

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



METODOLOGIA DE INTEGRACION DE UN
VEHICULO AUTOGUIADO A UN SISTEMA
DE MANUFACTURA FLEXIBLE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

ING. MAURICIO FULIDO LECONA

FEBRERO DE 1999

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

**DIVISION DE GRADUADOS EN INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**



**METODOLOGIA DE INTEGRACION DE UN VEHICULO
AUTOGUIADO A UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADEMICO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

ING. MAURICIO PULIDO LECONA

FEBRERO DE 1999

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

**DIVISION DE GRADUADOS EN INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**



**METODOLOGIA DE INTEGRACION DE UN VEHICULO
AUTOGUIADO A UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADEMICO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

ING. MAURICIO PULIDO LECONA

FEBRERO DE 1999

Dedicatoria

A mi Mamá y a mi hermana:
Bárbara y Vanessa
por su cariño y apoyo durante estos años

A mi abuelito Víctor
por sus consejos y motivación

A mi familia en general
por su ejemplo de entrega y compromiso en la vida

Dedicatoria

Al Dr. Eugenio García por darme la oportunidad de integrarme al centro de manufactura del ITESM.

Al M.C. Ricardo Jiménez por la oportunidad de participar en el grupo de automatización del centro de manufactura.

Al M.C. Gerardo Vallejo y Ph.D. Ricardo Ramírez por aceptar ser parte del comité de tesis.

A Laura Salazar por todo su apoyo, comprensión, durante todo este tiempo y su confianza en mí.

A Gerardo Vallejo por su tiempo y apoyo en el desarrollo del software de la tesis.

A Marco Acosta por su ayuda en el sistema de posicionamiento del vehículo y su aportación en el desarrollo del sistema de transferencia y referenciación del contenedor.

A Francisco Salazar por su ayuda en la programación del robot manipulador y del arreglo neumático y eléctrico del sistema de transferencia.

A Alfredo Baez por su ayuda en el ajuste mecánico de la mesa de transferencia del vehículo autoguiado.

A Antonio Gallegos y a Fany Sánchez por permitirme usar su impresora para la impresión de este documento.

Por último agradezco a mis compañeros del CSIM por su colaboración, amistad y apoyo brindado durante todo este tiempo.

Resumen

La intensa competencia de las empresas por conservar su lugar en el mercado además de la estandarización de los niveles de calidad, servicio al cliente y producción de manera global, las ha llevado a aplicar nuevas tecnologías de manejo de materiales para hacer frente a los retos que exige el actual sistema económico. Estas tecnologías se basan en las nuevas filosofías de administración y calidad de la producción, teniendo como objetivo incrementar el flujo de producción y reducir al mínimo el tiempo de manejo de materiales provocando así una disminución en los inventarios y por consecuencia en los costos generados en este rubro.

La aplicación de la tecnología en manejo de materiales se ha convertido para las empresas en una necesidad para satisfacer al cliente y ofrecer productos de calidad. El integrar un vehículo móvil a un sistema de manufactura flexible representa una tarea compleja ya que es necesario la identificación de: los elementos necesarios, las relaciones que existirán entre los elementos a integrar en el sistema, las acciones claves que se deben llevar a cabo y los resultados requeridos de estas acciones para su evaluación.

Para integrar un sistema adicional a un sistema de manufactura se propone la utilización de la metodología general aplicada a dos etapas: la integración física y la integración lógica. La metodología proviene de una adaptación del diseño de Zhou, Greenwell y Tannock[14] aplicado a sistemas de manufactura.

La aplicación de la metodología propuesta en este trabajo se hace en la celda de manufactura desarrollada por el área de automatización de celdas de manufactura del Centro de Sistemas Integrados de Manufactura CSIM - ITESM campus. El objetivo es integrar un vehículo autoguiado a la celda, teniendo como función el de transportar material para ensamble ó maquinado desde un puesto llamado almacén general.

Contenido

Dedicatoria	i
Dedicatoria	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Indice de figuras	viii
Indice de tablas	xi
Capítulo 1	1
INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes y motivación	5
1.2 Objetivo	5
1.3 Justificación	6
1.4 Alcances y limitaciones	6
Capítulo 2	7
MANEJO DE MATERIALES	7
2.1 Introducción	7
2.2 Control de flujo de material	9
2.2.1 Dispositivos de entrada y salida	10
2.3 Equipos para manejo de materiales	11
2.3.1 Transportadores anclados al piso	11
2.3.2 Transportadores aéreos.	12
2.3.3 Vehículos de transportación de materiales.	13
2.3.3.1 Vehículos movidos por cadenas.	13
2.3.3.2 Vehículos autoguiados.	13
2.3.3.3 Montacargas	14
2.4 Almacenes automatizados	14
Capítulo 3	15
VEHICULOS AUTOGUIADOS EN MANEJO DE MATERIALES	15
3.1 Introducción	15

3.2 Vehículos	18
3.3 Distribución de trayectorias	19
3.4 Posicionamiento y transferencia de carga	21
3.5 Control de tráfico	22
3.6 Comunicaciones	23
3.7 Resúmen	23
Capítulo 4	25
METODOLOGIA DE INTEGRACION DE VEHICULOS AUTOGUIADOS	25
4.1 Metodología general	26
4.2 Integración física del sistema	28
4.2.1 Definición de los componentes del sistema.	28
4.2.2 Definición las funciones de los componentes del sistema	30
4.2.3 Definir las relaciones entre los componentes del sistema.	32
4.2.4 Generar representaciones de sistema las cuáles proveen un buen medio para discusión y revisión.	34
4.3 Integración lógica	35
4.3.1 Definir los componentes del programa.	36
4.3.2 Descripción del comportamiento de los objetos.	39
4.3.3 Definir la estructura del sistema del modelo por medio de diagramas de conexión y clases jerárquicas.	40
4.3.4 Configuración de la base de datos.	40
4.3.5 Definir las relaciones entre objetos por medio de mensajes entre objetos.	41
4.3.5.1 Paso de mensajes.	41
4.3.5.2 Secuencia de mensajes.	42
4.4 Sistema integrado	43
4.5 Resumen.	44
Capítulo 5	45
CASO DE ESTUDIO	45
5.1 Etapa de integración física	45
5.1.1 Definir componentes del sistema	45
5.1.2 Determinar la función de los componentes del sistema	52

5.1.2.1	Función del vehículo	52
5.1.2.2	Función del sistema de posicionamiento:	52
5.1.2.3	Función del sistema de comunicación	53
5.1.3	Definir relaciones entre los componentes del sistema	53
5.1.3.1	Definir trayectorias	56
5.1.3.2	Definir control de tráfico	56
5.1.4	Generar representaciones del sistema	56
5.2	Etapas de integración lógica	57
5.2.1	Identificar componentes del programa	57
5.2.2	Describir el comportamiento de los objetos (Crear funciones y operaciones)	60
5.2.2.1	Algoritmo de “home” del vehículo autoguiado.	61
5.2.3	Describir la estructura del sistema	63
5.2.3.1	Estructura de comunicación.	65
5.2.3.1.1	Protocolo de comunicación entre aplicaciones.	65
5.2.4	Configurar la base de datos	66
5.2.5	Generar relaciones entre los objetos por medio de mensajes entre objetos	68
5.3	Sistema integrado	69
5.4	Trabajo a futuro.	70
Capítulo 6		73
CONCLUSIONES		73
6.1	Caso de estudio	75
6.1	Trabajo a futuro.	76
Apéndice A		77
ASPECTOS GENERALES DE LOS VEHICULOS AUTOGUIADOS		77
A.1	Ventajas del uso de vehículos autoguiados.	79
A.2	Consideraciones de selección de un AGV	80
Apéndice B		81
Sistemas de planeación y navegación para vehículos autoguiados.		81
B.1	Navegación dinámica	82
B.2	Navegación geométrica	82
B.3	Algoritmo planeador de trayectorias	83

Apéndice C	89
SELECCIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES	89
C.1 Método de selección de sistemas de manejo de material	90
C.2 Análisis marginal	92
C.3 algoritmo de selección	96
Apéndice D	98
COMUNICACIONES	98
D.1 Sistemas de transmisión de datos y redes de área local	98
D.1.1 Comunicación serial	98
D.1.2 Redes de área local	100
D.1.3 Comunicación entre aplicaciones.	101
D.1.3.1 Threads	101
D.1.3.2 Pipes	102
Bibliografía	104
VITA	107

Indice de figuras

Fig. 1.1. Ciclo de vida de una pieza de trabajo en la fábrica [2].	3
Fig. 1.2. Número de vehículos autoguiados (AGV's) en Japón[1].	4
Fig. 1.3. Distribución de AGVs por aplicación en USA [33].	5
Fig. 2.1. Esquema de un control de manejo de materiales[2].	9
Fig. 2.2 Periféricos de entradas y salidas para proceso de información en manejo de materiales[2].	10
Fig. 2.3 Sistema de transportadores[2].	11
Fig. 2.4. Configuraciones de transportadores[2].	12
Fig. 2.5. Tipos de transportadores aéreos[2].	13
Fig. 2.5 Almacén de producto paletizados[2]	14
Fig. 3.1. Sistema de manejo de materiales utilizando AGVS[26].	16
Fig. 3.2 AGV tipo carga unitaria [35].	19
Fig. 3.3. Patrones de trayectorias para cuatro estaciones FMS. a) lazo serial. b)lazo sencillo recirculante. c) lazo múltiple recirculante[32].	20
Fig. 3.4. Segmentos de trayectoria en una estación FMS. a) espuela. b) lateral [32].	20
Fig. 3.5. Interferencia de vehículos en un nodo de la trayectoria [32].	21
Fig. 3.6 Configuraciones de sistemas de transferencia de carga [2].	22
Fig. 4.1. Metodología de integración.	27
Fig. 4.2 Definir componentes del sistema.	29
Fig. 4.3 Diferentes configuraciones de un FMS [23].	31
Fig. 4.4. definir las funciones de los componentes del sistema.	32
Fig. 4.5. Definir las relaciones entre los componentes del sistema.	33
Fig. 4.6. Estructura de los equipos físicos de una celda de manufactura.	34
Fig. 4.7. Generar representaciones del sistema.	35
Fig. 4.8. Definir componentes del sistema.	37
Fig. 4.9. Representación esquemática de un controlador de celda.	38
Fig. 4.10. Representación de una máquina herramienta como un objeto.	39
Fig. 4.11. Descripción del comportamiento de los objetos.	39

Fig. 4.12. Descripción de las funciones del objeto controlador1.	39
Fig. 4.13. Definir la estructura del sistema.	40
Fig. 4.14. Configurar la base de datos.	40
Fig. 4.15. Generar relaciones entre objetos por medio de mensajes.	41
Fig. 4.16. Paso de mensajes entre objetos.	42
Fig. 4.17. Esquema de mensajes secuenciales.	42
Fig. 4.19. Sistema integrado.	43
Fig. 5.1. Estructura de los equipos físicos de la celda de manufactura.	46
Fig. 5.2. Diagrama del sensor de marca.	48
Fig. 5.3. Elementos del vehículo autoguiado.	51
Fig.5.4. Esquema de comunicación entre el vehículo autoguiado y la computadora utilizando modems de RF.	52
Fig. 5.5. Sistema de transferencia y referenciador del contenedor.	54
Fig. 5.6. Elementos del sistema de transferencia y referenciación.	54
Fig. 5.7. Secuencia de referenciación de contenedor en mesa de transferencia.	55
Fig. 5.8. Diagrama neumático del sistema de transferencia y referenciación.	55
Fig. 5.9. Distribución de la celda de manufactura	56
Fig. 5.10. Integración del AGV a la celda de manufactura.	57
Fig. 5.11. SecAgv secuenciador del AGV.	58
Fig. 5.12. Interfase del software de control con el modulo AGV incluido.	59
Fig.5.13. a) Consideración geométrica, b) ubicación de sensores.	61
Fig. 5.14. Posición inicial del AGV	61
Fig.5.15. Secuencia de alineación.	63
Fig. 5.16. Estructura del software de control, el área sombreada agrupa los módulos nuevos del sistema[31].	64
Fig. 5.17. Estructura de comunicación.	65
Fig. 5.18. Tablas actualizadas de la base de datos.	67
Fig.19. Secuencia de mensajes entre aplicaciones.	69
Fig. 5.20. Configuración de conexión usando un PLC esclavo en el AGV.	71
Fig. 5.21. Esquema de conexión utilizando el multiplexor serial y el módulo de I/O SonaRanger.	72

Fig. A.1 Tipos de AGVS[26].	78
Fig. B.1. Sistema de navegación y planeación de un AGV [8] .	82
Fig. B.2 Tipos de navegación: a) Navegación dinámica, b) Navegación geométrica[6].	83
Fig. B.3. Espacio con obstáculos.	83
Fig. B.4. Envolvente convexa.	84
Fig. B.5. Llenado de objetos.	84
Fig. B.6. Expansión de obstáculos.	85
Fig. B.7. Generación del cubo.	86
Fig. B.8. Generación de la red.	87
Fig. B.9. Selección de ruta.	88
Fig. C.1. Método de selección de sistemas de manejo de material.	90
Fig. C.2. Arbol de decisión para diseño de SMM [10].	91
Fig. D.1. Comunicación serial.	99
Fig. D.2. Transmisión de la letra S.	100
Fig.D.1. Comparación de tecnologías de comunicación.	101
Fig. D.3. Características de las pipes.	103

Indice de tablas

Tabla. 3.1. Clasificación de procesos que utilizan AGVs [34].	17
Tabla. 3.2. Tipos de AGVs y sus características principales [34].	17
Tabla. 5.1. Cálculo del ancho de la marca.	50
Tabla 5.2. Protocolo de comunicación.	66
Tabla 5.3. Mensajes utilizados entre las aplicaciones.	68
Tabla A.1. Justificación de uso de robots [8].	80
Tabla A.2. Consideraciones de selección de robots móviles [8].	80

Capítulo 1

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES Y MOTIVACION

La intensa competencia de las empresas por conservar su lugar en el mercado además de la estandarización de los niveles de calidad, servicio al cliente y producción de manera global, las ha llevado a aplicar nuevas tecnologías de manejo de materiales para hacer frente a los retos que exige el actual sistema económico. Estas tecnologías se basan en las nuevas filosofías de administración y calidad de la producción, teniendo como objetivo incrementar el flujo de producción y reducir al mínimo el tiempo de manejo de materiales provocando así una disminución en los inventarios y por consecuencia en los costos generados en este rubro.

Los sistemas de manejo de materiales toman un papel importante en la manufactura flexible ya que integran los procesos de manufactura, herramientas, vehículos autoguiados y almacenes en una unidad funcional. Los materiales y las partes deben llegar en el tiempo y estación de trabajo correcta para lograr una utilización óptima de los recursos de

producción. Bajo las tendencias actuales de productos al gusto del cliente y pequeños lotes de producción, la proliferación de modelos y partes, requieren una nueva distribución de material, estrategias y métodos. Un proceso de manufactura tiene una entrada de partes y materiales y una salida para productos terminados. Durante ese tiempo en la fábrica, los materiales y partes son procesados en operaciones secuenciales y paralelas, los tiempos de proceso para las diferentes operaciones difieren considerablemente además de que algunos productos tienen que pasar por todos los procesos mientras que otros solo unos cuantos. Esto requiere de una programación y una actualización del inventario. Por lo que de manera general la utilización balanceada de todos los recursos de manufactura no es posible. El objetivo de la manufactura flexible es implementar una fábrica como una facilidad de fabricación virtual, donde los recursos de manufactura son configurados para hacer un producto bajo las siguientes restricciones: flujo de producción sin inventario, alta flexibilidad, cumplimiento en entregas y máxima utilización del equipo.

La computadora y los sistemas flexibles de manufactura son los principales medios de configuración en este tipo de producción. Los sistemas de manejo de materiales comprenden almacenes, puestos en proceso, transportadores, vehículos de transportación, alimentadores y ordenadores de partes y manipuladores. La computadora produce los parámetros operativos para el flujo de material, por lo que debe formar parte de la planeación y control del sistema de la fábrica.

El tener un sistema de manejo de materiales controlado por computadora nos permitiría reducir el ciclo de vida de una parte en una fábrica. En la fig. 1.1 se puede ver que una parte pasa un diez por ciento de su tiempo en la máquina herramienta, el cinco por ciento del tiempo es usado en transportación y medición y un ochenta y cinco por ciento en tiempo de espera. El tiempo de espera es muy costoso debido a que el capital operativo permanece ocioso en inventario. Por medio de un sistema automatizado se agiliza la producción reduciendo al mínimo los tiempos de espera del producto resultados de error humano y mala planeación y programación de tiempos.

Tener un sistema eficiente de manejo de materiales en la empresa significa rapidez y puntualidad al surtir los pedidos tanto internos como externos, de ahí la importancia de estos sistemas, esto se ve reflejado en los resultados que presenta la SME (Society of manufacturing engineers) donde estima en 12 billones de dólares las ventas de equipo de transporte de materiales en Estados Unidos en 1994 [19].

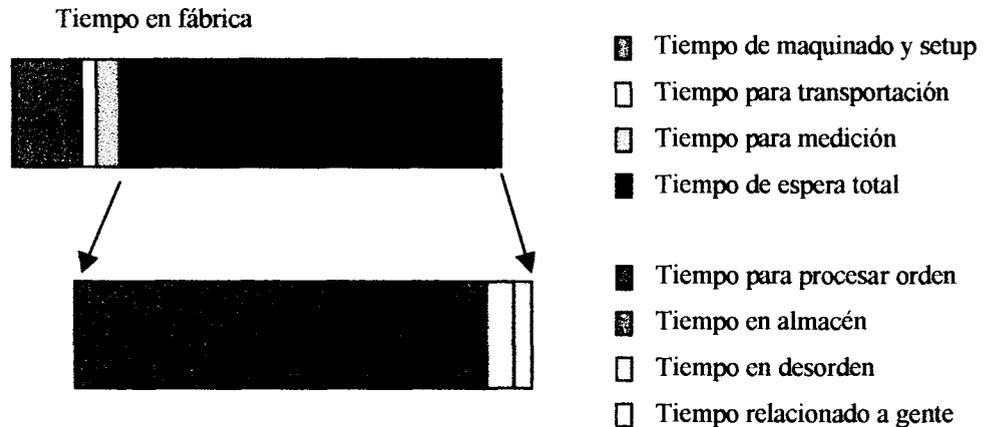


Fig. 1.1. Ciclo de vida de una pieza de trabajo en la fábrica [2].

Los vehículos autoguiados reaparecieron hasta mediados de los 60's y se hacen cambios en las técnicas que se venían utilizando. A mediados de los 70's se empiezan a introducir vehículos autoguiados por monoriel para el transporte de piezas, controlados por computadora, pero es solo a partir de mediados de los 80's que junto al avance que las computadoras tienen en el mercado se pueden introducir aparatos más sofisticados para el manejo de materiales.

El primer vehículo autoguiado desarrollado fue en la empresa Daifuku en Osaka, Japón, pero la tecnología e ingeniería provenían de la compañía WEB; Daifuku fue seguida por empresas americanas y veinte nuevas compañías se encuentran en este campo tales como Shinko Electric, Murata Machinery, Nippon, Yusoki, Toyo Unpanki, Mazda Hutech, Komatsu, Tsubakimoto Chain, Shanki, Meidensha, Mitsui-Miike, Mitsubishi Heavy, Toshiba, Hitachi, sanyo, Kawasaki, Panasonic entre otras. En la figura A.1 se puede ver como Japón es el líder en robots industriales instalados aproximadamente 23,000 y en las figuras A.2 y 1.2 se muestra los sistemas instalados y el número de vehículos autoguiados

usados en esos sistemas. Los vehículos autoguiados actuales poseen sistemas de navegación basados en tecnologías de: triangulación láser, visión robótica, sonar, sensores inductivos, todos controlados por medio de una computadora a través de un haz de luz infrarroja o un sistema de radio frecuencia; equipos que pueden guiarse entre diversos obstáculos eligiendo la mejor ruta para su desplazamiento.

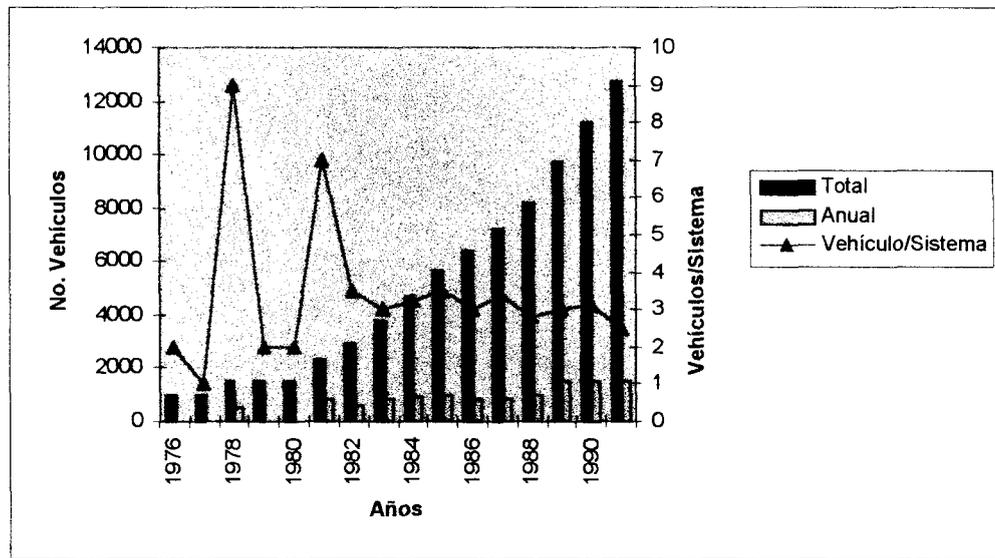


Fig. 1.2. Número de vehículos autoguiados (AGV's) en Japón[1].

Los vehículos autoguiados son utilizados en el área de manufactura para manejar materiales entre las estaciones de trabajo por medio de una computadora propia o conectada de manera remota desde una estación de control. Las rutas que seguirá el vehículo autoguiado han sido programadas anteriormente y se retroalimenta por medio de sensores al sistema para corregir o reprogramar su trayectoria.

Una investigación realizada por la SEAI technical Publications, Madison Ga. muestra que de los 4000 AGVs instalados en los Estados Unidos, el 42% mueven cargas unitarias entre áreas almacén/puestos. El 17% de los 4000 AGVs mueven lotes del almacén a estaciones manuales, el 8.2% mueven producto terminado de estaciones manuales a almacén y el 8.3% mueven lotes de almacén a estaciones robotizadas. El estudio además hace notar que el 16% de los AGVs mueven trabajos en procesos (WIP work in process) entre estaciones manuales y robotizadas, el 3% trabajan en cuartos limpios y el 1.6% mueven un robot de

una estación a otra estación de trabajo. Los AGVs restantes son utilizados en aplicaciones varias. La industria automotriz usa el 31% de los vehículos seguida por la industria electrónica con 28% (fig. 1.3).

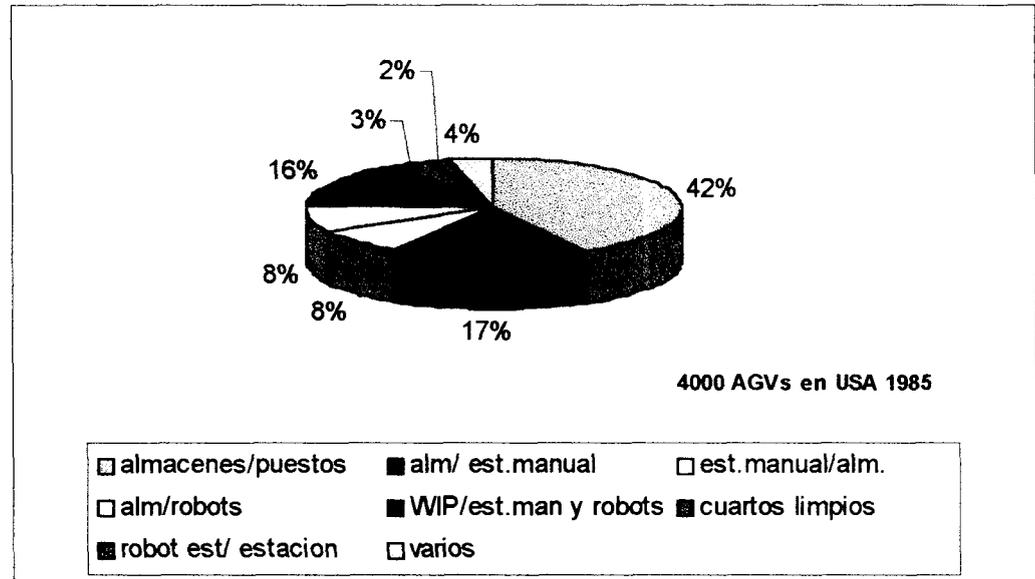


Fig. 1.3. Distribución de AGVs por aplicación en USA [33].

1.2 OBJETIVO

Esta investigación tiene como propósito desarrollar una metodología de integración de un vehículo autoguiado a un sistema de manufactura flexible de manera que pueda ser implantado en cualquier sistema definiéndola de forma general. La metodología desarrollada deberá aplicarse tanto en la integración física de los equipos como en la integración lógica (software). El diseño del controlador del equipo en la parte lógica deberá ser transparente al cambio de vehículos autoguiados sin necesidad de modificar todo el sistema. La metodología en su parte de integración se encuentra basada en el diseño propuesto de Zhou, Greenwell y Tannock [14].

Este desarrollo nos ayudará a conocer los problemas a enfrentarse en la integración de este tipo de equipos a un sistema de manufactura y a identificar los elementos claves del vehículo en su operación.

Como objetivo particular se tiene la validación del modelo de integración en un prototipo experimental donde se integre un vehículo autoguiado a una celda de manufactura flexible. La integración tanto en la parte física como a nivel lógica del programa de control.

1.3 JUSTIFICACION

El generar un metodología permitirá poseer una herramienta que automatice la integración de vehículos autoguiados a celdas de manufactura con la identificación clara de:

- Los elementos necesarios.
- Las relaciones que existirán entre los elementos a integrar en el sistema.
- Las acciones claves que se deben llevar a cabo.
- Los resultados requeridos de estas acciones para su evaluación.

Lo cual permitirá minimizar el tiempo y el costo y aumentar la productividad al obtener los siguientes beneficios:

- Adquisición de los elementos necesarios en forma planeada y oportuna con la identificación clara de los mismos.
- Identificación de acciones que puedan llevarse a cabo paralelamente.
- Obtención de procesos estandarizados.
- Seguimiento automatizado de procesos de integración.
- Facilita la recopilación del conocimiento y experiencia adquiridos durante el proceso de integración.
- Asegura resultados repetibles con optimización del esfuerzo.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

La metodología a desarrollar se aplicará a vehículos autoguiados siendo transparente al tipo de vehículo a integrar. El controlador del vehículo deberá ser desarrollado de manera que facilite la integración de otro tipo de vehículo sin necesidad de hacer cambios en el software de control del sistema de manufactura. Se dejará para futuros trabajos la implantación de esta tecnología en la integración con múltiples vehículos.

Capítulo 2

MANEJO DE MATERIALES

2.1 INTRODUCCIÓN

La aplicación de la tecnología en manejo de materiales se a convertido para las empresas en una necesidad para satisfacer al cliente y ofrecer productos de calidad. Como un ejemplo se comenta el caso de la industria automotriz en los años 80's en donde las compañías japonesas ganaban terreno en el mercado y desplazaban a las tres grandes [30]. A estas se les criticaba por su calidad y su rechazo a las condiciones del mercado. Esto fue entendido por Ralph Behler director del proyecto de la planta del futuro de GM Corp. quien incorporo en sus procesos una producción integrada por computadora, y que tomo al manejo de materiales como la parte de integración en una planta de manufactura. El decía “queremos flexibilidad e integración total con toda nuestra planta y una estructura calendarizada” y agregaba “ como los materiales se encuentran en todas nuestra plantas, queremos un sistema de manejo de materiales que permita identificar a los materiales automáticamente”. Gracias a esto la compañía a recuperado su lugar en el mercado colocándose en el primer lugar superando a compañías americanas y japonesas, y se a establecido como un innovador en el manejo de materiales en el área automotriz.

¿Pero que es la flexibilidad? La flexibilidad se puede definir como la habilidad para adaptarse a los cambios en el flujo de materiales y de cambios físicos de diseño del producto. Otros puntos importantes incluyen las características físicas de la carga y de la planta, el flujo del proceso de manufactura, y de cómo el equipo se va a unir con el resto del sistema. Dentro de las características de la carga se incluyen, el tamaño, el peso, la rigidez, su combinación y variabilidad. Existen diversas cuestiones que deben responderse acerca del proceso como por ejemplo: el producto se transportará en una trayectoria o será flexible para reducir su camino de proceso, el proceso es por lotes ó continuo, el proceso será por acumulación ó recirculación, ¿cuál es la distancia a recorrer?

En el diseño del sistema mecánico de transportación, la parte fundamental es su interfase, por lo que también deben responderse las siguientes cuestiones: ¿Deberá ser preciso el posicionamiento?, ¿Tendrá el equipo que unirse con un AS/RS u otro equipo de almacenamiento?, ¿Cómo son las estaciones: manuales ó automáticas?, ¿Qué tanto del sistema esta controlado por la computadora?, ¿Se requiere de una adquisición de datos en tiempo real?

Otro punto importante es la selección del sistema de manejo de materiales, ya que puede ser determinante en la productividad de la empresa. El determinar que sistema se va a utilizar ó si habrá una combinación de sistemas, o bien saber el número de sistemas a instalar son puntos clave que se explican en el apéndice C desde un punto de vista de costos y flexibilidad de los sistemas.

