

**SISTEMA HIPERMEDIA EDUCATIVO COMO APOYO AL APRENDIZAJE DEL
PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS - SHEPLAN**



**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER
BUCARAMANGA
2005**

**SISTEMA HIPERMEDIA EDUCATIVO COMO APOYO AL APRENDIZAJE DEL
PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS - SHEPLAN**

SILVIA MARGARITA BALDIRIS NAVARRO

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTADER
BUCARAMANGA**

2005

**SISTEMA HIPERMEDIA EDUCATIVO COMO APOYO AL APRENDIZAJE DEL
PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS - SHEPLAN**

SILVIA MARGARITA BALDIRIS NAVARRO

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniera industrial**

Director

PIEDAD ARENAS DIAZ

Codirector

EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNANDEZ

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
BUCARAMANGA**

2005



A mi Señor, que me ama y bendice mi preciosa semilla todos los días.
A mi Papá y Mamá por lo buenos que han sido y por el amor que nos tenemos.
A Mayo, Ildé, Horacio, Carmen, Jesús David, Jesús David, Alba y mi madrina por que sé que están allí.
A Cash Luna, a Jonas, Glenda y todos mis amigos que me muestran lo bueno que es Dios.

Silvia Margarita



AGRADECIMIENTOS

El autor del presente proyecto expresa sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

Al Ingeniero Edwin Garavito Hernández y la Ingeniera Piedad Arenas Díaz por sus valiosos aportes en la concepción y desarrollo de este trabajo de grado.

A la Universidad Industrial de Santander por brindar el espacio al autor de este proyecto para desarrollarse en dos de las áreas de su interés profesional como son la Ingeniería de sistemas, específicamente, la ingeniería del software y en el área de la ingeniería industrial, específicamente en el mejoramiento de procesos a través del buen uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

A la Fundación Instituto Tecnológico Comfenalco por proveer en este último año los recursos tecnológicos que permitieron la exploración de las fuentes de información adecuadas y confiables a nivel nacional e internacional que enriquecieron este trabajo.

Al ingeniero German Darío Moreno García por su valioso apoyo en la etapa de desarrollo del software Slip-Tool.

A todas las personas que de alguna forma aportaron en el desarrollo de este trabajo.



TABLA DE CONTENIDO

1.	<i>PRESENTACIÓN DEL PROYECTO</i>	17
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	OBJETIVO GENERAL	17
1.1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
1.2	ALCANCES	18
1.3	JUSTIFICACIÓN	19
1.3.1	PERSONAL	19
1.3.2	ACADÉMICA	19
1.3.3	SOCIAL	19
1.3.4	ECONOMICA	19
2.	<i>DESARROLLO METODOLÓGICO</i>	20
3.	<i>EL ESTADO DEL ARTE DEL TEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS</i>	25
3.1	EL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	25
3.1.1	Introducción	25
3.2	TIPOS DE DISTRIBUCIONES DE PLANTA	26
3.2.1	Planos de línea de flujo o planos por producto	26
3.2.2	Línea de flujo ramificado (convergente / divergente)	26
3.2.3	Celdas	27
3.2.4	Centro de maquinado	28
3.2.5	Diseño funcional o por procesos	29
3.2.6	Con patrón de flujo	30
3.3	TIPOS DE PROBLEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	31
3.4	SOLUCIONES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	32
3.5	PROBLEMA DE DISEÑO DE INSTALACIONES DESDE LA PERSPECTIVA DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN CUADRÁTICA.	33
3.6	DISEÑO TRADICIONAL DE INSTALACIONES – DISEÑO DE PLANTA SISTEMÁTICO SIMPLIFICADO (SIMPLIFIED SYSTEMATIC PLANT LAYOUT)	35



3.7 SOLUCIONES COMPUTACIONALES TRADICIONALES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	40
3.7.1 Categorización de las soluciones computacionales	40
3.7.2 Limitaciones de las soluciones computacionales tradicionales	44
3.8 TENDENCIAS EMERGENTES EN LA INDUSTRIA	46
3.8.1 Contratación de Manufactura	46
3.8.2 Demorar la diferenciación del producto	48
3.8.3 Manufactura Multi-canal	50
3.8.4 Maquinas Escalables	51
3.9 NUEVOS TIPOS DE PLANOS PARA FÁBRICAS	52
3.9.1 Planos Distribuidos	52
3.9.2 Planos Modulares	56
3.9.3 Planos Ágiles	57
3.10 MÉTODOS PARA OBTENER PLANOS MODERNOS	58
3.10.1 Diseño de Procedimiento Para Planos Modulares	58
3.10.2 Procedimiento de Diseño para Planos Ágiles	60
3.11 CONCLUSIONES IMPORTANTES DEL ESTADO DEL ARTE	64
4. EL PROCESO DE DESARROLLO DEL SOFTWARE SHEPLAN	65
4.1 INCREMENTO 1 - DESARROLLO DEL MATERIAL MULTIMEDIA	65
4.1.1 Modelo de Requisitos	65
4.1.2 Modelo de Diseño	65
4.1.3 Modelo de Implementación	68
4.2 INCREMENTO 2 - DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA SLP-TOOL	71
4.2.1 Modelo de Requisitos	71
4.2.2 Modelo de Diseño	74
4.2.3 Modelo de Implementación	81
4.3 INCREMENTO 3 - DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA SHEPLAN	89
4.3.1 Modelo requisitos	89
4.3.2 Modelo de diseño	90
4.3.3 Modelo de Implementación.	90



5.	<i>CONCLUSIONES DEL PROYECTO</i>	92
6.	<i>TRABAJOS FUTUROS</i>	94
7.	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	95
8.	<i>ANEXOS</i>	101



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Modelo de proceso incremental para Sheplan.</i>	21
<i>Figura 2. MVC Vs Tecnologías Java Server Page, Servlets, Java Beans</i>	23
<i>Figura 3. Plano de línea de flujo</i>	26
<i>Figura 4. Plano línea de flujo ramificado</i>	27
<i>Figura 5. Plano Celda</i>	28
<i>Figura 6. Plano Centro de Maquinado</i>	29
<i>Figura 7. Plano por proceso</i>	30
<i>Figura 8. Plano con Patrón de Flujo</i>	30
<i>Figura 9. Mapa de referencia de SLP</i>	36
<i>Figura 10. Diferentes paquetes software para desarrollar distribuciones de planta</i>	43
<i>Figura 11. Plano de Espina dorsal</i>	47
<i>Figura 12. Demora en la diferenciación del producto</i>	49
<i>Figura 13. Plano distribuido</i>	53
<i>Figura 14. Plano distribuido - Células</i>	55
<i>Figura 15. Plano Modular</i>	57
<i>Figura 16. Plano modular logrado</i>	59
<i>Figura 17. Planos Ágiles</i>	61
<i>Figura 18. Plano Ágil</i>	63
<i>Figura 19. Imagen del material multimedia para el tema de distribución de plantas.</i>	69
<i>Figura 20. Diagrama de casos de uso – Slp-Tool</i>	74
<i>Figura 21. Diagrama de clases CU_Crear_Proyecto</i>	75
<i>Figura 22. Diagrama de Secuencias CU_Crear_Instalación</i>	76
<i>Figura 23. Estructura de clases Sheplan</i>	77
<i>Figura 24. Base de datos de Slp_Tool.</i>	78



LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Métodos y subóptimos</i>	32
<i>Tabla 3. Procedimientos Heurísticos</i>	41
<i>Tabla 4. Procedimientos Probabilísticos</i>	41
<i>Tabla 5. Diseño del curso de distribución de plantas</i>	66



GLOSARIO

COLOCACIÓN: acción de colocar un departamento en una locación.

CRAFT: Computerized Relative Allocation of Facilities Technique

CORELAP: Computerized Relationship Layout Planning

BEAN: Clase desarrollada en el lenguaje de programación java encargada de manejar la logica del negocio en una aplicación.

HEURÍSTICA: método que permite generar soluciones subóptimas a un problema cualquiera de búsqueda u optimización basado en el azar.

JAVA SCRIPT: es un lenguaje interpretados por el navegador, que permiten programar páginas Web dinámicas que corran del lado del cliente.

HIPERMEDIA: herramienta para hojear información multimedia de manera no secuencial.

HTML: Lenguaje de Marcado de Hipertexto (Hypertext Markup Language).

INSTALACIÓN: sinónimo de departamento, es la unidad básica división de una fabrica en los diseño de plantas por proceso.

LAYOUT: Plano

LOCACIÓN: Lugar de colocación de un departamento.

MAT: Modular Allocation Technique



MVC: patrón de diseño y desarrollo de software orientado a objetos que divide la aplicación en tres partes: Modelo, Vista, Controlador.

MYSQL: es un servidor de bases de datos relacionales.

PLANET: Plant Layout Analysis and Evaluation Technique.

SELECCIÓN: acción de escoger el departamento a colocar.

SHEPLAN: Sistema Hipermedia Educativo para la enseñanza de distribución de plantas.

SLP: Systematic Layout Planning

SLP-TOOL: Herramienta académica para la generación de distribuciones de planta subóptimas utilizando el procedimiento planteado por Corelap.

SERVLET: son programas que corren del lado del servidor, actuando como una capa intermedia entre la petición que viene de un browser web u otro cliente http y una base de datos o aplicación sobre el servidor http.

UML: Lenguaje Unificado de Modelado.

USUARIO: persona que interactúa con el sistema con el fin de estudiar los conceptos básicos del paradigma de programación orientado a objetos.



TITULO: SISTEMA HIPERMEDIA EDUCATIVO COMO APOYO AL APRENDIZAJE DEL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS – SHEPLAN *

AUTOR: SILVIA MARGARITA BALDIRIS NAVARRO

PALABRAS CLAVE: distribución, planta, diseño, computacional, algoritmos, óptimos, subóptimos.

RESUMEN

Este trabajo de grado presenta una visión general de lo que se conoce a nivel internacional como el “Problema de diseño de instalaciones”, mostrando diferentes propuestas que se han generado como alternativas de solución a un problema que enfrenta cualquier compañía como es la generación de una distribución de plantas que direccionen objetivos como la reducción de costos de manejo de material, reducción de inversiones futuras por ampliaciones de las fábricas o necesidades relacionadas con requerimientos sobre cercanías u otros objetivos específicos de cada organización.

Este trabajo incluye el desarrollo de una aplicación Web de tipo académico – Sheplan - compuesta por un material digital multimedia acerca del tema de distribución de plantas así como una herramienta de generación de diseños de plantas subóptimos que implementa una heurística tipo construcción – Slp Tool - basada en el desarrollo Corelap.

Sheplan se plantea como una herramienta de apoyo a los procesos de aprendizaje presenciales que no intenta sustituir el papel del docente en el aula de clase, sino ser una fuente de consulta del estudiante en horarios extra clase.

El desarrollo de este trabajo de grado permitió la identificación de preguntas de investigación abiertas en el área de diseño de instalaciones a las cuales se podrían dar respuesta a través del desarrollo de proyectos de grado en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS en unión con la Escuela de Ingeniería de Sistemas de esta institución.

* Trabajo de grado



TITLE: EDUCATIONAL HIPERMEDIA SYSTEM AS SUPPORT TO THE LEARNING OF THE PROBLEM OF DISTRIBUTION OF PLANTS – SHEPLAN *

AUTHOR: Silvia margarita baldiris navarro

WORDS KEY: distribution, plants, computacional design, algorithms, heuristic.

ABSTRACT

This grade project presents a general vision of what is known at international level as the "Problem of design of facilities", showing different proposals that they have been generated as alternative from solution to a problem that faces any company like it is the generation of a distribution of plants that addresses objectives as the reduction of costs of material handling, reduction of future investments for amplifications of you manufacture them or necessities related with requirements have more than enough proximities or other specific objectives of each organization.

This work includes the development of an application Web of academic type - Sheplan - composed by a digital multimedia material about the topic of distribution of plants as well as a tool of generation of designs of plants that implements a heuristic type construction - Slp Tool - based on the development Corelap.

Sheplan thinks about like a support tool to the processes of learning present that it doesn't try to substitute the paper of the teacher in the class classroom, but being a source of the student's consultation in schedules extra class.

The development of this grade project allowed the identification of open investigation questions in the area of design of facilities to which could be given answer through the development of grade projects in the School of Industrial and Managerial Studies of the UIS in union with the School of engineering of Systems of this institution.



INTRODUCCIÓN

Desde los principios de la manufactura organizada se ha dedicado bastante esfuerzo para lograr que la instalación productiva sea lo más eficiente posible. La ubicación y el arreglo de los departamentos y los centros de trabajo contribuyen, en gran medida a la forma en que trabaja una instalación [14], lo cual incide directamente en las finanzas de cualquier compañía.

Este trabajo de grado intenta brindar una herramienta computacional – Sheplan - que apoyará a los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander – UIS - en el proceso de enseñanza – aprendizaje de los conceptos relacionados con el tema de distribución de plantas a través de la presentación de contenidos multimedia sobre el tema y la construcción de una herramienta que genera distribuciones de planta subóptimas basada en Systematic Layout Planning – SLP [39] y en el algoritmo Corelap[51] llamada Slp -Tool.

Este trabajo se fundamenta básicamente en revisiones exploratoria realizadas en fuentes bibliográficas confiables como la IEEE, librerías digitales como Proquest, libros físicos y digitales, artículos de revistas especializadas y discusiones con personas interesadas en el tema.



1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

En esta sección se pretende realizar una presentación de los objetivos del proyecto, su alcance y justificación.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1

1.1.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema Hipermedia Educativo¹ que apoye el proceso de enseñanza aprendizaje del problema de distribución de plantas.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Desarrollar una primera aproximación al estado del arte acerca de la problemática tratada en el ámbito mundial sobre el tema de distribución de planta, así como los aportes ó aproximaciones generados en esta área de investigación.
2. Desarrollar material multimedia para la enseñanza de los conceptos asociados al tema de distribución de plantas.
3. Implementar una herramienta computacional basada en el método SLP (Systematic Layout Planning) que genere alternativas de distribuciones de plantas subóptimas – **SLP-TOOL**.
4. Implementar una aplicación Web que integre los recursos educativos planteados en el objetivo número dos y la herramienta computacional del objetivo número tres.

¹ Se entiende por Sistema Hipermedia Educativo, una herramienta para hojear información multimedia de manera no secuencial cuyo fin es facilitar los procesos educativos [17].



1.2 ALCANCES

SHEPLAN es un sistema hipermedia educativo concebido como apoyo al docente y estudiante en sus actividades académicas sobre el tema de distribución de plantas, ya sea dentro o fuera del aula de clase. No pretende en ninguna medida reemplazar el papel del docente dentro del proceso educativo.

La herramienta **SLP-TOOL**, a través de la cual se generan soluciones a problemas de distribución de planta subóptimas basado en el método SLP y que se encuentra vinculada a **SHEPLAN**, pretende brindar una aproximación académica a los estudiantes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS con el fin de potenciar en ellos posibles acercamientos futuros a temas de investigación en esta área y el uso de soportes computacionales en el proceso de solución de problemas de optimización, especialmente en el tema de distribución de planta. No es pretensión de esta propuesta crear algoritmos de optimización sofisticados que compitan con los ya existentes en el mercado, ni la realización de pruebas de rendimiento de los mismos.

La herramienta **SLP-TOOL** considera de SLP la generación de cartas de relación entre las instalaciones las cuales se usarán para generar distribuciones de planta como planos en bloques de forma cuadrada, no intenta crear diseños detallados de puestos de trabajo, ni considera las limitaciones en cuanto al tamaño de las instalaciones o las fábricas.

El desarrollo de este proyecto incluye la realización de los manuales necesarios con el fin de brindar soporte a las necesidades de información de los usuarios del sistema con respecto al uso del mismo.



1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 PERSONAL

Son de gran interés para el autor de este proyecto de grado los temas relacionados con el uso de nuevas tecnologías de la información y comunicaciones en la búsqueda de alternativas de solución para el direccionamiento de problemas empresariales, específicamente aquellos que persiguen la optimización de procesos productivos.

1.3.2 ACADÉMICA

La escuela de estudios industriales de la UIS dentro de su reforma curricular ha planteado ofrecer a los estudiantes una asignatura denominada Diseño de Sistemas Productivos, el cual contempla la temática sobre el Distribución de plantas. La propuesta plasmada en este documento intenta generar herramientas de apoyo a los procesos educativos de esta área, herramientas que serian de gran utilidad tanto para docentes como para estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje de estos tópicos.

1.3.3 SOCIAL

El problema de distribución de plantas es una realidad a la cual se tiene que enfrentar cualquier empresa, sea grande, mediana o pequeña, que maneje al menos una oficina o planta, sin importar la dimensión de la misma. Por esta razón se hace necesario para cualquier país o región contar con profesionales que haciendo uso de las herramientas tecnológicas disponibles puedan aportar buenas soluciones en esta área.

1.3.4 ECONOMICA

Son muchas las alternativas que existen actualmente en el mercado que permiten generar distribuciones de plantas para fábricas, sin embargo el costo de adquisición de las mismas es muy elevado, en esta medida resulta interesante el desarrollo de proyectos de grado que aporten aproximaciones válidas en esta área, a partir del recurso humano con que cuenta la escuela de estudios industriales y empresariales de la Universidad Industrial de Santander.



2. DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo de este proyecto de grado se realizó a lo largo de tres fases:

- o La Primera fase del proyecto tuvo como objetivo el desarrollo de una investigación exploratoria que permitió crear un marco conceptual acerca del tema de Distribución de plantas y cuyo objetivo asociado fue el desarrollo de una primera aproximación al estado del arte en este tema. Esta fase se realizó a través de la consulta de fuentes de información secundarias, como libros, artículos publicados en revistas especializadas en el tema, tesis de grados y otro tipo de recursos. En esta fase fue fundamental el manejo del idioma inglés por parte del autor del proyecto debido a que la gran mayoría de bibliografía especializada en el tema de distribución de plantas se encuentra disponible en ese idioma.
- o En esta primera parte del proceso de desarrollo del proyecto se obtuvieron los siguientes logros:
 - Identificar las investigaciones más relevantes realizadas hasta el momento a nivel nacional e internacional para direccionar el problema de distribución de plantas.
 - Identificar los investigadores principales en el área de distribución de plantas.
 - Identificar las aplicaciones software más relevantes desarrolladas para apoyar la generación de soluciones de distribución de plantas.
 - Estos logros permitieron la realización del estado del arte en el tema de distribución de plantas plasmado en el capítulo 3 de este proyecto.
- o En la segunda fase del proyecto se logró la estructuración y el desarrollo del material digital para el curso de distribución de plantas, dando respuesta a las siguientes preguntas:
 - ¿Cuál sería el propósito del proceso de enseñanza aprendizaje de un curso de distribución de plantas?
 - ¿Qué se enseñaría, es decir, cuáles serían los contenidos temáticos a abordar en un curso de distribución de plantas?
 - ¿Con qué materiales de aprendizaje se debería contar para apoyar el logro de los objetivos del proceso de aprendizaje?

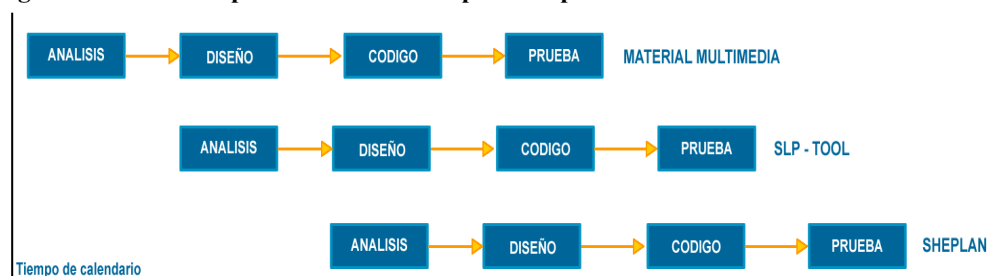


- El diseño de los materiales desarrollados en esta fase se logró a través del uso de la suite de Macromedia, doreanweaver, fireworks y flash.
 - Cada uno de los temas definidos en la estructura del curso se direccionó a través de la creación de material hipermedia, es decir, hipertexto, enriquecido con imágenes y animaciones, que el estudiante podrá estudiar de una manera no secuencial a través de enlaces.
- o La tercera fase del proyecto se desarrolló la herramienta SLP-TOOL, para la generación de soluciones de distribución de plantas subóptimas. Slp – Tool, abarca algunas etapas del Slp [23] y las heurísticas propuestas por Corelap[51] para generar un plano de bloques.
- o Para finalizar el desarrollo se integró Slp-Tool y el libro digital para el tema de distribución de plantas bajo una aplicación web llamada Sheplan.

Los desarrollos de software necesarios se realizaron bajo los siguientes lineamientos:

- o Se escogió para los desarrollos software mencionados el modelo de proceso incremental, que segmenta el desarrollo de las aplicaciones software en incrementos, definidos por el desarrollador. Para cada incremento se desarrollan las etapas del modelo cascada, Análisis, Diseño, Implementación y Pruebas. Este modelo permitió hacer revisiones parciales del software en las cuales el usuario (en este caso el director del proyecto) pudo notar el avance del desarrollo así como participar activamente en el proceso a través del aporte de sugerencias, posibles mejoras a la aplicación. Para Sheplan se planearon tres incrementos, un primer incremento cuyo producto fue el material multimedia como apoyo al proceso enseñanza aprendizaje del tema de distribución de plantas, el segundo en el cual se logró la herramienta Slp – Tool para la generación de soluciones de distribución subóptimas y un tercer incremento de integración de los dos resultados generados en los incrementos previos. Ver figura 1.

Figura 1. Modelo de proceso incremental para Sheplan.





- o Los proceso de desarrollo del software vinculado a este proyecto retoma algunas técnicas de desarrollo orientado a objetos planteadas por el profesor Alfredo Weitzenfeld [56], el cual utilizando el patrón de desarrollo de software MVC (Model – View - Controller), plantea una metodología que brinda organización, facilita la extensibilidad, la modularidad y la reutilización en los desarrollos de software. Esta metodología plantea el desarrollo de las siguientes fases:
 - Análisis de requisitos. El modelo de requisitos tiene como objetivo delimitar el sistema y capturar la funcionalidad que debe ofrecer desde la perspectiva del usuario del sistema. Este modelo puede funcionar como un contrato entre el desarrollador y el cliente o usuario del sistema, y por tanto proyecta lo que el cliente desea según la percepción del desarrollador. Por lo tanto, es esencial que el cliente comprenda este modelo. El resultado de esta etapa de desarrollo es el modelo de requisitos, utilizando como herramienta de modelado los diagramas de casos de uso Uml y también diagramas de clases en un nivel conceptual.
 - Diseño. El principal objetivo del diseño es hacer el modelo de análisis implementable en software. El modelo de diseño es algo que puede ser mapeado directamente dentro del código. El resultado de esta fase son diagramas de clases con una calificación completa de las propiedades (Nombre y Tipo) y de las operaciones o métodos de los cuales cada una es responsable. El diseño de la base de datos asociada al sistema también es un logro de la etapa de diseño.
 - Implementación. En esta etapa del modelo se realiza la implementación en código del modelo de diseño planteado
 - Pruebas. Las pruebas que se realizaron al sistema fueron pruebas tipo verificación, para garantizar que el sistema brinda la funcionalidad definida en la etapa de análisis de requisitos.

- o Las herramientas de desarrollo utilizadas en el proceso de desarrollo del software propuesto son herramientas de uso libre con el fin de disminuir los costos del proyecto.
 - Como lenguaje de programación se utilizó Java, y algunas tecnologías asociadas para el desarrollo de aplicaciones para la web como paginas Jsp, Servlets y Java Beans.
 - Como lenguaje de documentación de los desarrollos se usó UML (Unified Modeling Language).



