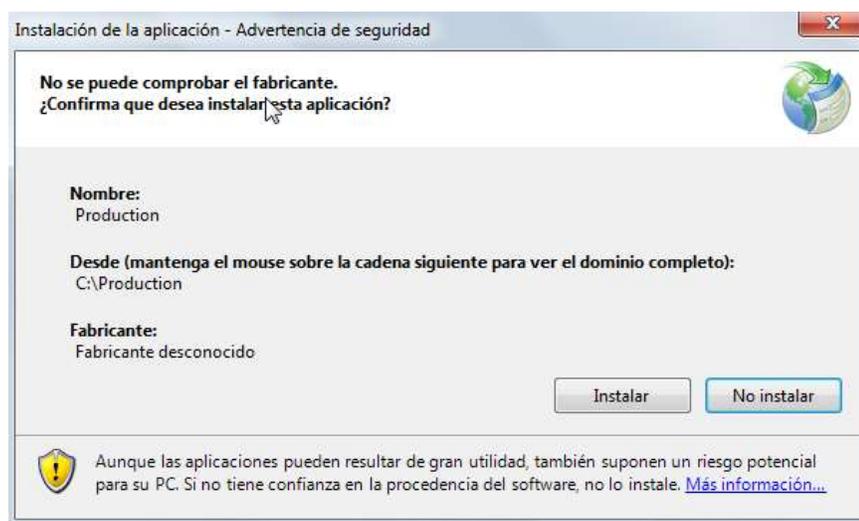


Figura 43 Ventana de instalación del prototipo.

La pantalla principal mostrada en la Figura 44 cuenta con una barra de navegación lateral y una superior. En la Figura 45 se muestran los apartados de cada menú lateral. Las funciones del menú superior dependen del apartado seleccionado en el menú lateral.