Este capítulo tiene como propósito abordar el tema de manejo de materiales desde una perspectiva general, definiendo características tales como: el control de flujo de material, dispositivos de entrada / salida en un sistema de manejo de materiales y los tipos de equipos que existen en esta área.

2.2 CONTROL DE FLUJO DE MATERIAL

Generalmente en las grandes empresas el manejo de material es complicado y se requiere de un control distribuido para realizarlo. Desde el momento en que una pieza será

procesada a través de varias etapas, se requiere de una sincronización entre el proceso de manufactura y el equipo de manejo de materiales, como se puede ver en la fig. 2.1 De aquí que el control del material debe tener numerosas ligas con los controladores de las máquinas herramientas, robots, y sensores.

Como se puede ver en la fig. 2.1 dicho controlador esta formado por dos niveles, el nivel de planeación y sincronización y el nivel de operación. Una orden de una operación de flujo de material es enviada por el nivel de planeación desde la computadora de la planta hasta la computadora de piso de la fábrica. Cuando se da una orden, los algoritmos de planeación y envío serán llamados para preparar el movimiento del material.

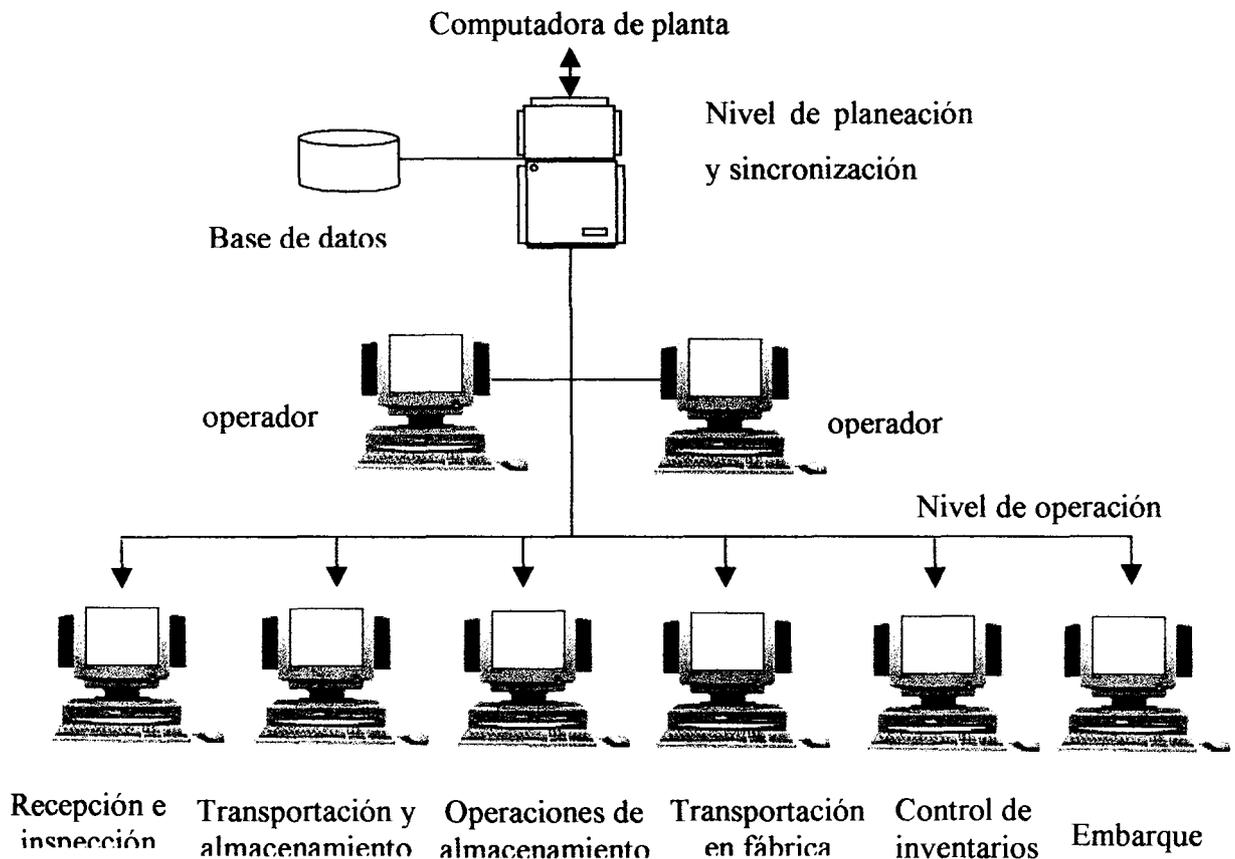


Fig. 2.1. Esquema de un control de manejo de materiales[2].

2.2.1 DISPOSITIVOS DE ENTRADA Y SALIDA

Para iniciar y ejecutar un movimiento de un material o la generación de una orden, se utilizan periféricos de computadoras, sensores y dispositivos de codificación. La selección de dichos dispositivos es basándose en su aplicación y al ambiente de la planta. Uno de los principales problemas en manejo de materiales es la identificación y el seguimiento de los productos a través de toda la planta y el proceso. Existen datos administrativos y físicos, los datos administrativos describen la orden del cliente y se refieren a identificación, tiempo, e información de la pieza. Los datos físicos son usados para identificar y rastrear piezas. En la manufactura flexible son de particular interés la entrada automática de datos y los dispositivos de procesamiento que realicen el movimiento del material independiente de errores humanos (fig. 2.2).

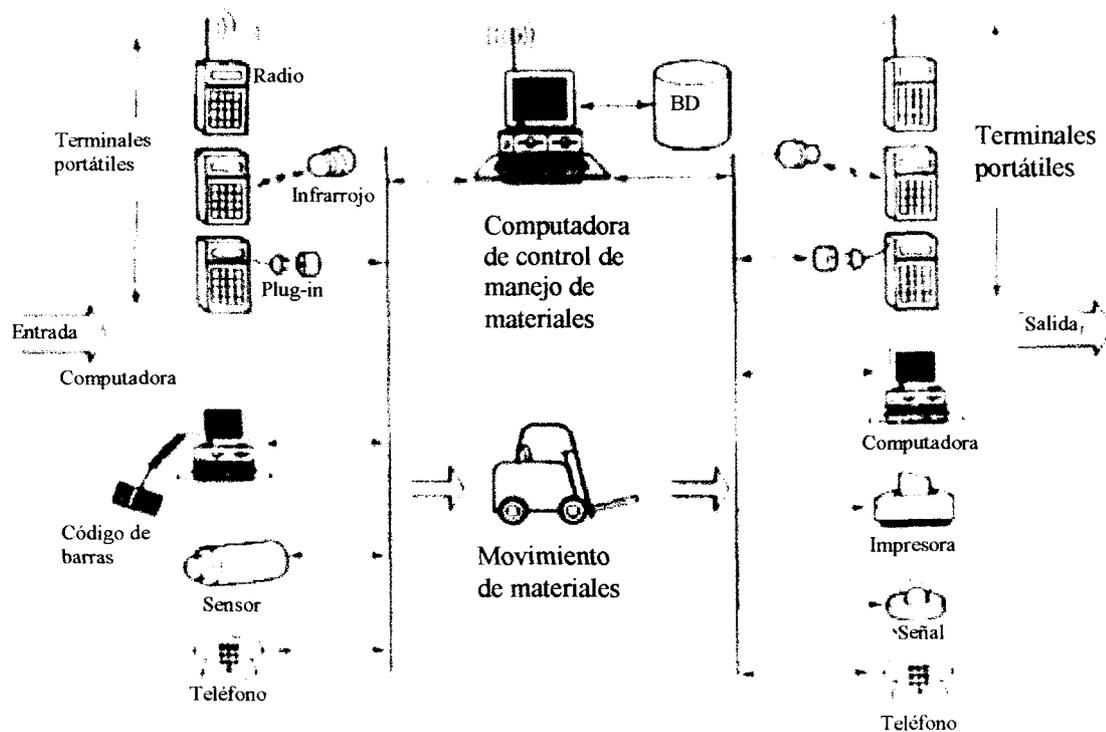


Fig. 2.2 Periféricos de entradas y salidas para proceso de información en manejo de materiales[2].

2.3 EQUIPOS PARA MANEJO DE MATERIALES

2.3.1 Transportadores anclados al piso

El transportador anclado es un dispositivo básico en manejo de materiales encontrado en casi todas las plantas. Estos transportadores interconectan varias estaciones de trabajo para obtener una línea de flujo principal. Diferentes tipos de transportadores aparecen en la fig.

2.3, como son por banda, por rodillos, por cadenas, entre otros. Una pieza puede ser puesta directamente en el transportador o en un pallet. En el primer caso se requiere de una identificación y el manejo por un operador ó un manipulador equipado con sensores. Para la identificación, la parte puede ser identificada con ayuda de un control de código de barras. En el segundo caso, la pieza puede ser puesta en el pallet y es tomada por el equipo manipulador para colocarla en un centro de maquinado por ejemplo. En la fig. 2.4 se muestran varias configuraciones de sistemas de transportadores. Una de los problemas básicos de los transportadores anclados es la sincronización del flujo del producto.

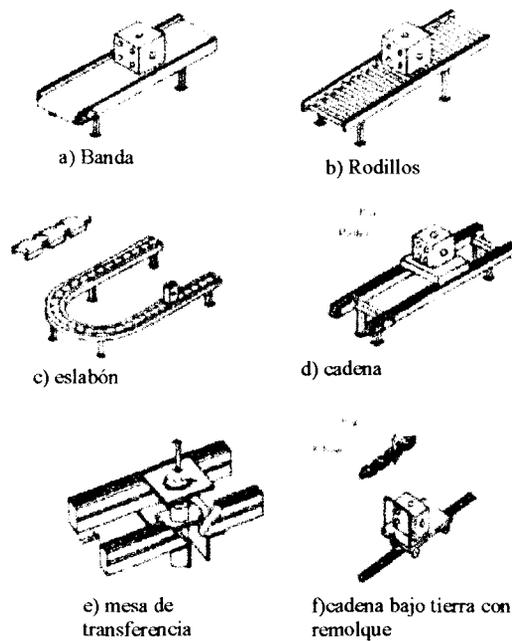


Fig. 2.3 Sistema de transportadores[2].

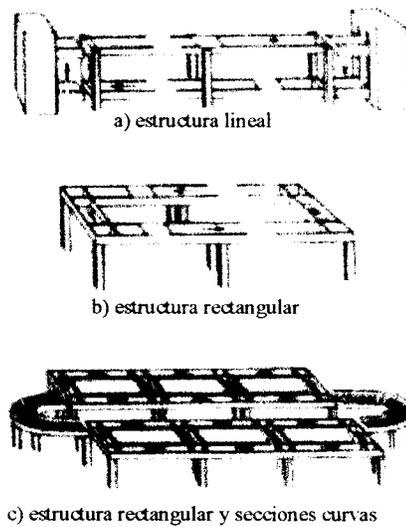


Fig. 2.4. Configuraciones de transportadores[2].

2.3.2 Transportadores aéreos.

Los equipos siguientes son los transportadores aéreos, en la fig. 2.5 se muestran tres tipos básicos. Los transportadores aéreos con cargadores fijos son los sistemas de menor costo, por lo que cuentan con aceptación en la industria. El problema con estos equipos es que los cargadores son fijos y no pueden ser cambiados a otros carriles de transportadores. Los transportadores activos y libres son los más versátiles, en donde los cargadores pueden ser desmontados y montados en estaciones especiales para interconectar otros carriles de transportadores. Con el sistema de monoriel los carritos son operados por sus propios motores, la energía es transmitida por contactos deslizantes del carrito. Los sistemas individuales hacen del monoriel un sistema versátil y adaptable a los cambios de producción.

2.3.3 Vehículos de transportación de materiales.

2.3.3.1 Vehículos movidos por cadenas.

Con este método, el vehículo se mueve a través del piso de producción por medio de una cadena bajo el piso. El vehículo sigue la cadena y es conectado ó desconectado en una estación de trabajo ó una estación de carga. Este método restringe la flexibilidad del

sistema por que al haber un cambio de distribución en la planta es necesario reacomodar el riel en donde corre la cadena y esto implica un costo extra.

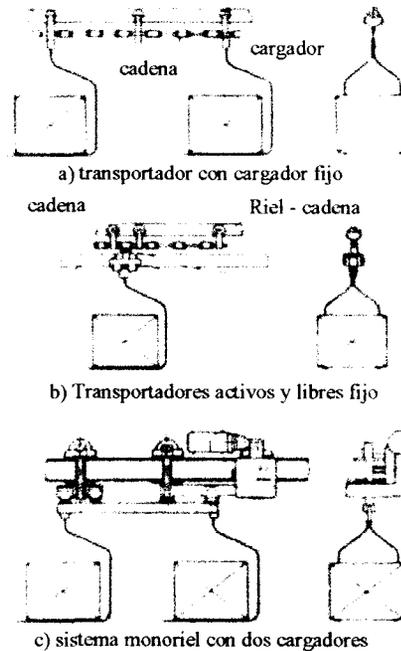


Fig. 2.5. Tipos de transportadores aéreos[2].

2.3.3.2 Vehículos autoguiados.

Estos vehículos pueden seguir automáticamente una línea o guiarse por un sistema óptico. El vehículo puede servir como estación de trabajo donde el ensamble puede realizarse o bien para transportar materiales a estaciones de carga o estaciones de trabajo. Existen varios tipos de estructuras que se pueden adaptar a estos vehículos como pueden ser: transportadores de rodillos, plataformas elevadizas ó mesas de transferencia telescópicas. Existen vehículos con sistema de navegación autónomos en donde solo es necesario definir el punto inicial, un punto final y el mapa de la distribución de la planta para que el vehículo puede hacer la planeación de trayectorias y elegir la ruta más corta al punto final (apéndice B).

2.3.3.3 Montacargas

Estos equipos son altamente flexibles ya que son utilizados para transportar carga entre estaciones de trabajo y almacenes, en donde las plataformas de carga y descarga pueden

estar a diferentes niveles o bien los almacenes pueden tener varios anaqueles verticales, sin embargo tienen la desventaja de que requieren de un operador. La carga que manejan es paletizada y con un peso entre 5 a 10 toneladas, y con una velocidad de desplazamiento de 2 a 5km dependiendo del tipo de terreno.

2.4 Almacenes automatizados

En la mayoría de los sistemas de manufactura, los materiales y las partes deben mantenerse en existencia, debido a que las operaciones justo a tiempo no son factibles. Los lugares de almacenamiento deben dar lugar a materia prima, partes, productos semi- procesados, y producto terminado. La operación del almacén puede ser manual, semiautomática o completamente automática dependiendo del grado de automatización. El diseño del almacén (racks, vehículos de transporte de material, y dispositivos de carga y descarga) depende del producto, de la razón de producción, de la filosofía de manejo, de los requerimiento de seguridad entre otros. Normalmente el sistema de transporte se une con el almacén por lo que los mismos vehículos son usados tanto en el almacén como en la fábrica.

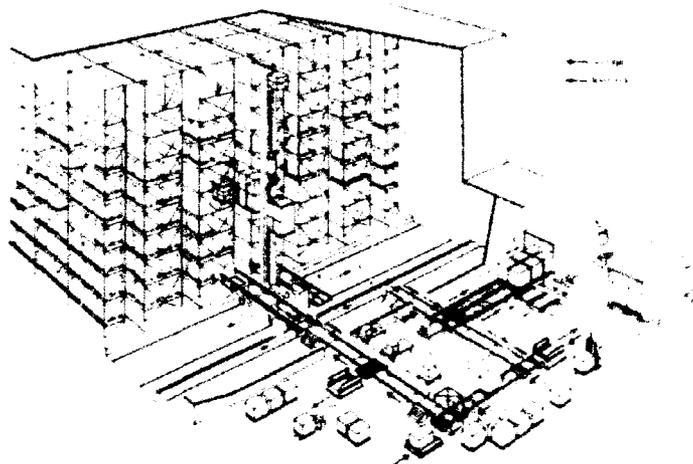


Fig. 2.5 Almacén de producto paletizados[2]

Capítulo 3

VEHICULOS AUTOGUIADOS EN MANEJO DE MATERIALES

3.1 INTRODUCCION

Los sistemas guiados automáticamente AGVS forman una de las áreas más excitantes y dinámicas en manejo de materiales, pero no son tan nuevos hace treinta años, cuando los AGVS fueron inventados, les llamaban los sistemas sin conductor. A través de los años, los avances en electrónica han dejado avances en estos sistemas. La tecnología de tubo de vacío dio paso a la tecnología de transistores y estos a su vez fueron reemplazados por los circuitos integrados seguidos en nuestros días por la tecnología del microprocesador. Los desarrollos en la tecnología han dado a los AGVS mas flexibilidad y capacidad, pero el mercado les a dado la variedad para expandirse.

Un AGV es una plataforma energizada por medio de una batería que tiene tres o cuatro ruedas la cuál se mueve a lo largo del piso de la planta en una trayectoria guiada. El vehículo puede ser usado como un tractor, cargador de material o una base móvil para manejo de dispositivos. La trayectoria puede ser una línea pintada en el piso ya sea

fluorescente o magnética, o un cable energizado enterrado en el piso o una trayectoria virtual (fig. 3.1).

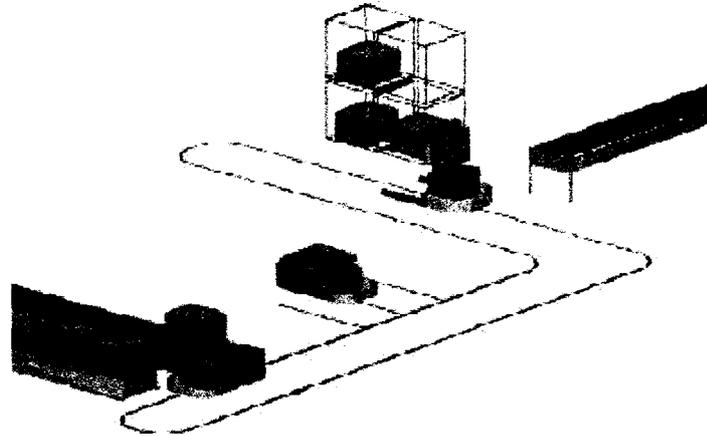


Fig. 3.1. Sistema de manejo de materiales utilizando AGVS[26].

Los AGVS son usados como vehículos de transporte de materia prima, piezas y herramental dentro de un sistema flexible de manufactura ya sea entre estaciones de una celda de manufactura o entre celdas de manufactura. La ventaja como cualquier equipo automático es el de trabajar de manera autónoma las 24 hrs. del día (salvo el tiempo de recarga de su batería y de ser así se puede reemplazar por otra unidad si es necesario) mediante la asignación de tareas por parte del sistema de control y con una mínima intervención del operador. Poseen sensores que le permiten seguir una trayectoria utilizando algoritmos inteligentes de planeación y navegación. Los AGVS actualmente son utilizados en varios tipos de industrias: farmacéutica, alimentos, papel, metalmecánica, automotriz ó en hospitales y oficinas de correo. Las tendencias en la utilización de AGVs son en distribuciones de plantas adaptables, expandibilidad estaciones sin interrupciones en el proceso de producción, y un nivel alto de automatización / integración en CIM.

Los AGVs empleados en FMS son utilizados para transportar [32]:

- ✓ Materiales de almacenes a estaciones paletizadas
- ✓ Escantillones y pallets de almacenes a estaciones paletizadas y de regreso después del despaletizado.
- ✓ Productos paletizados entre estaciones de trabajo.
- ✓ Herramientas de almacenes a estaciones de magazines de herramientas.

✓ Material de mantenimiento (posible).

Los AGVs son utilizados en procesos en donde existen:

Trayectorias grandes, carga / descarga de productos en puestos de trabajo, seguimiento de trayectoria óptica en cuartos limpios, carga de pallets, almacenamiento, ensamble, y se encuentran resumidas en la tabla 3.1.

Tipo de proceso	Tipo de AGV	Tipo de carga	Salida rel.	Exactitud en posicionamiento	Costos
Trayectorias grandes	Tractor- tren	Cargas unitarias	Media	Baja	Controles, trayectoria, auto acople, auto carga/descarga extra
Carga/descarga - levantar/depositar en puestos	Carga unitaria	Pallets, contenedores	Media	Media	Tipo de plataforma, controles, #Puestos de levantar y descargar, trayectoria, bidireccional
Seguimiento de trayectoria óptica en cuarto limpio	Ligero	Cargas pequeñas y ligeras	Media- baja	Media	Controles, trayectoria (menor costo óptica)
Levantar pallet de piso	Camión pallet	Pallets	Media	Media	Controles, trayectoria, capacidad de elevación
Almacén automático	Montacargas	Pallets	Media	Media	Capacidad de elevación, trayectorias, controles
Ensamble	Carga unitaria	Pallets, contenedores	Media	Media	Controles, trayectoria, No.puestos

Tabla. 3.1. Clasificación de procesos que utilizan AGVs [34].

Tipo de AGV	Tipo de carga	Carga típica (lb)	Vel. (ft/min)	Distancia(ft)	Aplicación
Unidad de carga	Carga de pallets y otras unidades de carga	2000-12000	150-250	>250	Carga/descarga automática a transportador, puesto de carga/descarga
Montacargas de alta capacidad	Carga de pallets y otras unidades de carga	4000-7000	150-250	>250	Altura max. 16ft, con +- 1/16in precisión
Camión de pallet	Carga de pallets	4000-6000	150-250	>250	Levantar carga del piso
Tractor-tren	Cartones, unidades de carga, materiales ligeros	Arriba de 50000	150-250	500-5000	Carga/ descarga manual
Carga ligera	Cargas ligeras, materiales ligeros	Arriba de 100	50-100	>250	Ligar pequeñas partes con otras áreas

Tabla. 3.2. Tipos de AGVs y sus características principales [34].

Existen cinco elementos en un sistema con AGVs: vehículos, distribución de trayectorias, posicionamiento y transferencia de carga, control de tráfico, sistema de comunicación.

3.2 VEHICULOS

El vehículo más utilizado en FMS es el de carga unitaria (fig. 3.2). El vehículo tipo maquina elevadora puede ser aceptado en algunas circunstancias como por ejemplo en múltiples niveles de un AS/RS o cuando las estaciones de transferencia tienen diferentes alturas. En la tabla 3.2 se presentan diferentes tipos de vehículos y de sus principales características. En la fig. A.1 se muestran los tipos de AGVS, además de las ventajas de utilizar estos sistemas (tabla A.1) y las características del vehículo importantes para determinar su selección (tabla a.2). Las partes de un vehículo de carga unitaria son el cuerpo en donde se encuentran instalados los dispositivos electrónicos, sensores y la plataforma de trabajo donde los productos paletizados son cargados.

El direccionamiento de los sistemas modernos con AGVs se realiza por medio de láser, pero también existen los sistemas de cable enterrado en el piso y los químicos, pero independientemente de esto, la estabilidad del control depende de la configuración de las llantas. Existen varias configuraciones de llantas, pero la más usada es la de dirección diferencial con dos llantas en el centro y dos ruedas caster en el frente y detrás del vehículo. La energía es suministrada a bordo por baterías dándoles autonomía a los vehículos pero agregándoles el problema de la recarga. Otra consideración es la seguridad, esta se alcanza poniendo como velocidad máxima 1m/s e instalando sensores de presión y de no contacto como: sonares y sistemas de luz infrarroja que una vez rebasado su rango de operación detienen al vehículo.

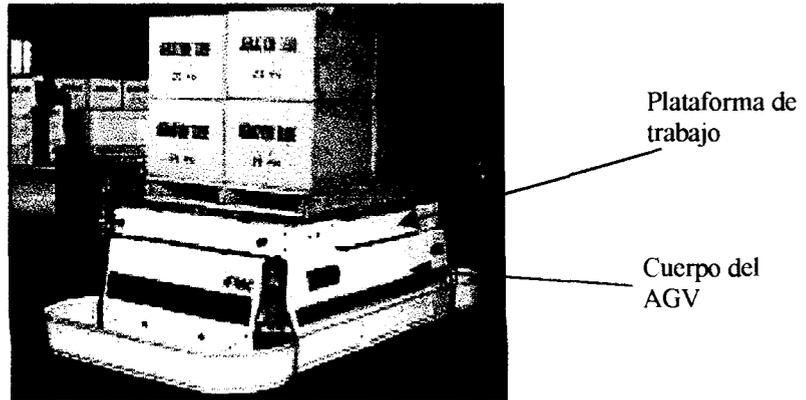


Fig. 3.2 AGV tipo carga unitaria [35].

3.3 DISTRIBUCION DE TRAYECTORIAS

Las principales características que se deben tomar en cuenta en la distribución de trayectorias son:

Las situaciones de vehículo vacío ó parado pueden ser evitadas por medio de un diseño adecuado.

Las rutas alternativas pueden prevenir trayectorias innecesarias ó excesivas.

Un espacio de 30cm entre el vehículo y los objetos fijos.

Se deben evitar pasillos con un alto tráfico peatonal.

Los estaciones de recarga de baterías deben de estar contenidas en la trayectoria principal.

La trayectorias deben de ser planeadas para condiciones extremas. (producción máxima)

El número total de posibles trayectorias conectadas a N estaciones en una FMS son:

$$N!/(N-2)! = N*(N-1)$$

Las trayectorias pueden ser unidireccionales, bidireccionales ó mixtas. La trayectoria unidireccional es la más fácil debido a su estructura de control en comparación con la bidireccional que presenta problemas de control especialmente en trayectorias muy grandes además de interferencia de vehiculos en los nodos (fig. 3.5), disposición de puestos de productos en la trayectoria y el manejo del tráfico en los segmentos. Sin embargo en

trayectoria pequeñas el flujo bidireccional es sencillo, se requieren menos vehículos, menos espacio de desplazamiento y es más compacto. Aparte de los tipos de trayectorias existen tipos de distribuciones de estaciones de trabajo como el lazo serial, el cuál facilita la logística de control. Los lazos de trayectorias que existen son: lazo simple, lazo simple recirculante, y múltiples lazos recirculantes (fig. 3.3). Con respecto a las estaciones de trabajo también se encuentran clasificadas como tipo espuela y lateral (fig. 3.4).

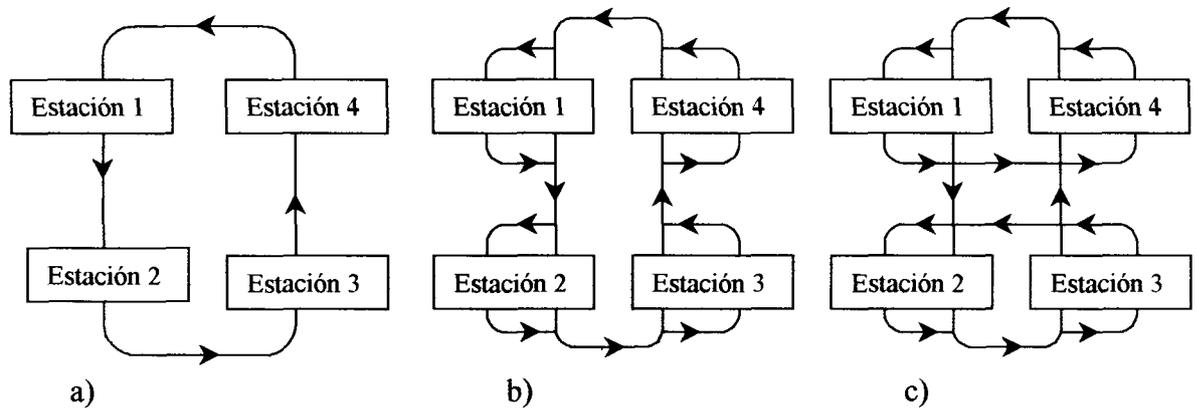


Fig. 3.3. Patrones de trayectorias para cuatro estaciones FMS. a) lazo serial. b) lazo sencillo recirculante. c) lazo múltiple recirculante [32].

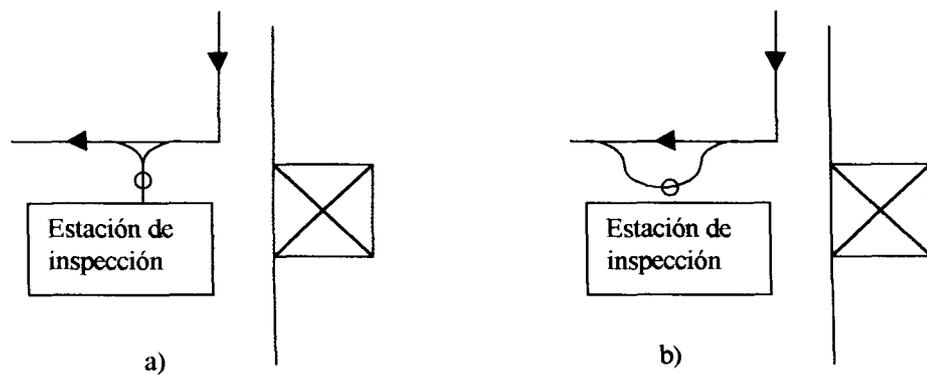


Fig. 3.4. Segmentos de trayectoria en una estación FMS. a) espuela. b) lateral [32].

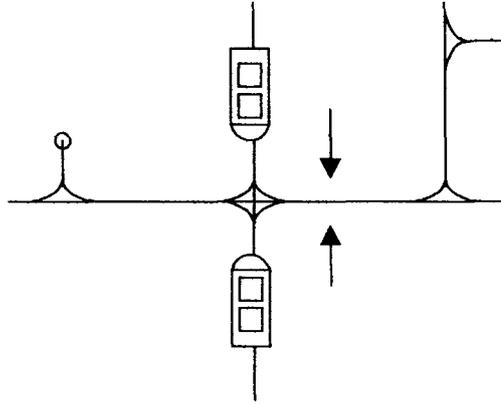


Fig. 3.5. Interferencia de vehículos en un nodo de la trayectoria [32].