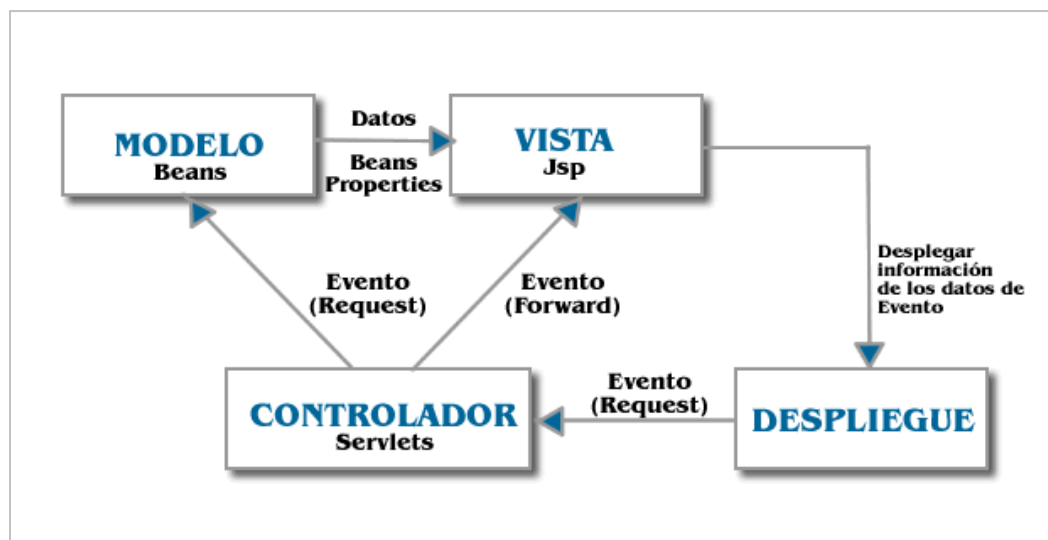
- Mysql 4.0.18 se utilizó como manejador de base de datos.

o En las etapas del desarrollo del software se utilizó el patrón MVC o Model view Controller, especialmente utilizado en procesos de desarrollo de software orientado a objetos. MVC divide las aplicaciones en tres partes, con responsabilidades diferentes cada una de ellas:

- Vista. Corresponde a las interfaces que se presentan al usuario para el manejo de la información.
- Modelo. Está representado por las clases que manejan la información y la lógica del negocio.
- Controlador. Garantiza la ejecución correcta de la lógica del negocio.

La figura 2 muestra el papel que juegan las herramientas de desarrollo planteadas anteriormente dentro del patrón MVC.

Figura 2. MVC Vs Tecnologías Java Server Page, Servlets, Java Beans



El uso de MVC en el proceso de desarrollo se evidencia en la estructura lograda para el sistema. El uso de este patrón brinda las siguientes ventajas:

- Una separación total entre lógica de negocio y presentación.



- Potenciamiento del trabajo en equipo, expertos, analistas, programadores, diseñadores gráficos, trabajando en tareas distintas pero complementarias.
- La separación de capas como presentación, lógica de negocio, acceso a datos lo cual es fundamental para el desarrollo de arquitecturas consistentes, reutilizables y más fácilmente mantenibles, lo que al final resulta en un ahorro de tiempo en el desarrollo de proyectos posteriores.



3. EL ESTADO DEL ARTE DEL TEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS

3.1 EL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

3.1.1 Introducción

Han sido sugeridas muchas definiciones de lo que se conoce como distribución de planta, las cuales podemos resumir utilizando la definición planteada por Muther[40]...“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales, ya practicada o en proyecto, que incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller”...de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

Uno de los objetivos más importante a direccionar por una distribución de planta suele ser la minimización de costos de manejo de material, sin embargo, es posible que se consideren también otros objetivos como por ejemplo las cercanías que deben existir entre las instalaciones, la flexibilidad de los arreglos y operación y la utilización del espacio disponible, lo que convierte a este problema en muchos casos en un problema multiobjetivo.

En general, el proceso de definir una distribución de planta para una compañía es de suma importancia por dos razones fundamentalmente [23,51]:

- o *Los costos de manejo de material.* Oscilan entre el 30 y el 75% de los costos totales de manufactura, por esto encontrar una distribución de planta optima incide directamente minimización en costos de operación.
- o *Los costos asociados a los cambios futuros en la distribución.* Cualquier cambio futuro que deba realizarse a la distribución de las instalaciones industriales por falta de planeación y/o prevención puede acarrear, posiblemente, altos niveles de gastos tanto en dinero como en tiempo, dependiendo de la magnitud de los cambios que sean necesarios, y de la facilidad de realización de los mismos.



3.2 TIPOS DE DISTRIBUCIONES DE PLANTA

A lo largo de la historia se han propuesto algunos “estilos” de fábricas que han sido utilizados por las industrias a nivel general y que son adecuadas o no de acuerdo a la misión de cada compañía en particular. Estos tipos de planos se pueden clasificar de la siguiente manera:

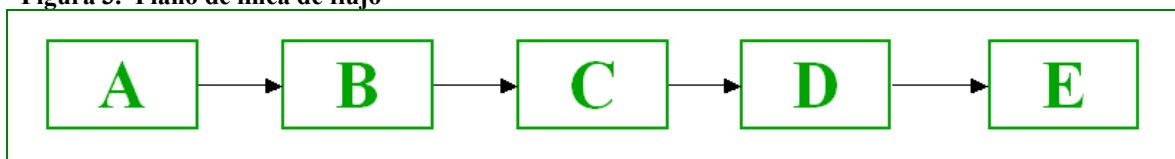
3.2.1 Planos de línea de flujo o planos por producto

Una línea de flujo es un arreglo lineal de máquinas tal que todos los movimientos entre máquinas para pares consecutivos de operaciones sobre cualquier producto que se este moviendo a través de una línea debe darse hacia delante, siguiendo la secuencia o hacia una desviación. En caso de retrocesos, debido a operaciones no consecutivas de la misma máquina debe tomarse una decisión:

- o Modificar la forma lineal en segmentos lineales con segmentos circulares / cíclicos, separando los segmentos lineales consecutivos.
- o Mantener la forma lineal utilizando un sistema de manejo de material bidireccional para los retrocesos
- o Duplicar la misma máquina en locaciones múltiples para convertir los retrocesos en movimientos hacia delante.

La figura 3 muestra un plano de estas características.

Figura 3. Plano de línea de flujo



3.2.2 Línea de flujo ramificado (convergente / divergente)

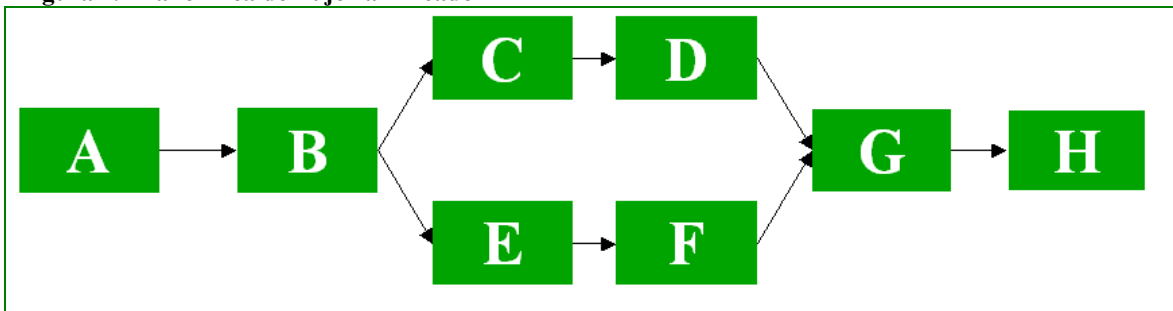
Una línea de flujo ramificada se produce cuando un conjunto de productos tiene secuencia de operaciones con una o más subcadenas de operaciones comunes. La línea de flujo se separara en ramas paralelas, en donde cada rama contiene máquinas únicas para un producto en particular (o productos). Estas ramas se



convertirán más adelante en una sola línea si todos los productos requieren de la misma subcadena de operaciones.

La figura 4 muestra un plano de estas características.

Figura 4. Plano línea de flujo ramificado



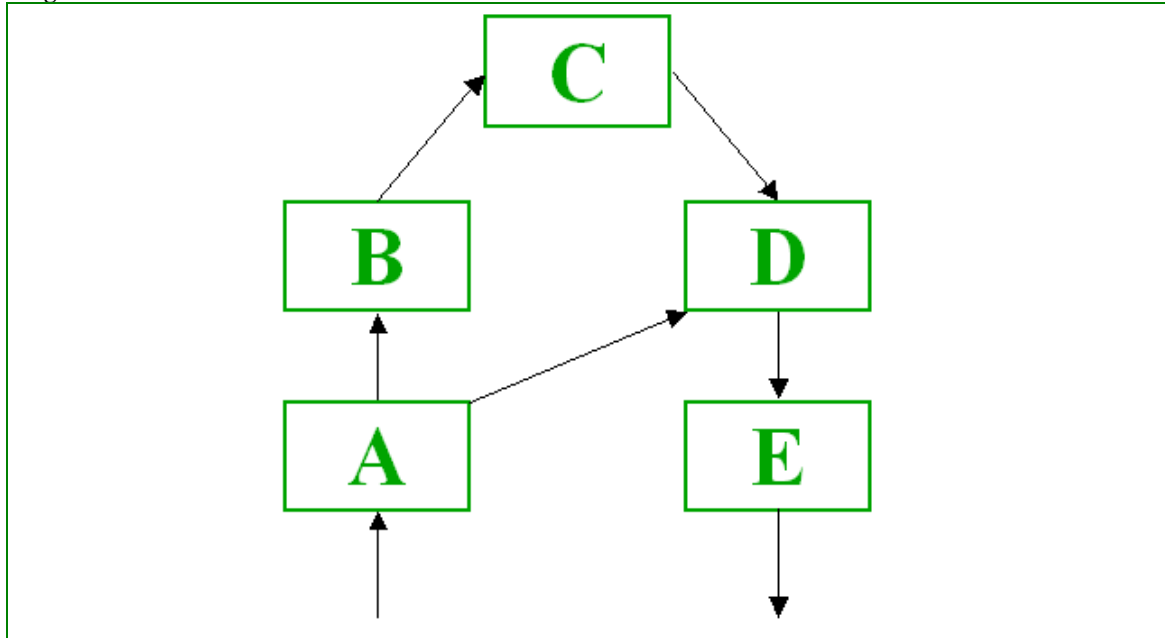
3.2.3 Celdas

De la misma manera que el módulo de línea de flujo, un módulo de celda es un conjunto de máquinas disímiles, las cuales colocadas juntas podrían producir una familia de partes o productos, no requiriéndose que los productos requieran visitar un departamento o máquina externa adicional al módulo.

Aunque las partes en una familia podrían no usar todas las máquinas y/o toda la misma secuencia de máquinas, sus secuencias de operaciones tienen muchos requerimientos de máquinas en común y una alta similitud en las secuencias de operaciones. La figura 5 muestra un plano de estas características.



Figura 5. Plano Celda

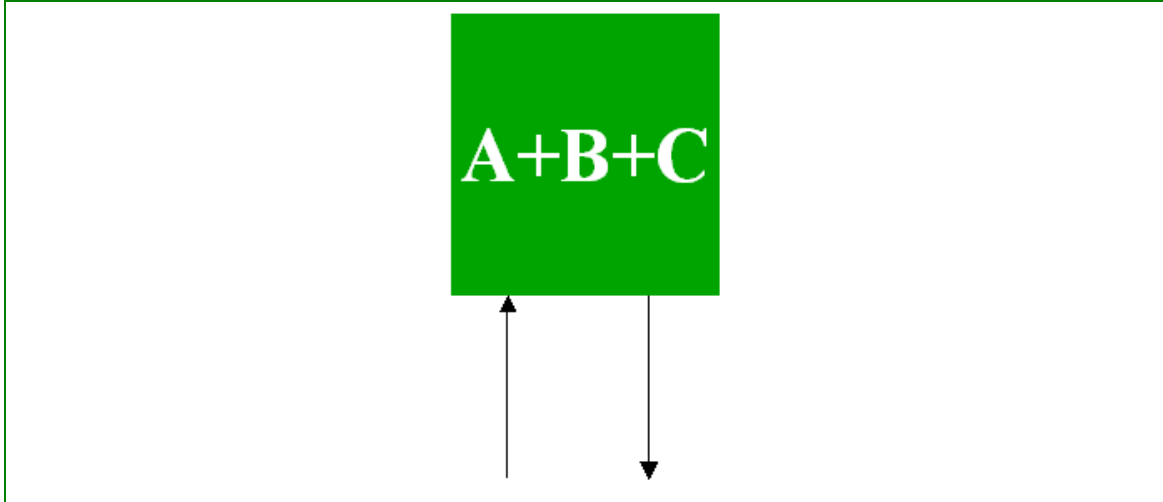


3.2.4 Centro de maquinado

Es una variación del módulo de celda. Es una máquina sencilla automatizada de función múltiple que combina los diferentes procesos de manufactura disponibles en una celda de múltiples máquinas tradicional. Este tipo de módulo es capaz de producir una familia de partes (o productos) con la ventaja adicional de eliminar el manejo entre máquinas y organizar los retrasos en un módulo de celda tradicional que requieran los productos de tal manera que se siga una secuencia de operaciones de múltiples pasos sobre máquinas de simples funciones. La figura 6 muestra un plano de estas características.



Figura 6. Plano Centro de Maquinado

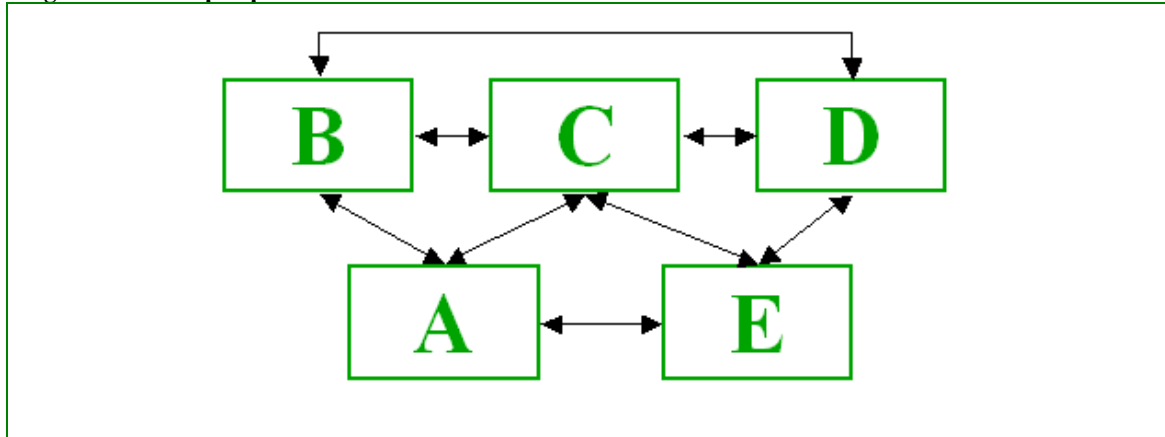


3.2.5 Diseño funcional o por procesos

Un módulo de plano funcional es análogo al departamento de proceso. Es un plano funcional tradicional donde el flujo de material entre departamentos es aleatorio o un grafo completamente conectado. El flujo aleatorio se debe a la ausencia de un patrón de flujo dominante en las secuencias en las cuales las diferentes partes usan las máquinas en el módulo. La figura 7 muestra un plano de estas características.



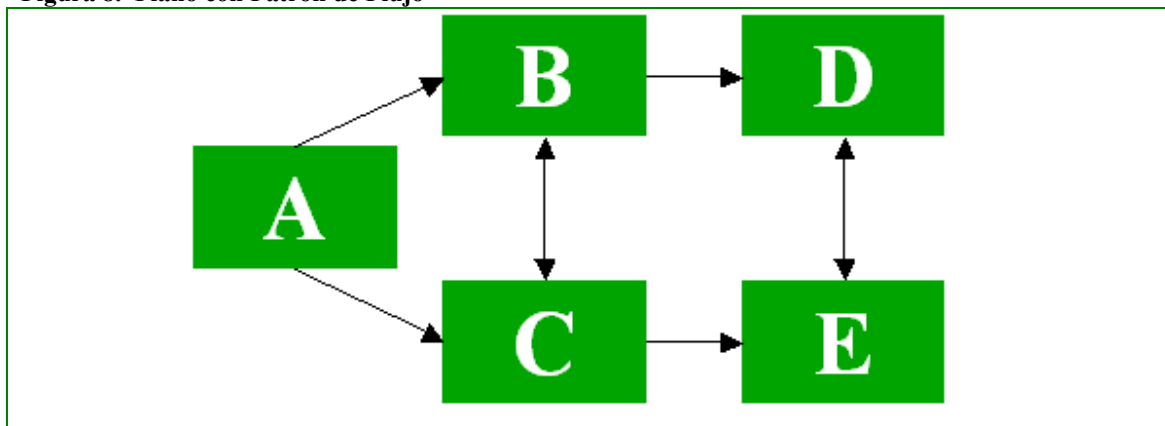
Figura 7. Plano por proceso



3.2.6 Con patrón de flujo

El flujo de material en un módulo de flujo con patrón exhibe una dominancia de flujo y una jerarquía de precedencia, característica de un dígrafo acíclico. Este módulo podría ser además descompuesto en una red de módulos de línea de flujo y módulos de líneas de flujo ramificadas. La figura 8 muestra un plano de estas características.

Figura 8. Plano con Patrón de Flujo





3.3 TIPOS DE PROBLEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

El problema de diseño de planos podría categorizarse en 4 clases [40], independientemente del tipo de diseño que se quisiera lograr.

5. Proyecto de una planta completamente nueva

Se trata de ordenar todos los medios de producción e instalaciones para que trabajen como conjunto integrado, empezando su trabajo desde el principio. La distribución que se logre determinará el diseño de los nuevos edificios y la localización de todas las entradas y salidas de los servicios.

Este caso de distribución en planta se suele dar solamente cuando la compañía inicia un nuevo tipo de producción o la fabricación de un nuevo producto o cuando se expansiona o traslada a una nueva área. Esta clase de misión raramente es realizada por un solo hombre y generalmente incluye a varios especialistas además de los ingenieros de distribución. Este es, tal vez, el menos frecuente de los cuatro tipos de Distribución.

6. Expansión o traslado a una planta ya existente.

En este caso, el trabajo es también de importancia, pero los edificios y servicios ya están localizados limitando la libertad de acción del ingeniero de distribución. El problema consiste en adaptar el producto, los elementos, y el personal de una organización ya existente a una planta distinta que también ya existe. Este es el momento de abandonar las viejas prácticas y equipo, y lanzarse a mejorar los métodos.

7. Reordenación de una distribución ya existente.

Es también una buena ocasión para adoptar métodos y equipos nuevos y eficientes. El ingeniero debe tratar de conseguir que su distribución sea un conjunto integrado. También en este caso se ve limitado por unas dimensiones ya existentes del edificio, por su forma, y por las instalaciones en servicio. El problema consiste en usar el máximo de elementos ya existentes, compatible con los nuevos planes y métodos. Este problema es frecuente sobre todo con ocasión de cambios de estilo o de modelo de productos o con motivo de modernización del equipo de producción.

8. Ajustes menores en distribuciones ya existentes.

Este tipo de problemas se presenta principalmente, cuando varían las condiciones de operación. Algunos casos típicos son: los ingenieros varían el diseño de ciertas piezas; las ventas exceden las cuotas previstas por el estudio de mercado; la administración emprende la fabricación de un producto adicional, pero similar; los ingenieros de proceso, hallan un método o un tipo de equipo mejor; el departamento de control de materiales desea utilizar un transportador (cadena) diferente. Todos ello significa ajustes en la ordenación de



las áreas de trabajo, del personal y del emplazamiento de los materiales. Estos ajustes representan los problemas de distribución más frecuentes. En este caso, el ingeniero de distribución, debe introducir diversas mejoras en una ordenación ya existente, sin cambiar el plan de distribución de conjunto, y con un mínimo de costosas interrupciones o ajustes en la instalación.

3.4 SOLUCIONES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Han sido sugeridas muchas soluciones al problema de distribución de plantas, sin embargo, se podría realizar una categorización de estas soluciones en dos grandes grupos, aquellas que brindan soluciones óptimas y al problema, es decir que buscan “la mejor solución” y aquellas que buscan “buenas” soluciones, que podrían ser óptimas o no.

Tabla 1. Métodos y subóptimos

MÉTODOS OPTIMO	Buscan la “mejor” solución en un espacio de soluciones factibles, en este caso el “mejor plano” posible.
MÉTODO SUB-OPTIMO	Buscan planos “razonablemente” buenos
Aproximación de construcción	Se parte de datos acerca de la fábrica o compañía para la cual se desarrolla el plano. Estos datos pueden ser secuencias de operaciones o tablas de relaciones para generar un primer plano. Importante como identificar y eliminar la alternativa redundante [51].
Aproximación de mejoramiento	Busca a partir de un plano ya logrado, que podría haber sido generado por un método de construcción, cambiar algunas características del mismo, como el orden de las instalaciones o el número de instalaciones lograr un plano mejorado. Es importante la selección de una estrategia [51].
Aproximación Híbrida	Una combinación de la aproximación de construcción y de mejoramiento.
Aproximación Gráfica	Es una aproximación analítica de tipo construcción, que busca la generación de planos a través del uso de la teoría de grafos [51]

Dentro de los métodos óptimos encontramos el FLP (Facility Layout Problem) visto como un problema de asignación cuadrática y todas sus variaciones [29].

La gama de soluciones sub-óptimas al problema es un poco mayor, y diversa en cuanto las estrategias que se utilizan para llegar a una solución, entre ellas se podrían mencionar el Slp, Métodos heurísticos, Métodos Probabilísticos y Métodos basados en la teoría de grafos.



3.5 PROBLEMA DE DISEÑO DE INSTALACIONES DESDE LA PERSPECTIVA DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN CUADRÁTICA.

Kazuhiro Kado retoma en su tesis [29] el planteamiento del problema de diseño de instalaciones (FLP: Facility Layout Problem) enfocado en minimizar el costo del tráfico total entre instalaciones en una fabrica bajo ciertas condiciones dadas que incluyen el tamaño de la fábrica y el tráfico entre cada par de instalaciones. Ellos pueden ser aplicados a máquinas de manufactura en una fabrica [49], a trafico de gente en una oficina (50) y muchos otros casos.

El FLP puede ser considerado un problema que trata de encontrar el plano que minimice el valor de la siguiente función F (32):

$$F = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (\text{Trafico})_{ij} * (\text{Distancia})_{f(i) f(j)}$$

Donde:

(Trafico)_{ij}: es el tráfico entre la instalación i y la j.

(Distancia)_{kl}: es la distancia entre las locaciones k y l.

F (i) es la localización de la facilidad i.

M es el número de instalaciones.

Para medir la distancia, los problemas FLPs utilizan dos de los siguientes métodos:

9. Método Rectangular o Manhattan

La suma de las distancias verticales y horizontales entre locaciones. Por ejemplo, si la facilidad No 1 esta en el punto (3.0,8.0) y la instalación No 2 esta en (7.0,5.0), entonces la distancia rectangular es 7.0 (Ya que $|3.0 - 7.0| + |8.0 - 5.0| = 4.0 + 3.0$). Este método puede ser útil para construir planos donde todos los cuartos son rectangulares y los corredores están situados a lo largo de las paredes de los salones.

10. Método Euclidiano o directo

Calcula la distancia geométrica. En el ejemplo anterior, la distancia directa es 5.0 (ya que:

$$\sqrt{(3.0 - 7.0)^2 + (8.0 - 5.0)^2} = 5.0$$

En ambos métodos la distancia es medida desde el centro de gravedad a la locación.



Debido a que hay $M!$ maneras de colocar M instalaciones en M locaciones, la función anterior puede tomar $M!$ valores diferentes. Para obtener el mejor plano (Es decir, el menor valor de F) deberían estimarse todos los $M!$ patrones. No obstante, debido a que $M!$ crece extremadamente si M se hace grande, es imposible buscar todos los patrones en tiempo polinomial. Es decir, el problema FLP que consta de muchas facilidades es un problema de No- Completitud (47).

El problema de distribución de planta visto como un problema de asignación cuadrática ha presentado a lo largo del tiempo variaciones interesantes, por ejemplo [45] y [19] introdujeron FLPs con múltiples objetivos. Consideraron FLPs en los cuales la adyacencia de pares de instalaciones en particular era en extremo importante. Sugiriendo la siguiente fórmula, [19] mencionaron que debería decidirse si un plano es conveniente considerando el balance de factores (Por ejemplo W_1 y W_2).

$$\text{Minimizar } C = W_1 * F - W_2 * R$$

Sujeto a:

F = Costo de tráfico convencional

$$R = \sum \sum (\text{Cercanías})_{ij} * (\text{Adyacencias})_{ij}$$

W_1, W_2 = Peso para F y R , donde $W_1 + W_2 = 1$

M = Numero de instalaciones

$(\text{Cercanías})_{ij}$ = el grado de importancia de la adyacencia de las instalaciones i y j .