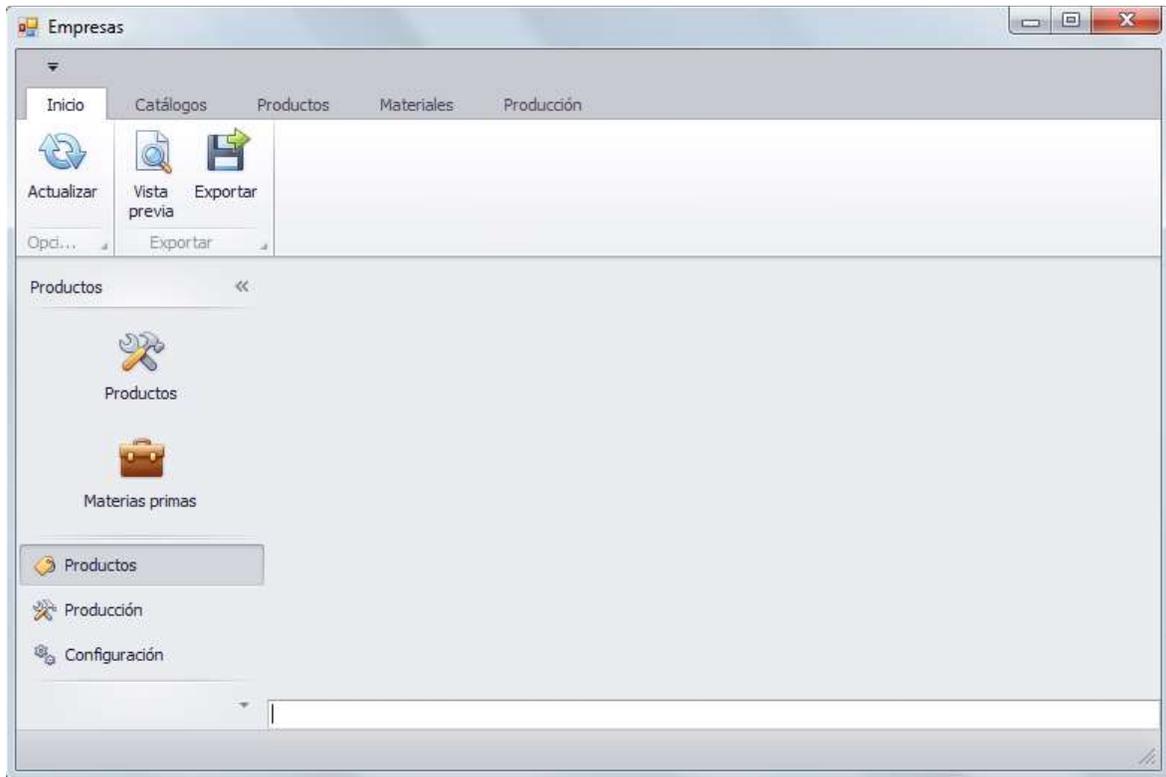


Figura 44 Menú principal del prototipo

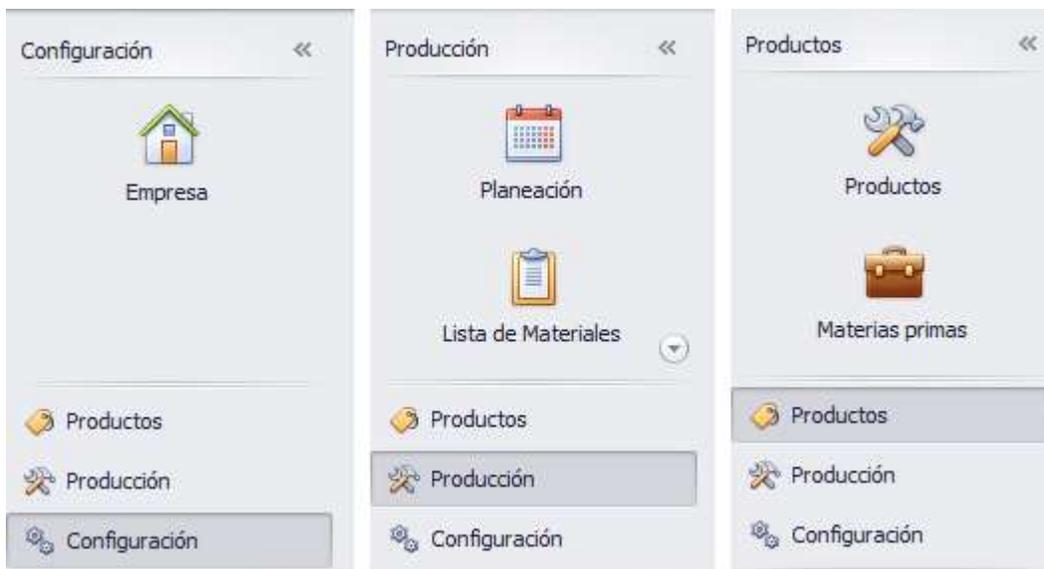


Figura 45 Menú lateral

Los catálogos son el primer paso para la captura de la información, son mostrados en un menú en la parte superior, como se puede observar en la Figura 46. La captura de información en todas las pantallas, se realiza en una tabla. La primera columna de la tabla sirve para filtrar información, la segunda fila tiene la funcionalidad de agregar nuevos registros, y las filas restantes muestran la información ya capturada, la cual puede ser actualizada directamente al modificarla en la fila, los cambios son realizados cuando se cambia de fila. En la Figura 47 se observa la vista de una ventana de captura de forma tabular.



Figura 46 Menú superior de catálogos.

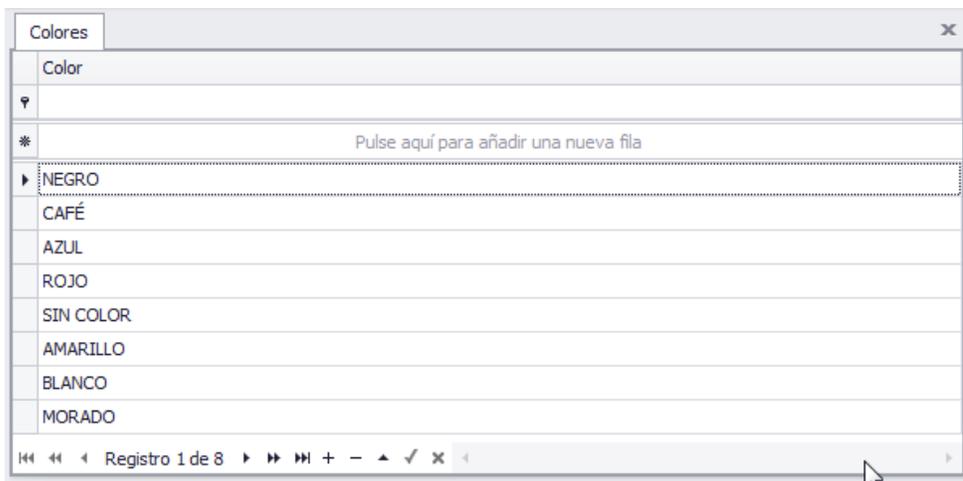


Figura 47 Pantalla de consulta, actualización y captura de información.

El siguiente paso es la captura de materiales, en la Figura 48 se muestra el menú correspondiente a los materiales con sus respectivos catálogos y opciones. Una vez capturados los materiales se puede proceder a la captura de productos y relacionar sus

materiales correspondientes para la fabricación. En la Figura 49 se muestran el menú para los productos.



Figura 48 Menú de los materiales



Figura 49 Menú de los productos

Una vez que han sido capturados los catálogos principales, materiales y productos, junto con sus respectivos catálogos internos, se puede proceder a la planeación y programación de la producción. En la Figura 50 se muestra el menú de producción.



Figura 50 Menú de producción

La demanda de producción es dada por los pedidos de los clientes. Para realizar las etapas posteriores de la planificación de la producción, es necesario el enlace del prototipo con el sistema de la fábrica donde se realizó la implantación, el cual ha quedado pendiente.