3.4 POSICIONAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE CARGA.

El principal problema de la transferencia del *pallet* en una FMS es la precisión requerida para cargar o descargar en las estaciones de trabajo y en el almacén. Esto requiere de una precisión en el posicionamiento del AGV enfrente de la estación y de un sistema de frenado preciso que envía una señal al AGV para desacelerar y detenerse cuando se ha alcanzado el punto deseado en el piso. Sin embargo, la precisión de paro tiene un error de 5 mm en algunos equipos por lo que es necesario utilizar sistemas de referenciación tales como marcas en el piso o sistemas de transferencia montados en el AGV o en la estación de llegada. Existen diferentes configuraciones en la transferencia de partes (fig. 3.6):

- Transportador esclavo en el AGV, activado por el transportador de la estación o viceversa y se utilizan frenos electromagnéticos controlados por computadora para mantener al *pallet* en su posicionamiento y cuando es liberado. La precisión alcanzada con este sistema es aceptable en almacenes pero no en estaciones de maquinado.
- Con elevador de *pallet*, el cual toma el pallet de la estación por medio de un sistema elevador neumático ó hidráulico colocado en la parte superior del vehículo auxiliado con un brazo electromecánico para poner y tomar el pallet del vehículo (fig. 3.6a).
- Con robots manipuladores ya sea sobre el AGV o en la estación de trabajo.

Otro punto importante es el asegurar que el pallet sea cargado y descargado en la estación correcta, usando para esto un sistema de identificación de código de barras, fibras ópticas, sensores infrarrojos ó fotoceldas y un sistema de comunicación al sistema de control para mantener el estatus de los pallets actualizados y poder tomar decisiones.

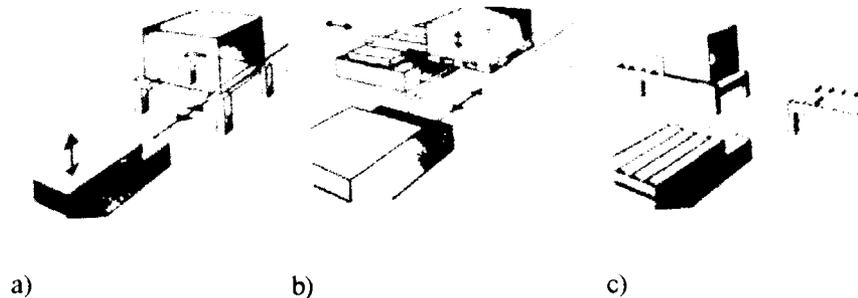


Fig. 3.6 Configuraciones de sistemas de transferencia de carga [2].

3.5 CONTROL DE TRAFICO

La evolución de los AGVs va de la mano con lo sofisticado de sus funciones de control, entre las que se encuentran el control descentralizado y centralizado. En el primero, una computadora localizada en una subestación encuentra las actividades de los AGVs y se comunica con una computadora administrativa que lleva estadísticas y controla el sistema de re-inicio. Cada subestación controla una parte de la distribución de las trayectorias creándose una red de comunicaciones entre subestaciones para que los vehículos puedan acceder a la siguiente subestación.

Este tipo de control tiene la ventaja de la localización rápida de problemas y de una sistema de computo de baja capacidad, sin embargo tiene el inconveniente de unir todas las subestaciones a la computadora administrativa. El control central es desempeñado por computadora en donde se encuentra toda la distribución de trayectorias y se encuentra comunicada con cada uno de los vehículos para la asignación de tareas. Una de las ventajas de este control es que requiere menos cable en el piso y permite una fácil expansión de las trayectorias, sin embargo necesita de una computadora de gran capacidad. Existen dos métodos para rutear AGVs: el método de selección de frecuencia y el método de cambio de

trayectoria, en el primero cuando un AGV se aproxima a un punto de decisión al menos dos frecuencias se presentan al mismo tiempo, el vehículo lee el punto de destino y elige la frecuencia apropiada. En el método de cambio de trayectoria, el vehículo se comunica con el punto de decisión y deja activa la trayectoria que va a seguir e inhabilita las demás rutas.

3.6 COMUNICACIONES

La mayoría de las tareas por ejemplo asignación de vehículos, estación de destino, estatus del AGV, son dependientes del sistema de comunicación. Existen dos tipos de comunicaciones: comunicaciones discretas y comunicaciones continuas. Las comunicaciones discretas son las más comunes y están basadas en principios ópticos ó inductivos. En las inductivas, la posición de los puntos de comunicación son decisivos para que un sistema sea óptimo. Las comunicaciones ópticas están formadas por transmisores y receptores infrarrojos ó por fotoceldas y LEDs. Las comunicaciones continuas son implementadas por transmisores y receptores de radio frecuencia. Los datos serializados por la computadora son modulados por el transmisor y son demodulados y decodificados por el receptor. Cada AGV usa una frecuencia diferente y monitorea el estatus así como la posible corrección de problemas en un instante. La principal desventaja de este método es la interferencia ocasionada por los motores ó el equipo de soldadura, pero a pesar de estos inconvenientes es recomendable. En el apéndice D se muestra con más detalle el tema de comunicaciones incluyendo la comunicación serial, la comunicación entre computadoras por medio de red Ethernet y la comunicación entre aplicaciones utilizando *threads* y *pipes*.

3.7 RESUMEN

Para la inclusión de vehículos autoguiados a FMS se deben tomar en cuenta la características de los productos, así como las cantidades a manejar. El vehículo más utilizado es el de carga unitaria bidireccional, dirigido por un sistema diferencial de dos ruedas centrales. Sin embargo trayectorias unidireccionales con sublazos bidireccionales son utilizados en FMS siempre y cuando la restricción del menor número de vehículos no sea tomada en cuenta. La precisión en el posicionamiento puede ser alcanzada por medio de diferentes mecanismos de referenciación que corrigen los pequeños errores en la llegada del vehículo. El control de tráfico es realizado por microprocesadores a bordo del AGV ó

por computadoras en subestaciones ó por medio de una computadora central. Las comunicaciones por radio frecuencia son las más utilizadas y a pesar de las interferencias ocasionadas por motores y equipos de soldadura pueden ser utilizadas debido a que son continuas.

Capítulo 4

METODOLOGIA DE INTEGRACION DE VEHICULOS AUTOGUIADOS

En este capítulo se describe la metodología desarrollada para integrar vehículos autoguiados a sistemas flexibles de manufactura. Esta metodología esta basada en cuatro pasos(que se verán en el apartado 4.1) y se aplican a dos etapas: la etapa de integración física y la etapa de integración lógica (fig 4.1). Cada uno de estos tipos de etapa es desarrollada aplicando la metodología general y enfocándose en nuestra etapa de interés, teniéndose que hacer adaptaciones en el caso de la integración lógica para tomar en cuenta la base de datos y los mensajes entre objetos. En la etapa de integración física se agrupan los elementos relacionados a los equipos tales como tipo de vehículos a utilizar, sistema de comunicación, generación de trayectorias y rutas, control de tráfico, seguimiento de rutas, posicionamiento, transferencia de carga y su referenciación. En la etapa de integración lógica se realiza la implementación de la interfase con el usuario, el desarrollo de las aplicaciones, el esquema de comunicación entre aplicaciones, la creación de objetos, funciones, operaciones, mensajes y la actualización de la base de datos todo esto basado en una programación orientada a objetos.

En el siguiente apartado se describen cada uno de los pasos que forman parte de la metodología general y que aparecen en la fig. 4.1. Estos pasos son aplicados en cada una de las etapas de integración.

4.1 METODOLOGÍA GENERAL

Para integrar un sistema adicional a un sistema de manufactura se propone la utilización de la metodología general aplicada a dos etapas: la integración física y la integración lógica (fig. 4.1). La metodología proviene de una adaptación del diseño de Zhou, Greenwell y Tannock[14] aplicado a sistemas de manufactura. A continuación se muestran los pasos de la metodología:

- ✓ Definir los componentes del sistema.
- ✓ Definir las funciones de los componentes del sistema.
- ✓ Definir las relaciones entre los componentes del sistema
- ✓ Generar representaciones del sistema.

En las siguientes secciones se describe cada uno de los pasos mostrados en la fig. 4.1, comenzando por la parte física en donde se desarrolla la integración de los equipos al sistema flexible de manufactura, teniendo como sub etapas: La definición de los elementos del sistema, la definición de las funciones de los elementos del sistema, la definición de las relaciones entre los componentes del sistema y la generación de representaciones del sistema. En la etapa de integración lógica se desarrolla la parte del software del vehículo y su comunicación con el sistema de control del sistema de manufactura, teniendo como sub etapas las siguientes: definición de los elementos del programa, definición del comportamiento de los objetos, definición de la estructura del sistema, configuración de la base de datos, generación de relaciones entre los objetos por medio de mensajes.

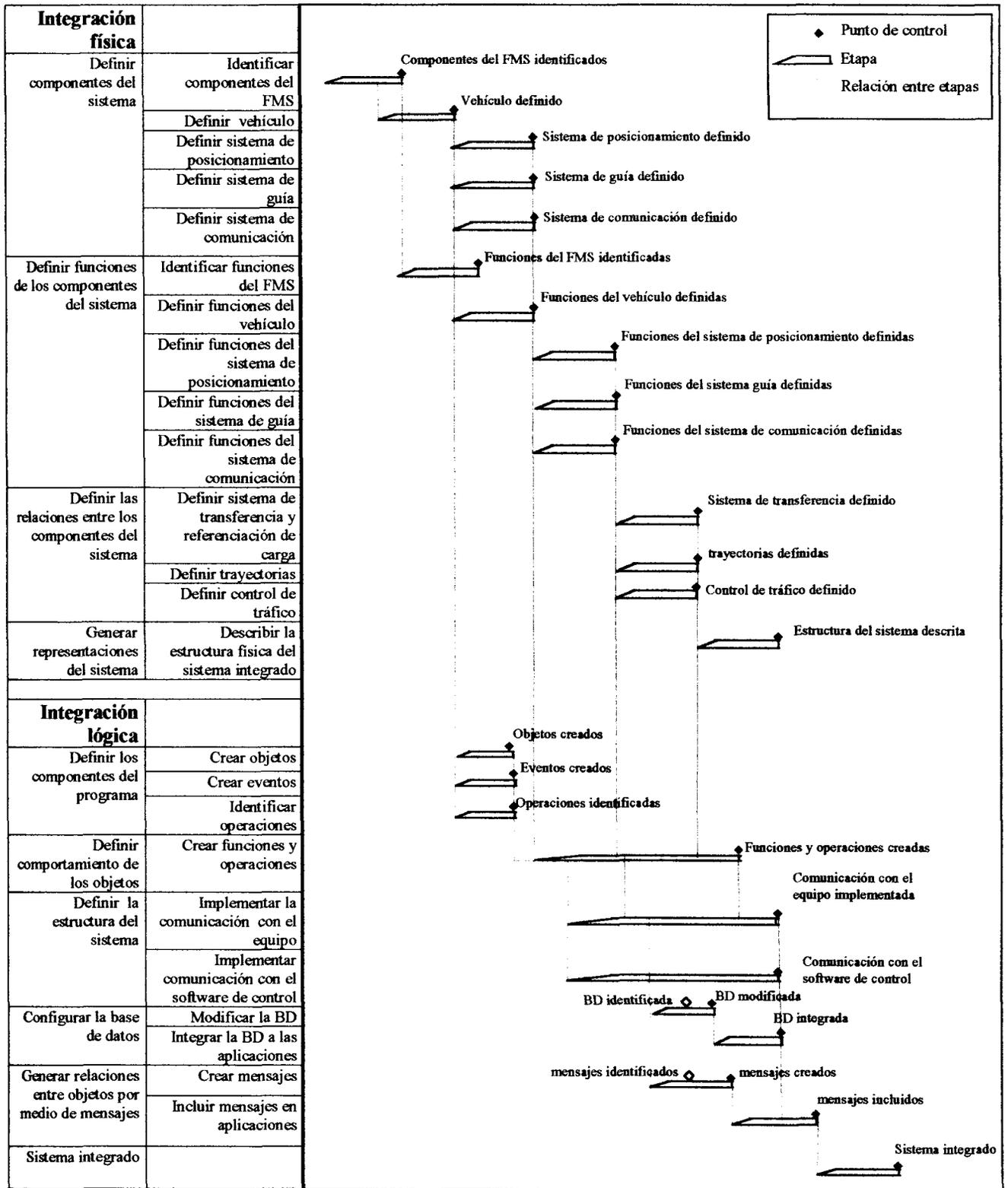


Fig. 4.1. Metodología de integración.

4.2 INTEGRACION FISICA DEL SISTEMA

La integración física involucra a las estaciones de trabajo del sistema de manufactura y el (los) vehículo(s). Las estaciones de trabajo se encuentran: el sistema de manejo de materiales y la computadora central de control. las estaciones de trabajo pueden incluir máquinas de control numérico, inspección, ensamble, el sistema de manejo de materiales, entre otras[23]. El sistema de manejo de materiales incluyen: transportadores, almacenes automáticos, vehículos guiados automáticamente y robots manipuladores. Existen diferentes configuraciones de sistemas flexibles de manufactura (fig.4.3):

- a) en línea,
- b) de lazo
- c) de escalera
- d) con robot centrado en la celda
- e) de campo abierto.

La configuración *en línea* usa líneas de transferencia para cargar o descargar del transportador a las estaciones de trabajo. Usualmente trabaja en dos direcciones. La configuración de lazo consiste de un transportador con estaciones de trabajo alrededor de su periferia. La configuración de escalera tiene estaciones de trabajo en cada escalón de la escalera. La configuración de campo abierto consiste de varios lazos uno junto a otro, y la configuración de robot centrado en la celda, consiste de un robot cuyo volumen de trabajo incluye la carga y descarga de las CNC's en la celda.

4.2.1 Definición de los componentes del sistema.

Como primer paso se identifican los componentes que involucran al(los) vehículo(s) autoguiado(s) con el sistema flexible de manufactura y se definen los componentes necesarios del(los) vehículo(s) (fig. 4.2). Estos componentes determinarán la selección del (los) vehículo(s), la comunicación con el sistema de manufactura, su referenciación con el mundo real y la forma en como se interpreta este mundo real. Entre los componentes que se deben definir en esta etapa son el tipo de vehículo, sistema de posicionamiento, el sistema de comunicación y el sistema de guía. Los tipos de vehículos más utilizados son

los de carga unitaria seguidos de los vehículos tipo montacargas, en donde los primeros se utilizan para el manejo de materiales entre estaciones de trabajo con mesas de transferencia a la misma altura. Los segundos se emplean en el manejo de materiales entre estaciones de trabajo y almacenes.

El otro componente a definir es el sistema de posicionamiento (fig. 4.2), en donde dependerá de las restricciones de comunicación del vehículo (entradas/salidas analógicas y digitales, velocidad de comunicación) y de las características del medio ambiente (humedad, corrosión, partículas en el aire, cuarto limpio, aceite en el piso). Entre los métodos de referenciación del vehículo se encuentran la triangulación por radio frecuencia o láser o bien por medio de marcas y un sistema de visión. Los siguientes componentes a definir son el sistema de comunicación entre el sistema de control y el(los) vehículo(s) y el sistema de guía del(los) vehículo(s).

Tanto el sistema de comunicación como el sistema de guía (fig.4.2) se recomiendan que sean inalámbricos como pueden ser óptico ó por radio frecuencia, debido a la flexibilidad que brindan estos sistemas al no requerir un cable enterrado en el piso y que al hacer un cambio de distribución de la planta se tengan que hacer modificaciones en la trayectoria del cable.

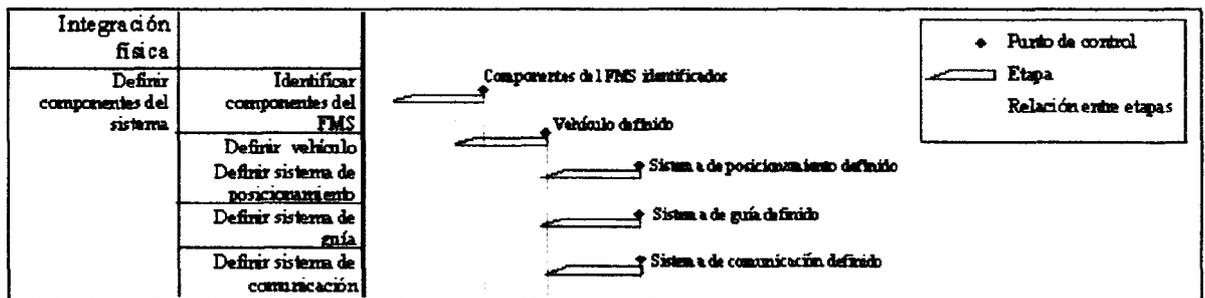


Fig. 4.2 Definir componentes del sistema.

La forma de interpretar el mundo real resulta muy importante debido a que la precisión del vehículo y su confiabilidad dependerán en primera instancia de este punto. Por lo que deben utilizarse herramientas estadísticas que nos ayudaran a determinar si el sistema se encuentra en un rango estadísticamente aceptable ó de lo contrario deberemos modificar esta percepción del mundo real por parte del equipo para hacerla más confiable.

Como se podrá observar esto nos lleva a una retroalimentación de nuestro sistema por medio de métodos que nos ayudarán a mejorar nuestra integración. El método a utilizar en la interpretación de nuestro ambiente, va de la mano con las condiciones físicas de nuestro ambiente, como por ejemplo la existencia de partículas en el aire, ambientes corrosivos, ambientes húmedos, cuartos limpios, ruido, en fin todo aquello que nos pudiera afectar en nuestra interpretación del mundo real. Esta interpretación se realiza por medio de dispositivos que miden una característica en particular del ambiente, tal como luz ó utilizan alguna propiedad de la naturaleza para este propósito como el magnetismo, la resistencia eléctrica, la inductancia, la reflexión óptica entre otras y que son convertidas en señales eléctricas y éstas a su vez son interpretadas por nuestro vehículo para su desplazamiento.

4.2.2 Definición las funciones de los componentes del sistema

Una vez definidos los componentes se procede a un análisis de cada componente y a determinar las funciones de cada uno de los componentes que conforman nuestro sistema de vehículos autoguiados (fig. 4.4). Las funciones que el vehículo autoguiado puede realizar son: el manejo de materiales entre almacén y estaciones de trabajo, manejo de materiales entre estaciones de trabajo manuales ó automáticas, transporte de materia prima, transporte de producto terminado, transporte de herramental, transporte de pallets, de contenedores, de partes de mantenimiento, o bien la limpieza de piso.

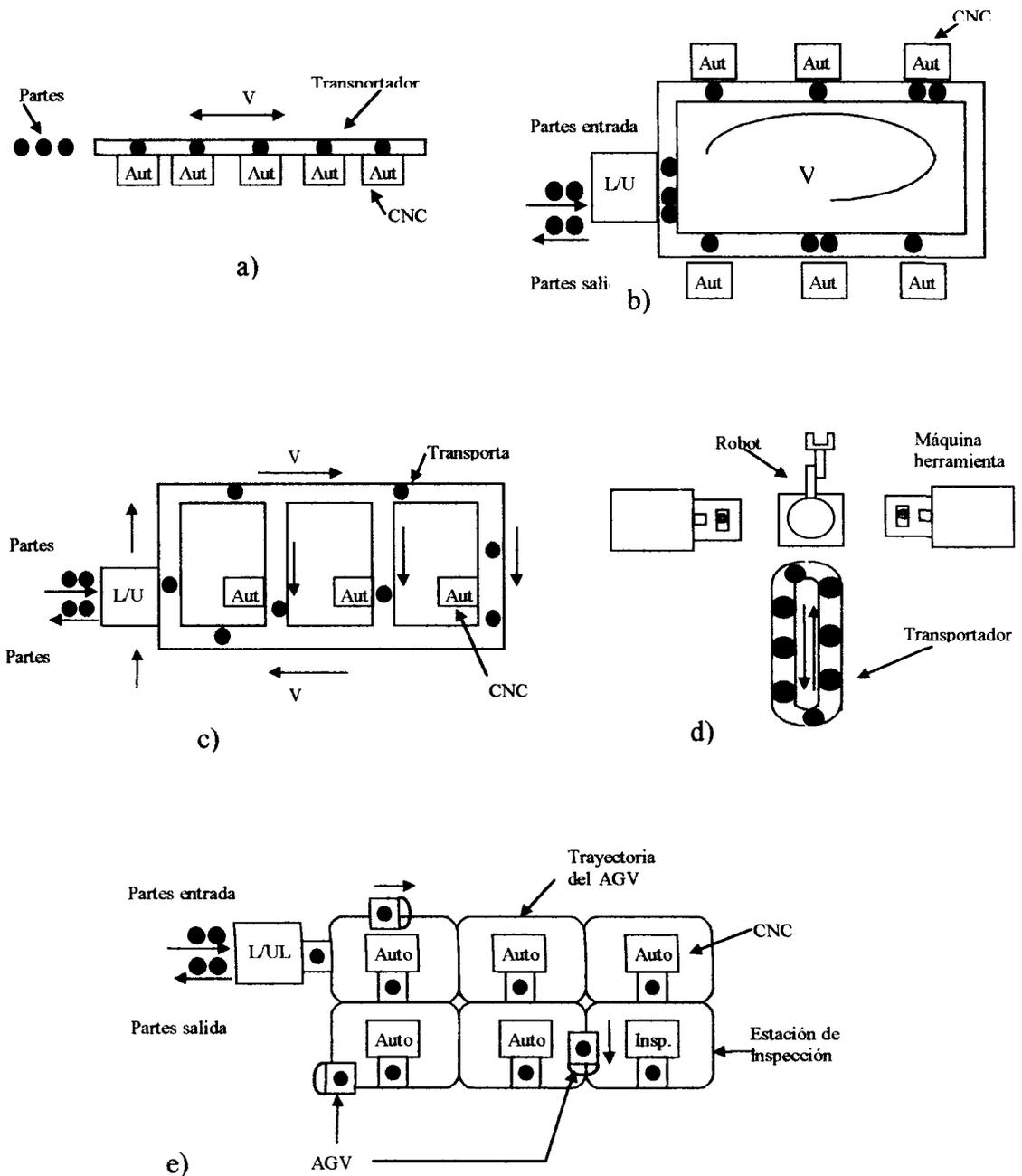


Fig. 4.3 Diferentes configuraciones de un FMS [23].

Una vez definidas las funciones del vehículo se definen las funciones del sistema de posicionamiento, en donde el principal objetivo es tener definido un punto en el espacio para que el vehículo pueda realizar funciones de carga y descarga de productos. Este punto de origen servirá para referenciar al vehículo con los elementos del FMS.

Otra función que podría realizarse es en la corrección de posición y compensar el posible error de desplazamiento del vehículo. La función del sistema de guía es el dirigir al vehículo en las trayectorias definidas entre las estaciones de trabajo, por lo que tendrá que conocer la posición del vehículo y calcular el error para la corrección de trayectoria. La siguiente función a definir es la del sistema de comunicación, entre las que se encuentran, envío de mensajes entre el sistema de control y el vehículo, envío de datos entre el controlador del vehículo y el vehículo, para conocer: coordenadas de posición, estado del vehículo (ocupado, libre), estado de los sensores, o bien para el envío de funciones de desplazamiento del vehículo.

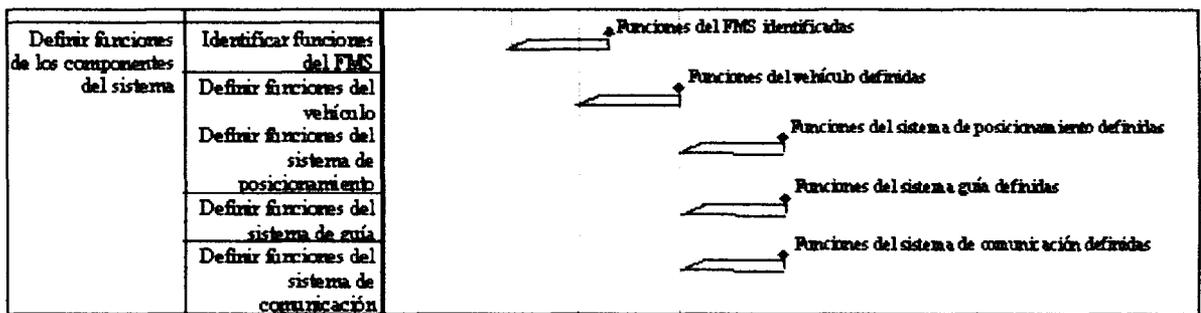


Fig. 4.4. definir las funciones de los componentes del sistema.

4.2.3 Definir las relaciones entre los componentes del sistema.

Esto involucra conocer como se encuentra definida la estructura de una celda, es decir la interconexión de los diferentes elementos y la forma de como se encuentran organizados y comunicados (fig 4.5). Para llegar a este nivel es necesario identificar claramente los dispositivos físicos del sistema ya que estos se encuentran representados generalmente por medio de módulos en el sistema de control. Estos módulos y su interconexión se encuentran identificados en un esquema que pudiera seguir un estándar de representación pero no necesariamente. Una vez estudiados estos módulos podemos proceder a seleccionar e instalar el sistema de comunicación con los equipos, establecer las rutas y trayectorias que los vehículos seguirán y establecer el control de tráfico en las rutas de servicio.

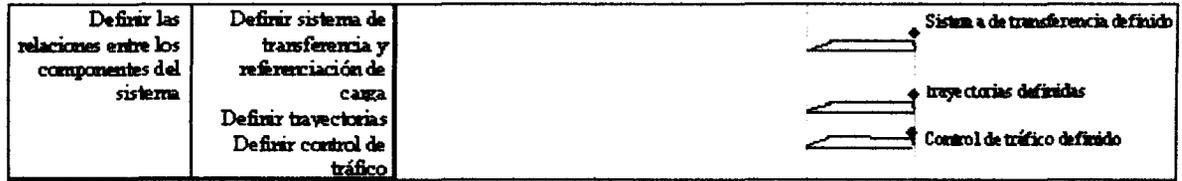


Fig. 4.5. Definir las relaciones entre los componentes del sistema.

En una celda de manufactura existen diversos elementos que permiten su operación desde el punto de vista del hardware, en primer plano se encuentran los equipos físicos (robots, centros de maquinado, almacén de entrada y salida automático AS/RS, transportador de material, PLC's) en segundo plano se encuentran los dispositivos que controlan a los equipos físicos en este caso los controladores de cada estación, existiendo una comunicación entre estos dos. Existe otro nivel jerárquico que es el controlador central que tiene a su cargo el manejo de la información de la celda para llevar cabo una orden de trabajo. Tanto el control central y los controladores de cada estación de trabajo se encuentran conectados en una red interna que sirve como medio de comunicación para el paso de mensajes entre estaciones (fig 4.6).

El conocer las relaciones entre el sistema de manufactura nos ayudará a definir la integración de nuestro vehículo con los componentes del sistema de manufactura. Esta es la parte en donde se consolida nuestra integración ya que se debe diseñar un sistema de transferencia de la carga confiable y que pueda absorber los posibles errores del posicionamiento del vehículo. Este sistema de transferencia deberá dejar a la carga perfectamente referenciada de tal manera que el robot manipulador pueda realizar una orden de carga ó descarga. Para esto existen varios métodos que generalmente se utilizan y que se presentan en el capítulo dos, no limitando la capacidad de desarrollo del integrador, de hecho al igual que en la implantación del sistema de posicionamiento del vehículo se requiere de creatividad para poder solucionar este tipo de problemas ya que generalmente se presentan escenarios difíciles en donde la solución no viene de la teoría sino de la creatividad del integrador.

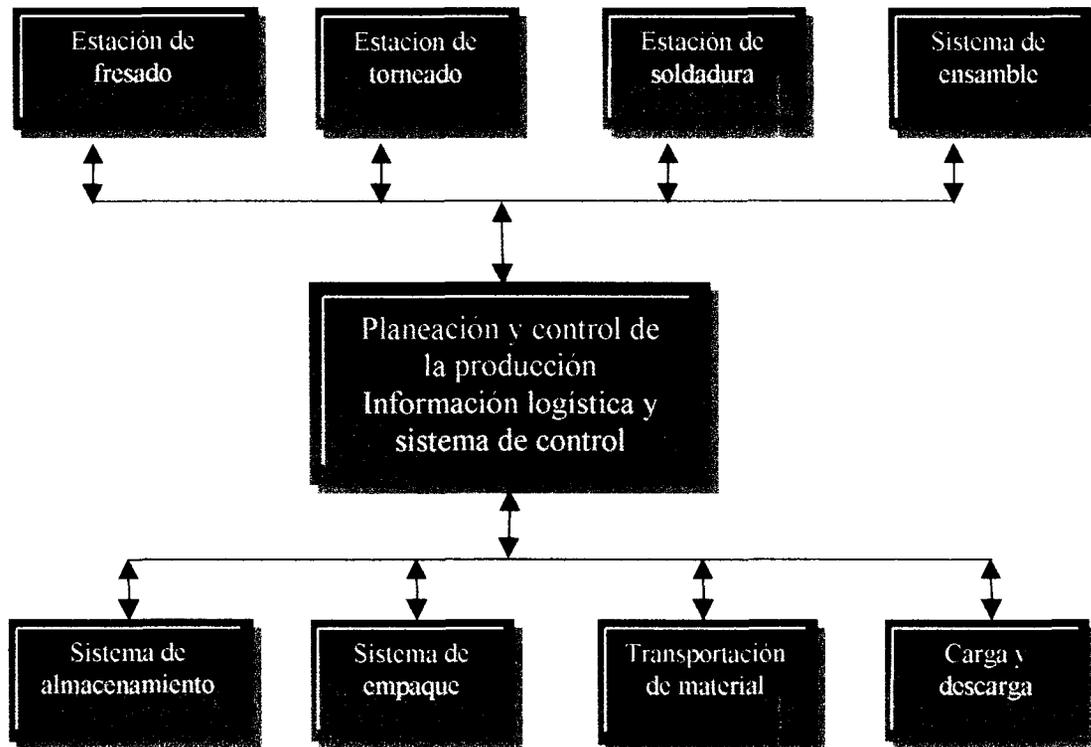


Fig 4.6. Estructura de los equipos físicos de una celda de manufactura.