$(\text{Adyacencias})_{ij}$	1 Cuando las facilidades i y j son adyacentes
	0 de otra forma

Por ejemplo, C puede ser más pequeño, haciendo a R grande y R puede hacerse grande asegurando que las instalaciones que tengan que estar cerca sean adyacentes.

[46], [38], [54], etc. Consideraron el FLP como un problema dinámico más que como un problema estático. Por ejemplo [46] da una formulación de un FLP como sigue considerando que el tráfico puede variar con el tiempo:

$$\text{Minimizar } L_T = \sum_{t=1}^T (C_{t-1,t} + Z_t)$$

Sujeto a:

L_t = Costo total para todos los periodos hasta t



C_{st} = Costo de rearreglo para el plano usado en el periodo s para que sea usado en el periodo t

Z_t = Costo convencional del trafico para el plano usado en el periodo t

3.6 DISEÑO TRADICIONAL DE INSTALACIONES – DISEÑO DE PLANTA SISTEMÁTICO SIMPLIFICADO (SIMPLIFIED SYSTEMATIC PLANT LAYOUT)

Muther en 1973 plantea el -SLP- La planeación sistemática de planos como una propuesta para generación de distribuciones de planos. SLP fue concebida como una manera organizada de conducir el diseño de planos, que consta de un marco de trabajo de fases a través de las cuales pasan los proyectos de diseño de planos. Este marco brinda un patrón de procedimientos paso a paso para que desarrollen los diseñadores de planos y un conjunto de convenciones para identificar y evaluar varias actividades y alternativas involucradas en cualquier procedimiento de diseño. La figura 9 presenta una estructura general del proceso de diseño SLP. SLP se basa en la agregación de una carta de relaciones de actividad y/o una carta DE-A en un diagrama de relaciones de actividad, seguido por la determinación de la cantidad de espacio a ser asignado para cada actividad y la disponibilidad de espacio para ello. Basándose en las consideraciones de modificación y en las limitaciones practicas, se desarrollan y evalúan un número de alternativas de diseño, implementándose la alternativa preferida. El SLP debe desarrollarse secuencialmente hasta desarrollar un plano de bloques y luego un plano detallado para cada departamento [].

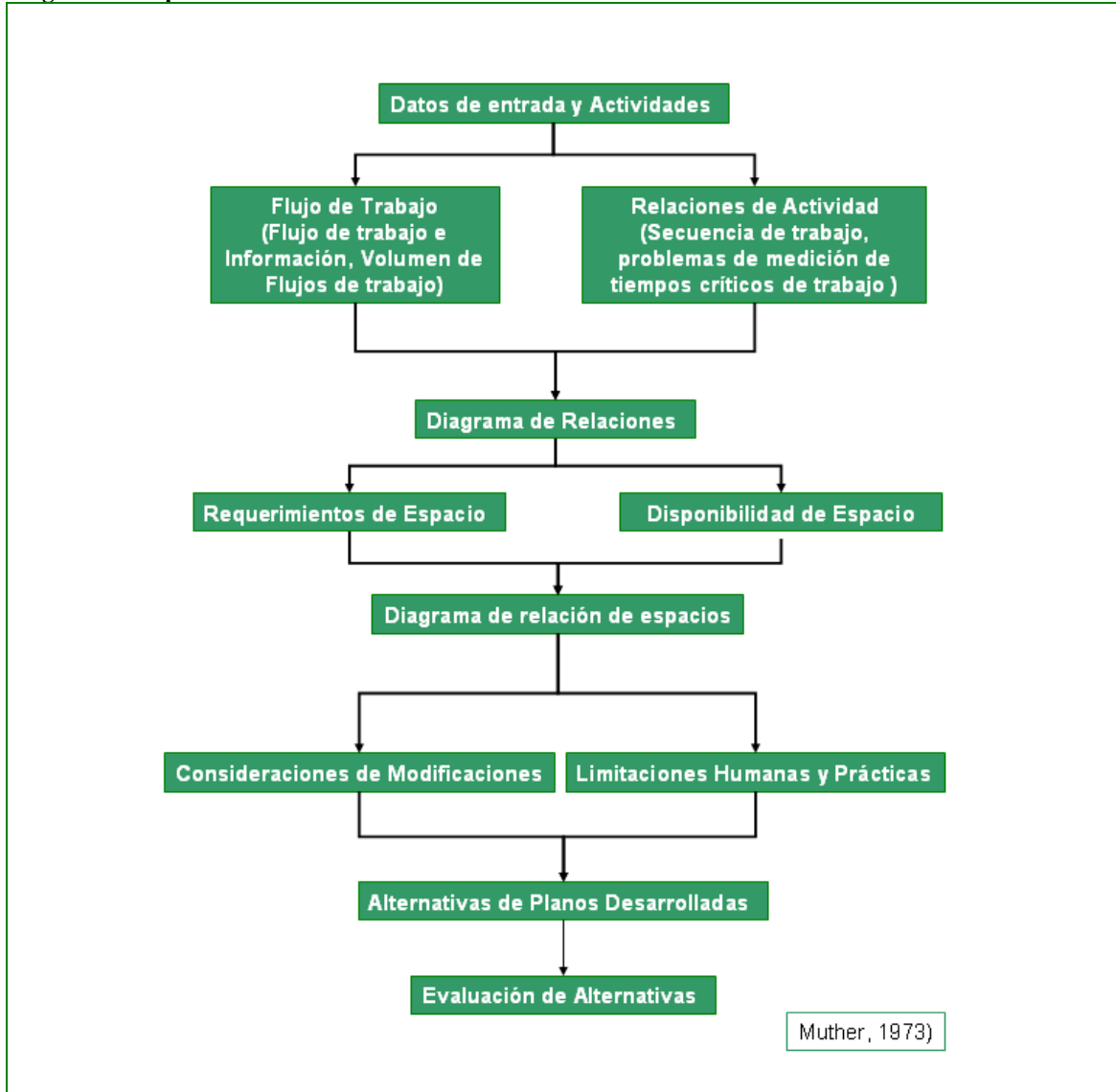
A continuación se presentan los pasos para desarrollar un plano con Slp:

11. *Tabla de relaciones de actividad.* Se inicia identificando los departamentos, actividades, o centros de trabajo que serán incluidos dentro del proyecto. Es aconsejable mantener un rango de entre 10 – 15 centros de trabajo, con un número máximo de 20. Se genera una tabla de relaciones de actividad, que es usada generalmente para documentar la “Cercanía” deseada entre centros de trabajo, o cualquier otro tipo de objetivo que se desee modelar.

Por lo general se usan las “Vocales” y la letra “X” para indicar las relaciones entre cada par de actividades, departamentos o centros de trabajo. A cada una de estas relaciones se le debe definir un valor y una descripción.



Figura 9. Mapa de referencia de SLP



Si se encuentra que las relaciones de un centro de trabajo o actividad con otro son similares a este centro con otro se debe considerarse la consolidación de estos centros de trabajo en un área común.

La descripción de las relaciones es importante si se piensa en posibles cambios futuros a la distribución ya que brinda documentación histórica que podría clarificar porque fue considerada deseable una relación específica.



Algunos ejemplos de razones para desear cercanía entre departamentos son las siguientes: Equipo compartido, Personal compartido, Movimiento de material, Movimiento de personal, Utensilios compartidos, Relación de supervisión, Polvo, Contaminación, Humos, Costo de manejo de material.

12. *Establecimiento de requerimientos de espacio.* Consiste en la determinación el área requerida para cada actividad, centro de trabajo o departamento. La información necesaria es el número total de metros o pies cuadrados, así como las dimensiones de ancho y largo de cada departamento.

Se deberían documentar también otras características físicas importantes como: necesidades de ventilación, requerimientos eléctricos, Peligro de explosión o fuego, Compresión de aire, Manejo de vapores (o riesgos en general asociados a las instalaciones), Espaciado mínimo entre columnas, el espacio aéreo necesario, La plataforma de carga máxima, entre otros. Cada diseño en particular debe considerar sus propias características.

13. *Diagrama de relaciones de actividad.* A continuación se desarrolla un diagrama de relaciones de actividad a partir de la información de la tabla de relaciones de actividad. Esencialmente el diagrama de relaciones es un diagrama de bloques de las áreas que serán colocadas en el diseño.

El diagrama de relaciones es un diagrama de nodos que muestra una representación gráfica de las actividades, departamentos o centros de trabajo y sus relaciones. Cada Nodo representa una actividad. El diagrama se comienza a construir dibujando nodos para las actividades que comparten relaciones tipo "A", conectándolas con cuatro líneas paralelas, que representan una relación tipo "A". Luego que han sido colocadas todas las actividades que poseen relaciones tipo A, estas se reagrupan, reorganizan o redibujan para lograr un mejor arreglo.

Se sigue este procedimiento a lo largo de todas las relaciones y actividades, utilizando tres líneas para una relación tipo "E", dos líneas para una relación tipo "I" y una línea para la relación tipo "o". No se usan líneas en las relaciones tipo "U" y se utiliza una línea en Zigzag para representar una relación "X".

Además después de adicionar cada conjunto de actividades y relaciones es necesario reorganizar y redibujar con el fin de lograr un mejor arreglo.

Es útil pensar en cada línea como en una banda elástica que podría ser ajustada de acuerdo al espacio entre cada par de centros de trabajo relacionados. El objetivo es minimizar la tensión presente en un arreglo determinado. Esta analogía facilitara la creación de arreglos que mantengan



relaciones “A” muy cerradas y en ese orden de prioridades luego vendrán las relaciones E, I y así sucesivamente.

Sería didáctico también, pensar en una línea en forma de culebra para una relación de tipo “X” como un resorte en compresión lo que significa que estos centros de trabajo se requieren aparte, lejos el uno del otro.

14. *Dibujar el diseño utilizando las relaciones de espacio.* El próximo paso es combinar el diagrama de relaciones de actividad con los requerimientos de espacio para cada actividad para formar un diagrama de relaciones de espacio. Cuando este proceso se realiza a mano es aconsejable usar papel cuadriculado, definiendo una escala de tal forma que se pueda lograr un dibujo completo en una hoja.

Se debe dibujar cada actividad en la cuadrícula de acuerdo a los requerimientos de espacio expresados en metros o pies cuadrados. Estos dibujos deberán ajustarse a la configuración real de las paredes externas, y deberán considerar características físicas de las instalaciones reales tales como columnas, puertas de acceso, paredes internas, entre otros.

Si el diseño es para una instalación existente, el plano de bloques tendría que modificarse para adaptarlo a la construcción. En el caso de una nueva instalación, la forma de la construcción se adecuará a los requerimientos del diseño.

Si la construcción ya existe, es aconsejable sobreponer el diseño logrado hasta este momento sobre el croquis de la construcción existente, así como describir las características físicas permanentes como la carga máxima que soporta las paredes, ventanas y puertas, etc.

Esta actividad se debe repetir para cada una de las opciones de diseño que se están considerando. Un mayor número de opciones de diseños disponibles para evaluar y escoger aumenta la confianza en el diseño final que se escoja.

15. *Evaluar arreglos alternativos.* Inicialmente se deberán decidir los criterios a través de los cuales se evaluará cada diseño. Estos criterios incluirán cosas como facilidad de supervisión, flexibilidad en la expansión, costos, flujo de materiales, etc. A estos criterios debe asignársele una prioridad y un peso.

Se deberá proceder entonces a evaluar cada alternativa de diseño de acuerdo a cada factor, describiendo cada uno de ellos a través de una escala de medición, que podría ser la misma utilizada anteriormente (A,E,I,O,U), con valores que definan cada elemento de la escala, como (A=4, E=3, I=2,



O=1, U=0). Posteriormente se deberá multiplicar por el peso adecuado, sacando el peso total por cada diseño. El diseño escogido será aquel con un el peso total más alto.

16. *Plano detallado del diseño seleccionado.* Hasta este punto, el diseño que se ha logrado consta de bloques o varias formas que definen los departamentos o áreas localizadas. Ahora se deberá desarrollar el plano final que se usará como una guía para mostrar precisamente donde va cada cosa al realizar la instalación.

Se debe reproducir el plano del diseño seleccionado, preferiblemente a una escala de 1/8 o 1/4 pulgada. Identificar y dibujar en el las actividades y características principales, equipo principal, y servicios principales. Luego dibujar detalles de equipos sencillos, maquinaria, utensilios o servicio auxiliares y etiquetarlos.

Cuando se realicen estas actividades, posiblemente se re-evaluaran algunos aspectos y se realizarán ajustes menores.

Debe existir seguridad sobre la funcionalidad del arreglo logrado y una de las mejores formas de lograr esto es involucrando empleados de varias áreas en este paso.

Se deberá indicar, en el plano final, el tipo de escala utilizada, adicionar puntos de compás, como por ejemplo el norte o sur, para ubicar al usuario, marcar las dimensiones clave e incluir dentro de la información relevante el título del plano.



3.7 SOLUCIONES COMPUTACIONALES TRADICIONALES AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

3.7.1 Categorización de las soluciones computacionales

La introducción de la investigación de operaciones y el avance que se ha venido dando en las tecnologías computacionales desde mediados del siglo XIX, ha generado lo que se conoce hoy en día como *Distribución de Planta asistida por Computador*.

El uso de la computadora en la generación de distribuciones de planta presenta varias ventajas como son [14]:

- o Un computador puede realizar los cálculos necesarios y generar varias soluciones a un problema de distribución con una mayor rapidez que un grupo de trabajo humano.
- o Incrementa la eficiencia en la solución de aquellos problemas que implican una gran cantidad de datos.
- o Por sus características de tiempo y capacidad de procesamiento el uso de una computadora resulta más económico que la contratación de diseñadores y planificadores.
- o El uso de la computadora elimina en gran medida la posibilidad de errores humanos en la generación de soluciones de cualquier índole.

Sin embargo, el uso del computador también presenta algunas desventajas en la elaboración de diseños, entre las cuales podrían mencionarse:

- o Por lo general los diseñadores deben modificar las distribuciones generadas por el uso de estos programas de computadora con el fin de adaptarlos a la realidad y lograr su utilidad.
- o Por lo general generan distribuciones en bloques omitiendo detalles importantes.

Se podrían categorizar los desarrollos computacionales que permiten dar solución a problemas de distribución de acuerdo a la siguiente clasificación [51]: Procedimientos exactos de programación matemática, Métodos Heurísticos, Métodos Probabilísticos, Aplicación de la teoría de gráficas. Todos ellos en últimas intentan solucionar un problema de optimización, cuyo objetivo depende de la formulación que se haga del problema.

En Programación matemática ayudada por computadora, el problema de distribución de planta se formula como un problema de asignación cuadrática, donde hay m lugares disponibles para asignarles n departamentos. Todas las asignaciones deben hacerse al mismo tiempo, y a continuación se selecciona el arreglo que minimice el costo del movimiento.



La Heurística a diferencia de procedimientos exactos de programación matemática posee la capacidad de producir buenas soluciones subóptimas a problemas grandes con una cantidad considerable de cómputo. Algunas de las soluciones informáticas desarrolladas hasta el momento basadas en la heurística se presentan en la tabla 3.

Tabla 2. Procedimientos Heurísticos

PROCEDIMIENTO	OBJETIVO PRIMARIO	TIPOS DE DATOS INICIALES	PRODUCTO GENERADO
CORELAP [51]	Maximizar Cercanía	Tabla de relaciones	Departamentos de forma cuadrada
PLANET[51]	Minimizar Costo	Tabla de relaciones o Tabla De – A	Departamentos de forma cuadrada
CRAFT[51,16]	Minimizar Costo	Tabla De – A	Forma no especificada

Los métodos probabilísticos, incluyen la teoría de probabilidades en la manera de seleccionar o colocar los departamentos vinculados en la distribución, existen tres métodos probabilísticos: selección aleatoria o estocástica, muestreo sesgado y simulación. En la tabla 4 se presentan algunas de las aplicaciones generadas hasta el momento que utilizan métodos probabilísticos.

Tabla 3. Procedimientos Probabilísticos

PROCEDIMIENTO	OBJETIVO PRIMARIO	TIPOS DE DATOS INICIALES	CONSTRUCCIÓN
ALDEP [51]	Maximizar Cercanía	Tabla de relaciones	Franja rectangular colocada cada una adyacente a otra
GAS [29]	Minimizar Distancia ó Maximizar Adyacencias	Tabla de Relaciones Parámetros Iniciales	Formas Cuadradas
Simulación	Maximizar Cercanía	Tabla De – A	Formas Cuadradas

Los paquetes software planteados anteriormente, generan planos por bloques, por lo general de formas cuadradas, haciendo uso de dos tipos de algoritmos, un algoritmo de selección que escoge dentro de un espectro de departamentos el siguiente a ser colocado dentro de la fabrica, que por lo general es modelada como una matriz, y un algoritmo de colocación que coloca ese departamento seleccionado dentro de la matriz



de acuerdo a criterios acordados previamente. Habitualmente, estos algoritmos parten de una carta de relaciones, como la generada en por el SIp, de una carta DE-A, que indica el flujo de material entre departamentos o de una combinación de las dos cartas.

A lo largo del tiempo se han desarrollado criterios para evaluar la eficiencia de los algoritmos tanto de selección como de colocación instalaciones, entre ellos el tiempo computacional empleado por el algoritmo, el grado de ajuste a patrones, la tasa de cercanía total o la tasa de conformidad de la forma del plano.

En investigaciones recientes, Irani y Huang [27] realizan un resumen, plasmado en la figura 10, donde destacan diferente tipos de paquetes software desarrollados para direccionar el problema de distribución de planta, categorizados de acuerdo a las funciones principales que realizan cada uno de ellos. De esta manera, se encuentran paquetes para el Análisis de flujo de material, Evaluación de visualización y desempeño, Análisis económico de alternativas de diseño, entre otras funciones. En el anexo 1 podrá realizar una revisión de las características más importantes de algunos de estos paquetes software.

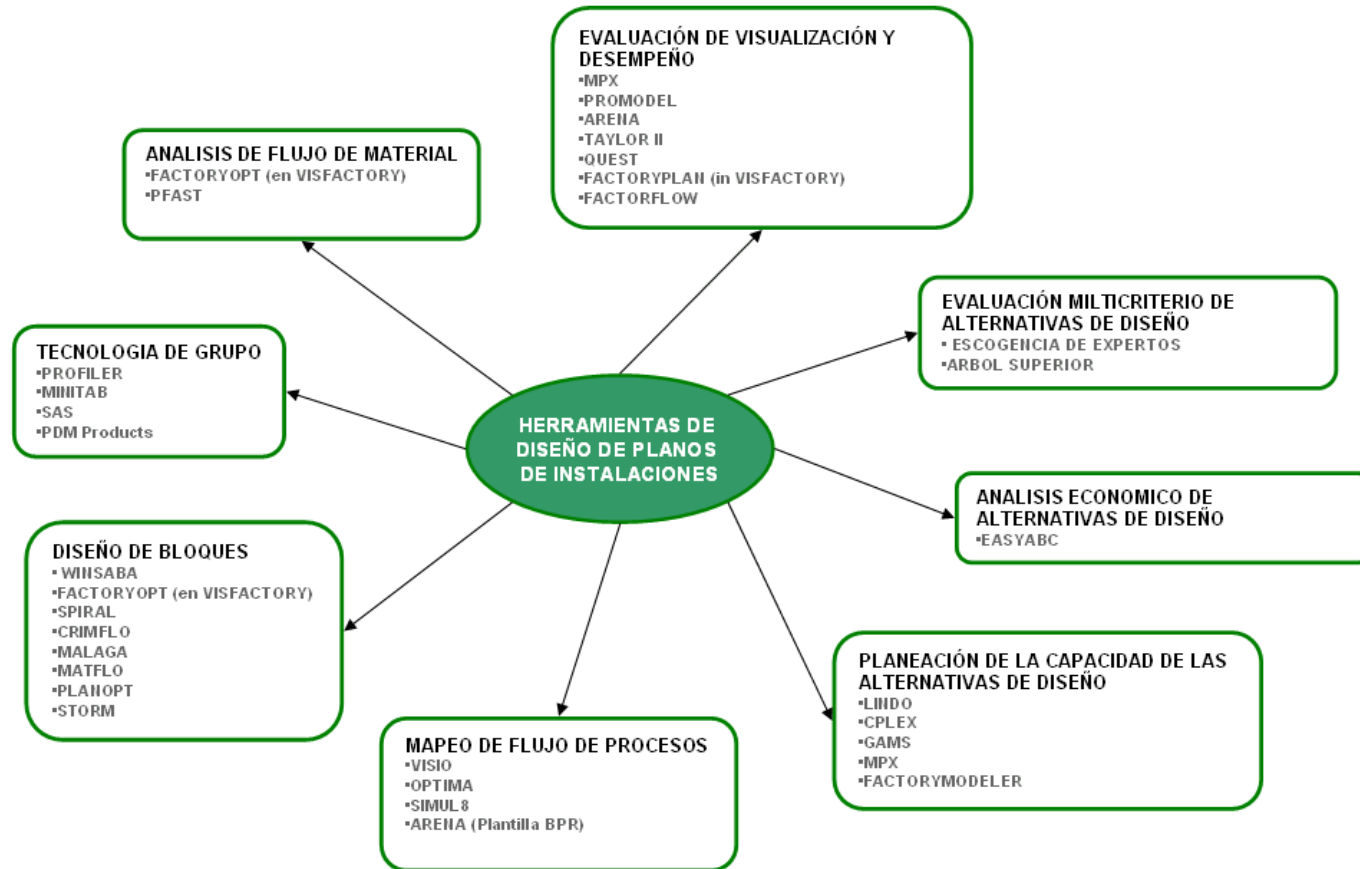


Figura 10. Diferentes paquetes software para desarrollar distribuciones de planta



3.7.2 Limitaciones de las soluciones computacionales tradicionales

La figura 1 propuesta por Irani y Huang [27] presenta paquetes de software existentes que podrían ser usados para soportar el diseño de instalaciones. Sin embargo, estos mismos investigadores aseguran que no hay una metodología formal que incorpore estas herramientas en un proceso de diseño efectivo ajustable a almacenes de trabajo. La razón es que todos los programas de “Diseño de Bloques” que existen esta basados en los siguientes tres temas de investigación clásicos: 1) La vista de diseño de planos SLP (Systematic Layout Planning), 2) La formulación del Problema de diseño de instalaciones (FLP) como problema de asignación cuadrática (QAP: The Quadratic Assignment Problem), y 3) El software CRAFT para diseño de un plano de bloques para una instalación asistido por un computador.

Sin embargo, la experiencia de estos dos investigadores con una variedad de proyectos patrocinados por la industria ha causado las siguientes dudas sobre la validez universal de los conceptos y suposiciones en los cuales se fundamentan la mayoría de las investigaciones sobre diseño de planos:

o *El uso de una carta de viajes como entrada de datos:*

La entrada de datos tradicional para el diseño de planos ha sido una carta de viajes. Sin embargo, esta carta agrega las rutas y cantidades de producción de todos los productos fabricados en la instalación. Por generar un grafo sencillo, evita el análisis de la duplicación de maquinas. Por esto, limita a los diseñadores de instalaciones a diseñar solo un tipo de plano, el funcional o por proceso. En cambio, la carta de procesos multiproducto se adapta más al diseño de almacenes de trabajo ya que captura las maquinas (o departamentos en una instalación, como lo hace la carta DE-A) y muestra las rutas de cada producto que esta siendo fabricado en cada instalación. La carta es esencialmente un hipergrafo de la instalación ya que trata cada ruta como un hipergrafo que conecta una secuencia de maquinas (o departamentos) en el plano. Con la información de las rutas embebidas en el plano, es posible el diseño de configuraciones de planos, que no sean solo funcionales, debido a que el particionamiento de la lista permitirá la duplicación de maquinas en varias locaciones en la instalación.

o *El número de muestras de partes usadas para diseñar un plano.*

La práctica tradicional ha sido usar la regla del 80-20 (a análisis ABC) para seleccionar una muestra de productos que sea usada para diseñar el plano de la instalación. Sin embargo, una muestra no es una representación exacta de la mezcla de partes procesada por un almacén de trabajo. Se requiere un método que integre los planos generados para varias muestras de rutas ya que el plano final debe ser robusto en cuanto a que pueda cambiar con el tiempo con los cambios que ocurran en la mezcla de productos.



- o *El criterio de muestreo usado para seleccionar las muestras de partes usadas para el diseño de planos.*

La regla del 80-20 usado para análisis P-Q usa esencialmente un criterio de volumen de producción para seleccionar una muestra de productos para diseñar el plano. Sin embargo, la minimización de la distancia total de manejo de material ha sido el objetivo clásico en el diseño de planos. Dada una población de productos si se cambia el criterio de selección, la muestra de productos escogida podría diferir de una muestra generada basándose en el volumen de producción. Aun no han sido evaluadas las diferencias entre los planos generados usando criterios diferentes. De hay, que existe la necesidad de desarrollar técnicas de muestreo para seleccionar muestras de productos diversas para diseñar planos robustos en lugar del contar solo con el manejo de material como el único criterio de diseño.

- o *El uso de una cantidad de producción anual para cada producto.*

En un diseño típico de instalaciones, se agregan las demandas mensuales para un producto dentro de una cantidad de demanda anual la cual es factorizada en una carta agregada DE-A usada para diseñar el diseño. Sin embargo, el uso de esta carta podría ser aceptable solo en el caso de instalaciones de volúmenes bajos y de mezclas altas. En lugar de ello, podría ser más correcto usar las cantidades de ordenes mensuales para todos los productos, generar cartas DE-A para cada mezcla de productos mensual y generar un diseño de bloques para cada mes. Esto mostraría posiblemente una locación diferente para cada departamento de periodo a periodo en comparación con un plano basado en solo una carta DE-A agregada. Claramente hay una necesidad de métodos para diseñar planos dinámicos / reconfigurables que se ajusten a cambios mensualmente, aun trimestralmente en los volúmenes de producción y en la mezcla de productos activos.

- o *La escogencia de configuraciones de planos para las instalaciones.*

El conjunto tradicional de configuraciones de planos que se pueden encontrar en cualquier libro son: Funcionales, Celulares y de líneas de flujo. En literatura de investigación se discuten nuevas configuraciones tales como planos Holonicos, Fractales, Hibridos, Flexibles, Celdas virtuales, Modulares, Reconfigurables. Sin embargo, no es claro si estas nuevas configuraciones han sido implementadas en la industria y si han mostrado tener un mejor desempeño con respecto a los planos clásicos.

- o *Las medidas y criterios usados para diseñar y evaluar los planos generados.*

Las medidas tales como la Adyacencia Total o la Distancia de manejo de material total son estáticas, ellas no están relacionadas con el desempeño dinámico de una instalación. También, estas medidas se relacionan solo con al componente de manejo de material del tiempo de ciclo de un producto, ignorando el impacto del arreglo, cargue/descargue, retrasos en cola y de procesos que ocurren en los centros de trabajo individuales.



La suposición fundamentalmente incorrecta sobre la cual se cobijan estas medidas estáticas es que todos los trabajos son transferidos instantánea y concurrentemente entre todos los centros de trabajo. Considerando que la realidad es justo lo opuesto, que las paletas y las unidades bajan a esperar ser recogidas y viajarían distancias más grandes, que las distancias más cortas en el plano óptimo o el existente. Por último, hay un valor no económico embebido en estas medidas estáticas. La decisión para cambiar el plano de una instalación debería conjugar los beneficios de las reducciones en el WIP y el cumplimiento en el orden.

3.8 TENDENCIAS EMERGENTES EN LA INDUSTRIA

El profesor Saif Benjaafar, docente de la Universidad de Minnesota en Estados Unidos, junto a un grupo de estudiantes de doctorado han conformado lo que se conoce como Next Generation Factory Layouts o la próxima generación de los diseños para fábricas.

En sus estudios, basados en experiencias importantes con empresas reconocidas en el ámbito mundial han identificado algunas tendencias importantes en la industria que se deben tener en cuenta al realizar propuestas de diseño de instalaciones, así mismo han propuesto nuevos tipos de planos que intentan direccionar estas nuevas tendencias y métodos para lograr la construcción de estos nuevos tipos de planos [9].

3.8.1 Contratación de Manufactura

Muchas industrias han cedido a sus proveedores gran cantidad de la manufactura y el ensamble para desarrollar equipos originales (OEMS) (25, 35). Junto con las entregas justo- a tiempo, el outsourcing ha permitido a las compañías reconfigurar sus instalaciones de ensamble para acomodar uniones entre proveedores y el equipo de manufactura original. Por ejemplo muchas empresas manufactureras de automóviles permiten a los proveedores entregar directamente los componentes en puntos específicos de su línea de ensamble.

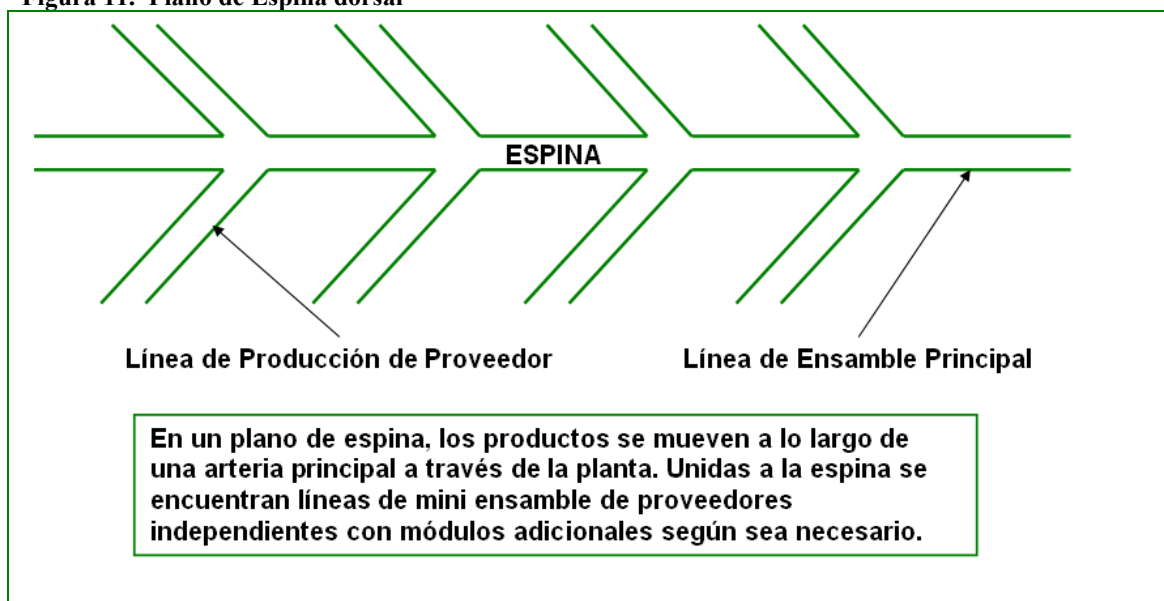
Están diseñando múltiples muelles de descarga y múltiples puntos de descanso de inventario a través de las fábricas. La nueva planta Cadillac en Lansing Michigan, por ejemplo es de forma T para maximizar el acceso de proveedores al piso de la fábrica. Algunos productores de automóviles tales como Volkswagen (VW) permiten a los proveedores realizar todo o parte del proceso de manufactura y ensamble en el sitio.



La nueva planta de carros de VW en Resende, Brasil es un caso a mostrar para este concepto de planta modular. Actualmente los diseñadores están usando planos de espina dorsal o dendríticos (ver figura 11) en los cuales el producto se mueve a lo largo de la arteria principal o espina dorsal, que atraviesa de la planta. Se encuentran unidas a la espina dorsal líneas de mini-ensamble propias de cada proveedor, cada una enlaza su propio modulo al producto en movimiento.

También se están desarrollando planos híbridos que tienen características de una línea de flujo y de múltiples celdas autónomas. La configuración permite a la planta adicionar y remover proveedores sin cambiar el plano principal. Esto también se acomoda muy bien al crecimiento y la reducción de las operaciones de los proveedores. Trotter Inc., un productor de molinos de ejercicio ha usado ideas similares en su planta [4]. Otras compañías han escogido colocar sus proveedores en complejos largos. La planta GM Gravatai en Brazil, por ejemplo, alberga una planta de ensamble final y 16 plantas de proveedores, incluyendo plantas propias de Delphi, Lear y Goodyear, los cuales entregan módulos preensamblados a los trabajadores de la línea de GM [58]. Las 17 plantas están ubicadas en una misma ruta y están conectadas a través de un sistema de manejo de material compartido de carros y bandas transportadoras. Los diseñadores de las instalaciones tienen que escoger planos que permitan un manejo eficiente de material no solo en cada planta individualmente sino a través del complejo.

Figura 11. Plano de Espina dorsal





Los casos vistos hasta el momento, tratan de planos de interiores fijos y periferia variable. De acuerdo a esto, el desafío para los planeadores de instalaciones es desarrollar un plano y un sistema de manejo de material que permita una alta eficiencia en el interior y flexibilidad y configurabilidad en la periferia. Las métricas de diseño deberían depender del área de la planta, y herramientas de diseño deberían soportar también una variedad de tipos de planos en la misma instalación.

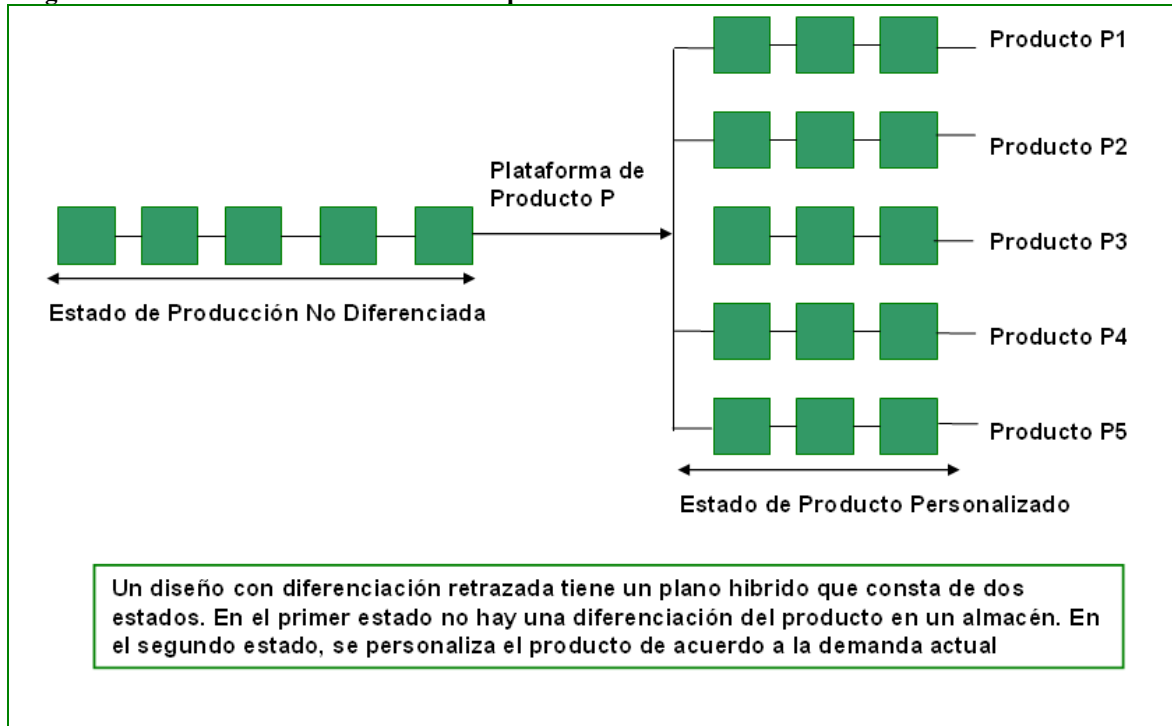
3.8.2 Demorar la diferenciación del producto

El incrementar en la variedad del producto y la necesidad de masificar la personalización del producto ha llevado a muchas empresas a retardar la diferenciación del producto [22, 34, 26], posponiendo el punto en el proceso de manufactura en que se le asignan características individuales a los productos. Las compañías hacen esto, por ejemplo, para construir una plataforma común para todos los productos y diferenciar asignando a ciertos productos características específicas y componentes solo después que la demanda se conoce, creando instalaciones híbridas que constan de componentes como líneas de flujo donde construyen plataformas comunes y componentes como de tiendas de trabajo donde personalizan los productos.

Si los productos finales se agrupan fácilmente en familias, la estructura de tiendas de trabajo podría ser reemplazada por celdas, cada una dedicada a una familia de producto (Ver figura 121). Llevado al extremo, el retraso en la diferenciación puede eliminar el problema de diseñar planos totalmente juntos. Por ejemplo si la personalización se da en el punto de la venta o en el depósito de distribución como es, cada vez mas, el caso de los computadores [34], la fábrica se vuelve una simple línea de producción de baja variedad y alto volumen.



Figura 12. Demora en la diferenciación del producto



Hewlett-Packard ha implementado una estrategia para localizar los puntos de producción de sus computadores e impresoras en centros de distribución ultra marinos (por ejemplo, los depósitos de distribución instalan cuerdas y proveedores de poder específicos por país). La disposición de las líneas entre el depósito y la fábrica motiva preguntas interesantes.

¿Cómo transformar los depósitos para que de instalaciones de almacenamiento puro se conviertan en instalaciones que hagan también pequeños ensambles que afecten el diseño?

¿Cómo debería cambiar el plano del depósito para acomodarlo a las necesidades tanto de almacenamiento como de manufactura y ensamble eficiente?

Klote y Meller [30] mostraron que introducir operaciones que agregan valor realmente afecta el diseño del depósito.

En las industrias donde los pasos de diferenciación se llevan a cabo dentro de la fábrica, hay una clara necesidad de diseñar herramientas que soporten planos híbridos que pudieran tener características de planos por producto, por celdas y funcionales, todo bajo una misma raíz.



3.8.3 Manufactura Multi-canal

El énfasis incremental en manufactura de rápida respuesta e inventario mínimo ha llevado a muchos productores y proveedores a invertir en capacidad adicional, corriendo frecuentemente líneas de producción paralelas. Por ejemplo en Newark, California, Solectron, un gran productor por contrato, tiene una planta con 24 líneas de producción capaces de ensamblar cada elemento de las impresoras laser [20]. Las compañías alcanzan un flujo continuo de material debido a la tenencia de líneas de producción flexibles, duplicadas, compartidas a través de productos.

Dependiendo de la congestión de aguas a bajo, los productos pueden moverse hacia a dentro o afuera de las líneas de producción del vecindario, creando múltiples caminos, o canales, minimizando el tiempo en cola y la congestión. EFTC un productor de bienes y componentes electrónicos, también usa manufactura multi canal [35].

Un ejecutivo de EFTC describe el proceso de producción como “pequeños lotes de producción moviéndose por cualquiera de los puntos de producción en las líneas de producción paralelas, pasando de una línea a donde sea necesario para romper cuellos de botella y mantener los productos rodando”. Sun Microsystems usa un concepto similar para sus líneas de Desktop Workstations [21]. Las instalaciones de Sun tienen tres líneas o celdas idénticas. Cada celda tiene dos espejos, los cuales pueden estar funcionando o no, dando a Sun entrada a seis líneas de producción paralelas. Si la magnitud de flujo y las rutas de producto no cambian significativamente, líneas de producción lineales y paralelas como las de Sun brindan flexibilidad y reducen el tiempo del ciclo.

Otras compañías han logrado la flexibilidad multicanal transformando planos funcionales en planos distribuidos, desagregando departamentos funcionales grandes en dos o más sub departamentos distribuidos a través de la planta. Duplicar los departamentos incrementa la probabilidad de encontrar un camino eficiente a través del sistema adecuado a cada trabajo.

Otros ejemplos de planos distribuidos incluyen las configuraciones de diseños fractales introducidas por Venkatadri et al [55], en las cuales una planta es particionada en varias celdas idénticas para las cuales el flujo de trabajo puede ser asignado dinámicamente.

Los diseñadores de sistemas multicanales enfrentan tales cambios determinando cuantos caminos duplicados tienen y como organizar los recursos duplicados sobre el piso de la planta.



3.8.4 Maquinas Escalables

En años pasados ha habido un esfuerzo concertado en la industria de corte de metal para desarrollar maquinas que sean altamente flexibles y escalables y que pueden desarrollar muchas funciones y ser ajustadas a varias capacidades.

La funcionalidad y la eficiencia de las maquinas puede aumentarse colocando módulos adicionales y adquiriendo software adicional. La iniciativa multinacional sobre sistemas de manufactura inteligente (<http://www.ims.org>) es dirigir tal esfuerzo, soportado por un conglomerado de desarrolladores de herramientas de maquinas de Japón Reino Unido y Europa [28]. The Nacional Science Foundation Engineering Research Center en maquinas reconfigurables en la Universidad de Michigan (<http://erc.engin.umich.edu/>) esta llevando a cabo un esfuerzo paralelo enfocado en construir maquinas que puedan ser ajustadas rápidamente a cambios en la mezcla de producto o volúmenes. Por ejemplo, maquinas que puedan ser actualizadas adicionándoles brocas, ejes, almacenes de herramientas, o controladores [31]. Si fueran exitosos tales esfuerzos facilitarían el uso de una maquina para muchos procesos con poco manejo de material y poco movimiento. Debido a la rapidez en la configuración de las maquinas para diferentes mezclas y volúmenes los cambios en los requerimientos de producción tendrían poco efecto sobre el plano.

Un producto comercial que tiene alguna de estas capacidades es el Triflex Machinng Center desarrollado por Turmatic Systems. El centro permite el maquinado simultaneo usando siete unidades de maquinado con la posibilidad de fijar unidades adicionales. Se pueden acomodar sistemas de carga y descarga automática e integrarse a sistemas de maquinas similares o diferentes. Una unidad de maquinado puede estar fijada a una banda transportadora larga habilitando la cara de una pieza para que sea maquinada en una estación y la cara frontal en otra.

Además, es posible un maquinado en 5 caras, aun con solo 2 unidades de maquinado fijas. Tales maquinas escalables podrían transformar el diseño de los planos. Si el movimiento de material se minimiza los diseños de las fábricas se podrían simplificar grandemente y su diseño podría importar menos. El énfasis en el diseño de industrias, parecería cambiar del diseño detallando de cada departamento de procesamiento a la integración de alto nivel de estos departamentos (por ejemplo, la integración de maquinado con ensamble o de ensamble con inspección y empaque).

La identificación de estas tendencias ha llevado al consorcio Next Generation Factory Layouts a reevaluar los tipos de diseño que tradicionalmente las empresas han implementado, proponiendo unos nuevos modelos de diseños, los planos modulares, los planos ágiles y los planos distribuidos.



3.9 NUEVOS TIPOS DE PLANOS PARA FÁBRICAS

3.9.1 Planos Distribuidos

Los planos distribuidos desagregan los departamentos funcionales grandes en subdepartamentos distribuidos en el piso de la planta. (Ver figura 13). La duplicación estratégicamente de los departamentos localizándolos a través de la fábrica lleva la instalación a considerar fluctuaciones futuras en los patrones de flujo de trabajo y volúmenes. A su vez los subdepartamentos desagregados y distribuidos reducen las distancias de viaje de material para muchas secuencias de flujos de producción. Los diseñadores pueden encontrar fácilmente flujos eficientes para un rango grande de mezclas y volúmenes de producto. Tales planos son especialmente atractivos cuando las demandas fluctúan demasiado frecuentemente como para reconfigurar las plantas, lo cual incluye un costo muy alto. En este marco, es deseable un plano fijo que se desempeñe bien para muchos escenarios de demanda.

Al diseñar un plano distribuido una firma enfrenta varios retos.

¿Cómo podrían crearse los subdepartamentos y cuanto se deberían tener de cada tipo?

¿Qué capacidad debería asignarse a cada subdepartamento?

¿Dónde deberían colocarse los subdepartamentos?

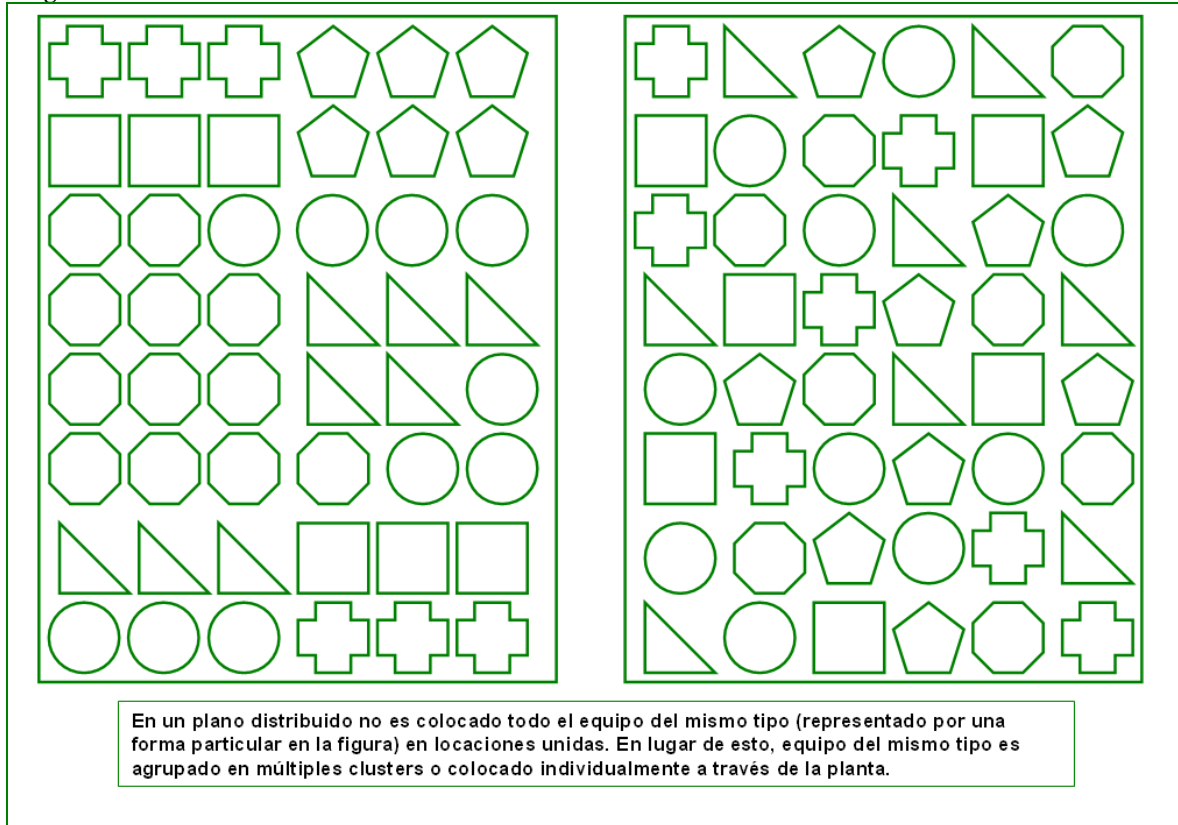
¿Cómo localizar las cargas de trabajo entre subdepartamentos similares?

¿Cómo afectaría la desagregación y distribución de los departamentos el desempeño operacional (por ejemplo, el tiempo de manejo de material, el trabajo en el proceso, y el tiempo en cola)?

¿Cómo manejaría la firma el flujo de material, ya que hay una gran flexibilidad en las rutas?



Figura 13. Plano distribuido



¿Cómo coordinaría las necesidades compartidas de manejo de material subdepartamentos similares?

¿Qué medida de desempeño debe usar la firma cuando diseña planos distribuidos? ¿Mediría el costo del material esperado sobre los escenarios de demanda posible o buscaría una medida de robustez que garantice un nivel de desempeño mínimo para todos los escenarios?

Aun más importante, ¿Cómo es la sensibilidad de los planos finales, con respecto a las medidas de desempeño adoptadas?

La duplicación de departamentos incrementaría la flexibilidad y podría también incrementar y disminuir economías de escala (por ejemplo, deberían duplicarse recursos auxiliares y operadores). La empresa debería canjear los beneficios de manejo de material de las desagregación y duplicación contra el incremento en el costo en otras áreas.