Además es necesario definir las trayectorias que el(los) vehículo(s) va a seguir, y que se seleccionaran en base a dos tipos: las unidireccionales y las bidireccionales. Las primeras son utilizadas en trayectorias largas y donde se requieren varios vehículos, las segundas se aplican en trayectorias cortas por lo se necesitan menos vehículos en el sistema. Además se desarrolla el control de tráfico del (los) vehículo(s) utilizando los sistemas de comunicación y guía para se actualización. Este control de tráfico decidirá por ejemplo en una intersección que vehículo accederá a la trayectoria, tendrá el estado de cada vehículo actualizado de manera que el sistema de control del sistema de manufactura sabrá que vehículos se encuentran libres u ocupados para la asignación de tareas.

4.2.4 Generar representaciones de sistema las cuáles proveen un buen medio para discusión y revisión.

Una vez generada la integración física se procede a una representación esquemática del nuevo sistema de manera que al integrar la parte lógica se pueda desarrollar correctamente

(fig. 4.7). Esto no quiere decir que hasta la finalización de la parte física se proceda con la lógica, ya que como se podrá ver en la gráfica de la metodología (fig. 4.1) existen actividades que se pueden realizar en paralelo y son consecuencia de otras. Como por ejemplo una vez determinado el sistema de comunicación e instalado se procede a su integración con la parte del software de comunicaciones de la integración lógica.



Fig. 4.7. Generar representaciones del sistema.

4.3 INTEGRACION LÓGICA

La integración lógica sigue el mismo concepto de la metodología en la integración física solo que se hacen adaptaciones especiales tales como la inclusión de mensajes y el manejo de una base de datos, propios de esta etapa. Esta etapa utilizará programación orientada a objetos debido a que es la más apropiada en este tipo de sistemas ya que permite un manejo modular del sistema y además es flexible. Este modelo esta basado en metodología de Zhou, Greenwell y Tannock [14] para su adaptación.

Los pasos para este análisis son los siguientes:

- a) Definir los componentes del programa: objetos, eventos y operaciones.
 - ✓ Crear los objetos del mundo real que son requeridos en el modelo.
 - ✓ Crear los eventos del medio ambiente que requieren una respuesta del controlador.
 - ✓ Identificar las operaciones requeridas de los objetos para llevar a cabo estas respuestas.
- b) Definir el comportamiento de los objetos (es decir las funciones y operaciones en objetos).
- c) La descripción de la estructura del sistema (es decir definir las comunicaciones requeridas de los objetos para ejecutar las diversas respuestas) por medio diagramas de conexión y clases jerárquicas.
- d) Configuración de la base de datos.
- e) Las relaciones entre objetos esta representada por medio de mensajes entre objetos.

La programación orientada a objetos no es nueva ya que los conceptos nacieron en los 1960's y han sido usados por sistemas prototipos de inteligencia artificial. Recientemente las ideas de la programación orientada a objetos (POO) han sido retomadas en lenguajes tales como C y Pascal.

Los conceptos principales en la POO son [14]:

- Objetos
- Encapsulación
- Clase y herencia
- Control de acceso
- Polimorfismo

El concepto de objeto es la principal característica de la POO. Un objeto es una entidad lógica que contiene datos y código de programa para construir la función requerida la cuál manipulará los datos. Dentro de un objeto algunas funciones y datos deben ser propios del objeto e inaccesibles para cualquier objeto externo. Esto significa una protección del objeto en caso de una modificación accidental o incorrecto uso de parte del objeto. Este tipo de relación entre datos y funciones se le conoce como encapsulación. Una clase contiene la descripción de uno o más objetos. Un objeto individual es una instancia de una clase. Las clases son organizadas en jerarquía. Las clases de nivel bajo pueden tener las características de las clases de nivel alto. Una clase derivada de otra clase puede tener datos adicionales y funciones las cuáles son específicas a la clase.

4.3.1 Definir los componentes del programa.

Como primer paso se deben identificar los objetos del mundo real que son requeridos por el modelo (fig. 4.8), estos objetos del mundo real tienen una representación en el software de manera que se relacione lo más posible con la realidad. Estos objetos pueden ser equipos, medios de comunicación que reciben una representación en el sistema de control. Una vez identificados los objetos se procede a la creación de los nuevos relacionados con nuestro vehículo. Paralelamente se realiza el mismo análisis con los eventos y operaciones en

donde los primeros representan acciones que ocurren y se genera una reacción por parte del controlador. Estos eventos son definidos en los objetos y es ahí donde se crean los nuevos.

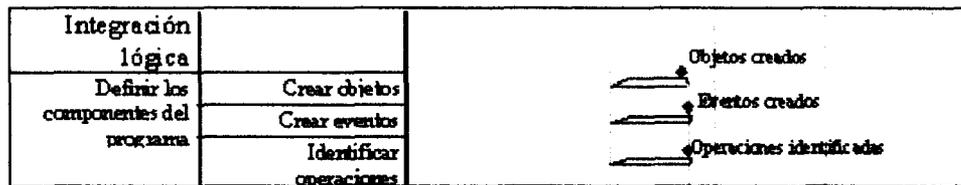


Fig. 4.8. Definir componentes del sistema.

Las operaciones ó funciones forman parte de los objetos y están contenidos en las actividades a realizar dado un evento. Como nuestro equipo a integrar tiene funciones propias que no están definidas en el controlador se deben crear las correspondientes para su operación, como ejemplo de estas funciones se encuentran la alineación a “home” y el desplazamiento. Una vez realizado lo anterior en esta etapa se generan los nuevos controlador(es) para nuestro vehículo, estos controladores deberán de manejar al(los) equipo(s) físicos y la comunicación con el sistema de control central (fig. 4.9).

Por ejemplo como se muestra en la fig 4.10, una maquina herramienta de control numérico CN puede ser representada como un objeto la cuál es una instancia de la clase *Maquina CN*, la cuál es parte de la clase *Maquina*, la cuál es incluida en la gran clase *Resource*. El nivel más alto es el más general con niveles derivados más específicos que el superior. Una característica (dato ó función) es definida en una clase todas las clases derivadas de esta clase tendrán inherentemente esta característica. Si una máquina es definida como una instancia de clase *Maquina CN* implícitamente se define que la maquina requiere programas de parte. Considere el ejemplo de la clase *Maquina CN* para un ejemplo de cómo datos y funciones son definidas. La clase *Maquina CN* puede ser definida en lenguaje C++ como sigue:

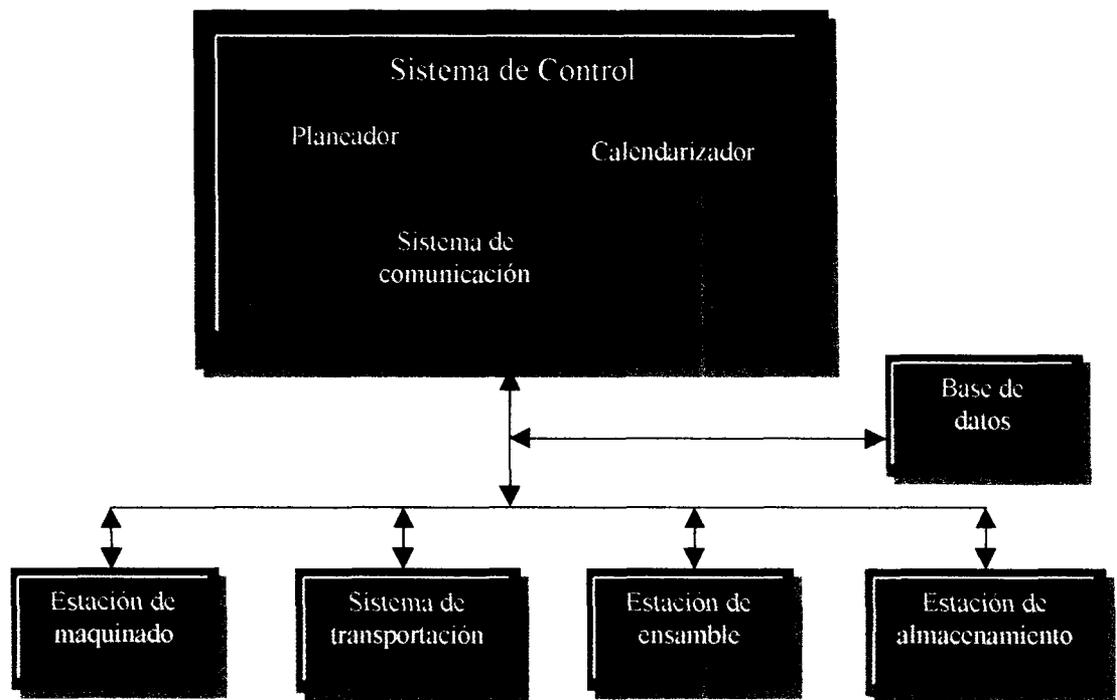


Fig 4.9. Representación esquemática de un controlador de celda.

```

Class Maquina_CN
{
    private: string MaquinaID;
            string MaquinaDescripcion
            string Operación
            real Costo_Corrída;
            boolean Actualizacion_Costo_Corrída (real Costo_Corrída_Nuevo);
    public: virtual boolean Operación_Cambio(string Operación):
            string Obtener_Operacion();
            real Obtener_Costo_Corrída(string Operación);
}

```

Los datos miembro privados (MaquinaID, Maquina_Descripcion, Operación_Disponible, Costo_Corrída) y las funciones miembros (Actualizar_Costo_Corrída(), Obtener_Operación_Disponible(), Obtener_Costo_Corrída()) de la clase son encapsulados en la clase. Los datos miembros solamente pueden ser accedados a través de funciones miembros.

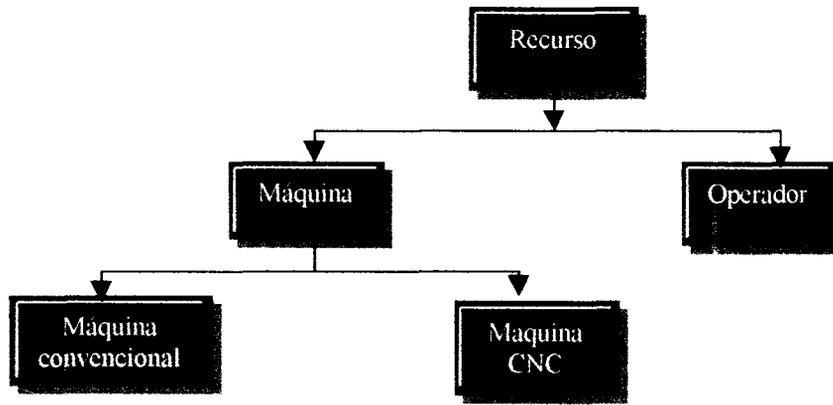


Fig. 4.10. Representación de una máquina herramienta como un objeto.

4.3.2 Descripción del comportamiento de los objetos.

Una vez identificadas las funciones y operaciones del sistema de control, se procede a una descripción de manera que pueda identificarse el estándar para la creación de estas funciones y el lugar donde se deben incluir las nuevas funciones (fig. 4.11). Es posible que se tengan que agregar nuevas librerías donde se encuentren definidas las funciones, de manera que puedan ser leídas por todos los controladores del sistema (fig. 4.6).



Fig. 4.11. Descripción del comportamiento de los objetos.

```

Class Controlador1
{
    int toma_coordenadas(); //toma coordenadas de posición del robot
    void mueve_robot();    //mueve robot
    void da_vuelta();     //gira al robot
}
  
```

Fig. 4.12. Descripción de las funciones del objeto controlador1.

4.3.3 Definir la estructura del sistema del modelo por medio de diagramas de conexión y clases jerárquicas.

El sistema de control de un sistema de manufactura cuenta con una estructura de comunicación que determina la interconexión entre las aplicaciones del software de control. Esta comunicación sigue una secuenciación de funciones definidas en los objetos (fig. 4.13). Las comunicaciones sirven para el intercambio de datos e información entre los controladores de los equipos y el controlador central. Estos datos ó información son enviados en forma de mensajes y que son interpretados por los controladores y por el controlador central para realizar una actividad con los equipos ó actualizar la base de datos (fig. 4.9).

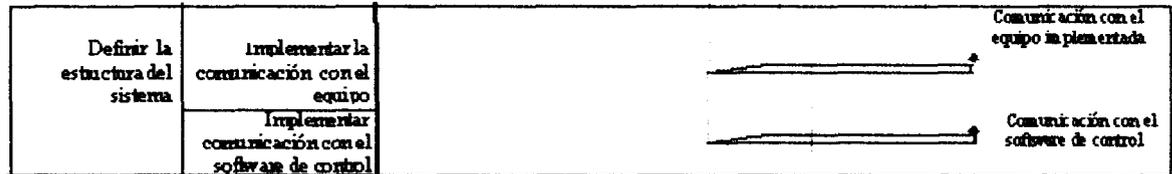


Fig. 4.13. Definir la estructura del sistema.

4.3.4 Configuración de la base de datos.

En la base de datos se encuentran definidos parámetros que nos permiten conocer el estado actual de los equipos, que le permiten al sistema de control tener actualizado su estatus y programar correctamente las actividades del sistema de manufactura. Una vez identificada y analizada la estructura de datos se incluyen los nuevos elementos relacionados a nuestro vehículo, como son: dar de alta el equipo ó los elementos de estatus que va manejar como son ocupado, libre, o en error (fig. 4.14). Estos elementos son modificados por el controlador de los equipos de manera que al mandar una orden hacia el equipo, también se envía una orden para escribir en la base de datos.



Fig. 4.14 Configurar la base de datos.

4.3.5 Definir las relaciones entre objetos por medio de mensajes entre objetos.

En los sistemas de control de celdas de manufactura se utilizan los mensajes entre aplicaciones y equipos para enviar datos, ordenes para una determinada acción del sistema (fig. 4.15). Existen esquemas para estructurar los mensajes tales como paso de mensajes y la secuencia de mensajes. Un estándar utilizado es MMS (Manufacturing Message Specification) del ISO 9506 y es un elemento de servicio de la capa 7 de la aplicación OSI y especifica el intercambio de mensajes entre dispositivos programables para la manufactura integrada por computadora [2].



Fig. 4.15. Generar relaciones entre objetos por medio de mensajes.

Para facilitar la modelación independiente de la capa de aplicación, MMS define objetos de aplicación independiente, los cuáles son combinados en clases. MMS describe los servicios que facilitan la creación, eliminación, y manipulación de los objetos y especifica como debe ser su comportamiento para determinadas peticiones. El MMS así también describe el mapeo de los recursos de un dispositivo de manufactura en un modelo abstracto (Virtual manufacturing Device VMD). En este mapeo solo los recursos visibles o accesibles de la red son considerados. Los VMD consisten de elementos de clases de objetos MMS individuales. A continuación se describen los tipos de mensajes que pueden existir [4].

4.3.5.1 Paso de mensajes.

El paso de mensaje es una comunicación punto a punto y es realizado como una función o una llamada. Un mensaje es denotado por una flecha dirigida del emisor al receptor con una etiqueta indicando el nombre del mensaje. El emisor es conocido como cliente del mensaje y el receptor como servidor. Un mensaje puede involucrar un flujo bidireccional de datos cuando la invocación de una función retorna un valor. La existencia de flechas indican que el emisor podría enviar el mensaje, no que debe enviarlo. Cuando un mensaje es enviado, el receptor invoca la correspondiente función en la interfase. El ejemplo de la fig. 4.16 muestra un grafo de interacción de objetos para una operación VEA_HOME, la

cual ordena al AGV moverse a home. En el ejemplo, el *secuenciador* envía el mensaje VEA_PUESTO al *Driver*.

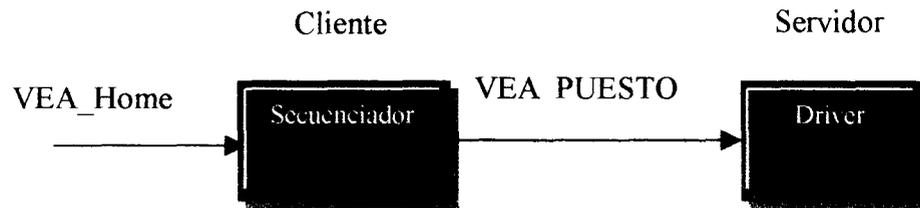


Fig. 4.16. Paso de mensajes entre objetos.

4.3.5.2 Secuencia de mensajes.

Cuando un mensaje es enviado a un objeto resulta en la ejecución de un procedimiento. La llamada al procedimiento debe ser completada antes de que el control sea regresado al cliente. Si el procedimiento además envía mensajes a otros objetos, entonces los procedimientos que son llamados deben ser terminados antes de que se regrese el control al cliente. Un ejemplo de la información secuencial se puede ver en la fig. 4.17 donde se envía la función *SecPlc_Mueve_Pallet* como primer paso, una vez ejecutada por el *Driver_Plc* éste contesta con el mensaje *Puesto_Ocupado*. Solo cuando se haya recibido este mensaje por el *SecPlc* continua con el siguiente paso que es enviar un mensaje *Toma_Contenedor* al *SecRobot* este a su vez envía la orden *Robot_Mueve_Pallet* al *Driver_Robot*.

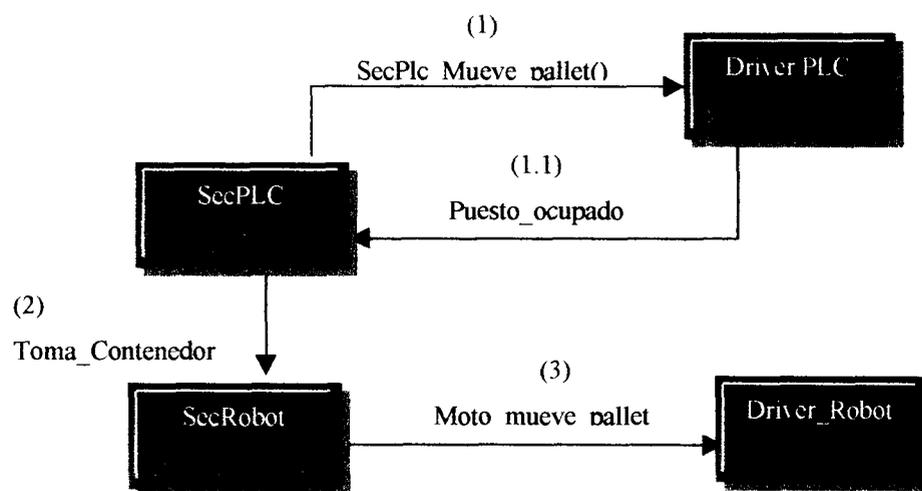
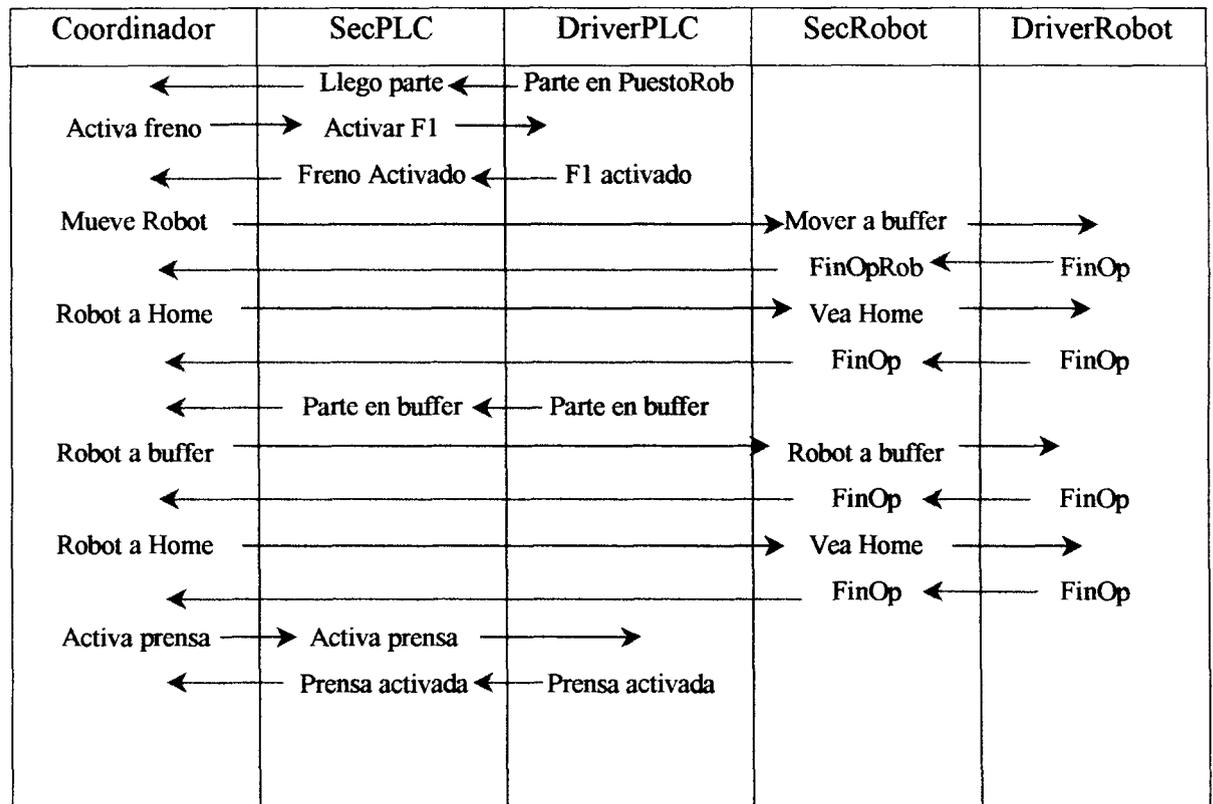


Fig. 4.17. Esquema de mensajes secuenciales.

En la figura 4.18 se presenta en forma de diagrama de secuencia la secuencia de mensajes entre el programa coordinador, el robot y el PLC. El objetivo es llevar la pieza que se detuvo en el puesto del robot al “buffer” 1 de la mesa de ensamble por medio de un robot manipulador. Esto involucra la intervención del PLC para mandar las señales de activación de frenos en el transportador y la lectura de los sensores para la coordinación de actividades con el robot manipulador.



4.18. Secuencia de mensajes entre aplicaciones [7].

4.4 Sistema integrado

Por último se llega a la etapa de pruebas finales de integración en donde las dos etapas trabajarán juntas para dar como resultado el sistema integrado.



Fig. 4.19. Sistema integrado.

4.5 Resumen.

La integración de vehículos autoguiados a sistemas flexibles de manufactura se realiza en dos etapas, la integración física y la integración lógica. En cada una de estas integraciones se aplica la metodología de diseño y en base a esto se establecen los elementos a modificar ó agregar en cada etapa de integración. Esta metodología de diseño esta basada en Zhou, Greenwell y Tannock[14] y a sido adaptada a nuestro trabajo de integración, de manera que cada una de nuestra etapas de integración estén desarrolladas en base a esta metodología. En la etapa de integración física se establecen el(los) vehículo(s) a utilizar, que trayectorias va a seguir, el sistema de comunicación a utilizar, la manera de posicionamiento y referenciación con el ambiente, el sistema de transferencia de carga, el sistema de carga y descarga, el sistema de referenciación con el ambiente y el control de tráfico. En la etapa de integración lógica que puede realizarse en paralelo con la anterior etapa y que se puede comprobar en la fig 4.1, se desarrollan los controladores necesarios para manejar a (los) vehículo(s), y la estructura de comunicación con el sistema de control del sistema de manufactura. Aquí se identifican e implementan los objetos, eventos, y funciones u operaciones necesarias para llevar a cabo la comunicación por ejemplo. Una vez creados los controladores es necesario definir los mensajes a utilizar siguiendo el patrón establecido por el sistema de control. Una vez que cada etapa de integración es completada es posible hacer pruebas de integración total para su evaluación.

Capítulo 5

CASO DE ESTUDIO

La aplicación de la metodología propuesta en este trabajo se hace en la celda de manufactura desarrollada por el área de automatización de celdas de manufactura del Centro de Sistemas Integrados de Manufactura CSIM - ITESM campus. El objetivo es integrar un vehículo autoguiado a la celda, teniendo como función el de transportar material para ensamble ó maquinado desde un puesto llamado almacén general. El puesto en donde se entrega el material se le llama mesa de transferencia, ahí el robot manipulador toma la pieza y la coloca en un puesto llamado puesto temporal para su posterior utilización ya sea para maquinado ó ensamble.

5.1 ETAPA DE INTEGRACION FISICA

5.1.1 Definir componentes del sistema

Como primer paso se hizo un análisis del sistema de manufactura a integrarse para determinar el tipo de vehículo(s) más adecuado. La celda de manufactura esta formada por los siguientes elementos (fig. 5.1):

AS/RS vertical con 12 casillas

- ✓ Transportador anclado al piso de 2.5mts de largo, con una velocidad de 10m/min
- ✓ Mesa de ensamble con dos dosificadores de piezas circulares y referenciador de piezas rectangulares
- ✓ Robot manipulador de seis grados de libertad y con capacidad de carga de 3kg
- ✓ Estación de inspección y medición formada por una tarjeta de adquisición de video y una cámara capaz de detectar color y formas
- ✓ Centro de maquinado vertical de cuatro ejes, carrusel de 16 herramientas, controlador fanuc
- ✓ Programador lógico programable PLC con 80 entradas analógicas, 48 salidas NPN, 8 salidas relevador y un módulo de entradas digitales.



Fig 5.1. Estructura de los equipos físicos de la celda de manufactura.

Los materiales y productos se transportan por medio de contenedores y estos a su vez son puestos en los pallets, por lo que al llegar un pallet al puesto del robot este toma el contenedor y lo deposita en un puesto temporal, después el toma el material o producto del contenedor y lo deposita en la mesa de ensamble ó en el centro de maquinado. La tarea adicional que se quiere es que además el robot pueda depositar el material en la mesa de transferencia del vehículo ó bien tomar el material de esta y depositarlo en el contenedor del puesto temporal del puesto del robot.

El vehículo fue seleccionado en base a los siguientes requerimientos:

- ✓ Para trabajo en ambiente de laboratorio
- ✓ transporte de piezas fabricadas en una celda de manufactura didáctica
- ✓ carga y descarga de estaciones de trabajo de altura fija
- ✓ para manejo de piezas con un peso menor de 100 kg
- ✓ control del vehículo por medio de computadora
- ✓ posibilidad para control inalámbrico del vehículo
- ✓ posibilidad de desarrollo con lenguajes de programación C, Pascal
- ✓ librerías de desarrollo en DOS, WINDOWS, UNIX
- ✓ posibilidad para adaptación de sistemas de transferencia
- ✓ posibilidad para el manejo de múltiples vehículos
- ✓ posibilidad para conectar entradas/salidas analógicas y digitales
- ✓ posibilidad para conectar sistemas láser de referenciación del vehículo
- ✓ posibilidad para conectar sistemas infrarrojos de posicionamiento
- ✓ posibilidad para conectar sistemas de visión

El vehículo seleccionado es del tipo de carga unitaria (fig. 5.3). El vehículo tiene las siguientes características.

- ✓ Capacidad a plena carga de 100kg
- ✓ Velocidad máxima de desplazamiento de 1 mt/min
- ✓ Puerto serial RS232
- ✓ Control de velocidad diferencial en las llantas
- ✓ Mesa de transferencia
- ✓ Puerto de joystick
- ✓ Funciones de desarrollo en lenguaje C
- ✓ Librerías de desarrollo en DOS, WINDOWS, UNIX

Otro componente que se definió es el sistema de posicionamiento, ya que el vehículo como cualquier otro vehículo autoguiado presenta un error en la lectura de posición debido a que esta se basa en la lectura de los encoders instalados en las llantas y al sufrir un pequeño deslizamiento o patinado de la llantas ocasiona un error que debe ser corregido para evitar imprecisiones en el posicionamiento. Debido a lo anterior se necesita de una retroalimentación por medio de sensores ya sea inductivos u ópticos que nos permitan determinar la posición real del vehículo.

El vehículo no cuenta con un módulo de entradas/ salidas analógicas ó digitales, por lo que se decidió utilizar un sistema de sensores infrarrojos conectados al puerto de joystick del vehículo, de manera que puedan ser leídos por el controlador del equipo. Estos sensores detectarán marcas en el piso separadas a una cierta distancia. Estas marcas debieron ser de color negro ya que el piso es de color blanco y de esta forma los sensores pueden detectar el cambio de contraste entre las dos superficies. Las marcas están situadas en las estaciones a donde el vehículo va a llegar, en este caso son dos estaciones: el puesto de almacén general y el puesto del robot.

El sistema de posicionamiento esta formado por los siguientes elementos:

- ✓ 2 sensores infrarrojos (fig 5.2)
- ✓ 2 marcas negras en el piso de color blanco de 1.4mt de largo y 3cm de ancho.

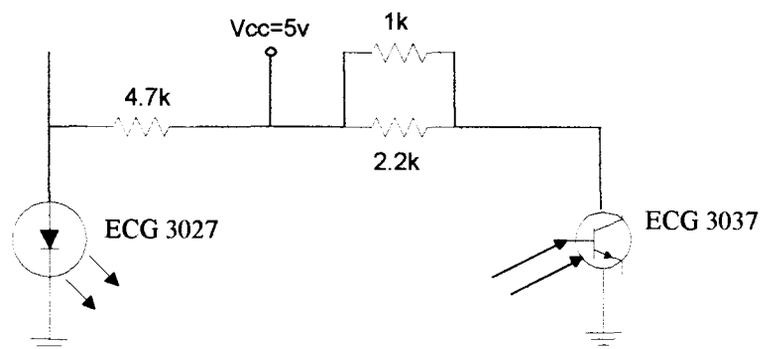


Fig 5.2. Diagrama del sensor de marca.