Benjaafar y Sheikhzadeh [12] y Lahmar y Benjaafar [33] exploraron algunas de estas preguntas. Benjaafar y Sheikhzadeh consideraron situaciones en las cuales la demanda por productos se caracteriza por



producciones discretas finitas, representadas por un número finito de escenarios realización de demandas y probabilidades de ocurrencias de cada escenario. La demanda por productos podría ser independiente o correlacionada. En ambos casos resultan escenarios que constan de diferentes combinaciones de demanda de producto, cada una con su propia probabilidad de ocurrencias, las distribuciones pueden estar basadas en datos históricos pronósticos. Cuando las distribuciones de demanda son difíciles de caracterizar se pueden asignar probabilidades iguales a todos los escenarios posibles de demanda. Alternativamente, uno puede agregar los escenarios en un subconjunto más pequeño que representa el rango de escenarios de demanda posible.

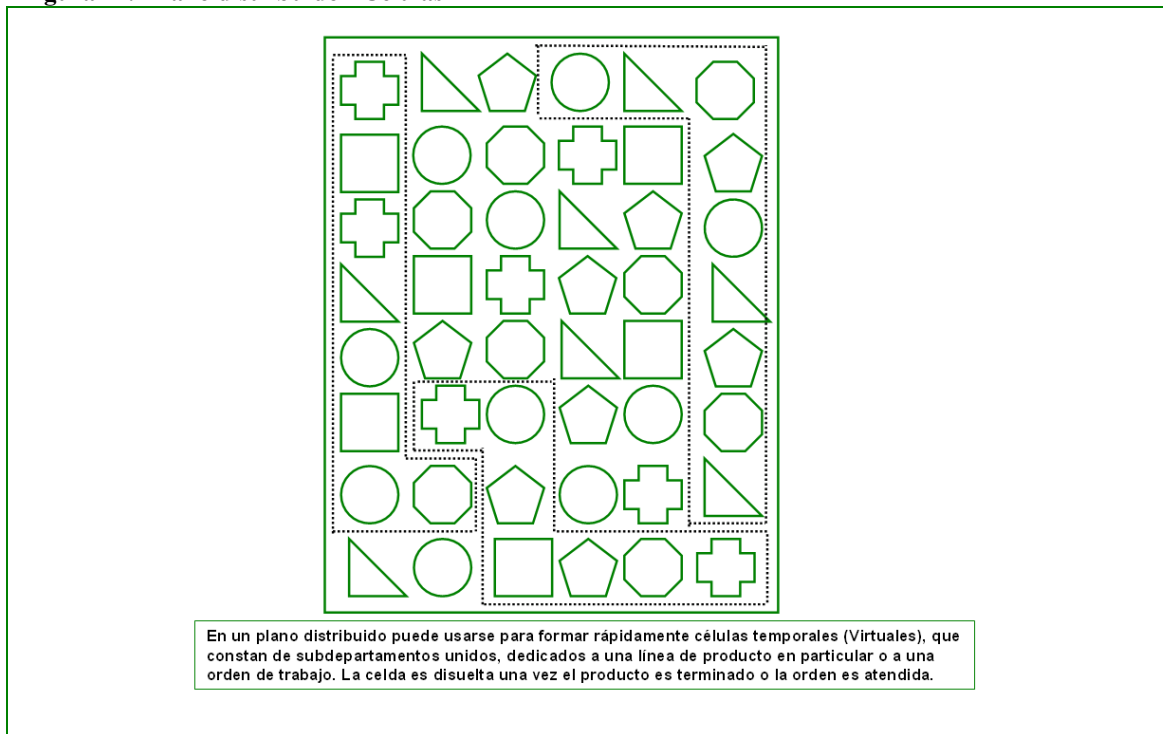
Apartir de la distribución de escenarios de demanda, las rutas de producto, y las cargas transferibles de unidades de producto, se determinan, para cada escenarios de demanda posible, la cantidad de material de cada producto que fluiría entre cada par de departamentos. Este resultado es una matriz de flujo multiproducto De – A para cada escenario de demanda. El objetivo es seleccionar en plano que minimice el costo de manejo de material sobre el conjunto completo de escenarios. Para cada escenario se necesita determinar la localización óptima del flujo entre subdepartamentos del mismo tipo. De esta manera tenemos un plano combinado y un problema de localización de flujo. Benjaafar y Sheikhzadeh (2000) [12] describen un modelo para este problema de localización de flujo de plano, a si como un procedimiento efectivo de descomposición. Lahmar y Benjaafar (2002) extienden el modelo y el procedimiento solución con el propósito que sea adecuado para múltiples periodos, en los cuales el plano pueda ser reconfigurado en el principio de cada periodo con un costo asociado a esto.

Los experimentos de Benjaafar y Sheikhzdeh [12] y Lahmar y Benjaafar [33] con planos distribuidos usando ejemplos generados randómicamente y datos recolectados de las industrias mostraron que las firmas se podrían beneficiar de la desagregación y distribución funcional de departamentos (sobre un 40% de mejora en muchos casos). Los planos distribuidos brindan una ventaja muy grande cuando la demanda es variable, especialmente para planos con departamentos grandes de muchos tipos. Si la distribución de los patrones de flujo puede ser caracterizada con anterioridad, incluyendo información de flujo en la etapa de diseño los planos pueden mejorar. Sin embargo, el costo de manejo de material puede reducirse aun sin información sobre el flujo (por ejemplo, distribuyendo los departamentos randómicamente). Además, la calida de los planos distribuidos es sensible a inexactitudes en la distribución de demanda. Mucho más importante, las compañías pueden obtener mucho de los beneficios de la duplicación de departamentos con pocas replicas, teniendo rara vez departamentos funcionalmente desagradados completamente.



Un diseño que distribuye replicas de departamentos a través del piso de la planta puede también ayudar a una firma a manejar productos con recorridos cortos o productos con ciclo de vida cortos. Esto puede hacerse, por ejemplo, formando rápidamente celdas temporales, que consten de subdepartamentos contiguos dedicados a una línea de producto o a una orden de trabajo particular (Ver figura 14). Esta celda es disuelta cuando el producto es terminado o una vez se completa la orden del cliente. Drolet [18] discute sobre tales celdas virtuales. Lahmar y Benjaafar [33] encontraron que las configuraciones distribuidas pueden ser útiles en el manejo del crecimiento y reducción de la producción. Por ejemplo cuando los productos maduran durante varios periodos, las compañías pueden evitar rediseñar sus instalaciones repetidamente con el fin de acomodar el crecimiento del producto usando un plano distribuido y adicionar maquinas en la periferia del plano como sea necesario. La instalación puede crecer entonces en una forma concéntrica, permaneciendo compacto el espacio del plano y manteniendo un manejo de material eficiente. Con esta aproximación, la firma puede modificar su capacidad a través de incrementos pequeños ya que la introducción o remoción de capacidad ocurre en la periferia mientras la fábrica permanece intacta.

Figura 14. Plano distribuido - Células





3.9.2 Planos Modulares

Los planos modulares son planos híbridos para sistemas con flujos de material complejos que no pueden ser descritos como funcionales, línea de flujo o celdas. Las diferentes tendencias emergentes en la industria están llevando a considerar tales configuraciones. Por ejemplo, la industria del automóvil construye fábricas modulares alrededor de los centros como de líneas de flujo, con líneas de producción de proveedores conectadas en varias formas.

Las firmas que retrasan la diferenciación del producto también usan planos que combinan características de productos, procesos, y celdas. Irani y Huang [27] fueron los primeros en introducir el concepto de plano como una red de trabajo de módulos básicos. Ellos asumen por lo menos en el corto tiempo, una mezcla de producto conocida y una demanda totalmente estable. En el momento en que la mezcla y la demanda cambien serán eliminados algunos módulos y otros serán adicionados. Con tales planos modulares, los productores pueden escalar sus actividades hacia arriba o hacia abajo rápidamente. En sus investigaciones sobre planos modulares, Irani y Huang pretenden responder a las siguientes preguntas fundamentales.

¿Podría un plano diferente a los planos tradicionales adecuarse a los flujos de material de productores múltiples?

¿Podrían ser quizás una combinación de los planos tradicionales?

¿Podría una red de módulos de planos brindar una metaestructura para diseñar instalaciones de manufactura de multiproducto en general?

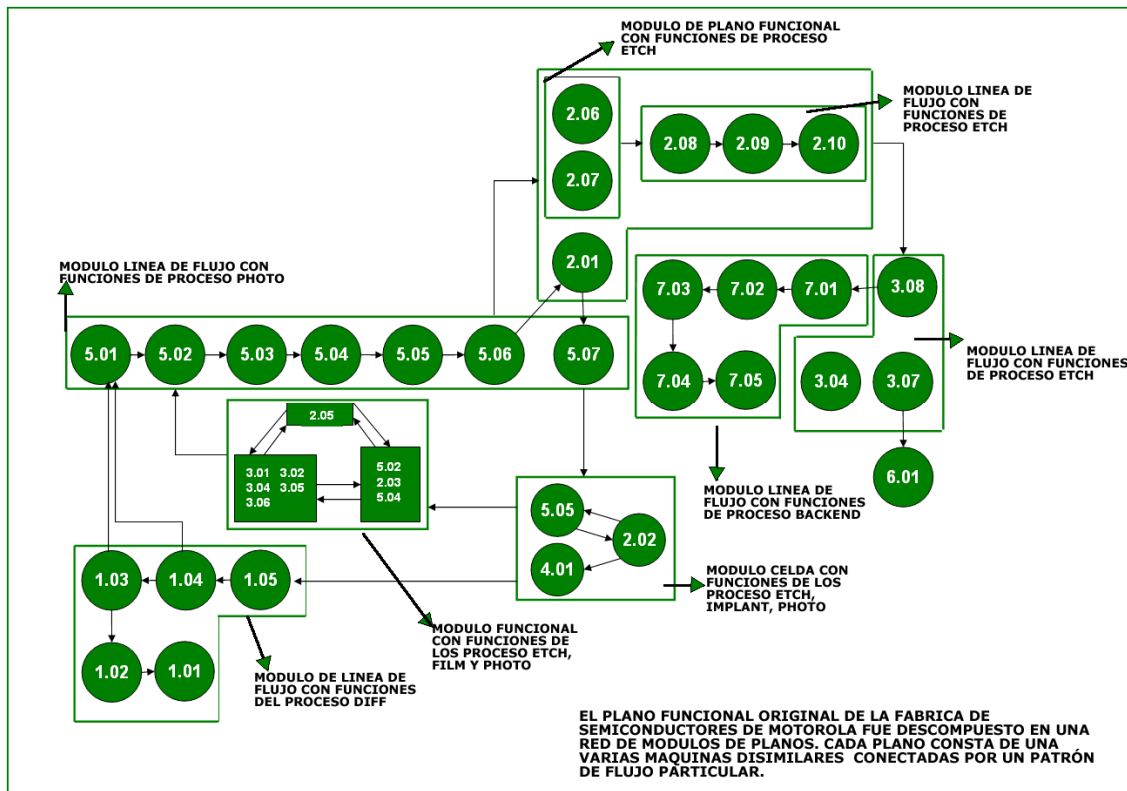
¿La agrupación y clasificación de recursos en módulos correspondientes a los planos tradicionales minimizan las distancias de flujo total o los costos?

Irani y Huang diseñaron un plano modular para una instalación de motorota. La compañía quiso valorar la factibilidad de cambiar el plano en una de sus fábricas de semiconductores de funcional a celular.

El plano funcional consta de 7 bahías (o departamentos de proceso): Diffusion, Etching, Film Deposición, Implant, Photolithography, Metrology y Backend. Motorota provee cuatro rutas de producto representativas de los flujos de producto en la fábrica. Los autores encontraron que un plano celular podría no ser viable debido a que requiere la duplicación de equipos y procesos. Sin embargo, un análisis visual de las rutas por parejas de cadenas reveló que los diferentes pares de rutas tienen subcadenas de operaciones idénticas o tenían muchas operaciones en común. Basados en esta observación, diseñaron un nuevo plano (Ver figura 15) que combina los 3 planos tradicionales. En este plano todos los pares de operaciones consecutivas en todas las rutas de producto son desarrollados en el mismo módulo o en módulos adyacentes, donde un módulo es un grupo de máquinas cuyo patrón de flujo es característico de un plano tradicional.



Figura 15. Plano Modular



Se han instalado ejemplos de rutas de periodo obtenidas de estudio publicados de industria y se encontró que las rutas de producto tienen frecuentemente subcadenas de operaciones comunes que podrían ser agregadas en módulos.

3.9.3 Planos Ágiles

En instalaciones que permiten reconfiguración frecuente, los planos deberían ser diseñados para maximizar el desempeño operacional así como minimizar el costo de manejo de material. En estas instalaciones los periodos de planeación de la producción disminuyen debido a esto las industrias cambian su enfoque de eficiencias en costo de producción largas a correspondencias y agilidad en términos cortos. Tal desempeño se mide como tiempo de ciclo, acumulación de trabajo en proceso (WIP) y el Throughput que se vuelve especialmente importante. Desafortunadamente, la captura de las relaciones entre la configuración del plano y el desempeño operacional es difícil. Meller y Gau [36] revisaron cerca de 150 artículos sobre planos de



industrias y encontraron solo un artículo sobre el tema. Recientemente, Benjaafar [9] introdujo un método analítico capaz de capturar la relación entre la configuración del plano y el desempeño operacional, el encajo el modelo en un procedimiento de diseño de planos en el cual el criterio de diseño de pueda ser una de las varias medidas de desempeño operacional. El modelo de Heragu et al [11] mejoró el modelo de Benjaafar [12], incluyendo el tiempo de producción, transporte, y tamaño del lote de proceso y desarrollando un método que puede estimar la medida del desempeño operacional de sistemas de manufactura celular y funcional.

3.10 MÉTODOS PARA OBTENER PLANOS MODERNOS

3.10.1 Diseño de Procedimiento Para Planos Modulares

Irani y Huang [27] mostraron que flujo de material en cualquier instalación multiproducto puede ser descompuesto en una red de módulos donde cada modulo representa parte de la instalación. Un modulo es un grupo de maquinas conectadas por una red de flujo de material con un patrón de flujo bien entendido. Por ejemplo, los módulos de línea de flujo y los módulos celda tienen un enfoque familiar. El modulo de línea de flujo agrega rutas que son idénticas mientras que el modulo celda agrega rutas que tienen secuencias de maquinas similares. En contraste, el modulo de plano funcional es un grupo de maquinas que no procesan productos con rutas similares. Sin embargo, el patrón de flujo de material en su carta DE – A podría corresponder a un dígrafo acíclico, como en una línea de ensamble o desensamble, o en el peor de los casos un dígrafo conectado completamente.

En la solución ideal, cada producto podría ser procesado completamente sobre una línea de flujo dedicada, sin embargo, esto podría acarrear una inversión significativa en equipo. Una aproximación practica podría ser maximizar el numero de operaciones consecutivas en una sola familia de rutas desarrolladas en el mismo modulo. Para encontrar tal estructura, Irani y Huang [27] emplearon el método de apareamiento y agrupamiento de cadenas usado en genética, química molecular y biología. En el centro de esta aproximación están los conceptos de subcadenas comunes y subcadenas residuales en una ruta de producto. Una subcadena común consta de operaciones consecutivas que dos o mas secuencias de operaciones tienen en común. Subcadenas residuales son subcadenas de operaciones que permanecen luego que las subcadenas comunes son sustraídas. Por ejemplo en la secuencia de operaciones S_a (1→2→3→4→7→8) y S_b (1→2→5→6→7→8), las subcadenas comunes son 1 2 y 7 8. Las subcadenas residuales son 3 4 y 5 6 en



3.10.2 Procedimiento de Diseño para Planos Ágiles

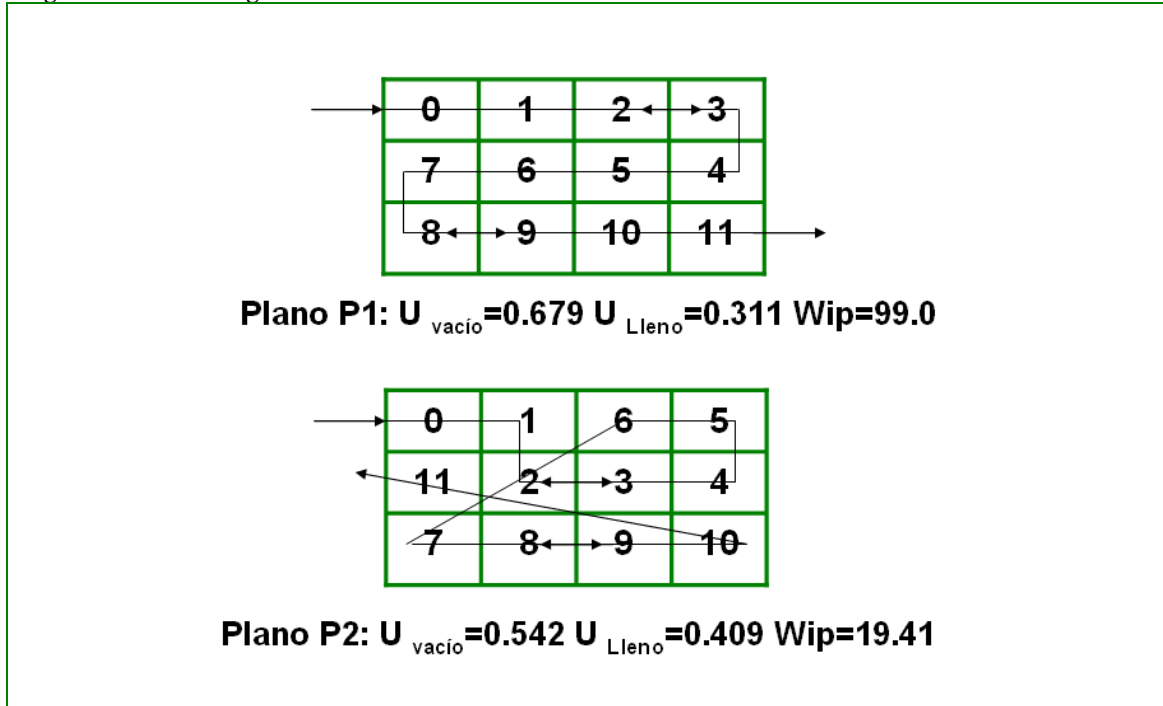
Para capturar el efecto del plano sobre las métricas de desempeño operacional, tales como tiempo de ciclo, WIP y tasa de Throughput, Benjaafar [12] modeló la instalación de manufactura como una red de colas con un servidor central y cada departamento de procesamiento como una cola multiservidor con distribución general de procesamiento de producto y tiempos de llegada.

El sistema de manejo de material opera como un servidor central moviendo material entre departamentos. Bejaafar [12] asume que el sistema de manejo de material consta de dispositivos discretos (por ejemplo robots, operadores humanos, y vehículos guiados automáticamente). Las distancias de los viajes por transporte de material están determinadas por la configuración del plano, las rutas de producto, y las demandas de producto. Para determinar la distribución del tiempo de viajes de los transportadores, se contabilizan los viajes tanto vacíos como llenos hechos por los dispositivos de transporte de material. Usando el modelo mostró que la configuración del plano tiene realmente un impacto directo en el diseño operacional, de una manera frecuentemente impredecible. Por ejemplo, la minimización completa del viaje puede causar que los viajes vacíos se incrementen, los cuales, de hecho pueden incrementar la congestión y los retrasos. Además, la colocación de departamentos en locaciones vecinas aunque no haya flujo de material directamente entre ellas puede reducir los viajes vacíos suficientemente para reducir el uso total del sistema de manejo de material.

Por ejemplo, el viaje vacío a y desde los departamentos que son mas visitados frecuentemente es el mas grande. Colocar esos departamentos juntos, aunque no haya flujo directo entre ellos podría significar reducir los viajes vacíos. Así mismo, colocar los departamentos con un flujo de intercambio de material alto apartado podría ser benéfico. Ver figura 17.



Figura 17. Planos Ágiles



Benjaafar [12] mostró que, en general, un criterio de diseño basado en las distancias de viaje promedio es un indicador pobre del desempeño operacional. De hecho, un plano que es óptimo con respecto al viaje completo podría ser operacionalmente infactible (produciría una acumulación infinita de WIP). A si mismo, 2 planos que son óptimos con respecto al viaje completo podrían tener valores muy diferentes de WIP. Las aproximaciones convencionales tienden a optimizar la distancia promedio viajada por el sistema de manejo de material, no considerando la varianza en estas distancias. La varianza en las distancias, sin embargo, determina cuanta congestión exhibe un plano. Aún más importante que eso, muestra que la congestión no es necesariamente uniforme en la distancia promedio viajada por el sistema de manejo de material.

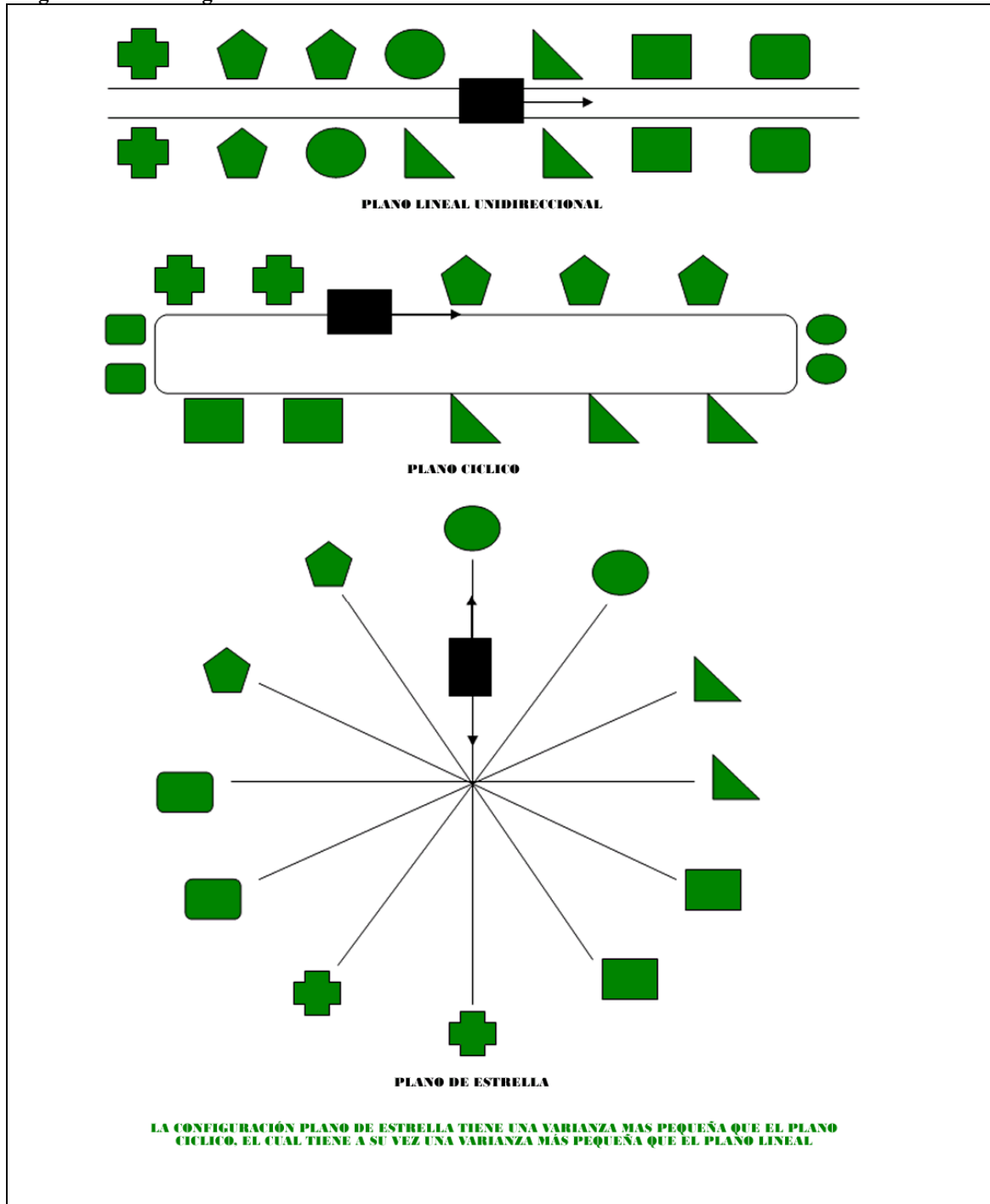
Un plano que reduce la distancia promedio, pero incrementa la varianza, podría incrementar la congestión total. A si mismo, un plano que reduce la varianza, aun si incrementa la distancia de viaje promedio, podría reducir la congestión. En la práctica la varianza del tiempo de viaje depende frecuentemente del sistema de manejo de material cuando el manejo de material es automatizado. Además, los diseñadores necesitan prestar especial atención a la configuración del manejo de material que minimice no solo recursos si no también la varianza de la distancias de viaje (Ver figura 18).



Como consecuencia de la importancia de estos efectos indirectos muchas compañías están diseñando planos que minimicen las asimetrías dimensionales y reduzcan el tiempo de viaje. Por ejemplo Volvo diseñó su planta Kalmar en Sweden como una colección de módulos de forma hexagonal con flujo de material dándose en líneas concéntricas en cada módulo [52]. Lucent está experimentando con planos en los cuales están localizados centralmente procesadores compartidos en departamentos funcionales y son de múltiples celdas dedicadas en la planta. Han sido implementados variaciones de planos de espina dorsal, con departamentos localizados a lo largo de un corredor común, en industrias catalogadas desde producción de aparatos electrónicos a ensamble de automóviles [53]. Las configuraciones de planos que minimizan asimetrías dimensionales y reducen el tiempo de viaje vacío también son encontradas en aplicaciones no manufactureras. Por ejemplo, planos de espina dorsal y estrella son configuraciones comunes en aeropuertos. Planos de espina y en forma T son también diseños populares para terminales de carga y cross – docking.



Figura 18. Plano Ágil





3.11 CONCLUSIONES IMPORTANTES DEL ESTADO DEL ARTE

Realizando un análisis final del estado del arte, es importante concluir y sintetizar algunos puntos relevantes.

17. Las propuestas tradicionales muestran una tendencia marcada hacia la generación de planos por bloques, de tipo proceso, evidenciado en el uso de una carta de relaciones o una tarjeta De-A, donde la duplicación de maquinas o procesos no es posible.
18. Las tendencias emergentes en la industria, identificadas a través de la realización de investigaciones serias en compañías de alto prestigio muestran una necesidad sentida hacia la generación de planos que sean más flexibles, de tal manera que puedan direccionar más fácilmente los cambios que se producen en los mercados.
19. A partir de los años noventas se vienen realizando propuestas de nuevos diseños de planos (modulares, distribuidos, ágiles y otros) que intentan direccionar las nuevas tendencias de la industria, generándose herramientas computacionales que apoyan la generación de los mismos. Sin embargo, estos planos se encuentran en proceso de validación a nivel internacional.
20. A través de la exploración de las diferentes fuentes bibliográficas, se logró evidenciar la relación tan estrecha que existe entre la Industria y el sector educativo, ya que propuestas que impactan en gran medida las finanzas de las compañías nacen en el seno de entidades educativas.



4. EL PROCESO DE DESARROLLO DEL SOFTWARE SHEPLAN

4.1 INCREMENTO 1 - DESARROLLO DEL MATERIAL MULTIMEDIA

4.1.1 Modelo de Requisitos

Descripción del sistema

Se pretende crear material multimedia que brinde al estudiante una herramienta de estudio de los temas definidos en el estado del arte del tema de distribución de plantas presentado en el capítulo anterior. El material generado debe contar con las siguientes características:

- o Debe estar organizado y estructurado de manera tal que sea fácil para el estudiante la interacción con el mismo.
- o Debe ser enriquecido con imágenes y animaciones que faciliten al estudiante los aprendizajes.
- o Los colores utilizados para el diseño deberán obedecer a los colores institucionales de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS, y deben ser colores agradables a la vista del estudiante.
- o Deberá contener enlaces a los documentos digitales originales utilizados como fuentes en este trabajo.
- o Deberá disponerse una sección en la cual se resuman las preguntas de investigación abiertas en el área de investigación de este trabajo.

4.1.2 Modelo de Diseño

Retomando los lineamientos planteados en el modelo de requisitos, se logró el siguiente diseño conceptual del curso de distribución de plantas:



Tabla 4. Diseño del curso de distribución de plantas

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS
SABER ESPECIFICO O DISCIPLINAR	DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS
DOCENTE	PIEDAD ARENAS DIAZ EDWIN GARAVITO HERNANDEZ
TEMATICA A DESARROLLAR	La temática a desarrollar en el curso está relacionada con las tendencias existentes en el proceso de generación de distribuciones de planta para fábricas.
JUSTIFICACIÓN	La generación de una “buena” distribución de planta juega un papel muy importante en el desempeño financiero de cualquier compañía, ya que intenta minimizar costos asociados a asuntos operativos y cotidianos como el transporte, que incide día a día en los estados financieros de las empresas.
OBJETIVOS GENERALES	Guiar al estudiante en el proceso de desarrollo de identificación de las tendencias existentes en cuanto arreglo y ordenamiento de instalaciones, estableciendo caracterizaciones para cada una de ellas, que le permita en un momento determinado tomar decisiones en cuanto a cual sería el mejor arreglo para una compañía específica.
COMPETENCIAS	<ul style="list-style-type: none">o Identificar los tipos de arreglos existentes para instalaciones.o Caracterizar los tipos de arreglos existentes para instalaciones.o Identificar los diferentes tipos de soluciones, computacionales y manuales que se han desarrollado para apoyar la generación de distribuciones de planta.o Caracterizar los diferentes tipos de soluciones, computacionales y manuales que se han



	<p>desarrollado para apoyar la generación de distribuciones de planta.</p> <ul style="list-style-type: none">o Utilizar herramientas computacionales para la generación de distribuciones de planta subóptimas.o Utilizar herramientas multimedia de apoyo al proceso de aprendizaje.
NUCLEOS TEMATICOS Y SUBTEMAS	<p>DISEÑO DE PLANTAS</p> <ul style="list-style-type: none">o Antecedenteso Descripción del problemao Tipos de Problemao Principios <p>DISEÑOS TRADICIONALES</p> <ul style="list-style-type: none">o Distribución por producto o línea de flujoo Distribución por producto o línea de flujo ramificadao Distribución por procesoo Distribución de posición fijao Distribución Celularo Distribución de maquinado centralo Distribución con patrón de flujo <p>TENDENCIAS INDUSTRIALES</p> <ul style="list-style-type: none">o Contratación de manufacturao Retardo en la diferenciación de productoso Manufactura multicanalo Maquinas escalableso Maquinas portables <p>DISEÑOS EMERGENTES</p> <ul style="list-style-type: none">o Planos Modulareso Planos Ágileso Planos Distribuidos <p>SOLUCIONES TRADICIONALES</p> <p>ASIGNACIÓN CUADRÁTICA</p> <p>SISTEMATIC LAYOUT PLANING</p>



	<ul style="list-style-type: none">o Diagramas de clases de diseñoo Definición de responsabilidades de claseso Modelado de datos <p>SOLUCIONES COMPUTACIONALES</p> <p>SOLUCIONES EMERGENTES</p> <p>PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN ABIERTOS</p> <p>DOCUMENTOS</p>
HERRAMIENTAS INFOVIRTUALES	Sheplan
BIBLIOGRAFIA	<ul style="list-style-type: none">o ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES, Chase Aquilano Jacobs.o INSTALACIONES DE MANUFACTURA, Dileep R. Sule.o DISTRIBUCIÓN EN PLANTA, Richard Muther.

4.1.3 Modelo de Implementación



Figura 19. Imagen del material multimedia para el tema de distribución de plantas.



Desde la página principal del estudiante, este puede escoger si entrar al curso de distribución de plantas o ir a la herramienta Slp – Tool. En esta pagina inicial, se presentan los datos generales del curso de distribución de plantas. Si escoge entrar al curso, se presentara la página que se muestra a continuación.



Esta es la página inicial del curso de distribución de plantas logrado. Al lado izquierdo se puede observar la estructura lograda, con los temas y subtemas de acuerdo al diseño planteado.

En la implementación se utilizaron colores verdes en diferentes tonalidades de acuerdo a los colores institucionales. El desarrollo fue logrado utilizando Html, y la suite de macromedia.



Algunas de las imágenes que se han adicionado al material son sensibles a los eventos de Mouse, al hacer clic sobre ellas se presenta una página alusiva al tema del enlace que pulsó.

4.2 INCREMENTO 2 - DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA SLP-TOOL

4.2.1 Modelo de Requisitos

Slp-Tool es una herramienta basada en Corelap [51] y Slp [23] que permitirá a los estudiantes y docentes de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS desarrollar diseños de bloques de planos sub-óptimos para distribuciones de fabricas por proceso partiendo de las primeras etapas del Slp[23], como son la definición del número de instalaciones, la descripción de cada una de las instalaciones y el establecimiento de las relaciones existentes entre cada una de las instalaciones.



Slp-Tool trabaja una heurística aditiva que contará con un algoritmo de selección y uno de colocación de instalaciones basado en el procedimiento Corelap. El algoritmo de selección permitirá establecer cual será la instalación a colocar en cada iteración y el algoritmo de colocación colocará esta instalación en la ubicación más adecuada en cada iteración, realizando tantas iteraciones como sean necesarias hasta que todas las instalaciones sean colocadas.

Para realizar el diseño de un plano con Slp-Tool, se inicia definiendo algunas características generales del proyecto a desarrollar, el tipo de relaciones asociadas, las cuales dependen del carácter de la organización o el criterio del diseñador, y las instalaciones o departamentos vinculados a tal proyecto. Una vez esta información se encuentra almacenada en el sistema, se procede a establecer las relaciones entre cada par de instalaciones, que serán diferentes para cada proyecto desarrollado por el usuario. Los tipos de relación son establecidas por el usuario del sistema de acuerdo a su conveniencia y deben ser cuantificables numéricamente. Se manejarán seis tipos de relaciones A, E, I, O, U, X cuya descripción debe ser establecida por el diseñador, sin embargo, la relación de tipo A será siempre la de mayor valor, definiendo cada una hasta llegar a la X que corresponde al tipo de relación de menor valor o valor no deseado.

Conociendo las instalaciones y las relaciones entre ellas, se procede a generar el plano de la fábrica ejecutando los algoritmos de selección y colocación de instalaciones.

El método de selección de Slp-Tool se basa en la definición de la Tasa de cercanía total – TCR - de cada departamento y en los tipos de relación que existan entre los departamentos. La tasa de cercanía total de define como la suma de los valores de las relaciones que tiene un departamento para con los demás vinculados al proyecto. Los siguientes pasos obedecen al método de selección [51]:

21. El primer departamento colocado en el diseño es el que tenga el mayor valor de TCR. Si existe un empate se debe escoger el que tenga mayor número de relaciones As.
22. Si un departamento tiene una relación X con el que fue colocado de primero, es colocado de últimas en el diseño. Si existe un empate debe escoger el que tenga el valor TCR más pequeño.
23. El segundo departamento es aquel que posea una relación A con el primero. Si existe un empate se debe escoger el que tenga mayor valor TCR.
24. Si un departamento tiene una relación X con el segundo es colocado próximo al último o de último en el diseño. Si existe un empate, se debe escoger uno con el menor valor TCR.
25. El tercer departamento es uno con una relación A con uno de los departamentos que han sido colocados. Si existe un empate, se escoge se escoge aquel que tenga mayor valor TCR.



26. El procedimiento continúa hasta que hayan sido colocados todos los departamentos.

El método de colocación de Slp-Tool seguirá los siguientes pasos [51]:

27. El primer departamento es colocado en la mitad.

28. La colocación de un departamento está determinada por la evaluación de todas las posibles localizaciones al rededor del diseño actual ordenadas en el sentido contrario de las manecillas del reloj comenzando por “el borde accidental”.

29. El próximo departamento es colocado basado en el valor WP más grande. Donde WP se calcula para cada una de las posibles localizaciones del departamento próximo a ser colocado y depende de las relaciones que posea este departamento con los ya colocados.

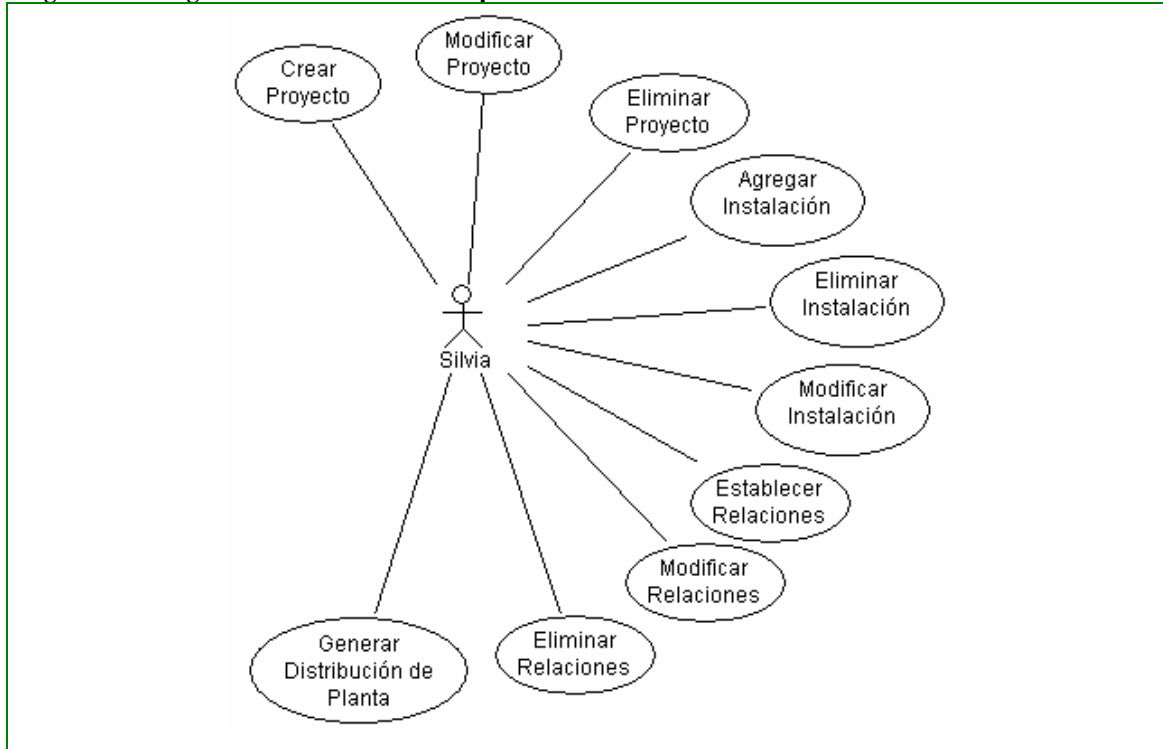
Ejecutados los algoritmos el sistema almacena el modelo generado por el usuario y muestra el plano de bloques generado.

Slp –Tool, cuenta con herramientas de administración de los diseños de los actores, que les permitirá guardar sus diseños, eliminarlos o modificarlos, haciendo uso de un repositorio de instalaciones que el mismo usuario irá armando a lo largo de su trabajo en el sistema y que podrá administrar fácilmente.

En la figura 20 se presenta el diagrama de casos de uso que resume la funcionalidad que debe ofrecer el software a sus usuarios estudiantes y en el anexo 2 podrá consultar la documentación de los casos de uso.



Figura 20. Diagrama de casos de uso – Slp-Tool



4.2.2 Modelo de Diseño

Slp-Tool es un sistema desarrollado bajo el paradigma orientado a objetos. La arquitectura de clases del sistema se ha desarrollado utilizando el patrón de desarrollo de aplicaciones MVC (Model – View - Controller). MVC o Model view Controller es un patrón de análisis y diseño aportado originariamente por el lenguaje SmallTalk a la Ingeniería del Software que divide las aplicaciones en tres partes, con responsabilidades diferentes cada una de ellas:

- o Vista. Corresponde a las interfaces que se presentan al usuario para el manejo de la información.
- o Modelo. Está representado por la información y la lógica del negocio, esas cosas descritas en el caso de uso que permanecen.
- o Controlador. Garantiza la ejecución correcta de la lógica del negocio. Representan procesos, actividades del sistema que pueden ser nombradas.



Slp –Tool define un controlador principal que es el encargado de delegar a las clases del modelo o de la vista la acción dependiendo de los eventos generados por el usuario, la tarea de este controlador es realizada por un Servlet. La vista la constituyen páginas Html o paginas activas de servidor JSP, y la lógica del negocio, es manejada por Java Beans.

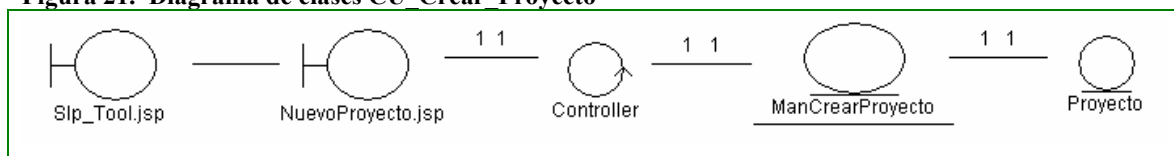
La arquitectura de clases del sistema se desarrolla en Sheplan por caso de uso, definiendo para cada uno las clases vista y modelo que sean necesarias. Por el tamaño de la aplicación es suficiente el manejo de una única clase controlador.

A continuación se describe el modelo de diseño caso de uso Crear Proyecto.

Caso de uso Crear Proyecto

Diagrama de clases

Figura 21. Diagrama de clases CU Crear Proyecto

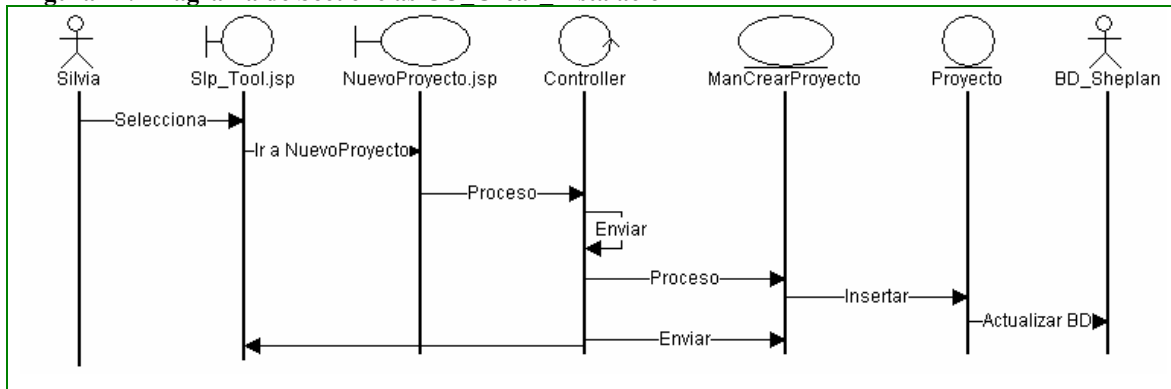


En este caso de uso participan 5 clases, una clase Vista Slp_Tool.jsp que modela la interfaz desde la cual el usuario escoge la opción de crear un nuevo proyecto, una clase Nuevo Proyecto que es aquella interfaz en la cual el usuario introduce los datos correspondientes al nuevo proyecto, la clase Proyecto de tipo modelo que es la encargada de gestionar la base de datos del sistema en cuanto a la información correspondiente a los proyectos, la clase ManCrearProyecto que usa a la clase Proyecto para realizar la operación específica de creación de un nuevo Proyecto, para finalizar, la clase Controller, que envía las solicitudes a quien corresponda de acuerdo a la lógica de la aplicación.



Diagrama de secuencias

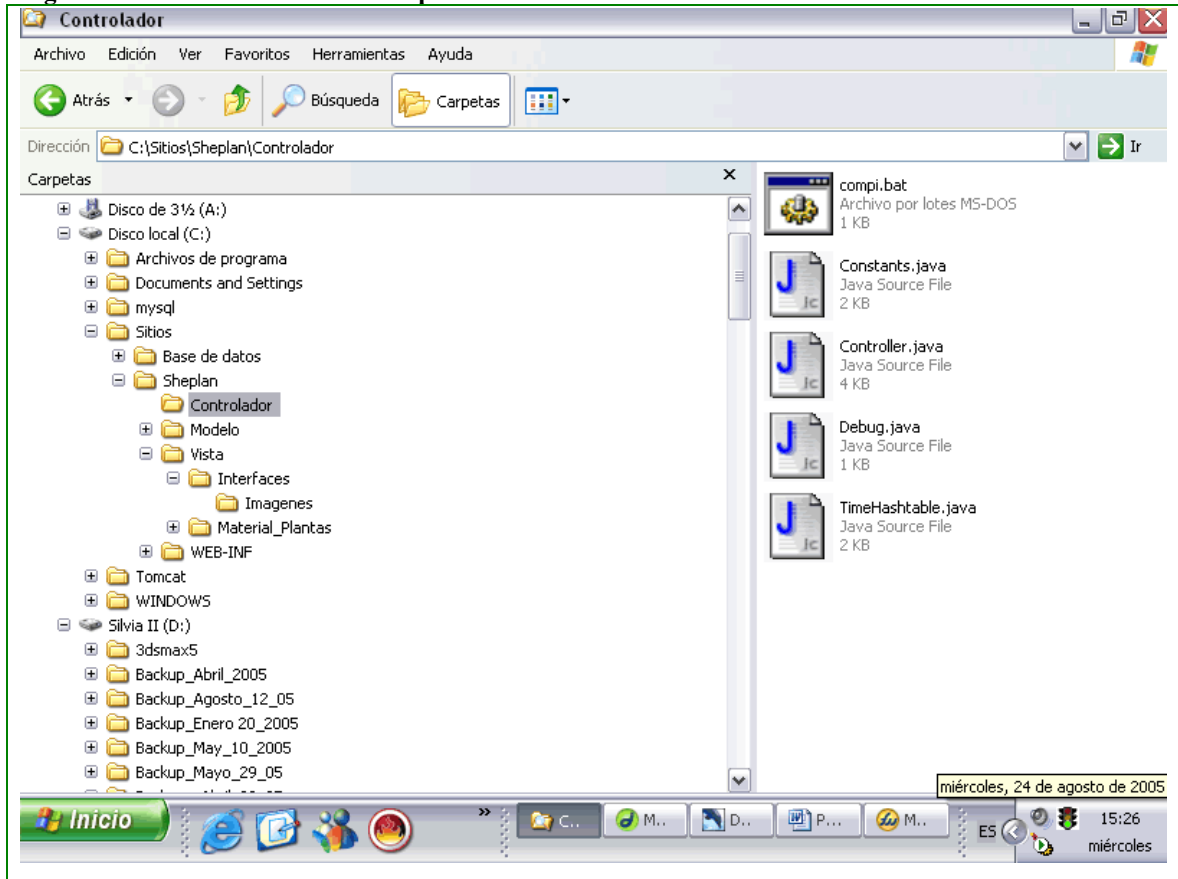
Figura 22. Diagrama de Secuencias CU_Crear_Instalación



La estructura de directorios generada para el sistema permite ver claramente el diseño de clases desarrollado, Ver Figura 23. Al interior de la carpeta denominada Sitios se puede observar la carpeta Sheplan, que contiene tres carpetas denominadas Modelo, Vista, Controlador. Dentro de la carpeta Vista se encuentran todas las paginas Jsp creadas para el sitio, que modelan la interfaz del usuario. Dentro de la carpeta Modelo se encuentran clases Java que modelan la lógica del negocio, es decir estas son las clases que permiten diferencias a Sheplan de cualquier otro sistema. Para finalizar dentro de la carpeta Controlador se encuentra la clase java Controller, que regula la actividad de toda la aplicación.