La precisión del posicionamiento depende de dos factores, del sistema de frenado del vehículo y de los sensores infrarrojos instalados en él. Del primer elemento no podemos hacer nada debido a que el vehículo posee un controlador propio para esta tarea, del segundo elemento la velocidad de respuesta del fototransistor es muy rápida por que queda en la manera de lectura de estos sensores por parte del vehículo la capacidad de respuesta del sistema de posicionamiento. Aquí debido a que no se disponía de un módulo de entradas/ salidas propias del vehículo se tuvo que utilizar el puerto de joystick para acceder a la lectura de los sensores.

El vehículo no cuenta con un sistema de control de flujo que le permita al controlador de la celda determinar en que momento termino una tarea. Por lo que es necesario acceder al puerto de manera continua para monitorear los sensores y el modo de operación del vehículo. Además de esto se tiene que enfrentar como se verá más adelante el problema de la comunicación, ya que existe un pequeño retardo en la comunicación debido al empaquetamiento y desempaquetamiento de la información por parte de los modems. Todo esto nos ocasiona un retardo bastante considerable, alrededor de 4 segundos de reacción en el peor de los casos. La mejor solución encontrada fue realizar la lectura de los sensores cada 0.5 cm, obligando al vehículo a detenerse y reiniciar su desplazamiento hasta que la comunicación sea correcta, además de disminuir la velocidad del vehículo.

Blanco a negro		15-Nov-98		
discreto a 1 cm				
No exp	Sen x	Sen y	$(xi-m)^2$	$(xi-m)^2$
1	0.3	0.7	0.058	0.001
2	0	1.3	0.292	0.329
3	0.3	0.4	0.058	0.107
4	0.8	0.9	0.068	0.030
5	0	1.3	0.292	0.329
6	0	0.8	0.292	0.005
7	0.7	0.2	0.026	0.277
8	0.6	0.2	0.004	0.277
9	0.9	1.4	0.130	0.453
10	0.7	0.2	0.026	0.277

11	0.4	0.8	0.020	0.005
12	0.9	0.4	0.130	0.107
13	1.5	1.4	0.922	0.453
14	1	0.2	0.212	0.277
15	0	0.7	0.292	0.001
Suma	8.1	10.9	2.816	2.929
media (m)	0.54	0.727	Suma/14	Suma/14
desviacion	0.448	0.457	0.201	0.209
Comprobación	0.448	0.457		
68%				
		R real		
Sen x		0		
		0.988		
Sen y		0		
		1.184		
95%				
		R real		
Sen x		0		
		1.437		
Sen y		0		
		1.642		
99.70%				
		R real		
Sen x		0		
		1.885		
Sen y		0		
		2.099		

Tabla. 5.1. Cálculo del ancho de la marca.

Para que nuestro sistema sea estadísticamente confiable a pesar del retraso de los sensores se procedió a determinar el ancho de las marcas calculando la desviación estándar de las lecturas de los sensores y determinar el ancho en una región como es 3σ , para esto se tomo una muestra de 15 experimentos en cada uno de los dos sensores infrarrojos y se calculo su desviación (tabla 5.1). Como se podrá observar el 99.7% de probabilidades de que el sensor registre la marca es de 2cm, por lo que se decidió elevar a 3cm aplicando un factor de seguridad del 50%, asegurando así el 100% de probabilidades en la lectura del sensor.

El sistema de guía es realizado por el controlador del vehículo que en este caso es de tipo velocidad diferencial en las llantas y se utilizan las funciones propias del vehículo para seguir las trayectorias. Las trayectorias serán rectilíneas entre marca y marca y una corrección en cada marca en base al sistema de posicionamiento

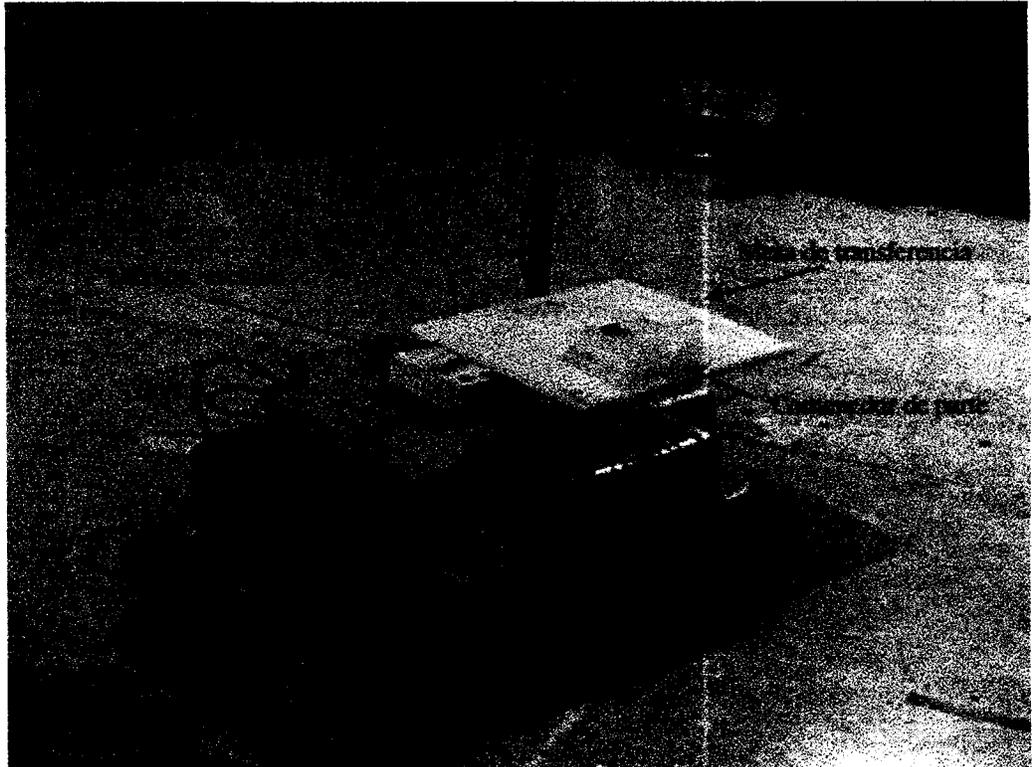


Fig. 5.3. Elementos del vehículo autoguiado.

El sistema de comunicación esta formado por los siguientes elementos (fig. 5.3, fig. 5.4):

- ✓ 2 modems de radio frecuencia con un alcance de 400 pies
- ✓ Velocidad de transmisión de 9600 baudios
- ✓ Comunicación serial RS232

Los de modems de radio frecuencia se instalaron para comunicar a la computadora con el vehículo de manera remota, el primero va conectado a la computadora de control y se llama MAESTRO el segundo va instalado en el vehículo autoguiado y se llama ESCLAVO. Los modems se configuraron de esta forma y funcionan de forma transparente al sistema, ellos se encargan de empaquetar la información y mandarla por radio frecuencia al otro (fig. 5.4).

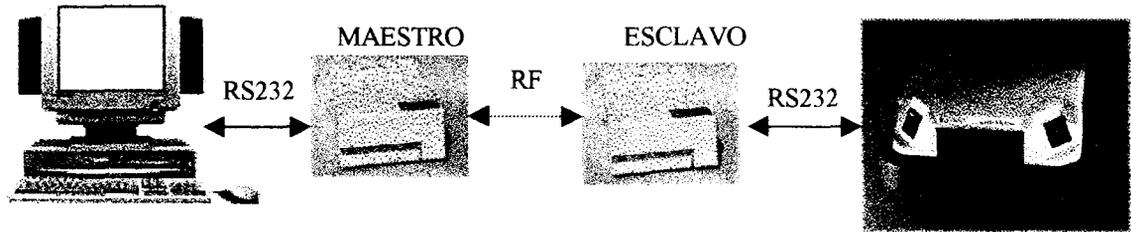


Fig.5.4. Esquema de comunicación entre el vehículo autoguiado y la computadora utilizando modems de RF.

5.1.2 Determinar la función de los componentes del sistema

Al identificar los componentes del sistema de manufactura se puede determinar cuáles de ellos tienen relación con el vehículo autoguiado, como por ejemplo: el robot manipulador nos servirá para el manejo del producto entre el sistema de transferencia y los “buffers” de espera.

Función del vehículo

- ✓ Transporte de material entre la estación de almacén general y el puesto de robot
- ✓ Soporte de la pieza en la mesa de transferencia

El vehículo tiene la función de transportar material entre el almacén general y el puesto de robot, además de llevar la mesa de transferencia para la referenciación de la parte.

Función del sistema de posicionamiento:

- ✓ Llevar el vehículo a “home”
- ✓ Reducir el error de desplazamiento

Mediante el sistema de posicionamiento, el vehículo puede tener un punto de referencia del mundo real y la posibilidad de desplazarse con trayectorias definidas de manera que no choque con obstáculos.

Función del sistema de comunicación

- ✓ Envío de mensajes entre aplicaciones del software de control
- ✓ Envío de ordenes del controlador

El sistema de comunicación tiene el propósito de comunicar al sistema de control de la celda con el vehículo. Existen dos niveles de comunicación, la establecida entre el controlador del vehículo y el vehículo mismo (RS232) y la comunicación entre aplicaciones del software de control realizada por medio de Named Pipes.

5.1.3 Definir relaciones entre los componentes del sistema

Definir sistema de transferencia y referenciación

El sistema de transferencia se diseñó de manera que funcionará a su vez de referenciador (fig 5.6 y fig. 5.7). Este sistema tiene la particularidad de que en la misma plataforma, instalada en el vehículo para llevar la carga se realiza la referenciación del contenedor. Formada por un sistema neumático de dos grados de libertad para el movimiento en un plano del contenedor y de utilizar a una esquina de la mesa de transferencia como tope limite en el desplazamiento del contenedor, el sistema realiza la alineación perfectamente y el robot puede tomar de la mesa de transferencia el contenedor alineado. En la fig. 5.5 y fig. 5.6 se presenta el sistema de transferencia y referenciación. En la fig 5.8 se presenta el diagrama neumático del sistema de transferencia y referenciación.

Los elementos que forman al sistema de transferencia y referenciación son:

- 1 cilindro neumático DGS-25-100-PPU FESTO
- 1 pistones neumáticos CDQ 2B20-50D SMC
- 1 pistones neumáticos CDO 2A32-60D SMC
- 2 sensores inductivos
- 4 válvulas de doble efecto MFH-5-1/8

Para descongestionar de trabajo al controlador de la celda se decidió que el robot controlara al sistema de transferencia por medio de sus entradas y salidas analógicas.

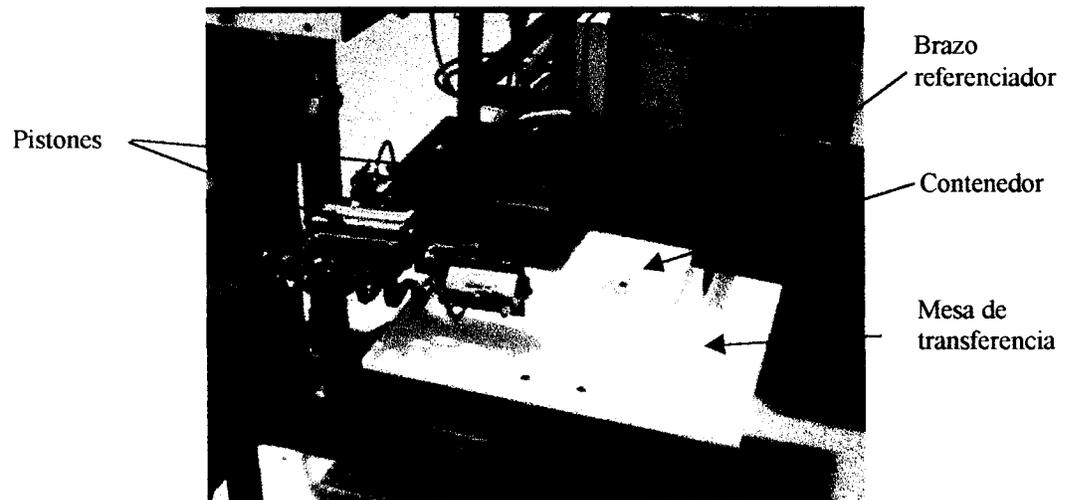


Fig. 5.5. Sistema de transferencia y referenciador del contenedor.

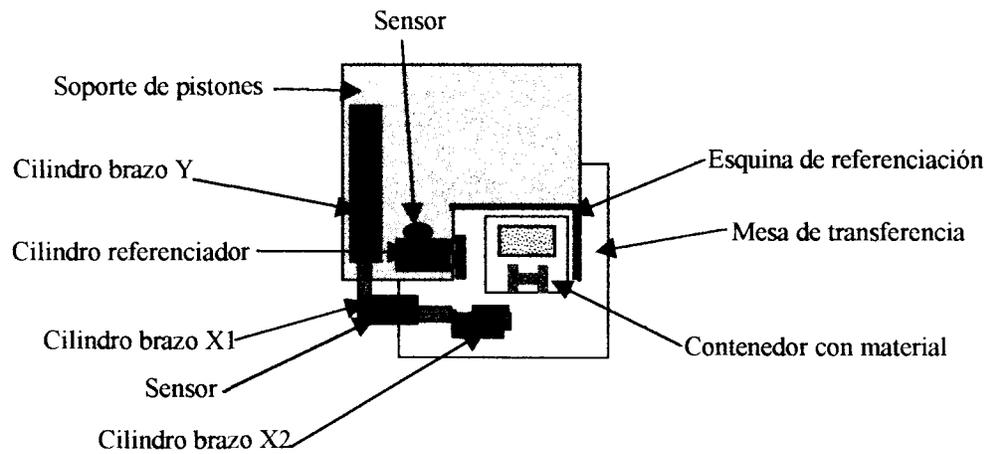


Fig. 5.6. Elementos del sistema de transferencia y referenciación.

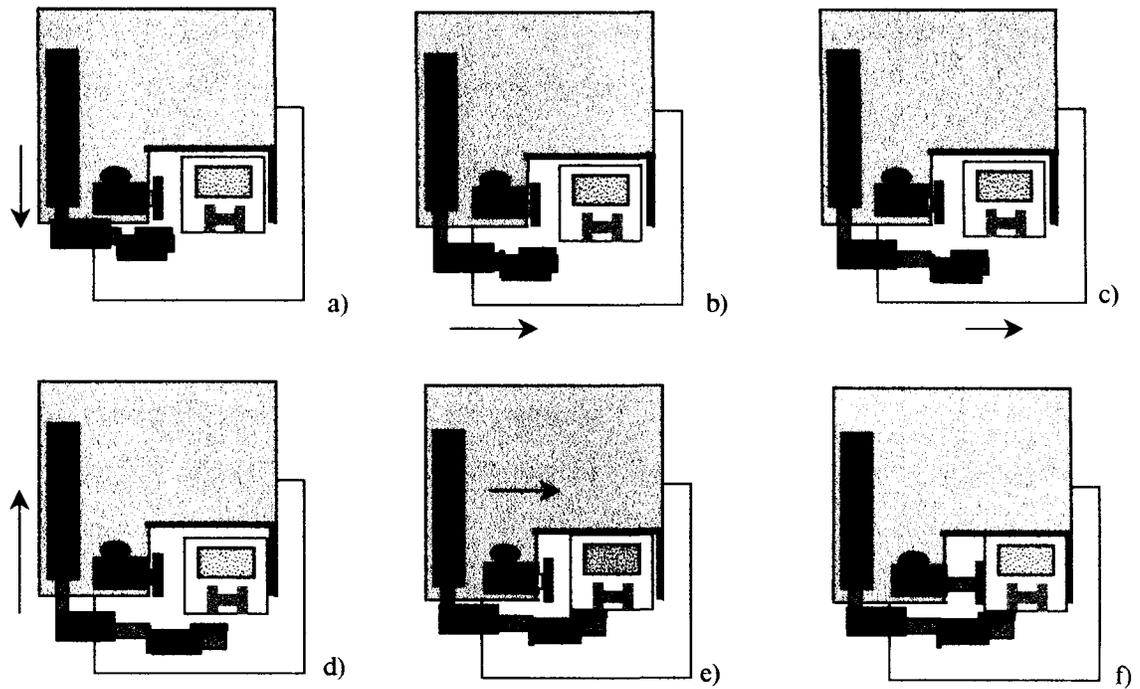


Fig. 5.7. Secuencia de referenciación de contenedor en mesa de transferencia.

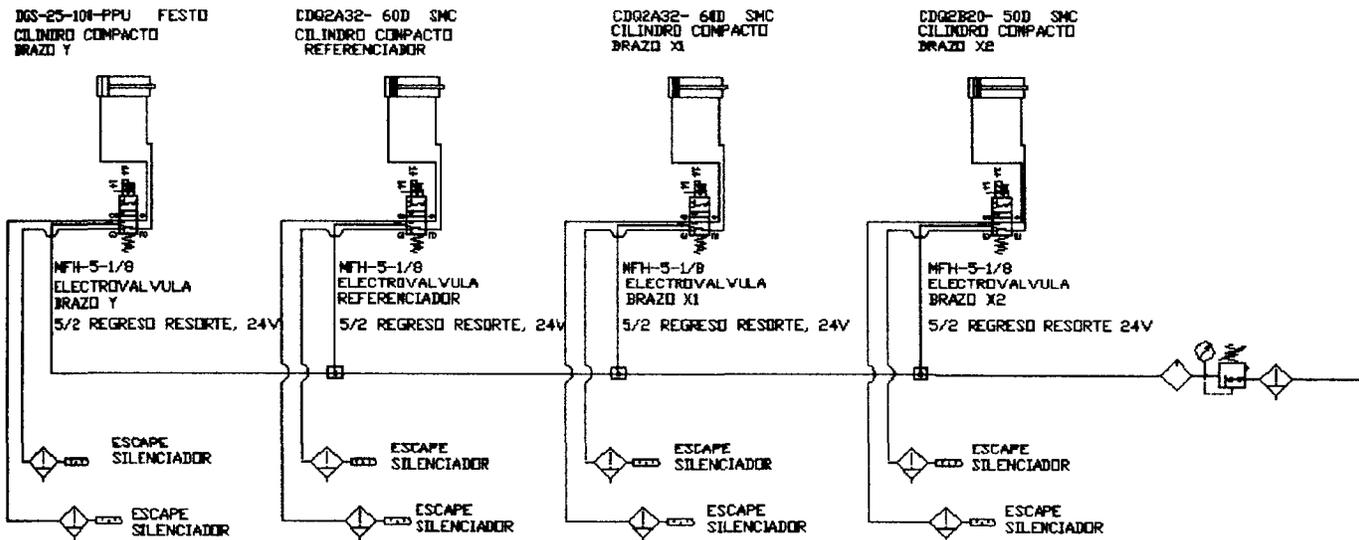


Fig. 5.8. Diagrama neumático del sistema de transferencia y referenciación.

Definir trayectorias

La trayectoria que se eligió es bidireccional ya que solo se necesita ir del puesto de almacén general al puesto del robot cuando va a descargar material y de manera inversa cuando descarga material en el puesto de almacén general (fig. 5.9).

Definir control de tráfico

El control de tráfico en este caso no se encuentra presente debido a que es solo un vehículo y queda en manos del controlador central la asignación de tareas al vehículo.

5.1.4 Generar representaciones del sistema

En la fig 5.9 se muestra una representación del sistema real que aparece en la fig. 5.10.

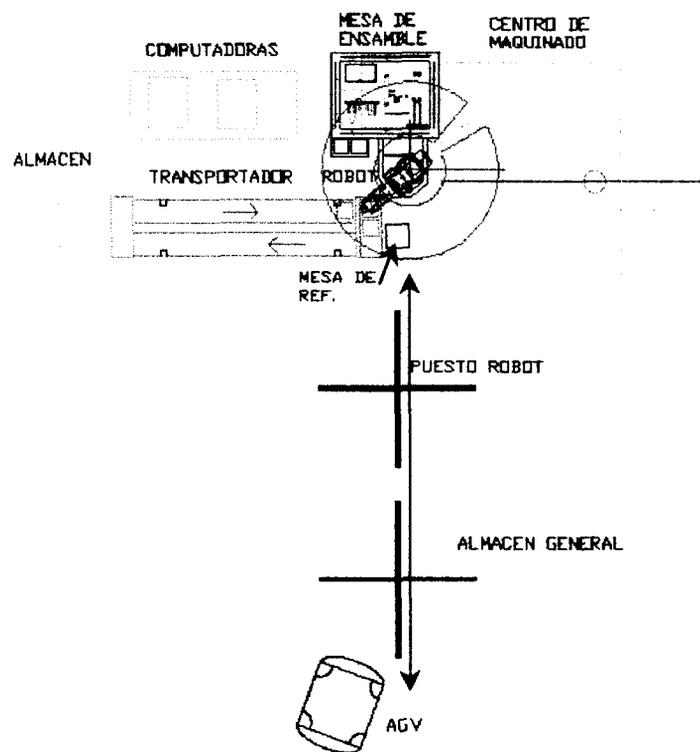


Fig. 5.9. Distribución de la celda de manufactura



Fig. 5.10. Integración del AGV a la celda de manufactura.

5.2 ETAPA DE INTEGRACIÓN LÓGICA

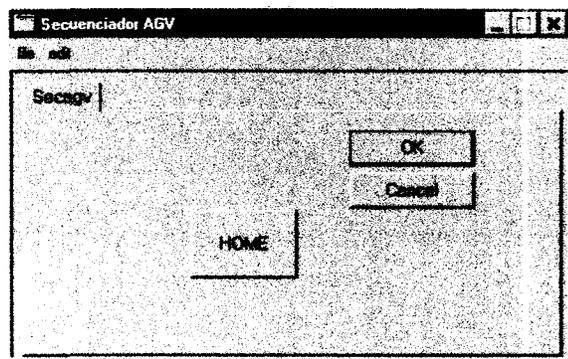
Esta etapa tiene como propósito desarrollar e integrar la parte del software del vehículo con el software de control de la celda, identificando los componentes del programa y su comportamiento, describiendo la estructura del sistema, la configurando la base de datos, y generar las relaciones entre los objetos por medio de mensajes.

5.2.1 Identificar componentes del programa

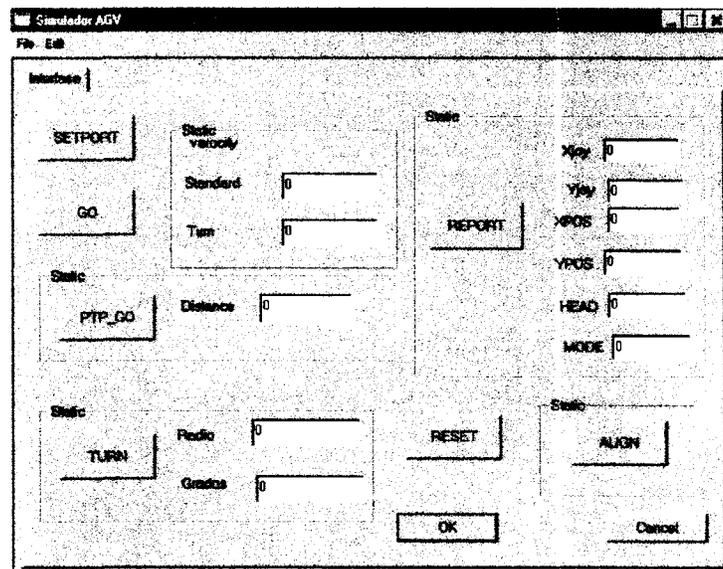
En esta parte identificamos, describimos y creamos los nuevos objetos, eventos y operaciones a realizar en la integración. Pero primero se necesita realizar un análisis del sistema de control de la celda el cuál se encuentra formado de la siguiente manera (fig.5.16): en la parte inferior por los **drivers** que controlan a los equipos, estas aplicaciones manejan el protocolo de comunicación con los equipos físicos, el siguiente nivel son los **secuenciadores** que manejan el paso de mensajes entre el coordinador y los “drivers”, el siguiente nivel es el **coordinador** que se encarga del manejo de mensajes de todas las estaciones, de la base de datos del sistema y del simulador de la celda llamado N7.

Una vez realizado este análisis fueron desarrollados los objetos, eventos y operaciones que están contenidos en las aplicaciones las cuáles son: el Secagv que es el secuenciador de

AGV (fig 5.11a) y el driver del AGV llamado LABMATE (fig 5.11b). Además se agregó una nueva sección en el menú de ordenes donde se incluye al AGV. Las aplicaciones funcionan en modo “off line” y modo manual en el intermon (fig 5.12). El modo “off line” controla al AGV desde una interfase gráfica donde se le especifican las funciones que va a realizar, por ejemplo velocidad, tipo de movimiento rectilíneo ó curvilíneo fig 5.12. En el modo manual las ordenes se ejecutan desde la nueva sección de ordenes del intermon bajo el nombre de ordenes-> AGV fig 5.12. Aquí la orden se ejecuta sin necesidad de especificar los parámetros de velocidad y de movimiento ya que ésta descripción de variables están incluidas en las funciones del menú de órdenes.



a)



b)

Fig. 5.11 SecAgv secuenciador del AGV.

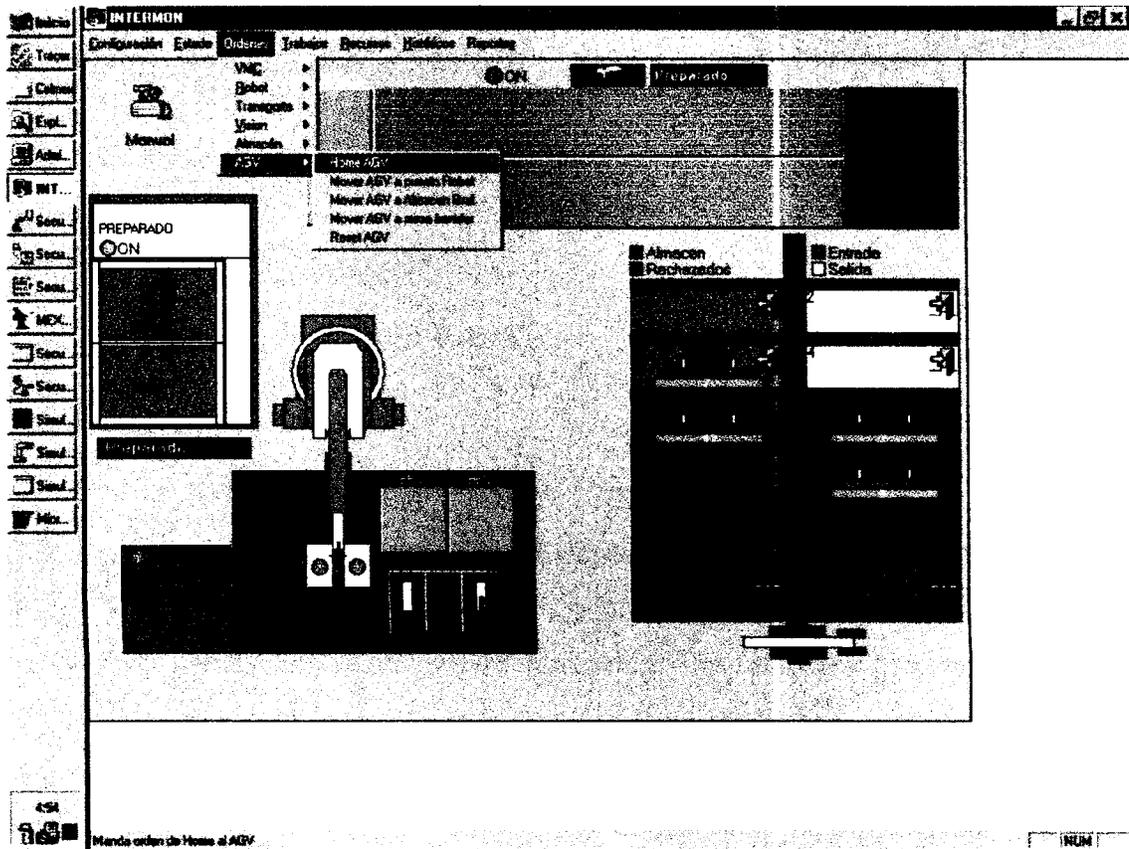


Fig. 5.12. Interfase del software de control con el modulo AGV incluido.

También se desarrolló la librería SecAgv.Lib en donde se encuentran contenidas las funciones que van a ejecutar el *intermon* y el *coordinador* para llamar al *secuenciador* del AGV. Existe un archivo llamado *dragvmx.h* donde se encuentran definidos los mensajes enviados del *secuenciador* al *driver*.