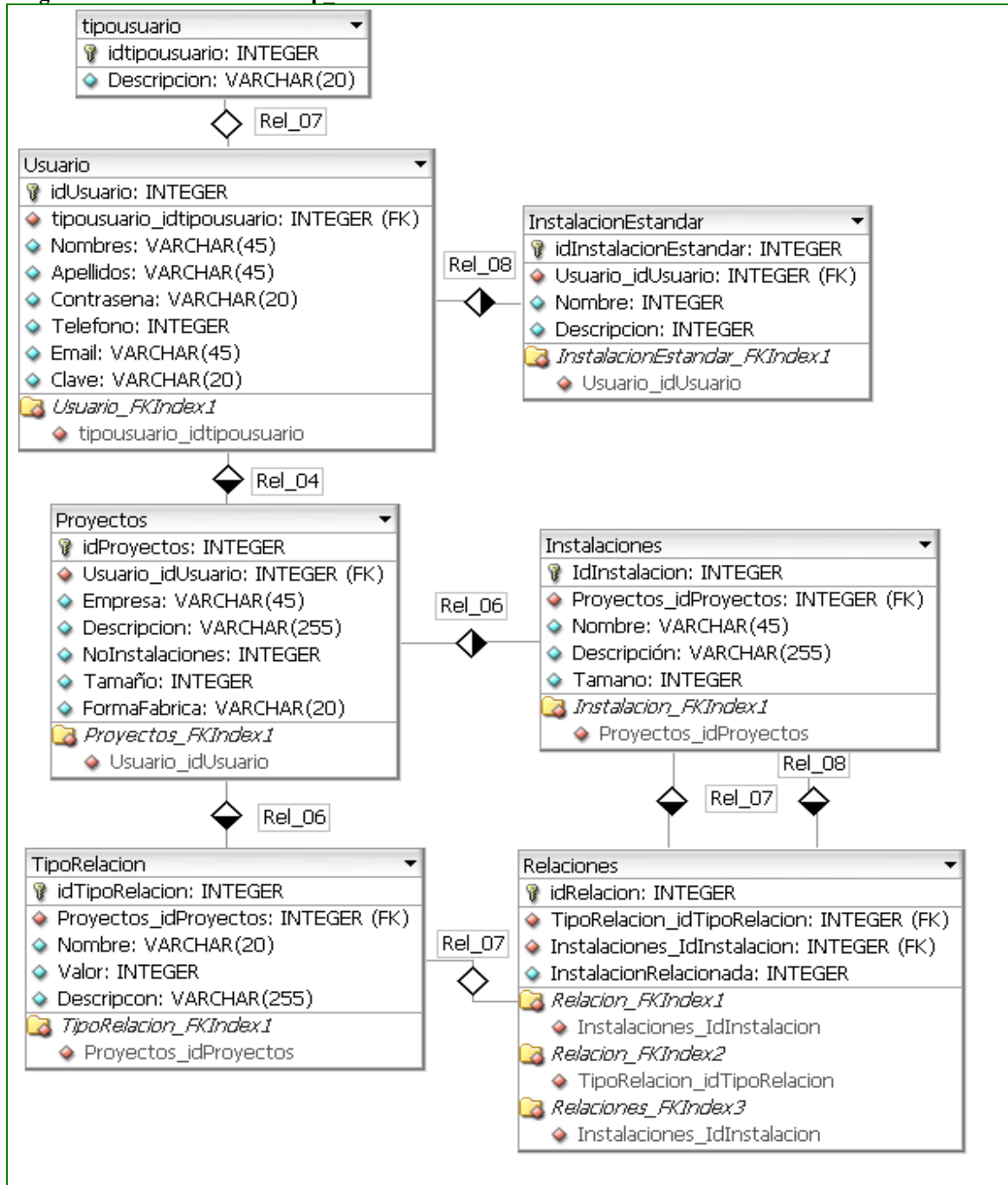
Figura 23. Estructura de clases Sheplan



En esta etapa se realizó el diseño de la base de datos de Slp, la cual se muestra en la figura 24.



Figura 24. Base de datos de Slp_Tool.



A continuación se realiza una descripción de cada una de las tablas vinculadas a la base de datos, así como de cada uno de los campos definidos para cada tabla.



Usuario:

La tabla usuario guarda la información básica del estudiante en el sistema, la cual puede ser requerida por el docente en un momento determinado y es usada por sistema para validar si el usuario está registrado.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
idUsuario	Código del Estudiante
Clave	La primera parte del código de entrada del Estudiante en el sistema.
Contraseña	La segunda parte del código de entrada del Estudiante en el sistema.
Nombres	Nombres del estudiante
Apellidos	Apellidos del estudiante
Email	Correo Electrónico del Estudiante
Teléfono	Numero del Teléfono fijo o móvil del Estudiante
Tipousuario	Es una clave foránea, identifica si el usuario es docente o estudiante.

Proyecto

La tabla proyectos permite guardar de manera general información sobre los proyectos de cada estudiante.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
idProyecto	Código de la Instalación
Empresa	Empresa a la cual se realiza el proyecto.
Descripción	Descripción general de la Empresa a la cual se realiza el proyecto.
NoInstalaciones	Numero de instalaciones o departamentos que posee la empresa a la cual se realiza el proyecto.
Tamaño	Metros cuadrados que mide la zona de ubicación de las instalaciones.
FormaFabrica	Forma de la Fábrica para la cual se realizará el plano.



Instalaciones

Indica que instalaciones están vinculadas a los proyectos.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
idProyecto_Instalacion	Código del registro
idInstalacion	Código de la Instalación
idProyecto	Código del Proyecto
Nombre	Nombres de la Instalación
Descripción	Descripción de las características generales de la instalación.
Tamaño	Tamaño de la instalación en metros cuadrados.

TipoRelacion

Define los parámetros de las relaciones entre las Instalaciones de un Proyecto.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
idTipoRelacion	Código del registro
Proyectos_idProyectos	Clave foránea de la tabla proyectos
Nombre	Nombre de la relación
Valor	Peso de la relación
Descripción	Características generales de la relación.

Relaciones

Guarda las relaciones existentes entre instalaciones de un proyecto.

CAMPO	DESCRIPCIÓN
idRelacion	Identificador de la relación.
TipoRelacion_idTipoRelacion	Identificador del tipo de relación.
Instalacion_idInstalacion	Instalación a relacionar origen.
Instalacion_idInstalacion_01	Instalación a relacionar destino.



4.2.3 Modelo de Implementación

A continuación se presentarán las pantallas creadas para direccionar cada caso de uso definido para la herramienta Slp-Tool.

<input checked="" type="checkbox"/>	PROYECTO	DESCRIPCION
<input type="checkbox"/>	COLANTA	Este proyecto inte crear una nueva planta para la productora de leche Colanta ...
<input type="checkbox"/>	ECOPETROL	Generación de planta de oleofinas en Cartagena...
<input type="checkbox"/>	HOSPITAL PSIQUIATRICO SAN CAMILO	Creación de una unidad de cuidados intensivos...
<input type="checkbox"/>	GNOSIS	Diseño de una unidad de diseño grafico para ...
<input type="checkbox"/>	OBM	Ampliación de planta, através de la creación de ...
<input type="checkbox"/>	UIS	Creación de un edificio para la escuela de idiomas...
<input type="checkbox"/>	UDI	Diseño de una planta para estudios metrológicos...

La página Slp_Tool.jsp permite a usuario la eliminación de un proyecto. El estudiante debe seleccionar el o los proyectos que serán eliminados y pulsar el botón Eliminar Proyecto. También en esta página, el estudiante podrá dirigirse a través del botón Crear proyecto a la página Nuevo proyecto que le brindara la posibilidad de desarrollar un nuevo proyecto.




Caso de uso Crear Proyecto

Documento sin título - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección http://localhost/Sheplan/Vista/Interfases/CopiaProyecto.jsp

 Sistema Hipermedia Educativo para la Enseñanza de Distribución de Planta

NUEVO PROYECTO

EMPRESA

DESCRIPCIÓN

TAMAÑO

FORMA DE LA FABRICA

PARAMETROS DE RELACIÓN

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR
A	Absolutamente necesario por flujo de material	125
E	Especialmente importante por flujo de material	25
I	Importante por flujo de material	5
O	Relación ordinaria por flujo de material	1
U	No importante por flujo de material	0
X	Relación no deseable por flujo de material	-125

Guardar

Listo Intranet local


Inicio Disco de 3... Macromed... DBDesign... Proyecto... Document... ES 14:24 miércoles

En esta Ventana llamada NuevoProyecto.jsp, el usuario puede a través del llenado de un formulario, crear un nuevo proyecto. La información que el usuario agregue en el formulario será almacenada en la base de datos, a través del llamado a una clase java para tal fin.



Caso de uso *Modificar Proyecto*

Documento sin título - Microsoft Internet Explorer
Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda
Dirección http://localhost/Sheplan/Vista/Interfaces/GestionarProyecto.jsp

 Sistema Hipermódulo Educativo para la Enseñanza de Distribución de Planta

Curso de Distribución Ir

DATOS GENERALES

IDENTIFICADOR	PR_GD_01
EMPRESA	ECOPEPETROL
DESCRIPCIÓN	Este proyecto inte crear una nueva planta para la productora de leche Colanta ...
TAMAÑO	20 Metros Cuadrados
FORMA DE LA FABRICA	Cuadrada

PARÁMETROS DE RELACIÓN

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR
A	Absolutamente necesario por flujo de material	125
E	Especialmente importante por flujo de material	25
I	Importante por flujo de material	5

Listo Intranet local
Inicio Disc... Mac... DB... Pro... Doc... Mac... Aud... ES 14:30 miércoles

Esta pagina denominada GestionarProyecto.jsp, permite al usuario modificar los datos que previamente ha almacenados en la base de datos sobre un proyecto determinado.



NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR
A	Absolutamente necesario por flujo de material	125
E	Especialmente importante por flujo de material	25
I	Importante por flujo de material	5
O	Relación ordinaria por flujo de material	1
U	No importante por flujo de material	0
X	Relación no deseable por flujo de material	-125

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<input type="checkbox"/> Cargue	En este lugar se carga la materia prima...
<input type="checkbox"/> Camara de Tratamiento	Tratamiento del derivado...

Luego que el usuario modifica la información podrá pulsar en el botón actualizar para que los cambios sean realizados en la base de datos.

En esta misma página, el usuario puede adicionar Instalaciones o departamentos al proyecto pulsando el botón Adicionar Instalación. También puede Borrar una instalación, o, si la información del proyecto esta completa, es decir, están las instalaciones definidas podrá establecer las relaciones entre instalaciones o generar la distribución para el proyecto que esta trabajando.



Agregar Instalación

The screenshot displays a web browser window with the address `http://localhost/Sheplan/Vista/Interfaces/GestionarProyecto.jsp`. The page content includes:

- A header section with the text "FORMA DE LA FABRICA" and a dropdown menu set to "Cuadrada".
- A table titled "PARAMETROS DE RELACIÓN" with columns "NOMBRE", "DESCRIPCIÓN", and "VALOR".
- A list of project installations under the heading "INSTALACIONES DEL PROYECTO".
- A modal window titled "Nueva Instalación" with fields for "NOMBRE", "DESCRIPCIÓN", and "TAMAÑO", and a "Guardar" button.
- A "GENERAR" section with buttons for "Distribucion" and "Relaciones".

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR
A	Absolutamente necesario por flujo de material	125
E	Especialmente importante por flujo de material	25
I	Importante por flujo de material	5
O	Relación ordinaria por flujo de material	
U	No importante por flujo de material	
X	Relación no deseable por flujo de material	

<input type="checkbox"/>	NOMBRE
<input type="checkbox"/>	Cargue
<input type="checkbox"/>	Canara de Tratamiento

En caso que el la página gestionar proyecto, el usuario pulse el botón Adicionar Instalación le aparecerá una ventana emergente denominada Nueva Instalación en la cual agregará los datos de la instalación a agregar finalizando con el botón aceptar.

Seleccionando la instalación el usuario podrá modificar los datos de una instalación previamente creada.



Eliminar Instalación

Documento sin título - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección <http://localhost/Sheplan/Vista/Interfaces/GestionarProyecto.jsp>

FORMA DE LA FABRICA Cuadrada

PARAMETROS DE RELACIÓN		
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VALOR
A	Absolutamente necesario por flujo de material	125
E	Especialmente importante por flujo de material	25
I	Importante por flujo de material	5
O	Relación ordinaria por flujo de material	1
U	No importante por flujo de material	0
X	Relación no deseable por flujo de material	-125

Actualizar

INSTALACIONES DEL PROYECTO	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<input type="checkbox"/> Cargue	En este lugar se carga la materia prima...
<input type="checkbox"/> Camara de Tratamiento	Tratamiento del derivado ...

Adicionar Instalación Borrar Instalación

GENERAR

Distribucion Relaciones

Intranet local

Inicio

Disco ... Macro ... DBDes ... Proye ... Macro ... Docum ...

ES 14:59 miércoles

Este caso de uso se realiza cuando el usuario pulsa el botón Borrar Instalación en la página GestionarProyecto.jsp, eliminándose la instalación del proyecto que esta gestionando el usuario.

En esta pagina el usuario también podrá ejecutar los casos de uso Establecer relaciones, Modificar Relaciones y/o Eliminar Relaciones pulsando en el botón Relaciones.




También podrá generar la distribución de plantas para el proyecto que se encuentra gestionando, si los datos se encuentran completos, caso en el cual aparecerá al usuario una pantalla como la que se muestra a continuación.



Curso de Distribución de Planta - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección <http://localhost/Sheplan/Vista/Interfases/Corelap.jsp>

Curso de Distribución de Planta

Distribución Colanta:

DEPT.	DEPARTAMENTO									RESUMEN						TCR	ORDEN				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	E	I	O	U	X						
1	-	A	A	E		O	U	U	A	O	3	1		0		2	2	0	402	5	
2	A	-	E	A		U	O	U	E	A	2		2		0	1	3	0	301	7	
3	A		E	-	E		A	U	U	E	A	3		3		0	0	2	0	450	4
4	E		A	E	-		E	O	A	E	U	2		4		0	1	1	0	351	6
5	U		O	A	E		-	A	A	O	A	4		1		0	2	1	0	527	2
6	U		O	U	O		A	-	A	O	O	2		0		0	4	2	0	254	8
7	U		U	U	A		A	A	-	X	A	4		0		0	0	3	1	625	1
8	A		E	E	E		O	O	X	-	X	1		3		0	2	0	2	452	9
9	O		U	A	U		A	O	A	X	-	3		0		0	2	2	1	502	3

Listo

Inicio

Mo... Mac... DB... Pro... Mac... UM... Cur...

miércoles, 24 de agosto de 2005

ES 16:24 miércoles



Curso de Distribución de Planta - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección <http://localhost/Sheplan/Vista/Interfaces/Corelap.jsp> Ir

62.5	125	62.5	
125	7	125	
62.5	125	62.5	

62.5	187.5	187.5	62.5
125	5	7	125
62.5	125	62.5	62.5

62.5	125	62.5	0
187.5	5	7	0
187.5	9	187.5	0
62.5	125	62.5	0

62.5	125.5	63.5	1	0
125	3	5	7	0
62.5	126.5	9	1.5	0
0	0.5	1	0.5	0

Lista Intranet local

Inicio

Mo... Mac... DB... Pro... Mac... UM... Cur...

ES 16:25 miércoles



0 0 62.5 125 188 62.5
0.5 1 3 5 7 125
1 2 1 9 4 63.5
0.5 1 1 1.5 1.5 0.5

0 0 0 0.5 1 0.5
0 12.5 25.5 - 60.5 6 - 61.5
12.5 112.5 3 5 7 -112
25 2 1 9 4 - 37.5
12.5 87.5 75 - 62.5 - 37.5 12.5

6
8 3 5 7
2 1 9 4

Universidad Industrial de Santander - Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Carrera 27, Calle 9 Bucaramanga Santander
Teléfono 6344000

miércoles, 24 de agosto de 2005 16:27

4.3 INCREMENTO 3 - DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA SHEPLAN

4.3.1 Modelo requisitos

Para finalizar la etapa de desarrollo fue necesario integrar la herramienta Slp_Tool y el material digital generado en este proyecto dentro de una aplicación denominada Sheplan que permitiera básicamente realizar la validación de los usuarios que entran al sistema.



4.3.2 Modelo de diseño

Este requisito fue diseccionado a través de la generación de una página de validación de los usuarios en el sistema, en la cual el usuario introduce su clave y su contraseña y el sistema por medio de la clase Manuario.class valida si el usuario se encuentra registrado en la base de datos de Sheplan.

4.3.3 Modelo de Implementación.

Página Index.htm, donde se realiza la validación del usuario que desea ingresar al sistema.



NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECANICAS
DOCENTE	PIEDAD ARENAS DIAZ
TEMATICA A DESARROLLAR	La temática a desarrollar en el curso esta relacionada con las tendencias existentes en el proceso de generación de distribuciones de planta para fábricas.
JUSTIFICACIÓN	La generación de una "buena" distribución de planta juega un papel muy importante en el desempeño financiero de cualquier compañía, ya que intenta minimizar costos asociados a asuntos operativos y cotidianos como el transporte, que incide día a día en los estados financieros de las empresas.
OBJETIVOS GENERALES	Guiar al estudiante en el proceso de desarrollo de identificación de las tendencias existentes en cuanto arreglo y ordenamiento de instalaciones, estableciendo caracterizaciones para cada una de ellas, que le permita en un momento determinado tomar decisiones en cuanto a cual sería el mejor arreglo para una compañía específica. <ul style="list-style-type: none">■ Identificar los tipos de arreglos existentes para instalaciones.■ Caracterizar los tipos de arreglos existentes para instalaciones.■ Identificar los diferentes tipos de soluciones. computacionales v manuales que se han

Página Inicio_Aprendiz.jsp, desde la cual el estudiante puede escoger si dirigirse al curso de distribución de plantas o a la herramienta Slp_Tool.



5.

6. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

El desarrollo de este trabajo de grado abre un espacio de reflexión acerca del problema de distribución de plantas a partir de las siguientes conclusiones:

30. El tema de distribución de plantas es un área de investigación reconocida a nivel internacional, cuyo desarrollo ha sido jalonado por una estrecha relación lograda por el sector industrial y el sector educativo.
31. La introducción de los avances logrados en las ciencias de la computación han potenciado el desarrollo de propuestas que apoyadas en nuevas tecnologías brindan alternativas validas que direccionan el problema de diseño de instalaciones.
32. La gran capacidad de cómputo que brindan las soluciones computacionales disminuyen la cantidad de tiempo necesario para obtener buenas soluciones de distribución.
33. Las soluciones computacionales tradicionales por lo general generan planos en bloques, utilizando como entrada cartas de relación y/o cartas De-A, y basados habitualmente en el Slp, lo que supone también la tendencia a la generación de planos por proceso.
34. Tendencias emergentes en la industria han motivado la creación de nuevas propuestas de planos que se adecuen más fácilmente al mercado cambiante en el cual están inmersas las compañías actuales.
35. Sheplan se plantea como una aproximación académica, que brinda al estudiante de ingeniería industrial de la Uis a tener una aproximación valida en el área de distribución de plantas.
36. El desarrollo orientado a objetos enriquecido con el uso del lenguaje unificado de modelado brinda una manera organizada y clara para desarrollar aplicaciones para la web.
37. La siguiente tabla resume los productos generados en este proyecto:

OBJ	PRODUCTO
1	Documento Word Estado_Arte_Distribucion.doc
2	Libro Digital Sheplan "Sistema Hipermedia Educativo para la Enseñanza de Distribución de Plantas"
3	Slp – Tool, software para Internet que genera soluciones de distribución de planta suboptimas.



OBJ	PRODUCTO
4	Aplicación Web para el curso de Distribución de plantas, que incluye los manuales de instalación y usuario.



7. TRABAJOS FUTUROS

A partir de este trabajo de grado se plantea el desarrollo de los siguientes trabajos de investigación:

1. Análisis del desempeño del algoritmo generado en este proyecto para la generación de planos subóptimos.
2. Generación de heurísticas para la generación de planos que sean comparables con la generada en este proyecto.
3. Estudio detallado de los nuevos tipos de planos propuestos por el consorcio Next Generation Factory Layout.
4. Generación de métodos para la generación de los nuevos tipos de planos propuestos.
5. Aplicación de técnicas computacionales de generación de planos en proyectos para industrias locales.



8. BIBLIOGRAFIA

- [1] AFENTAKIS, P, R. A MILLEN, M.M SALOMON. Dynamic layout strategies for flexible manufacturing systems. Internal J. Production. 311-323. 1990.
- [2] ASKIN, R. G. An empirical evaluation of holonic and fractal layouts. Internal J. Production. 961-978. 1999.
- [3] _____, N. H. LUNDGREN, F. CIARALLO. A material flow based evaluation of layout alternatives for agile manufacturing. Progress in Material Handling Research. Braun-Brumfield, Ann Arbor, M1, 71-90. 1997.
- [4] ASSEMBLY MAGAZINE (Online edition). Flexible workstations cut work in process. 1995.
- [5] _____. Norstart custom telephones rely on flexible conveyors systems. May issue. 2002.
- [6] BALAKRISHNAN. The dynamics of plant layout. Management Sci. 654-655. 1993.
- [7] _____, C.H CHENG. Dynamic layout algorithms: A state of the art survey. Omega. 507-521. 1998.
- [8] _____, F.R JACOBS, M.A VENKATARAMANAN. Solutions for the constrained dynamic facility layout problem. Eur. J. Oper. Res. 280-286.
- [9] BENJAFAR, SAIF, HERAGU SUNDERESH, IRANI, SHAHRUKH. Next Generation Factory Layouts: Research, Challenges and Recent Progress. Interfaces. Nov-Dic 2002. Pag 58.
- [10] _____, Machina sharing in cellular manufacturing systems. Planning, Design, and Análisis of Celular Manufacturing Systems. Elsevier Science B.V. Amsterdam. The Netherlands. 1995



[11] _____, Flexible factory layouts. Progress in Material Handling Research. Material Handling Institute, Charlotte, NC. 2000.

[12] _____, Design of plant layouts with queueing effects. Management Sci. 679-704. 2002.

[13] _____, M.S Zanoni, L. Zavanella. Layout design in dynamic environments, Strategies and quantitative indices. Internat. J. Production. 2002.

[14] BRUSILOVSKY, P, Schwarz, E., and Weber, G. ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web. Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS-96, Montreal, 1996.

[15] CARVER, CURTIS A, HOWARD, R. A., AND LANE, W. D. Addressing Different Learning Styles Thorough Course Hypermedia. Department of Computer Science, Texas A&M University, College Station, USA.

[16] CHASE, AQUILANO JACOBS. Administración de producción y operaciones. McGraw- Hill. Capitulo 10-11.

[17] CHAVERO BLANCO, JOSÉ CARLOS. Hipermedia en Educación: El modo escritor como catalizador del proceso enseñanza-aprendizaje en la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Tesis Doctoral.

[18] DROLET, J. R. Scheduling virtual cellular manufacturing systems. Ph. D dissertation, School of Industrial Engineering, Purdue University, West Lafayette. 1989.

[19] DUTTA K. N. AND SAHU. S. A multigoal heuristic for facilities design problem: Mughal. *International Journal of Production Research*, 20: 147 - 154, 1982.

[20] ENGARDIO, P. Souping up the supply chain. Bus. 110-112. 1998.



- [21] FEARE, T. Less automation means more productivity at Sun Microsystems. *Modern Materials Handling*. 22-25. 1997.
- [22] FEITZINGER, E. H. LEE. Mass customization at Hewlett Packard: the power of postponement. *Harvard Bus.* 116-121. 1997.
- [23] GILBERT, JAMES P, Construction Office Design with Systematic Layout Planning. 2nd World Conference on POM, 15th Annual POM Conference. Cancun, Mexico. 2004.
- [24] GÓMEZ, A. FERNANDEZ Q.I, DE LA FUENTE, GARCIA D, GARCIA P.J. Using genetic algorithms to resolve layout problems in facilities where there are aisles. *International journal of production economics*. 2002. Pag 271-282.
- [25] GIBSON, P. The asset paradox. *Electronic Bus. Magazine* 26 (4). 120-126. 2000.
- [26] GUPTA, D. S. BENJAAFAR. Make – to – order, make - to – stock, or delay product differentiation: A common framework for modeling and analysis. Working paper. University of Minnesota. 2002.
- [27] HUANG, HENG, IRANI SHAHRUKH. Facility Layout using Layout Modules. Ohio State University. 2003.
- [28] IKEGAYA, A. Highly productive and reconfigurable manufacturing systems. Technical project report, Intelligent Manufacturing Systems Initiative. 2000.
- [29] KADO, KAZUHIRO. An Investigation of Genetic Algorithms for facility Layout problems. University of Edinburgh. 1995. Tesis Doctoral.
- [30] KLOTE, J. F, R.D MELLER. The design of a distribution center with value added operations. Working paper. Virginia Polytechnic Institute. Blacksburg. 2000.
- [31] KOREN, Y, F. JOVANE, T. MORIWAKI, G. PRISTCHOW, G. ULISOY, H.V BRUSEL. Reconfigurable manufacturing systems. *Anu. CIRP*. 527-539.



[32] KUSIAK, A. AND HERAGU.S. S. The facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 29:229-251. 1987.

[33] LAHMAR, M. S. BENJAAFAR. Design of dynamic distributed layouts. Working paper, Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota. 2002.

[34] LEE, H, C.S. TANG. Modeling the cost and benefits of delayed product differentiation. *Management Sci.* 40-53.1997.

[35] MACHALE, T. Special report, The top 100 contract manufactures. *Electronic Bus. Magazine* (August). 1999.

[36] MELLER, R. K.Y.GAU. The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives. *J. Manufacturing Systems*. 351-366. 1996a.

[37] _____. Facility layout objective functions and robust layout. *Internal J. Production*. 1996b.

[38] MONTREUIL B. AND VENKATADRI. U. Strategic interpolative design of dynamic manufacturing systems layout. *Management, Science*, 37(6):682-694, 1991.

[39] MORH, JEFF, WILLETT MIKE. Simplified Systematic Plant Layout. Iowa State University, Center for Industrial Research and Service. 1999.

[40] MUTHER, RICHARD. Distribución en Planta. Editorial Hispano Europea S.A. 1981.

[41] PRESSMAN, ROGER. Ingeniería del Software: Un enfoque practico, Quinta edición, McGraw- Hill, 2001.



- [42] ROSATI, P. A Study of the Relationship Between Students' Learning Style and Instructor's Lecture Style. *IEEE transactions on education*, VOL 31 No 3, 1988.
- [43] ROSATI, P. Comparisons of Learning Preference in an Engineering Program. *FIE'96 Proceedings*, 1996.
- [44] ROSATI, P. Specific Differences and Similarities in the Learning Preferences of Engineering Students. 29th *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Puerto Rico, 1999.
- [45] ROSENBLATT. M. J. The facilities layout, problem: A multigoal approach. *International Journal of Production Research*, 17:323-332, 1979.
- [46] ROSENBLATT. M. J. The dynamics of plant layout. *Management Science*, 32:76-86, 1986.
- [47] SAHNI S. AND GONZALEZ. T. P-complete approximation problem. *Journal of ACM*, 23:555-565, 1976.
- [48] SALAS ÁLVAREZ, DANIEL JOSÉ. Modelo de ciclo de vida de desarrollo de sistemas hipermedia educativa en conformidad con el estándar Iso-Spice. Universidad Industrial de Santander. 2001.
- [49] SONILAH. A. Simulated annealing for manufacturing systems layout design. Technical Report INRIA Reports No. 1909, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), 1993.
- [50] STEADMAN. P. Architecture - spatial layout. In J. Rooney and P. Steadman, editors, *Principles of Computer-aided Design*, chapter 13, pages 245-262. Pitman, 1987.
- [51] SULE, DILEEP R. Instalaciones de manufactura, Ubicación, planeación y diseño. Louisiana Tech University. Editorial Thomson – Learning, 2001, Capitulo 11 - 12 -13.



[52] TOMPKINS, J.A. Modularity and flexibility: Dealing with future shock in facilities designs. *Indust. Engrg.* 78-81. 1980.

[53] _____. J.A WHITE, Y.A BOZER, E.H.FRAZELLE, J.M.A TANCHOCO, J. TREVINO. *Facilities planning*. 2nd ed. John Wiley. New York. 1996.

[54] URBAN. T. L. Computational performance and efficiency of lowerbound procedures for the dynamic facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 57:271-279, 1992.

[55] VENKATADRI, U, R. RARDIN, B.MONTREUIL. A design methodology for the fractal layout organization. *IIE Trans.* 911-924. 1997.

[56] WEITZENFELD, ALFREDO. *Ingeniería del Software Orientada a Objetos, Teoría y Práctica con UML y JAVA*. ITAM, Departamento Académico, División Académica de Ingeniería, 2001, Capítulo 2.

[57] WEISS, S. & SMITH, J. An Overview old Hypertext. Citado en Balasubramanian, 1994.

[58] WHEATLEY, J. Super factory or super headache. *Bus.* 31,66. 2000.



9. ANEXOS

ANEXO 1 - HERRAMIENTAS SOFTWARE

Corelap

Computerized Relationship Layout Planning (Lee y Moore, 1967) es una alternativa tipo construcción, que usa una tabla de relaciones y trata de lograr una distribución cuyo objetivo sea lograr máximas adyacencias entre departamentos. En su método de selección a cada elemento de la tabla de relaciones se le asigna un valor numérico y se ordenan los departamentos en forma no creciente, de acuerdo a la suma de sus relaciones entre si o tasa de adyacencia total. Se selecciona el primer departamento de la lista para entrar a la distribución. Los departamentos siguientes se seleccionan determinando cual de ellos tiene la relación más intensa con uno de los seleccionados antes, comenzando con el primero que se seleccionó. El algoritmo de colocación, coloca el primer departamento seleccionado en medio de la distribución y los demás crecen a su alrededor, de acuerdo a los niveles de las relaciones que existan entre ellos [51].

Craft

Computerized Relative Allocation of Facilities Technique. Es un software tipo mejoramiento, que partiendo de un plano por bloques para intercambiando los lugares de los departamentos que tengan bordes comunes o áreas iguales, encontrar mejores soluciones [51].

Visfactory

Fue creado por Engineering Animation, Inc. (EAI), una compañía de inteligencia artificial y desarrollado para correr en AutoCad versión 14, usando el nuevo ambiente de diseño orientado a objetos AutoCad ARX. Adiciona nuevas clases de objetos a AutoCad que permiten crear y editar primitivas geométricas de fábricas arrastrando y soltando los objetos. VisFactory incluye primitivas tales como perchas, grúas, portadores, armarios, bancos de trabajo, barandales, pretilas, cercados, y entresuelos, y son usados



para crear rápidamente modelos 3D de fábricas altamente exactos e inteligentes rápidamente que incluyen conexiones lógicas de equipo y datos que van más allá de los generados por cualquier tecnología actual.

Los objetos de la fábrica inteligente de Visfactory posibilitan a los usuarios a arrastrarlos sobre la pantalla de diseño y unirlos para crear sistemas de producción conectados inteligentemente. Cada objeto se muestra en dos o tres dimensiones, dependiendo del ángulo de vista de la instalación mostrada en AutoCad.

Cada objeto de la fábrica es una instancia en AutoCad de un ítem en la librería de objetos de VisFactory. Son almacenados en archivos de dibujo de AutoCad y archivos DXF.

VisFactory consta de los siguientes subpaquetes:

FactoryPLAN

FactoryPLAN es un componente de EAI's VisFactory que fue desarrollado por David Sly un ingeniero industrial del estado de Iowa. Corre sobre planos con AutoCAD y ayuda a manejar el proceso de reorganización de las áreas dentro de diseños alternativos para evaluarlos.

En FactoryPLAN las entradas del usuario al sistema son:

6. Los centros de trabajo
7. Los metros cuadrados, largo y ancho de cada departamento.
8. Las relaciones y descripciones.

El software luego de la entrada de datos guía al usuario a través de un proceso que se aproxima a los pasos 3 y 4 de SSLP y muestra una representación visual de las relaciones para cada diseño alternativo creado. Luego desarrolla los cálculos para la evaluación del paso 5 y presenta los resultados finales para cada diseño de bloque alternativo.

FactoryCAD

Construir modelos de fabricas 2D y 3D inteligentes con objetos de fabrica.

FactoryPLAN/OPT

Diseñar planos de pesos óptimos

FactoryFLOW

Analizar, comparar y mejorar planos con respecto al flujo de material.



FactoryVIEW

Ver modelo 3D y crear modelos de simulación dinámicos.

FAST:

Una aproximación para la simplificación del flujo de material en una instalación antes del diseño de su plano.



El plano de una instalación es diseñado usando la red de flujo de material que resulta de la mezcla y volúmenes de productos. Históricamente, los planeadores de instalaciones han aceptado la red de flujo de material y han diseñado el mejor plano que se adapte a esta red. Sin embargo, esta aproximación tradicional pasa por alto oportunidades de simplificación del diseño y soportar aspectos tales como el manejo de material, la planificación de la operación y el control de la producción.

La evaluación y simplificación de la red de flujo de material en una instalación antes de entender el diseño del plano puede lograrse usando el conjunto de herramientas para análisis y simplificación del flujo de producción (PFAST).

PFAST es una librería experimental de programas para agrupamiento de maquinas, formación de familia de partes, diseño de planos para almacenes y de celdas que esta siendo desarrollado en la Universidad del estado de Ohio (Daita, Irani & Kotamraju; Irani & Zhou). Extiende el marco de trabajo clásico del análisis de flujo de producción para el análisis de flujo en cualquier nivel de resolución en una instalación. Ejemplos de niveles de resolución son: entre edificios, entre maquinas en una celda de manufactura, entre locaciones alrededor de un centro de maquinado, etc.



PROMODEL

Promodel es un software de simulación de eventos discretos usados para evaluar, planear o diseñar manufactura, almacenamiento, logística, manejo de materiales y otras situaciones operativas y estratégicas.

Piense en una instalación como un conjunto de recursos que deben funcionar juntos de una manera efectiva con respecto al costo. Cada persona y pieza de equipo esta relacionado con cada una de las otras, ya sea por conveniencia o por coincidencia. El conjunto define como trabaja la instalación. Promodel permite que usted desensamble toda la fábrica o parte de ella y reconfigure las piezas para encontrar mejores maneras de que el sistema funcione correctamente, le permite ver nuevas configuraciones que podrían trabajar mejor o algunas que fallen, con tiempos de simulación dados en semanas, meses o años.

Con Promodel puedes simular Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Prácticamente, cualquier sistema. Una vez hecho el modelo, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros claves del modelo. Algunos ejemplos incluyen determinar la mejor combinación de factores para maximizar producción minimizando costo, minimizar el número de camiones elementos para el manejo de material sin poner en riesgo el servicio, etc. Visitar <http://www.promodel.com>.

ARENA

Las organizaciones a través del mundo están adoptando rápidamente procesos de modelado y simulación como una parte integral de sus decisiones de negocio y continuamente mejoran las alternativas. Debido a la gran aceptación de la simulación, la demanda de los consumidores se orienta a herramientas que soporten una amplia gama de aplicaciones, que se ajusten a diferentes necesidades a través del ciclo de vida de un proyecto, y que se puedan integrar a sistemas de bases de datos y modelado corporativo.

La familia de productos **Arena**[®] es la forma como Software Rockwell direccional estas necesidades.

NOMBRE DEL PRODUCTO	TIPO DE PRODUCTO	DOMINIO DE APLICACIÓN
Básico	Introdutorio	Servicio al cliente, procesos de negocio internos tales como cumplimiento, servicio o flujos de manufactura



NOMBRE DEL PRODUCTO	TIPO DE PRODUCTO	DOMINIO DE APLICACIÓN
		sencillos.
Profesional	Plataforma de desarrollo	Proyectos a gran escala, complejos, que involucran cambios sensitivos altos relacionados con la cadena de suministros, procesos de manufactura, logística, distribución, almacenaje, y sistemas de servicios. Capacidad de creación de plantillas personalizadas para desarrollo de modelos complejos, de lógica repetitiva con el propósito de reducir y simplificar el tiempo de desarrollo del modelo.
Empresarial	Paquete de producto	Oferta de productos para la organización, con los cuales podría enfrentar un rango amplio de problemas de modelado.
Analizador de fabrica	Aplicación	Problemas de diseño de línea de empaquetado estratégico y líneas operativas tales como invertir en nuevas maquinas, diseñar lógica de sensores, y operaciones de transportadores, así como operaciones de manufactura para producción de altos volúmenes de sistemas continuos o discretos combinados.
Centro de Contacto	Aplicación	Desarrollo de estrategias orientadas al cliente como mantener contactos electrónicos, un centro de llamadas virtuales, rutas basadas en habilidades y modelos de personal.
Empaquetamiento		Problemas de diseño de línea de empaquetado estratégico y líneas operativas tales como invertir en nuevas maquinas, diseñar lógica de sensores, y operaciones de transportadores.
Arena 3D Player	Animación 3D	Crear y ver animaciones en 3D de modelos Arena.
OptQuest para Arena	Herramienta de optimización	Herramienta de optimización personalizada y puesta a punto para analizar los resultados de simulaciones corridas en Arena.



NOMBRE DEL PRODUCTO	TIPO DE PRODUCTO	DOMINIO DE APLICACIÓN
Run Time	Player de simulación	Distribuye modelos de arena a otros para que sean vistos y se experimente con ellos.

FLEXSIM

Es una aplicación de simulación para PCs usado por las compañías para modelar, simular, y visualizar sus sistemas y procesos. Permite virtualmente modelar manufactura, manejo de material, logística, administración o cualquier tipo de procesos. Flexsim permite:

- o Determinar la capacidad de la planta
- o Balacear líneas de manufactura
- o Manejar cuellos de botella
- o Solucionar problemas de inventario y WIP
- o Evaluar nuevas practicas de programación
- o Optimizar tasas de producción
- o Justificar gastos de capital

Algunos ejemplos de la capacidad de Flexsim

- o Modelar operaciones de minería. Permitiendo conocer cuanto tiempo podría tomar remover el material de la zona de explotación, cuantos camiones se podrían necesitar o cuanto tiempo podría tomar reparar un camión.
- o Puede modelar cualquier operación de almacenamiento, sin importar el tamaño, y visualizándola a través de animaciones de realidad virtual, evaluando su sistema de manejo de material para asegurar que puede encontrar sus objetivos y las demandas del cliente.
- o Apoya la solución de problemas de manufactura, visualizándolos a través de simulación. Análisis de Throughput, personal, reconocimiento de cuellos de botella, utilización de maquinaria, análisis de WIP y programación.
- o Simular que se podría hacer para reducir el tráfico durante horas de congestión, asegurando que el nuevo algoritmo de tráfico sea más efectivo.
- o Simular llegada, cargue y descargue de contenedores, conociendo el estado de los contenedores. Modelar transporte, organización.



- o Permite al usuario desarrollar presentaciones en 3D, gráficos y cartas 3D y diapositivas de datos, todo en solo un modelo.

Visitar: www.flexsim.com.

EASYABC

EasyABC Plus es una ponderosa herramienta de modelado de costos ABC, que permite cargar datos y estructuras posibilitando definir el flujo de los recursos de la organización a través de actividades en los objetos que usted necesita costear (productos, servicios, canales, clientes).

Visitar: <http://www.abctech.com>.

GAMS

El Sistema de Modelado Algebraico (GAMS) es un sistema de modelado de alto nivel para programación y optimización matemática. Consta de un lenguaje compilador y Solvers con un gran desempeño y estabilidad. Se ajusta a aplicaciones de modelado complejo y a gran escala y permite construir modelos grandes y mantenibles que pueden ser adaptados rápidamente a nuevas situaciones.

Gams ha incorporado ideas de los sistemas de bases de datos relacionales y de la programación matemática y ha intentado utilizar estas ideas para solucionar las necesidades de modeladores de estrategias. La teoría de bases de datos brinda un marco de trabajo estructurado para la organización de datos general y las capacidades de transformación. La programación matemática provee una manera de describir un problema y una variedad de métodos para resolverlo. A continuación se presenta un conjunto de principios usados para diseñar Gams:

- o Debería estar disponible todo método algorítmico existente sin cambiar la representación del modelo. Debería ser posible introducir nuevos métodos o nuevas implementaciones de métodos existentes, sin que se deban hacer cambios en los modelos existentes.
- o Los problemas de optimización deberían poderse expresar independientemente de los datos que usen. Esta separación de los datos y la lógica permitiría a un problema crecer sin hacer más compleja la representación.

Visitar: <http://www.gams.com>.



LINGO

Lingo es una herramienta fácil de entender diseñada para construir y solucionar modelos de optimización lineal, no lineal y entera más rápida, fácil y eficientemente. Provee un paquete integrado completamente que incluye un lenguaje poderoso para expresar modelos de optimización, un ambiente completamente caracterizado para construir y editar problemas y un conjunto de solvers.

- o Linear Solvers
 - o Primal and Dual Simplex Solvers
 - o Barrier Solver
- o Integer Solver
- o Nonlinear Solvers
 - o General Nonlinear Solver
 - o Global Solver
 - o Multistart Solver
- o Quadratic Solver
- o Preprocessing
- o Linearization
- o

MATFLO

Matflo es un componente desarrollado por la empresa DAI, que incluye:

- o Sistema de manejo de almacén.
- o Sistema de control de almacén
- o Ejecución de cadena de suministro

CPLEX

Soluciona problemas lineales usando algoritmos Simples robustos, Simples Primario, Simplex Dual y Simples de redes. Las opciones disponibles con el sistema base incluyen:

- o Opciones de llamado a librerías



Las instalaciones del sistema base están disponibles como una librería, permitiendo a los Solvers vincularse a las aplicaciones.

o Opción de Solver de enteros mezclados

Adiciona una capacidad para manejar variables enteras, incluyendo un sistema de pre-procesamiento entero mezclado.

o Solver Barrier

Es un algoritmo de punto interior dual-primero, que maneja programas cuadráticos convexos.

Los productos CPLEX están diseñados para resolver problemas difíciles y grandes, que no son fáciles de solucionar con otros solvers.

Las áreas de aplicación típicas incluyen modelos grandes en refinación, manufactura, banca, finanzas, transporte, madera, defensa, energía y logística. Es también usado en investigaciones académicas.

Visitar: <http://www.ilog.com/products/cplex>.

SPIRAL

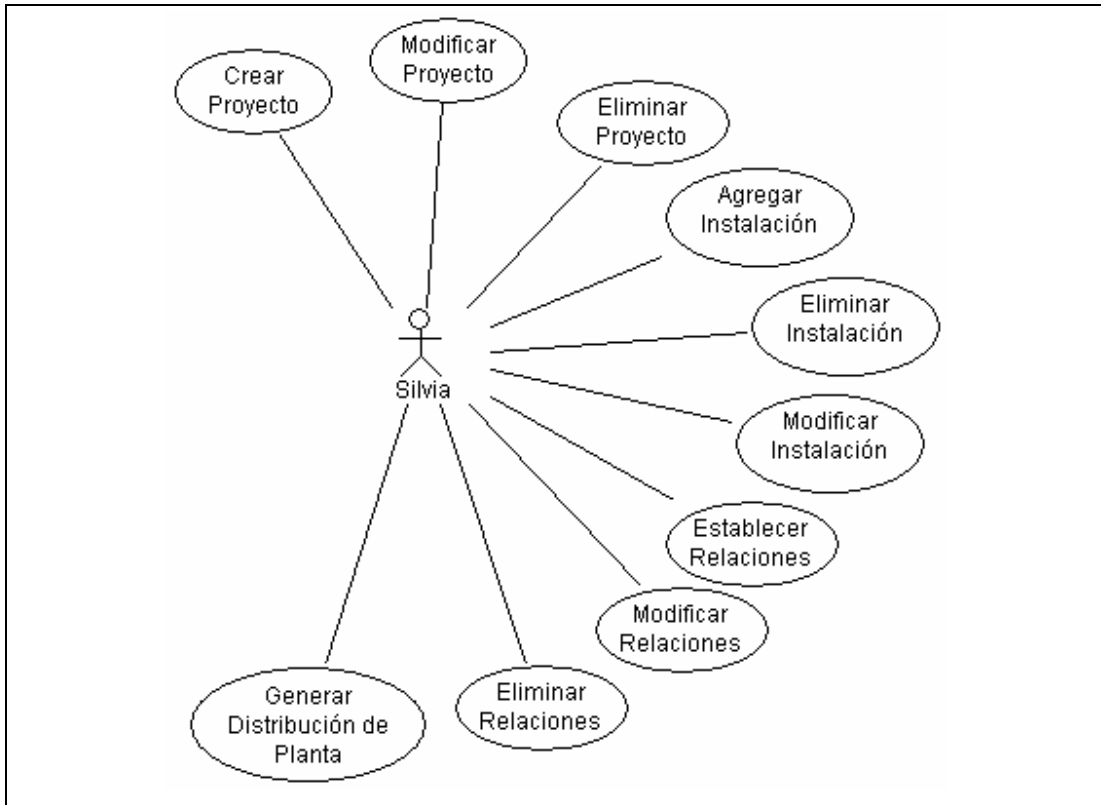
Spiral es un paquete software que permite realizar diseños de planos utilizando la teoría de grafos. Fue desarrollado por Marc Goetschalckx.

El algoritmo del Spiral consta de dos pasos principalmente, denotados por Spiral G y Espiral L. En el primer paso, el principio fundamental del algoritmo Espiral es formar un grafo planar de adyacencias.

En el segundo paso el grafo generado se convierte en un plano de bloques con departamentos rectangulares y con pasillos de manejo de material paralelos a una de las hachas hexagonales. Spiral contiene una colección de algoritmos para realizar cada uno de los pasos anteriores.



ANEXO 2 – DOCUMENTACIÓN DE LOS CASOS DE USO



CASO DE USO	CREAR PROYECTO
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante crear un nuevo proyecto.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario.
Flujo Principal	Este caso de uso inicia en la página Slp_Tool.jsp cuando el usuario pulsa el botón Crear proyecto. Seguidamente el sistema presenta al estudiante la página NuevoProyecto en la cual el estudiante deberá agregar la información sobre el nuevo proyecto finalizando con el botón Guardar.
Clases vinculadas	

CASO DE USO	MODIFICAR PROYECTO
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante modificar la información almacenada sobre un proyecto.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto que se desea modificar.
Flujo Principal	Inicia en la página Slp_Tool.jsp cuando el estudiante selecciona un enlace a un proyecto, de la lista de proyectos generada por el sistema. Inmediatamente el sistema envía la solicitud del estudiante a la página GestionarProyecto.jsp, en la cual el estudiante podrá modificar la información almacenada



CASO DE USO	MODIFICAR PROYECTO
	sobre un proyecto.

CASO DE USO	ELIMINAR PROYECTO
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante eliminar un proyecto del sistema.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto que se desea eliminar.
Flujo Principal	Inicia en la página Slp_Tool.jsp cuando el estudiante chequea un proyecto, de la lista de proyectos generada por el sistema. Inmediatamente el sistema elimina el proyecto y presenta nuevamente al estudiante la página Slp_Tool.jsp ajustada a los cambios.

CASO DE USO	AGREGAR INSTALACIÓN
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante agregar una instalación a un proyecto del sistema.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto al que se desea agregar una instalación.
Flujo Principal	Inicia en la página GestionarProyecto.jsp cuando el estudiante pulsa el botón Adicionar Instalación, se presenta entonces al estudiante la página Nueva Instalación donde el usuario deberá agregar los datos sobre la nueva instalación en el formulario pulsando para finalizar el botón Guardar.

CASO DE USO	ELIMINAR INSTALACIÓN
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante eliminar una instalación de un proyecto del sistema.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto al que se desea eliminar la instalación.
Flujo Principal	Inicia en la página GestionarProyecto.jsp cuando el estudiante chequea una de las instalaciones vinculadas al proyecto y posteriormente pulsa el botón Eliminar Instalación. El sistema atenderá la solicitud eliminando de la base de datos la instalación chequeada.

CASO DE USO	MODIFICAR INSTALACIÓN
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante modificar una instalación a un proyecto del sistema.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto al que se desea agregar una instalación.
Flujo Principal	Inicia en la página GestionarProyecto.jsp cuando el escoge a través de los enlaces a las Instalaciones la instalación a modificar, se presenta entonces al estudiante la página Nueva Instalación con los datos de actuales de la instalación y en la cual el usuario deberá modificar los datos que desee sobre la instalación en el formulario pulsando para finalizar el botón Guardar.



CASO DE USO	ESTABLECER MODIFICAR – ELIMINAR RELACIONES
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante establecer el tipo de relación existente entre las instalaciones de un proyecto.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto al que se desea agregar una instalación.
Flujo Principal	Inicia en la página GestionarProyecto.jsp cuando se pulsa el botón Relaciones. De inmediato se presenta al usuario la página Relacion.jsp en la cual el sistema permite al estudiante definir los tipos de todas las relaciones posibles entre las instalaciones de un proyecto dado. Para finalizar el estudiante debe pulsar el botón Guardar. En esta misma página el usuario podrá modificar y eliminar las relaciones.

CASO DE USO	GENERAR DISTRIBUCIÓN
Actores	Estudiante
Propósito	Permitir al usuario estudiante generar distribuciones de planta.
Precondiciones	Que se haya ejecutado el caso de uso validar usuario, que exista el proyecto al que se desea analizar, que la información acerca del proyecto se encuentre completa.
Flujo Principal	Inicia en la página GestionarProyecto.jsp cuando se pulsa el botón Distribución. De inmediato se presenta al usuario la página Corelap.jsp en la cual el sistema arroja la distribución lograda para este proyecto.