Los eventos creados están contenidos en el archivo *celmex.ini* y son:

ADRAGV = EVADRAGV
 SECAGV = EVMEXSECAGV

Los objetos creados son:

```
class CLabmateApp : public CWinApp
{
public:
```

```

        CLabmateApp();
};

class CSecagvApp : public CWinApp
{
public:
    CSecagvApp();
};

class CThreadEscucha : public CObject
{
    BOOL bstop;    //Flag de stop de thread

public:
    void Run();
};

```

5.2.2 Describir el comportamiento de los objetos (Crear funciones y operaciones)

Una vez creadas las aplicaciones SECAGV y LABMATE fueron generadas las funciones que conformarán el comportamiento de los objetos. Las funciones de desarrollo originales del vehículo se encontraban en ambiente DOS y en lenguaje C, por lo que se hizo su adaptación a WINDOWS y visual C++. El cambio más fuerte en esta adaptación fue en el manejo de escritura y lectura del puerto serial, ya que en la librería original, las funciones del manejo del puerto serial se encontraban basadas en lenguaje ensamblador para el ambiente DOS y se cambiaron a un ambiente WINDOWS utilizando funciones de visual C++. Comenzando con el LABMATE se crearon diversas funciones para el manejo de la comunicación con el equipo tales como:

```

unsigned long Chout(HANDLE pardisp,char portbuf);
unsigned long Chrin(HANDLE pardisp,char *buffer,DWORD *n_caracteres);
void ss_out (CHAR name, struct labmate_commands out_struct);
CHAR char_encode (INT32 parameter, INT16 isahi);
CHAR chrin_lobyte(void);
void SetPort (void);

```

También son creadas las funciones de control de movimiento tales como:

```

DWORD LIBAGV_VeaRobot(HANDLE hpipewrite,HANDLE hpiperead,RESDRIVER *respuesta);
DWORD LIBAGV_VeaAlmacenGral(HANDLE hpipewrite,HANDLE hpiperead,RESDRIVER *respuesta);
DWORD LIBAGV_Reset(HANDLE hpipewrite,HANDLE hpiperead,RESDRIVER *respuesta);
DWORD LIBAGV_VeaMesaTransfer(HANDLE hpipewrite,HANDLE hpiperead,RESDRIVER *respuesta);

```

La función de alineación ó posicionamiento es desarrollada por el algoritmo contenido en la función siguiente:

DWORD LIBAGV_Home(HANDLE hpipewrite,HANDLE hpipe read,RESDRIVER *respuesta);

El algoritmo de alineación y posicionamiento se describe a continuación:

5.2.2.1 Algoritmo de “home” del vehículo autoguiado.

Un problema común que presentan los vehículos autoguiados es su sistema de referenciación con respecto al ambiente en donde se desplazan. El algoritmo se basa en un esquema geométrico en donde se parte de tomar al vehículo autoguiado como una entidad simétrica en donde su centroide quedará posicionado en el centro de la marca. Al AGV se le instalaron dos sensores a los extremos siendo colineales y perpendiculares a la línea vertical de centros del AGV (fig 5.13).

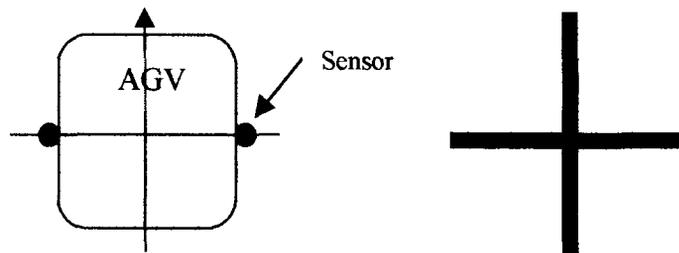


Fig.5.13. a) Consideración geométrica, b) ubicación de sensores.

Consideraciones previas. Este algoritmo tiene el propósito de referenciar al AGV con el espacio real por lo que requiere solo de una condición y es que se colocará en la proximidad de la marca, ocupando como máximo dos cuadrantes y con ángulo ligeramente pronunciado (fig. 5.14).

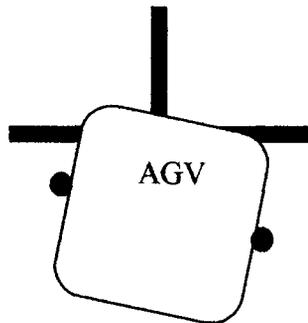


Fig. 5.14. Posición inicial del AGV

El método de posicionamiento es el siguiente (fig 5.15):

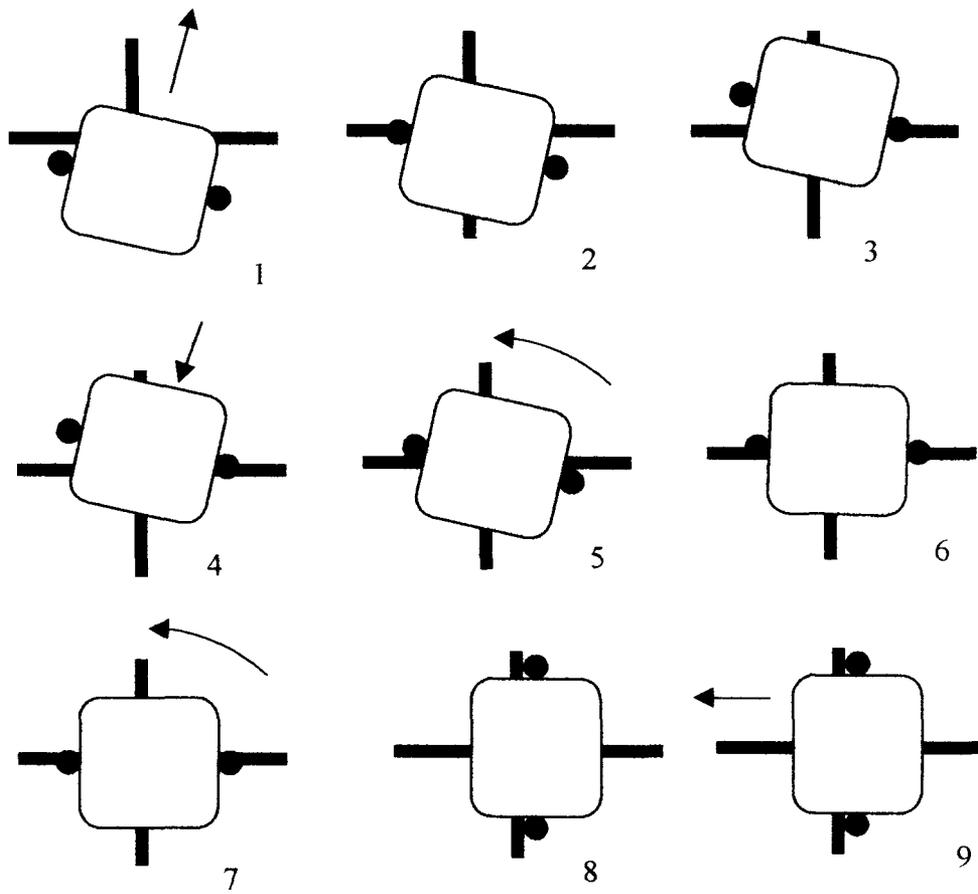
PRIMERA PARTE

1. Desplazar al AGV en línea recta- void Go_mode().
2. Detectar el primer sensor en cruzar la línea y tomar coordenada P1- int read_joy().
3. Desplazar al AGV en línea recta cada 5 mm- void ptp_go(5).
3. Detectar el segundo sensor en cruzar la línea y tomar coordenada P2- int read_joy().
4. Calcular la distancia entre los puntos y dividirla entre dos dd1- unsigned int dist().
5. Desplazar al AGV en -dd1- void ptp_go(-dd1).
6. Girar al AGV hasta que los sensores detecten la línea horizontal – void relative_turn()

SEGUNDA PARTE

7. Girar al AGV 90 grados con respecto a la línea horizontal- void relative_turn().
8. Desplazar al AGV en línea recta cada 5 mm hasta que los sensores detecten la línea vertical- ptp_go(5).
9. Girar al AGV -90 grados con respecto a la línea vertical- void relative_turn().

El esquema es el siguiente:



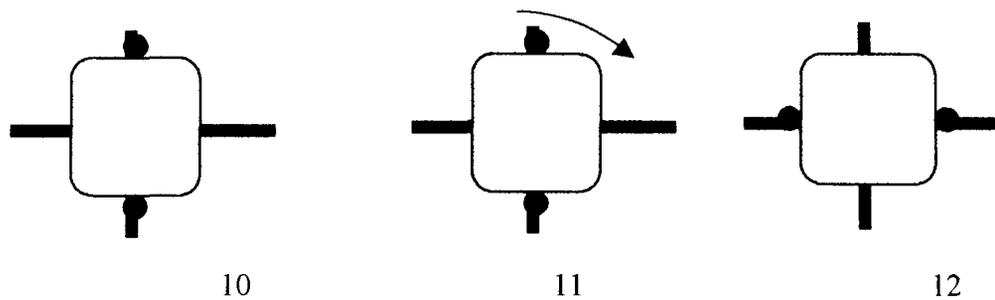


Fig.5.15 Secuencia de alineación.

5.2.3 Describir la estructura del sistema

La estructura de comunicaciones entre aplicaciones de la celda se presenta en la fig 5.16 y como se podrá observar se encuentra incluido el AGV dentro de la configuración del software y se representa además la comunicación con los modems y el AGV. El AGV esta relacionado en la parte superior por el *intermon* y el *coordinador*, hacia abajo tiene al *driver*, además que esta relacionado con la base de datos con el fin de actualizar el estado del AGV ya sea ocupado o en fin de operación, datos que utilizará el coordinador para programar las tareas.

Como se podrá observar en la parte baja se encuentra la comunicación serial para el paso de datos entre el vehículo y la aplicación LABMATE, y como medio se utiliza la transmisión por radio frecuencia. La otra comunicación existente es a nivel de aplicaciones como el LABMATE y el SECAGV, esta comunicación se realiza por medio de la red entre computadoras y se encarga del paso de mensajes entre las aplicaciones. Aparte de estos dos tipos de comunicaciones se generaron dos protocolos de comunicación en cada uno de estos tipos de comunicación. Uno de ellos es el protocolo de comunicación serial utilizado en la comunicación con el vehículo, el segundo protocolo es el desarrollado para la comunicación entre aplicaciones del software de control. A continuación se describen cada uno de los tipos de comunicación, explicando primero la comunicación serial, seguida de la comunicación por la red de computadoras y la descripción de la forma ó protocolo de comunicación entre aplicaciones.

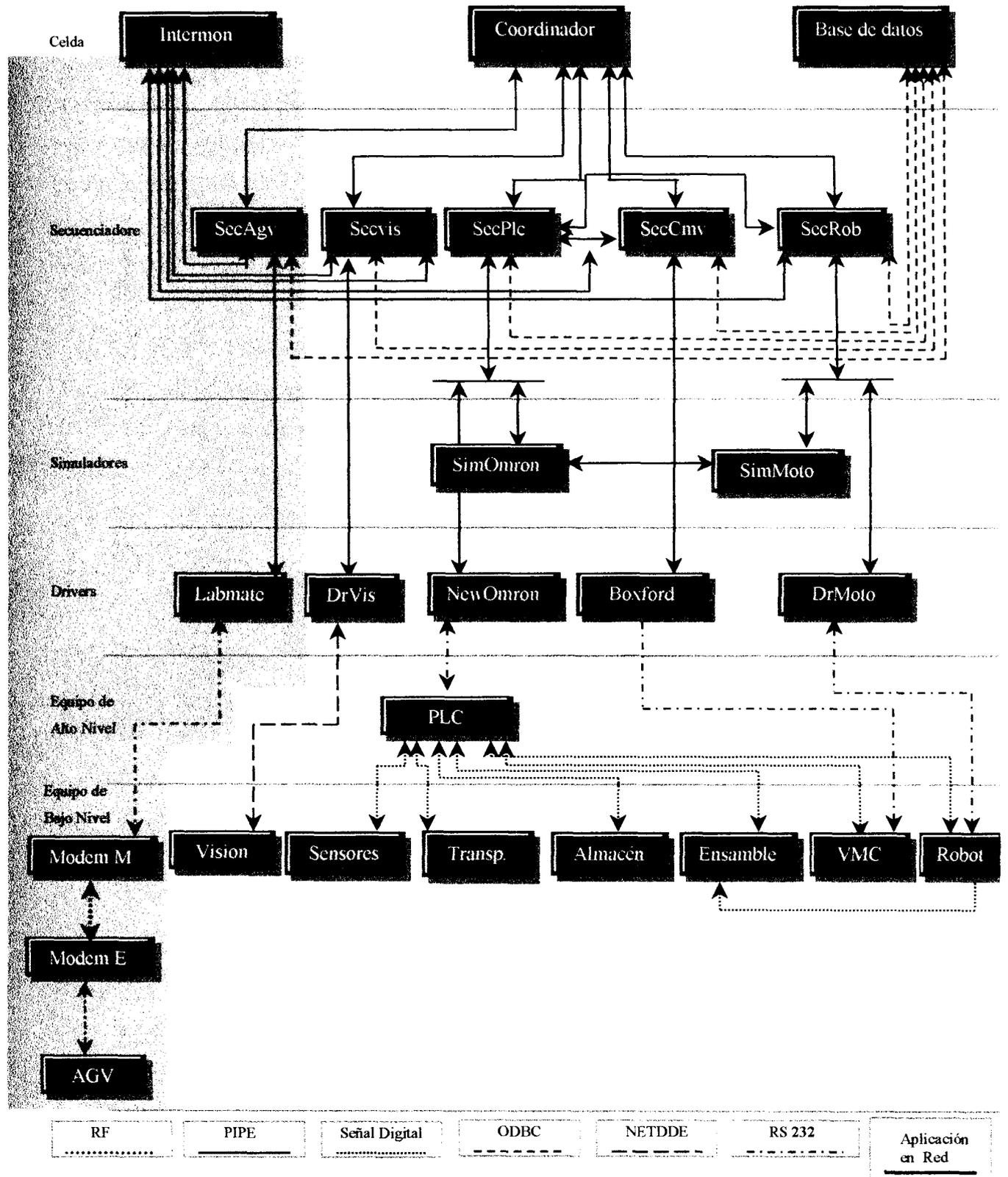


Fig 5.16. Estructura del software de control, el área sombreada agrupa los módulos nuevos del sistema[31].

5.2.3.1 Estructura de comunicación.

Como se ve en la fig. 5.16 existe un conjunto de secuenciadores y drivers que permiten la comunicación con los equipos. La aplicación *secuenciador* en la computadora CONTROL manda ejecutar a la aplicación *driver* que se encuentra en la computadora ROBOT, cada una de estas aplicaciones ejecuta sus respectivas funciones de creación de *threads* y de *pipes*, así como su conexión. Los *threads* que se ejecutan en cada aplicación contienen el protocolo de comunicación para el paso de mensajes de manera que las *pipes* quedan sincronizadas (fig.5.17).

5.2.3.1.1 Protocolo de comunicación entre aplicaciones.

Las *pipes* que se manejan entre las dos aplicaciones son tres, la *pipe* de mensajes P_m que sirve para enviar mensajes del *secuenciador* al *driver*, la *pipe sincrónica* P_{sin} que sirve para enviar un “acknowledge” mensaje recibido en *driver* y la *pipe asincrónica* P_{asin} que sirve para enviar un mensaje de estado en cualquier tiempo del *driver* al *secuenciador* (fig. 5.17).

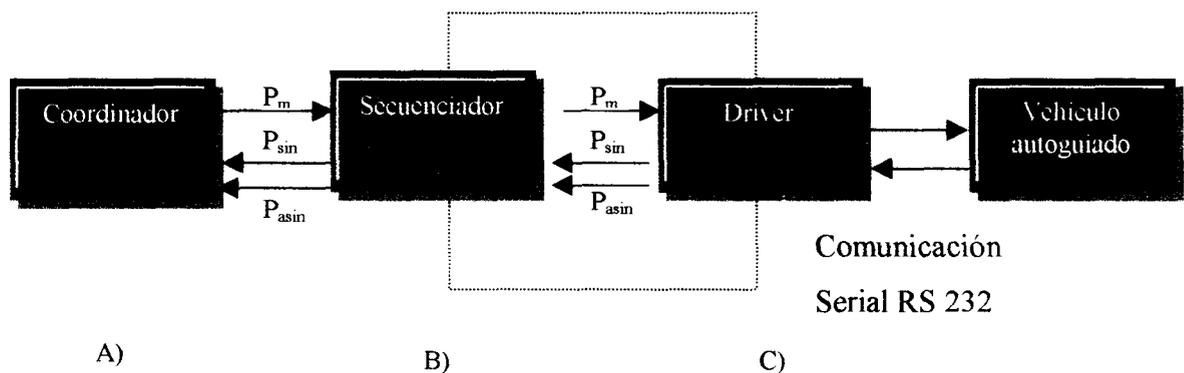


Fig 5.17. Estructura de comunicación.

Existe una secuencia de conexión entre las *pipes*, primero en el *secuenciador* se mandan crear las *pipes sincrónicas* y *asíncronas* del *driver*, después se manda ejecutar el *driver* y esperamos conexión de las *pipes sincrónicas* y *asíncronas*, por otro lado en el *driver* se crea la *pipe* de mensajes y se conectan las *pipes sincrónica* y *asíncrona* del *driver* al *secuenciador* y espera la conexión de la *pipe* de mensajes, ahora del lado del *secuenciador* una vez conectadas las *pipes sincrónica* y *asíncrona* del *driver* el *secuenciador* se conecta a la *pipe* de mensajes creada en el *driver*, del lado del *driver* una vez cumplida la espera de conexión de

la *pipe* de mensajes y en ambas aplicaciones se lee la *pipe* de mensajes y se entra a un ciclo infinito donde se abre en cada caso un “switch” y en el se definen las acciones a seguir al ocurrir un evento, por ejemplo si el *secuenciador* envía el mensaje AGV_HOME definido con un valor de 2000 el *driver* al leer la *pipe* cae en el caso de AGV_HOME y mueve al robot 50 cm.

La comunicación entre las *pipes* puede ser *síncrona* ó *asíncrona*, donde. Para establecer la comunicación entre el *secuenciador* y el *driver* se sigue la siguiente estructura:

SECUENCIADOR	DRIVER
Crea PIPE DR -> US	Crea PIPE AGV US -> DR
Crea PIPE DR -> US SIN	Conecta a PIPE AGV DR -> US SIN
Ejecutar aplicación DRIVER	Conecta a PIPE AGV DR -> US
Espero conexión AGV DR -> US SIN	Espero conexión en AGV US -> DR
Espero conexión AGV DR -> US	Lee PIPE AGV US -> DR
Conecta a PIPE AGV US -> DR	Ciclo infinito
Lee PIPE AGV DR -> US	
Ciclo infinito	

Tabla 5.2. Protocolo de comunicación.

5.2.4 Configurar la base de datos

La base de datos utilizada por el software de control se llama CELTESIS, esta base de datos es desarrollada en Access y es dada de alta en el sistema ODBC de la configuración de la computadora. En la base de datos existen varias tablas entre las que se encuentran la tabla TIPO_EPL donde se da de alta el TIPO AGV que se refiere a los tipos de equipos que existen en la celda, la tabla ELEMENTO que maneja los elementos de los equipos en donde se da de alta AGV, en esta última en el campo de EPL_ESTADO se le asigna el estado de 1, que corresponde a PREPARADO de la tabla ELEMENTOESTADO que indica el estado del elemento (fig. 5.18).

CUITE515 Base de datos

Tablas Consultas Formularios

ALARMA_HISTORICO	HTA_TIPO
ALARMA_PRESENTE	OPERACION_TIPO
ALARMAS_MODELO	OPERACIONPRODUCTO
CELULA	PALLET
CELULA_ESTADO	PINZA
COMPOSICION_CONTENEDOR	PLAN_COMPOSICION
COMPOSICION_PRODUCTO	PLAN_TRABAJO
CONTENEDOR	POSICIONPALLETPRODUCTO
ELEMENTO	PRODUCTO
ELEMENTOESTADO	PRODUCTO_LANZADO
HTA_CARGAR	PRODUCTOHISTORICO
HTA_FISICA	PROGRAMAS
HTA_HISTORICO	RECURSOENSAMBLE
HTA_MODELO	RECURSOMECHANIZADO
HTA_QUITAR	TIPO_EPL

a)

TIPO EPL Tabla

EPL TIPO	EPL TIPO DESCRIPCION
0	Tipo Auxiliar
1	Tipo CELULA
2	Tipo CENTRO MAQUINADO V.
3	Tipo ROBOT
4	Tipo ESTACION VISION
5	Tipo TRANSPORTADOR
6	Tipo BUFFER GENERAL
7	Tipo BUFFER ENSAMBLE
8	Tipo ESTACION ENSAMBLE
9	Tipo PUESTOTRANSFERPALL
10	Tipo PUESTOTRANSFERPALL
11	Tipo PUESTOTRANSFERPALL
12	Tipo ALMACEN
13	Tipo MANIPULADORALMACEN
14	Tipo ALIMENTADOR ENSAMBL
15	Tipo INTERCAMBIADOR PINZA
16	Tipo BUFFER VMC
17	Tipo PUESTO ENTRADA
18	Tipo PUESTO SALIDA
19	Tipo PUESTO RECHAZOS
21	Tipo AGV

Registros: 1 de 1 | 20 de 21

b)

ELEMENTO Tabla

EPL ID	EPL TI	EPL DESCRIPCION	EPL ESTADO
0		Auxiliar	1
1	1	CELULA	1
2	2	CENTRO MAQUINADO	1
3	3	ROBOT	1
4	4	ESTACION DE VISION	1
5	5	TRANSPORTADOR	4
6	6	BUFFER GENERAL	1
7	7	BUFFER ENSAMBLE	1
8	8	ESTACION ENSAMBLE	1
9	9	TRANSFERENCIA ALMACEN	1
10	10	TRANSFERENCIA ROBOT	1
11	11	PUESTO INSPECCION VISION	1
12	12	ALMACEN GENERAL	1
13	13	MANIPULADOR ALMACEN	38
14	14	DOSIFICADOR EMBOLOS	1
15	15	INTERCAMBIADOR PINZAS	1
16	16	BUFFER VMC	1
17	17	PUESTO DE ENTRADA	1
18	18	PUESTO DE SALIDA	1
19	19	PUESTO DE RECHAZO	1
20	14	DOSIFICADOR CILINDROS	1
21	21	AGV	1

Registros: 1 de 1 | 1 de 22 de 22

c)

ELEMENTOESTADO Tabla

EPL ESTADO	EPL ESTADODESCRIPCION
	LIBRE
1	PREPARADO
2	AVERIADO
3	DESCONECTADO
4	MOVIMIENTO
5	APARCADO
6	SIN HTAS
7	MAQUINANDO
8	CARGANDO CENTRO
9	DESCARGANDO CENTRO
10	INSPECCIONANDO PALLET
11	ENSAMBLANDO PRODUCTO
12	RESERVADO
13	OPERACION PENDIENTE FINALIZADO
14	OPERACION EN CURSO
15	OPERACION PENDIENTE DE VALIDACION
16	OPERACION RECHAZADO
17	OPERACION FINALIZADO
19	VISION OK
20	VISION BAD
21	VISION WARNING
22	PLAN SIN PIEZA
23	PLAN PREPARADO
24	PLAN ENVIADO

Registros: 1 de 1 | 1 de 43 de 43

d)

Fig. 5.18 Tablas actualizadas de la base de datos.

5.2.5 Generar relaciones entre los objetos por medio de mensajes entre objetos

Una vez creadas las funciones y los medios de comunicación entre aplicaciones se procedió a la creación de los mensajes a utilizar en todo el proceso. Hay dos tipos de mensajes, los utilizados entre las aplicaciones como el INTERMON y el SECAGV definidos en el archivo MSGAGV.h y los mensajes entre el SECAGV y el LABMATE definidos en el archivo DRAGVMX.h. Los mensajes siguen el esquema de etiquetación del software de control, en donde como prefijo se ponen las iniciales de la aplicación al nombre del mensaje, que en su conjunto representan una tarea a realizar. Por ejemplo si el INTERMON manda una orden al SECAGV que vaya a home, el mensaje es SECAGV_HOME, ahora si el SECAGV ordena al LABMATE ir a home, el mensaje es AGV_HOME. Los mensajes utilizados entre las aplicaciones son los siguientes:

Mensajes Intermon- SecAgv	Mensajes SecAgv-LABMATE
//ENTRADA-----	//ENTRADA
#define SECAGV_VEAHOME 3000	#define AGV_HOME 2000
#define SECAGV_RESET 3010	#define AGV_VEAROBOT 2001
#define SECAGV_VEAPUESTOROB 3020	#define AGV_VEAALMACENGRAL 2002
#define SECAGV_VEAPUESTOALMGRAL 3030	#define AGV_GUARDARPALLET 2004
#define SECAGV_VEAMESATRANSFER 3040	#define AGV_RESET 2005
	#define AGV_MESATRANSFER 2006
//SALIDA	// SALIDA
#define SECAGV_FINOP 3100	#define AGV_FINOP 2010
#define SECAGV_OCUPADO 3110	#define AGV_OCUPADO 2011
#define SECAGV_CARGADOALMGRAL 3120	#define AGV_ERROR 2016
#define SECAGV_DESCARGADOALMGRAL 3130	

Tabla 5.3. Mensajes utilizados entre las aplicaciones.

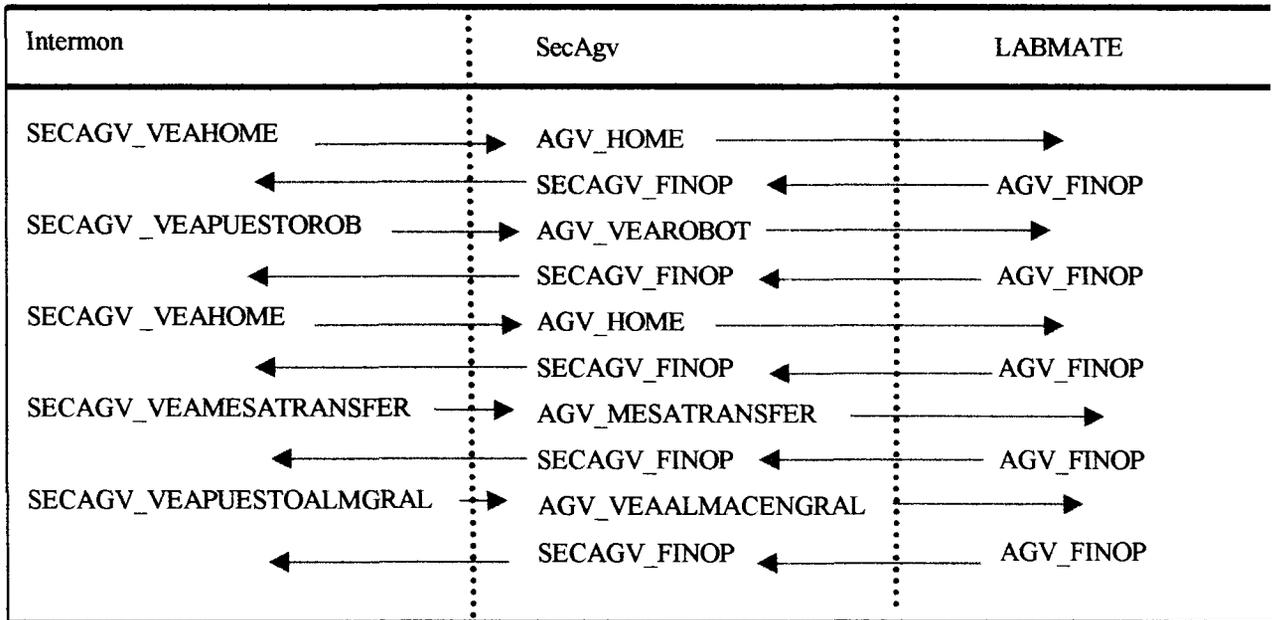


Fig.19. Secuencia de mensajes entre aplicaciones.

Una vez definidos los mensajes a utilizar se implementa la secuencia de mensajes que va a realizarse entre las aplicaciones fig 5.19 y se incluyen los mensajes en las aplicaciones *labmate* y *secagv*. Una vez realizado esto último y con la etapa de integración física terminada es posible hacer pruebas finales del sistema

5.3 Sistema integrado

Completadas las etapas de integración física y lógica, se procedió a realizar las pruebas de integración finales. El vehículo es cargado manualmente con el contenedor del material y es posicionado cerca de la marca de almacén general fig. 5.9.

Desde el *intermon* se dan las siguientes ordenes:

- Alineación del vehículo en la marca del almacén general
- Ir al puesto de robot
- Alineación del vehículo en la marca del puesto de robot
- Ir a la mesa de transferencia y referenciación.

El robot manipulador al recibir el mensaje de que el vehículo llegó a la mesa de ensamble, activa la rutina de referenciación del contenedor programada en su controlador.

Una vez que el contenedor esta referenciado, el robot manipulador lo toma y lo deposita en un puesto temporal en el transportador, concluyendo así la rutina de llevar pieza al puesto de robot.

5.4 Trabajo a futuro.

El desarrollo de la integración de las aplicaciones SECAGV y LABMATE al software de control de la celda demuestra su capacidad de crecimiento que tiene el sistema a incluir nuevos equipos en su configuración y sentará las bases para posteriores proyectos con nuevos equipos. El protocolo de comunicación entre aplicaciones utilizado y que fue descrito en el capítulo anterior demostró ser aplicable al manejar nuevos equipos en la configuración de la celda. El software a pesar de estar en una forma compleja resulta ser consistente y homogéneo en la implementación de nuevas aplicaciones. En general la integración de las nuevas aplicaciones resultó ser un éxito en la integración de nuevos equipos.

Debido a que no se cuenta con un modulo de entradas analógicas por parte del AGV, los sensores se conectaron al puerto de joystick del robot por lo que la única manera de leer los sensores es accediendo al puerto serial del robot y esto implica la utilización de los modems. Esto a su vez genera un retardo de tiempo de cerca de 4seg, tiempo muy alto de respuesta. Aquí y según los fabricantes del robot sugieren que la baja respuesta del robot se debe a la comunicación por modems y no tanto por la velocidad de comunicación serial de 9600 baudios que podría aumentarse a 38400 baudios (cuatro veces más).

Debido a esto se utilizó un algoritmo que compensa este tipo de retraso y consiste en muestrear los sensores cada 5 milímetros asegurando de esta manera la lectura y reduciendo la pérdida de información de los modems, ya que se obliga al sistema a acceder al puerto en un evento y se espera hasta obtener una respuesta del robot. Esto implica un movimiento discreto del robot en donde cada vez que toma una lectura se detiene, procesa la información y continua en vez de hacerlo de manera continua.

La alternativa que se eligió era la más viable en ese momento pero existen dos alternativas posibles para ese problema. Como lo que nos interesa es detectar las marcas en tiempo real para evitar errores de posición una opción contempla la posibilidad de utilizar un PLC esclavo de 6 entradas 4 salidas el cuál se conectaría de manera remota utilizando modems de RF al PLC maestro.

La diferencia estriba en que en la opción elegida es necesario enviar una función al AGV por medio de los modems y estar continuamente leyendo los sensores estando propensos a pérdida de información lo que no ocurre utilizando esta nueva opción. La comunicación entre los PLCs será por medio de *host link* aprovechando el desarrollo que ya existe por parte del fabricante para no programar desde abajo como lo sería por medio de RS-232. En la figura 5.20 se presenta el esquema de comunicación y conexión de esta alternativa.

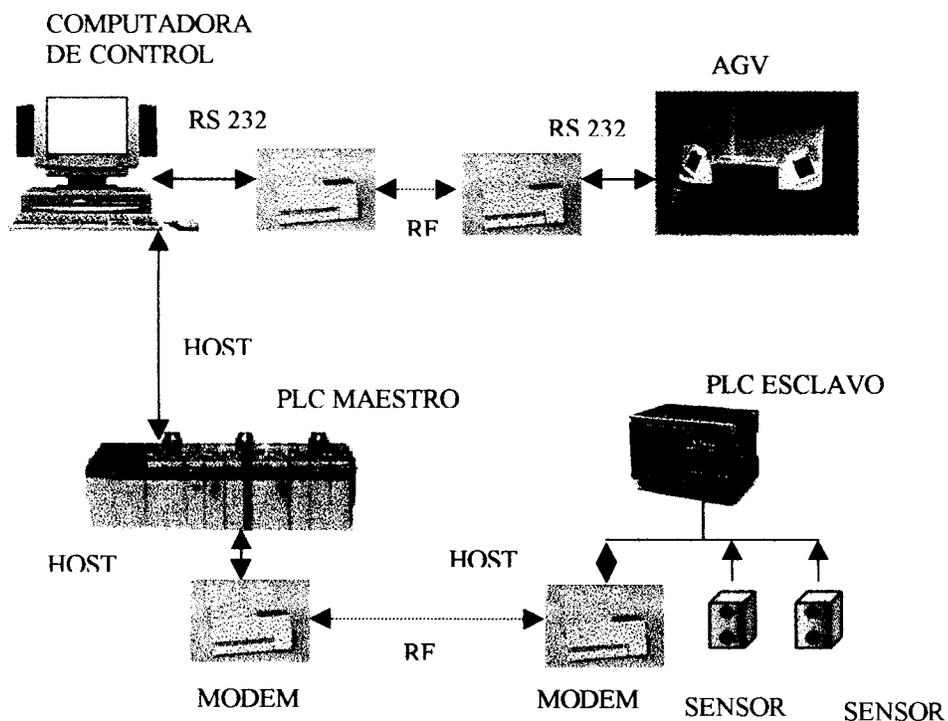


Fig. 5.20. Configuración de conexión usando un PLC esclavo en el AGV.

La siguiente alternativa es la de utilizar el esquema de comunicación de la compañía fabricante del AGV, que consiste en un multiplexor de puerto serial y un módulo para entradas y salidas analógicas. En este módulo de I/O de acuerdo al fabricante van

conectados sonares, sensores infrarrojos o cualquier otro tipo de sensores de bajo voltaje (+5 y +12v). En esta opción el módem MAESTRO conectado a la computadora se comunica al módem ESCLAVO instalado en el AGV y este a su vez se comunica al multiplexor de puertos seriales tanto del AGV como del módulo de I/O. De esta manera se descargaría de trabajo el AGV y se compartirían funciones con el módulo de I/O. El esquema de comunicación se describe en la fig. 5.21.

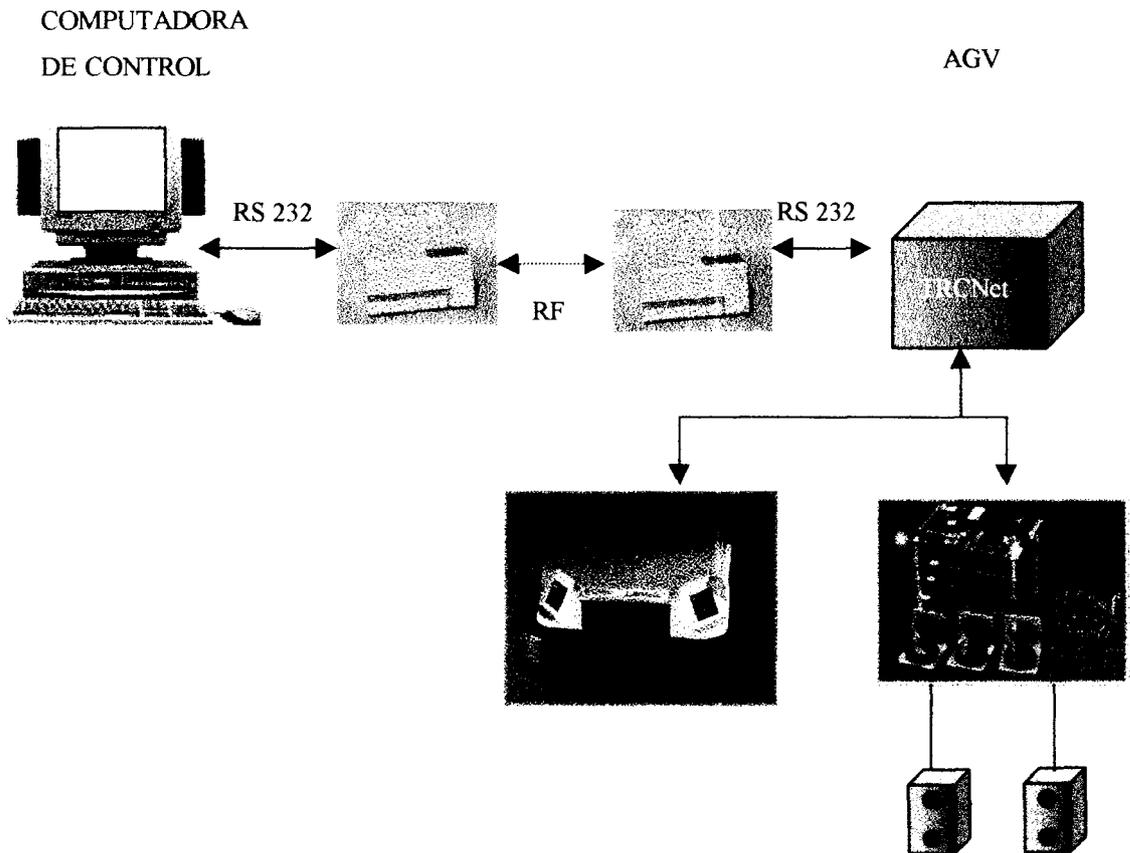


Fig. 5.21. Esquema de conexión utilizando el multiplexor serial y el módulo de I/O SonaRanger.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

La integración de vehículos autoguiados a sistemas de manufactura es poco frecuente por lo que se requiere una metodología de integración que maneje todos los elementos del sistema. La integración de vehículos autoguiados en un sistema de manufactura controlado por computadora debe estar formada por dos niveles, el nivel físico y el nivel lógico (software de control y comunicaciones). Realizar la integración sin tener en cuenta cualquiera de los dos niveles provocaría que nuestro vehículo no formara parte de sistema de control de la producción además de que no estaría contemplado en el programa de producción y solo podríamos manejarlo en forma aislada.

El integrar un vehículo móvil a un sistema de manufactura flexible representa una tarea compleja ya que es necesario la identificación de: los elementos necesarios, las relaciones que existirán entre los elementos a integrar en el sistema, las acciones claves que se deben llevar a cabo y los resultados requeridos de estas acciones para su evaluación. El solucionar estos puntos de una manera ordenada y sistemática nos permitirá obtener una adquisición de los elementos necesarios en forma planeada y oportuna con la identificación clara de los mismos, una identificación de acciones que puedan llevarse a cabo

paralelamente, la obtención de procesos estandarizados, el seguimiento automatizado de procesos de integración, facilitar la recopilación del conocimiento y experiencia adquiridos durante el proceso de integración y asegurar resultados repetibles con optimización del esfuerzo.

La metodología diseñada para la integración de un vehículo autoguiado a un sistema flexible de manufactura esta formada por dos etapas de integración (fig. 4.1), la etapa de integración física y la etapa de integración lógica.

La etapa de integración física esta formada por cuatro partes:

- definir los componentes del sistema
- definir las funciones de los componentes
- definir las relaciones entre los componentes del sistema
- generar una representación del sistema integrado.

La etapa de integración lógica esta formada de cuatro partes:

- definir los componentes del programa
- definir las funciones de los objetos
- definir la estructura del sistema
- adaptar la base de datos
- generar relaciones entre los objetos por medio de mensajes

La unión de las dos etapas anteriores debe estar dada por medio de un kit de mensajes, el cuál contiene los mensajes y las funciones definidas, y tendrá como función manejar los elementos físicos del sistema a través del sistema de comunicaciones.

El partir de una metodología general da como resultado etapas de integración más homogéneas facilitando así la representación de equipos en objetos. Las etapas de integración homogéneas se refieren a que las sub etapas tanto de la integración física y lógica son casi semejantes solo que aplicadas a un problema en particular, como por

ejemplo la primer sub etapa de la integración lógica es definir los componentes del sistema y la primer sub etapa de la integración lógica es definir los componentes del programa.

El pasar de una etapa a una subetapa de integración permite identificar y agrupar claramente los elementos que se involucran en la integración, facilitando su revisión y mantenimiento.

Al escalonar las dos etapas (fig. 4.1) que conforman el proceso de integración se facilita el desarrollo en paralelo de las mismas, dando como resultado la optimización del tiempo de desarrollo.

La forma de analizar la integración lógica por medio de objetos nos brinda la facilidad de manejar de la misma forma que en la integración física el manejo de los elementos y su identificación, ya que se definen los objetos en base a los equipos físicos y sus funciones. Además se pueden generar nuevos objetos (hijo) con características basadas en otro equipo (padre) pero con nuevas características.

Como conclusiones del caso de estudio se tiene que la metodología desarrollada facilitó la identificación de los elementos involucrados en la integración del vehículo autoguiado y el desarrollo de las sub etapas de la integración en forma ordenada, pudiendo desarrollar algunas sub etapas en paralelo.

6.1 Caso de estudio

La metodología desarrollada facilitó la identificación de los elementos involucrados en la integración del vehículo autoguiado y el desarrollo de las sub etapas de la integración en forma ordenada, pudiendo desarrollar algunas sub etapas en paralelo.

Las características del kit de mensajes utilizados para la comunicación entre un vehículo autoguiado y el software de control deben incluir un punto de referencia del vehículo

(home), el desplazamiento entre las estaciones de trabajo y la transferencia de carga a una estación de trabajo.

En general y para la aplicación de la metodología, los elementos determinantes en un vehículo autoguiado son:

El sistema de guía

El sistema de comunicación

La configuración del sistema de transferencia y referenciación

Las características propias de programación.

El sistema de guía debe tener la posibilidad de manejar de forma sencilla sensores que envíen información de su medio medido en tiempo real. El sistema de comunicación es otro punto importante ya que se requiere que el vehículo informe a la computadora que ha finalizado su tarea y no que la computadora este continuamente leyendo el puerto de comunicaciones para verificar la terminación de un evento. Todo esto es crítico para definir al sistema de transferencia que deberá absorber los posibles errores de posicionamiento y dejar totalmente referenciado el contenedor, para que pueda ser transferido por el sistema manipulador.

6.2 Trabajo a futuro.

Aplicar esta metodología en la integración de varios vehículos a la celda para el manejo de materiales entre estaciones o bien interconectar dos celdas de manufactura por medio de un vehículo autoguiado.

Incorporar en la integración lógica una etapa de desarrollo de un mapa real de representación del vehículo en la distribución de su medio ambiente y de su representación en el programa de simulación de la celda.

Agregar a la metodología la etapa de selección de(los) vehículos por medio de un análisis de flexibilidad y de costos de manera que pueda justificarse el empleo de estas tecnologías.

Apéndice A

ASPECTOS GENERALES DE LOS VEHICULOS AUTOGUIADOS

AGVS remolque fue el primer tipo introducido y son populares hoy en día. Estos remolques pueden manejar múltiples tipos de cajas rodantes y tienen una capacidad de 8,000 a 50,000 libras (fig. A. 1a) [5].

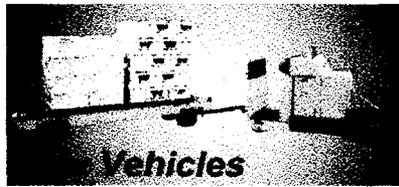
AGVS de carga unitaria son equipados con cubiertas que permiten el transporte de carga unitarias y ofrecen una transferencia de carga automática. Las cubiertas pueden ser de elevación- sin elevación, con rodillos motorizados o sin motor, cubiertas con cadenas o bandas o cubiertas con múltiples compartimentos (fig. A. 1b).

AGVS camión de pallet son diseñados para transportar cargas paletizadas hacia y desde el nivel de piso, eliminando la necesidad de puestos de carga fijas (fig. A. 1c).

AGVS montacargas que son relativamente nuevos que habilitan el servicio de cargas paletizadas a nivel de piso y en puestos. En algunos casos estos vehículos pueden poner la carga en racks (fig. A. 1d).

AGVS de carga ligera son vehículos los cuáles tienen una capacidad de 500 libras o menos y son usados para transportar partes pequeñas, contenedores u otras cargas ligeras a través de un ambiente de manufactura. Estos vehículos son diseñados para operar en áreas de espacio limitado (fig. A.1e).

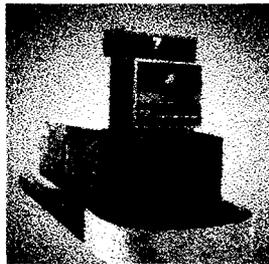
AGVS líneas de ensamble son una adaptación de los vehículos de carga ligera para aplicaciones relacionadas a procesos de ensamble (fig. A.1f).



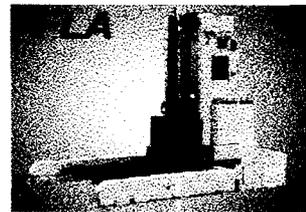
a)



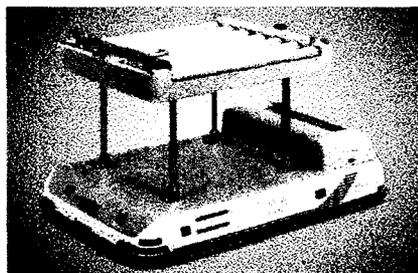
b)



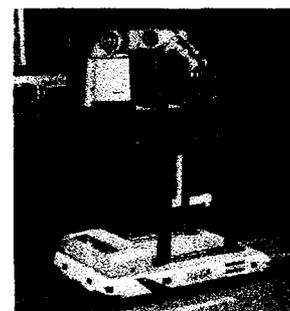
c)



d)



d)



f)

Fig. A.1 Tipos de AGVS[26].

A.1 VENTAJAS DEL USO DE VEHICULOS AUTOGUIADOS.

Como en toda inversión en activos de la empresa es necesario presentar una justificación del equipo, en la siguiente tabla se presentan varios indicadores productivos claves en una empresa (tabla A.1) [8].

Indicador	Contribución
Ahorro en la mano de obra	Directo: personal de manejo de materiales y producción Indirecto: Incremento de productividad por la reducción de búsqueda y manejo de materiales por el personal de producción Mejora de utilización de equipo , debido a que los AGVS pueden trabajar mientras la fuerza laboral descansa o esta fuera de la planta
Recuperación de espacio	Reducción o eliminación de líneas de stock en áreas de producción Pasillos angostos, debido a rutas angostas y en dos direcciones de AGVS.
Control de inventario en tiempo real	Horarios planeados de entrega Reducción ó eliminación de tiempo de retraso en información actualizada Reducción de papel de trabajo Reducción de pérdida de material Reducción en costos de inventario de carga Exacto, información precisa para tomar la mejor decisión de dirección
Mejor manejo de material	Reducción de daños al material Menor equipo dañado, esto reduce el mantenimiento y el tiempo de espera
Mejor disponibilidad	Producción extra de tiempo
Mejor servicio al cliente	Incremento de mercado compartido en una sociedad de servicio orientado Reducción de paros en la línea de producción
Consideraciones de energía y medio ambiente	Menor energía eléctrica es requerida por los transportes que los vehículos de carga Operación limpia En operación
Expandibilidad de sistema vs. Sistemas alternativos	Costo Calendario Instalación de controles y un mínimo número de vehículos para arranque; Adición de vehículos como aumente su flujo
Interfase automática para sistemas automáticos	Mejoramiento de pérdida de tiempo Desempeño es sincronizado a otros sistemas automáticos Reducción de costos de operación Información en línea de la posición Posicionamiento exacto
Enriquecimiento del trabajo	Trabajos duros, demandantes, peligrosos y rutinarios causan que los empleados dejen el trabajo. Menor rotación de personal y entrenamiento

	Aumenta el alcance y prestigio del trabajo como un “operador del sistema”
Incentivos tributarios	Inversión en créditos tributarios Depreciación calendarizada de equipo Deducción del interés gastado

Tabla A.1. Justificación de uso de robots [8].

A.2 CONSIDERACIONES DE SELECCIÓN DE UN AGV

Para la selección de un robot móvil existen varias características claves que nos ayudaran a elegir el vehículo de acuerdo a nuestras necesidades (tabla A.2).

PARAMETROS	OPCIONES
Grado de movilidad	Guiado por cable Con sistema de navegación
Limitaciones espaciales de la aplicación	Radio mínimo necesario Dimensiones de la base
Velocidad de respuesta del sistema de control	De acuerdo a las necesidades de la aplicación Velocidad de operación de sistemas de seguridad
Costeabilidad de la automatización en el manejo de materiales a base de AGVS	

Tabla A.2. Consideraciones de selección de robots móviles [8].

Apéndice B

Sistemas de planeación y navegación para vehículos autoguiados.

El sistema de planeación determina la ruta a seguir por el robot en base a un reconocimiento del entorno (identificación de obstáculos y de espacio libre) por medio de sensores externos monitoreados por un algoritmo de planeación. El sistema también provee la planeación de todas las actividades a nivel de tareas que determinan las secuencias de acción de los sensores y actuadores. Otras actividades involucradas en este nivel son la detección de errores, diagnóstico, recuperación y replaneación en caso de fallas o situaciones inesperadas. Para lograr una locomoción autónoma, son necesarias varias actividades de solución de problemas tales como planeación de rutas, evasión de obstáculos, detección de emergencias (fig. B.1).

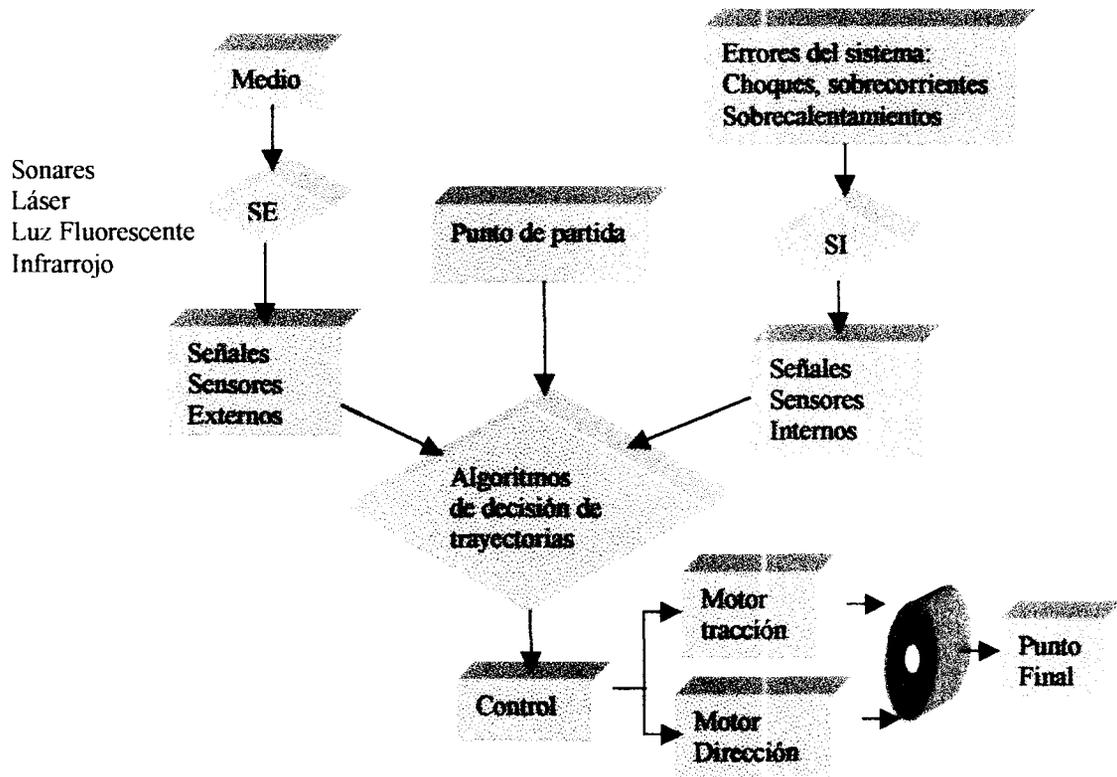


Fig. B.1. Sistema de navegación y planeación de un AGV [8].

B.1 Navegación dinámica

En este tipo de navegación, el mapa de configuración se hace mientras el robot está activo, los algoritmos de navegación se auxilian de sensores externos tales como cámaras de video, sonares o infrarrojos para calcular la trayectoria por donde el robot va a circular. El robot en este caso no tiene un mapa de su entorno. En la fig. B.2a se muestra un ejemplo, el robot recorrerá el cuarto en busca de una salida solo guiado por sensores externos y un algoritmo con la característica de reconocer un camino ya visitado y sin salida.

B.2 Navegación geométrica

En la navegación geométrica el robot recibe los puntos de la trayectoria a seguir en base a un mapa del entorno previamente calculado y aplicando algoritmos geométricos de búsqueda de la mejor trayectoria a seguir. Los algoritmos que se utilizan por ejemplo son: envolvente convexa, generación de cubo, generación de puntos aleatorios libres de

Envolvente convexa. Una vez dados los puntos que definen al obstáculo se procede al cálculo de la envolvente convexa, esto con la finalidad de asegurar el espacio disponible para el móvil.

- ✓ Se aplica el algoritmo de Graham que da como resultado una lista de puntos que definen al objeto convexo.
- ✓ Del conjunto de puntos se eligen tres para generar un triángulo y a partir de su centroide y un punto base (aleatorio) se traza una línea de referencia.
- ✓ Se trazan líneas desde el centroide del triángulo a los puntos del objeto
- ✓ Se calcula el ángulo que forman con respecto a la línea de referencia
- ✓ Los puntos se ordenan en forma ascendente de acuerdo a su ángulo mediante el algoritmo Quicksort.
- ✓ Los puntos se incluyen en una lista circular
- ✓ Se checa la convexidad entre los puntos adyacentes y se sacan de la lista aquellos que provocan una concavidad.

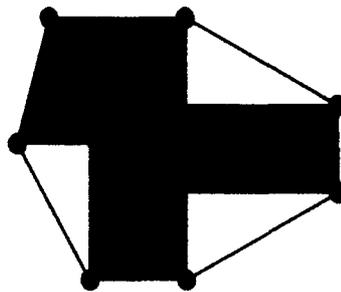


Fig. B.4. Envolverte convexa.

Llenado de objetos. Una vez obtenida la lista de puntos que definen a un objeto convexo se prosigue a rellenarlo para marcarlo como un espacio ocupado.

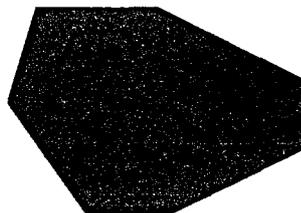


Fig. B.5. Llenado de objetos.

El procedimiento es el siguiente:

- ✓ De la lista ordenada de puntos se toman los dos primeros y se calcula, por medio de la ecuación de la línea de Euler, la línea que los une y así sucesivamente para todos los puntos hasta obtener el perímetro.
- ✓ El perímetro se da de alta en la matriz correspondiente al objeto.
- ✓ Se escoge un punto dentro del objeto y se aplica el algoritmo de gota para rellenar el objeto.

Expansión de obstáculos. El objeto móvil se modelo como un rombo con largo y ancho cuyo origen es su centro, la expansión de los obstáculos se hace con el siguiente procedimiento.

- ✓ Se convolucionan el objeto a partir de su origen
- ✓ Se centra el objeto convolucionado sobre cada uno de los vértices del obstáculo.
- ✓ Se vuelve a aplicar el algoritmo de envolvente convexa para obtener el obstáculo expandido.
- ✓ Se define el perímetro del obstáculo.
- ✓ Se aplica el algoritmo de llenado de obstáculos
- ✓ Se da de alta en la matriz correspondiente
- ✓ Además de los obstáculos también se expanden los límites del ambiente
- ✓ Las rutinas de envolvente convexa, llenado de objetos, expansión de objetos y límites se hacen para obstáculo.

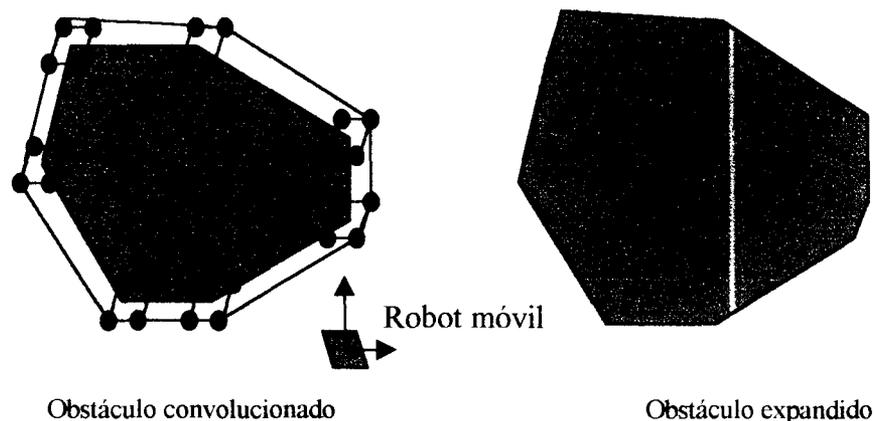


Fig. B.6. Expansión de obstáculos.

Generación del cubo. El cubo es una lista de matrices donde cada una corresponde a la expansión de los obstáculos para cada orientación del móvil. Esto permite desplazar al móvil en una tercera dimensión que viene a ser la posibilidad de rotar.

- ✓ El cubo contiene 180 rebanadas. Para generar cada una se repiten la rutina de expansión en un ciclo en donde se varía la orientación del rombo de grado en grado por medio de un contador.
- ✓ Antes de generar la siguiente rebanada, el ambiente obtenido se almacena en una lista de matrices.

Planeador de trayectorias. El planeador de trayectorias esta basado en generar una red de conexiones libre de obstáculos escogida de manera aleatoria.

- ✓ Generación de puntos random.
- ✓ Para cada rebanada se obtienen N cantidad de puntos aleatorios y uniformemente distribuidos que pertenecen al espacio libre. La rutina no se detiene hasta generar los N puntos.
- ✓ Para validar si el punto generado se encuentra dentro del espacio libre se compara la matriz de la rebanada en cuestión, si esta ocupada se descarta, sino se da de alta en una lista.

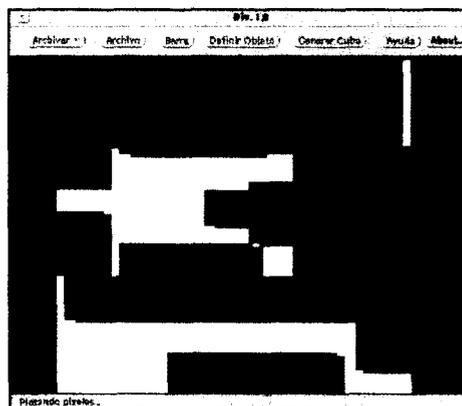


Fig. B.7. Generación del cubo.

Generación de la red. A partir del punto de inicio se calculan las distancias euclidianas entre éste y los demás puntos del cubo. El cálculo de la distancia se hace tomando en cuenta las tres dimensiones (x, y, θ) .

- ✓ Las distancias calculadas se guardan en una lista junto con las coordenadas del punto visitado.
- ✓ Se ordena de acuerdo a la menor distancia y se le asignan como vecinos los puntos M más cercanos.
- ✓ Este procedimiento se hace recursivo hasta que todos los puntos sean visitados.

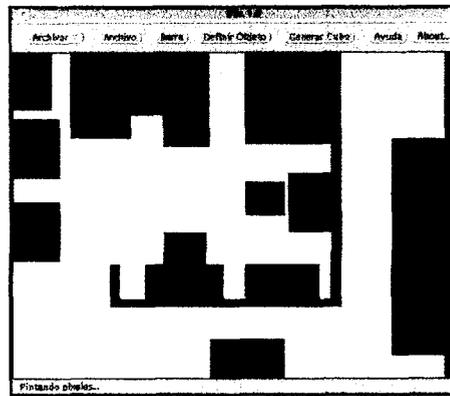


Fig. B.8. Generación de la red.

Selección de la ruta. El teorema principal en el algoritmo de Dijkstra para el cálculo de la ruta más corta es el siguiente:

El peso o longitud de una trayectoria v_0, v_1, \dots, v_k en un grafo de peso o digrafo $G=(V,E,W)$ es:

$$w = \sum_{i=0}^{k-1} (v_i v_{i+1})$$

Donde V son los vértices, E son los puntos que definen un segmento y W es el peso de ese segmento. En otras palabras es la suma de pesos de los segmentos en la trayectoria.

Apéndice C

SELECCIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES

El diseño y justificación de un sistema de manufactura y todos sus subsistemas (como el sistema de manejo de materiales) resultan en una tarea sumamente difícil. El determinar que sistemas se van a utilizar, como, donde y que en número resulta muy importante para la operación de la empresa ya que de esta manera se hace más eficiente en operación y en costos de inversión [10]. El análisis y diseño de un sistema de manejo de materiales es un problema que enfrentan las empresas en tres etapas, cuando se comienza su construcción de la planta, cuando la capacidad de la planta es rebasada provocando cuellos de botella, pérdida de tiempo, dinero y cuando un cambio de producto obliga a la empresa a utilizar otro tipo de sistema de manejo de materiales o ampliar el ya existente.

Cualquier sistema de manejo de materiales debe ser respaldado por un análisis de costos para su aplicación. Detrás del análisis de costos debe haber un estudio detallado que describa el tipo de sistema a utilizar (conveyor, montacargas, AGV) además del número de sistemas ó si hay una combinación de estos. En este capítulo se abordara este tema tomando como base un análisis marginal aplicado a manejo de materiales desarrollado en [10] por Noble y Tanchoco. La aportación de dicha investigación es que se aborda este tipo

de desarrollo tomando dos puntos principales como son la flexibilidad y costos ya que en la mayoría de las aplicaciones solo se enfocan a un tema en específico.

C.1 METODO PARA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIAL.

Como objetivo del método se encuentra el obtener un universo pequeño de posibilidades de sistemas de manejo de material, tomando en cuenta el punto de vista de flexibilidad y productividad y por el otro lado el costo del equipo. El resultado de aplicar el método puede ser una combinación de diferentes tipos de sistemas de manejo de materiales o bien de un solo tipo, esto depende de las variables que se manejen al principio del diseño. Este método se encuentra representado en la fig. C.1. A continuación se describe la metodología.

Paso 1. Definir el problema, alcances y limitaciones del diseño.

Paso 2. Presentar una lista de posibles sistemas de manejo de materiales a elegir, especificando sus características de producción, flexibilidad, y costos.

Paso 3. Ordenar esta lista de acuerdo a nuestra prioridad ya sea de nivel de producción y costo.

Paso 4. Utilizar un algoritmo heurístico de selección de equipo que nos dará como resultado opciones de equipos ó combinaciones de ellos.

Paso 5. Utilizar un árbol de decisión en base a costo marginal.

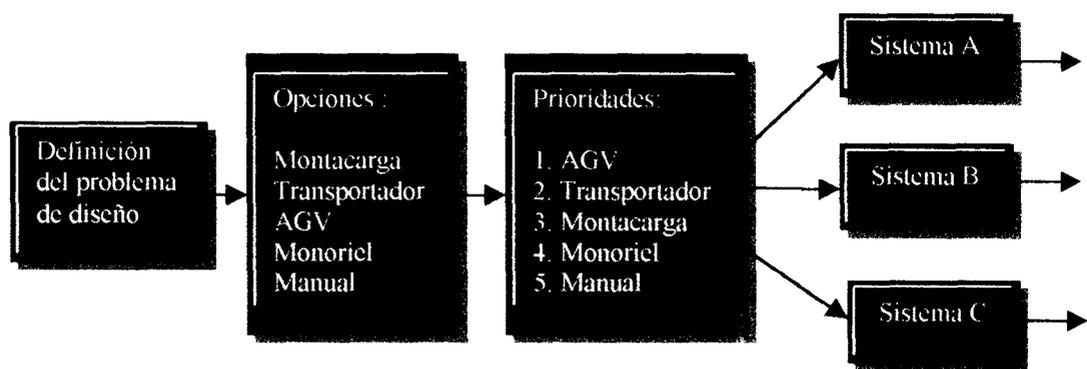


Fig. C.1. Método de selección de sistemas de manejo de material.

Después de obtener varias opciones para solucionar nuestro problemas las evaluamos utilizando un árbol de análisis marginal de costos lo cuál nos delimita aún más nuestro universo de opciones, hasta encontrar la solución más adecuada a nuestro problema. A continuación se presenta una representación gráfica de este árbol de decisión fig. C.2.

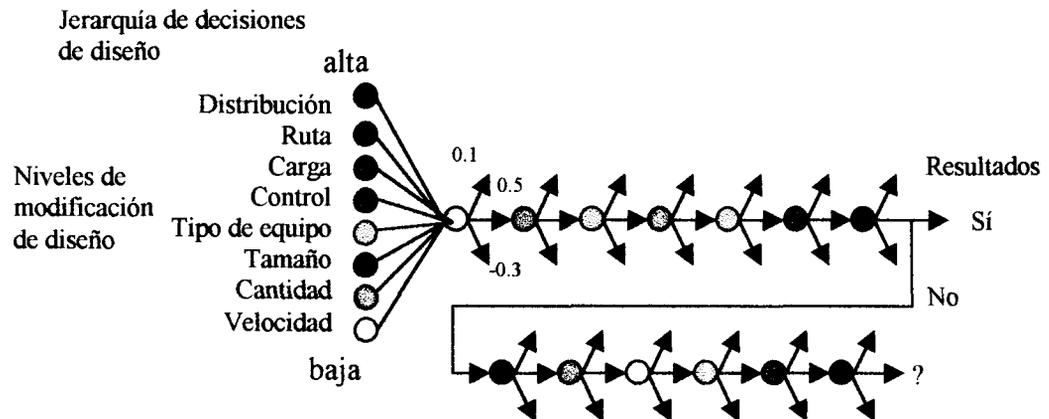


Fig. C.2. Árbol de decisión para diseño de SMM [10].

El objetivo de este árbol de decisión es analizar el problema con una estrategia de modificación de diseño para poder desarrollar la mejor ruta de decisión para “la justificación del diseño”. El resultado será el desarrollo de una ruta de decisión para diseño que puede ser tomada como base en justificaciones económicas y de desempeño. El diseño requiere que el diseñador especifique los objetivos iniciales del proceso de diseño (fig C.2). Las decisiones de diseño se encuentran ordenadas de acuerdo a una jerarquía que refleja el grado en que alteran a la estructura del problema.

Las decisiones de bajo nivel comprenden los parámetros operacionales como la velocidad de equipo. El siguiente nivel de decisión determina el número de equipos. Los siguientes niveles son tamaño de unidad de carga, ruta de flujo de material, distribución, procesos y definición de producto.

C.2 ANALISIS MARGINAL.

La mayoría de las optimizaciones asumen que cuando el diseñador comienza a resolver el problema es posible el entender y representar todos los aspectos e interacciones asociadas al problema. Sin embargo en el caso de un problema de complejidad e integración de manejo de materiales (caracterizado por variables de decisión no determinísticas y dependientes) resulta evidente que una formulación simple del problema es insuficiente para capturar todas las características de diseño (relaciones entre tipos de equipo, tamaño de unidad de carga, razón de producción entre otros) por lo que no puedan manejarse como un problema “puro” de optimización. Además debe tomarse en cuenta que los sistemas de manejo de materiales se encuentran en un cambio dinámico de decisiones, por ejemplo cambiar de un sistema con transportador a uno con vehículo autoguiado. De ahí que se debe abordar el problema considerando las interacciones entre los parámetros de diseño y eficiencia para justificar o satisfacer un diseño.

A continuación se presentan las mediciones del desempeño del sistema:

Costo total anual del sistema de manejo de materiales:

$$C_{sistema} = C_{agv} + C_{trans} + C_{monta}$$

Razón de producción anual del sistema de manufactura (unidades / año)- q

Costo unitario del manejo de material

$$C_{mm} = \frac{C_{sistema}}{q}$$

Flexibilidad total del sistema

$$F_{sistema} = F_{agv} + F_{trans} + F_{monta}$$

Costo de flexibilidad unitaria de manejo de material

$$F_{mm} = \frac{F_{sistema}}{C_{sistema}}$$

Tal que

$$C_{agv} = (C_v + C_c x + C_w + C_d + C_i + C_a + C_r + C_j + C_s + C_b + C_n) \left(\frac{A}{P}, i, n \right) + C_m x + C_o u$$

Donde:

C_v = costo de vehículo por batería	C_a = Costo de dirección
C_b = Costo de carga de batería	C_r = Costo unitario de dirección remota
C_c = Costo de llamada unitaria (estación a AGV)	C_i = Costo de instalación por pie
C_w = Costo del sistema inalámbrico	C_s = Costo de control e instalación
C_d =	C_j = costo de unión e inserción
C_n = costo de la unidad de transferencia	d = número de pies de cable
C_m = Costo de mantenimiento anual por vehículo	j = número de intersecciones
C_o = Costo de operación anual	u = combinación de x vehículos
x = Número de vehículos	a = número de puestos de paro

$$C_{trans} = (C_a d + C_j + C_t + C_i s + C_d s + C_n) \left(\frac{A}{P}, i, n \right) + C_m s + C_o s + C_p d$$

Donde,

C_a = Costo/pie transportador	C_m = costo/segmento mantto. Anual
C_j = costo de union	C_o = costo/segmento operación anual
C_t = costo de vuelta	C_p = costo/pie operación anual
C_d = costo/segmento transportador	j = # de uniones
C_i = costo/segmento instalación	t = # de vueltas
C_n = costo de unidad de interfase de carga	s = # de segmento ≤ 100 pies
d = #pies de conveyor	

$$C_{monta} = (C_v x + C_b + C_n) \left(\frac{A}{P}, i, n \right) + C_m x + C_u + C_o u$$

C_v =Vehículo(batería) y equipo	C_m = costo mantto. Anual
C_b = costo de carga de batería	C_o = costo operación anual
C_n = Costo de interfase de unidad de carga	x = # de vehiculos
C_f = Costo anual de operadores	u = combinación de vehículos

$$\left(\frac{A}{P}, i, n\right) = \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right)$$

donde,

P = valor presente

A = Valor anual

i = razón de descuento (MARR)

n = planeación

$$F_{agv \text{ y } monta} = x_i \mu_i v_i \varepsilon_i \beta_i$$

$$F_{trans} = \frac{\mu_i v_i \delta_c \beta_i}{\alpha_c \sigma_c}$$

Donde

i =tipo de equipo (a =AGV, t =montacarga, c =transportador)

x_i =#equipos de cada tipo ($i \in a, t$)

ε_i =factor de carga de equipo ($i \in a, t$)

v_i =velocidad de equipo ($i \in a, c, t$)

β_i =costo relativo de reruteo ($i \in a, c, t$)

μ_i =factor de cantidad de carga max ($i \in a, c, t$)

α_c =factor de carga

δ_c =longitud de ruta

σ_c =% de la unidad de carga de mayor dimensión

Las métricas mostradas anteriormente proveen una medición relativa de manejo de materiales, combinando la habilidad para reconfigurar y adicionar equipos de manejo de material. El resultado de “valor de flexibilidad” es una medida relativa para comparar

sistemas de manejo de material. El parámetro β_i indica el tipo de equipo para reconfigurar el sistema. μ_i es la capacidad de carga del equipo, v_i es la velocidad del equipo, σ_c es la razón de la mayor dimensión (x, y ó z) que una carga puede ser con respecto al tamaño estándar 40" por 48".

Relaciones relativas incrementales en la red de análisis marginal

Las relaciones incrementales relativas forman el eslabón entre las relaciones absolutas de la red de análisis marginal y son desarrolladas a través de aplicaciones de cálculo incremental. El cálculo incremental esta basada en cuatro reglas que a partir de las cuáles se derivan otras relaciones. Las cuatro principales reglas son: suma, resta, multiplicación, división. Dado y^* como cambio relativo incremental, $y^* = (y_2 - y_1) / y_1$.

La suma en cálculo incremental es: $y^* = (x_1 + x_2)^* = k_1 x_1^* + k_2 x_2^*$

Donde
$$k_1 = \frac{x_1}{x_1 + x_2} \quad k_2 = \frac{x_2}{x_1 + x_2} \quad k_1 + k_2 = 1$$

La resta es definida como: $y^* = (x_1 - x_2)^* = k_1 x_1^* - k_2 x_2^*$

Donde
$$k_1 = \frac{x_1}{x_1 - x_2} \quad k_2 = \frac{x_2}{x_1 - x_2} \quad k_1 - k_2 = 1$$

La multiplicación como: $y^* = (x_1 x_2)^* = x_1^* - x_2^* + x_1^* x_2^*$

La división como:
$$y^* = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^* = \frac{x_1^* - x_2^*}{1 + x_2^*}$$

Las siguientes relaciones son relativas incrementales para el desempeño total de las medidas. La relaciones incrementales para cada componente pueden ser desarrolladas usando los cálculos incrementales dadas en las ecuaciones 1 –4.

Costo unitario incremental relativo

$$c_{mm}^* = \frac{C_{sistema}^* - q^*}{1 + q^*}$$

Costo total relativo incremental

$$C_{sistema}^* = k_1 C_{agv}^* + k_2 C_{trans}^* + k_3 C_{monta}^*$$

donde

$$k_1 = \frac{C_{agv}}{C_{agv} + C_{trans} + C_{monta}} \quad k_2 = \frac{C_{trans}}{C_{agv} + C_{trans} + C_{monta}} \quad k_3 = \frac{C_{monta}}{C_{agv} + C_{trans} + C_{monta}}$$

Flexibilidad total relativa incremental

$$F_{sistema}^* = k_4 F_{agv}^* + k_5 F_{trans}^* + k_6 F_{monta}^*$$

donde

$$k_4 = \frac{F_{agv}}{F_{agv} + F_{trans} + F_{monta}} \quad k_5 = \frac{F_{trans}}{F_{agv} + F_{trans} + F_{monta}} \quad k_6 = \frac{F_{monta}}{F_{agv} + F_{trans} + F_{monta}}$$

Flexibilidad unitaria relativa incremental

$$f_{mm}^* = \frac{F_{sistema}^* - C_{sistema}^*}{1 + C_{sistema}^*}$$

C.3 ALGORITMO DE SELECCION

El objetivo del algoritmo es obtener el menor costo de un sistema de manejo de materiales. Sin embargo la minimización de variaciones en los tipos de equipo y la utilización maximizada del equipo no son expresadas explícitamente como objetivos de la función del modelo, el algoritmo agrupa estos objetivos secundarios los cuáles intervienen en la

minimización del costo total. Para resolver el problema se usa un algoritmo heurístico, el cuál es bastante bueno computacionalmente y alcanza otro objetivos tales como maximización de utilización de equipo y minimización de variaciones en tipos de equipos así como el objetivo principal de minimización de costos [13].

Apéndice D

COMUNICACIONES

D.1 Sistemas de transmisión de datos y redes de área local

En un sistema con vehículos autoguiados existen varios tipos de comunicaciones tanto entre las computadoras, el robot y el sistema de transmisión de datos inalámbrico. En comunicaciones móviles la radio es muy conocida, potente y económica así como su disponibilidad comercial. Otro medio de comunicación es el óptico el que significa un sistema óptico inalámbrico para conectar a dos equipos y seguir una trayectoria por medio de un rayo óptico.

Las características dominantes de las comunicaciones ópticas

- 1) No presenta interferencia o ruido de electromagnetismo
- 2) Es superior a la comunicación por radio
- 3) No presenta interferencia multicanal
- 4) No presenta pérdida de información

D.1.1 Comunicación serial

Esta comunicación transmite los datos en una forma serial. Un byte es serializado y enviado en una línea de un bit en un tiempo. La comunicación serial es el método de

comunicación de equipos más utilizado en todo el mundo. Para comunicar dos equipos por se requieren solo de tres líneas de transmisión, la primera es transmisión de datos TX, la segunda es recepción de datos RV, y la tercera para tierra GND. En la figura D.1 se muestra la conexión entre dos equipos.

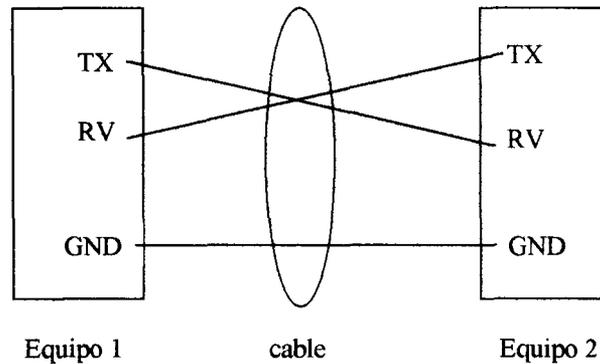


Fig. D.1. Comunicación serial.

La longitud de transmisión de un byte varia dependiendo del número de start bits, stop bits y data bits. Como regla general se toman 10 bits para transmitir un caracter, de ahí que la fórmula para estimar el número de caracteres transmitidos por segundo (n) es :

$$n = \frac{\text{vel.transmision(baudios)}}{10}$$

En dicha fórmula, no se toma en cuenta el retraso entre dos bytes consecutivos. Este retraso depende en la velocidad de transmisión del equipo. Generalmente es necesario decirle al equipo transmisor que el equipo receptor esta listo para recibir el siguiente byte. Esto se presenta cuando el equipo que recibe no puede responder tan rápido como recibe. Por ejemplo una impresora no puede imprimir tan rápido como la computadora envía los datos. Esto es llamado control de flujo que puede ser por software ó hardware.

En una transmisión serial, los datos son transmitidos como señales cuadradas. El estado cero es representado por un voltaje positivo y el estado uno es representado por un voltaje negativo. Los voltajes positivos están comprendidos entre +5 y +15v como entrada y a la salida entre +3 y -15v. Los voltajes negativos se encuentran entre -5 y -15v en la salida y

en la entrada -3 y -15 v. El voltaje más utilizado es ± 5 v. Las velocidades de transmisión utilizadas son: 110, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14.4k, 19.2k, 28.8 y 38.4k baudios. Los datos son enviados uno a la vez comenzando por el bit de inicio, seguido por los bits de datos, el bit de paridad y el bit de paro. Un ejemplo de transmisión serial se muestra en la fig. D.2.

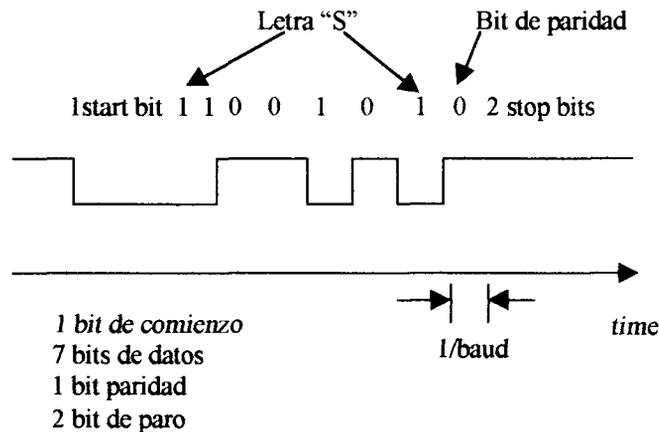


Fig. D.2. Transmisión de la letra S.

D.1.2 Redes de área local

Las redes de computadoras pueden ser clasificadas en redes de área amplia (WANs) que pueden alcanzar 10km como por ejemplo Internet, las redes de área local de alta velocidad (HSLNs) diseñadas para sites de computadoras, principalmente comunicación de mainframe a mainframe y mainframe a disco, son configuradas para distancias cortas y a velocidades altas. Las redes de área local (LANs) son utilizadas en grupos de oficinas, de un campus universitario o en una compañía. En una LAN, la velocidad de comunicación alcanza hasta 300 megabits por segundo. Sin embargo la ethernet que es la más popular corre a 10Mbps (100Mbps en ethernet rápida). Una comparación de diferentes tipos de redes se muestra en la tabla D.1.

D.1.3 Comunicación entre aplicaciones.

Las comunicaciones entre las aplicaciones son parte fundamental del sistema de control ya que por medio de ellas se realizan la transferencia de resultados, mensajes, eventos. Existen varias formas de establecer comunicación entre aplicaciones en una red de Windows NT, tales como *DDE*, *sockets* y *pipes*. En el software de control de la celda de manufactura descrito en el capítulo 5, se utiliza la comunicación por medio de NamedPipes que son un tipo de Pipes con nombre que pueden ser *unidireccionales* ó *bidireccionales*. Las Pipes están contenidas en funciones *threads* dejando así al sistema como ejecutor de las aplicaciones de acuerdo a los eventos generados.

	LAN	HSLN	Computerized branch exchange CBX
Transmisión media	Par trenzado Cable coaxial Fibra óptica	CATV coax.	Par trenzado
Topología	Bus, árbol, anillo	Bus	Estrella
Velocidad	1-100Mbps	50Mbps	9.6-64kbps
Distancia max.	25km	1km	1km
Técnica de switch	empaquetamiento	Empaquetamiento	Circuito sin retraso
No. De equipos soportados	100's- 1000's	10's	100's- 1000's
Costo	bajo	Alto	Muy bajo
Aplicación	Terminales de computadora	Mainframe a unidad de disco	Voz Terminal a terminal Terminal a computadora

Fig.D.1. Comparación de tecnologías de comunicación.

D.1.3.1 Threads

Las threads son definidas como una secuencia de código que ejecuta varias tareas en lugares de memoria individuales, y se comportan de manera impredecible y diferente cada vez que son ejecutadas, también se les puede definir como una herramienta de programación que modela concurrencia o como un concepto que ayuda a diseñar aplicaciones modulares [1].

Una "thread" es básicamente un camino de ejecución de un programa. Es también la unidad más pequeña de ejecución de la jerarquía Win32. Un "thread" consiste de un "stack", del estado de los registros de CPU y un lista de ejecución del calendarizador del sistema. Cada "thread" comparte todos los recursos de los procesos. Un proceso consiste de uno o más "threads" y el código, datos y otros recursos de un programa en memoria. En

un programa típico los recursos son archivos abiertos, semáforos, y memoria dinámica. Un programa se ejecuta cuando el calendarizador del sistema da el control de ejecución al “thread”. El calendarizador determina que “threads” deben correr y cuales deberían correr. Threads de baja prioridad deben de esperar mientras threads de más alta prioridad completen sus tareas. En maquinas con multiprocesadores, el schedule puede mover threads individuales a diferentes procesadores para “balancear” la carga del CPU.

Cada thread en un proceso opera independientemente. Sin embargo se deben hacer visibles a los demás, los threads ejecutan individualmente y son inconsientes de otros threads en un proceso. Los threads comparten recursos comunes, sin embargo deben coordinar su trabajo usando semáforos u otros métodos de comunicación entre procesos.

D.1.3.2 Pipes

Una *pipe* es una sección de memoria compartida que el proceso usa para comunicación. El proceso que crea una *pipe* es el *pipe* servidor. El proceso que se conecta a una *pipe* es la *pipe* cliente. Un proceso escribe información cuando el otro proceso lee la información de la *pipe*. La *pipe* es un mecanismo altamente eficiente para pasar grandes cantidades de datos o cualquier cantidad de datos que no todos están disponibles en memoria en un tiempo, durante un procedimiento remoto. La *pipe* funciona como su nombre lo dice como un tubo, los datos que se pongan en un extremo salen en el otro extremo del tubo. Se pueden establecer *pipes* locales (usando *pipes* anónimas o *pipes* con nombre) y *pipes* remotas (*pipes* con nombre). Una máquina crea la *pipe* (el servidor) y otra máquina que quiere usar la *pipe* (el cliente) debe de conocer el nombre de la maquina servidor y el nombre de la *pipe* en la maquina servidor.

Una vez que el cliente y el servidor establecen comunicación usando *pipes* con nombre, ellos pueden poner datos dentro de la *pipe* y leer los datos del otro lado de la *pipe*. Existen varias reglas que se aplican a las *pipes*. Hay que hacer notar que esas reglas hablan acerca de *pipes* con nombre a través de diferentes máquinas, pero las *pipes* con nombre pueden ser usadas para comunicar procesos en la misma máquina [3].

Una *pipe* puede ser creada para que su comunicación sea en una dirección o en dos direcciones (bidireccional) (fig. D.3a).

Solo hay dos extremos en una *pipe*. Una *pipe* puede ser creada para soportar varias instancias; esto es que varios clientes pueden conectarse en un mismo servidor pero cada instancia de una *pipe* con nombre solo puede servir una comunicación. Esto significa que no es posible que tareas en tres o más máquinas usen la misma *pipe* e intercambien comunicación. Cuando dos máquinas se conectan a una *pipe* servidor en una tercera máquina, entonces esa tercer máquina tendrá dos conversaciones separadas (fig. D.3b).

Cualquier máquina que puede crear *pipes* con nombre (una *named pipe* servidor) puede crear un número arbitrario de *pipes*, tan grande como cada *pipe* es identificada y tan grande como los recursos del sistema son disponibles.

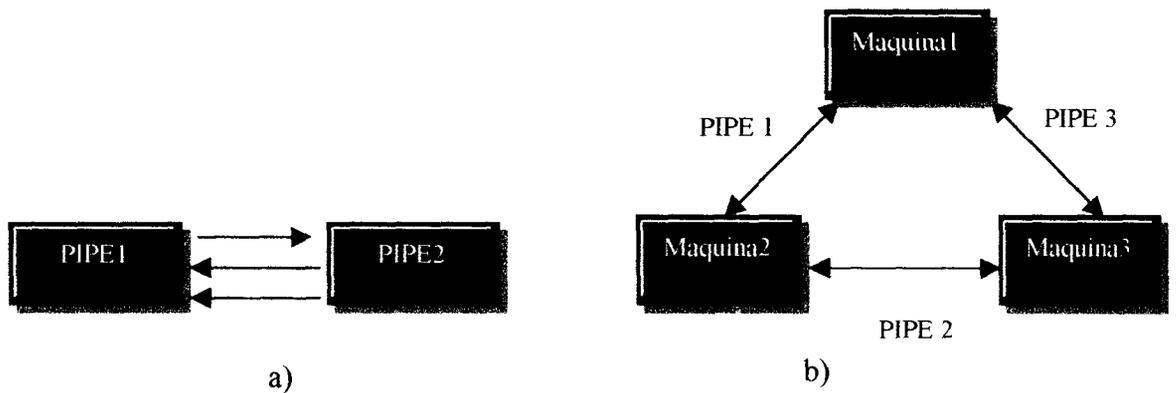


Fig. D.3. Características de las pipes.

Bibliografía

- [1] Hitomi Katsundo. "Manufacturing Technology in Japan". Journal of manufacturing systems, 1991, Vol. 2, 209- 251.
- [2] Rembold U., Nnaji B.O., Storr A. Computer Manufacturing and Engineering. Addison Wesley, (1994.
- [3] Joshi Sanjay B.,Smith Jeffrey S. Computer Control of flexible manufacturing systems, Chapman and Hall, 1994.
- [4] Coleman Derek, Arnold Patrick, Bodoff Stephanie, Dollin Chris, Gilchrist Helena, Hayes Fiona,, Jeremaes Paul. Desing. Object oriented development- the fusion method. Prentice Hall, 1994. p 64-66.
- [5] Koff Garry A., Automatic guided vehicle systems: aplicaciones, controls and planning, Material flow, Elsevier Science Publishers B.V., Neatherlands.4,(1987) 3-16
- [6] Salazar Reyes Laura, Salazar Corpus Francisco, Pulido Lecona Mauricio, Planeación y navegación de un robot móvil, Trabajo final de robótica, ITESM 1996.
- [7] Vallejo Moreno Gerardo Arturo, Arquitecturas de referencia, Modelo de control supervisorio para una celda de soldadura robotizada, Tesis ITESM 1996, 7-12.
- [8] Sedas Sergio, Automatic guided vehicles, Apuntes de robótica, ITESM 1994.

- [9] Schraft Rolf D., Approach towards intelligent robots, Mechatronics & robotics, IOS Press 1991, 103- 114.
- [10] Noble J.S., Tanchoco J.M.A., Marginal analysis guided design justification: a material handling example, International Journal of production research, 1995, Vol.33, No.12, 3439-3454.
- [11] Noble J.S., Tanchoco J.M.A., Design justification of manufacturing systems – A review, The international Journal of flexible manufacturing systems, 1993, 5, 5-25.
- [12] Noble J.S., Tanchoco J.M.A., A framework for material handling handling system design justification, International journal of production research, 1993b, 31(1), 81-106.
- [13] Hassan M.M.D., Hogg G.L. and smith D.R., a construction algorithm for the selection and assignment of materials handling equipment, International journal of production research, 23(2), 381-392.
- [14] Zhou Minlin, Greenwell Richard, Tannock James, Object- oriented methods for manufacturing information systems, Computer integrated manufacturing systems 1994, 7(2), 113-121.
- [15] Society of Manufacturing Engineering , Manufacturing Insights 1987.
- [16] Asche, Ruediger R., Multithreading for Rookies, Microsoft developer Network Group, <http://premium.microsoft.com/msdn/library/techart/>, 1993.
- [17] Asche, Ruediger R., Win32 Multithreading Performance, Microsoft Developer Network Technology Group, <http://premium.microsoft.com/msdn/library/techart/>, 1993.
- [18] Asche, Ruediger R., Garden Horses at Work, Microsoft Developer Network, http://premium.microsoft.com/msdn/library/techart/msdn_npipes.htm, 1995.
- [19] Rodriguez, Jesus, Tecnologías de comunicación avanzadas en robótica y celdas flexibles de manufactura, <http://reserch.cem.itesm.mx/jesus/reportes/proynfs.html>, 1995.
- [20] Rodriguez, Jesus, A flexible manufacturing cell distributed controller, <http://reserch.cem.itesm.mx/jesus/reportes/proynfs.html>, 1995.
- [21] Bennet David, Subprocesos Multiples con la MFC, Visual C++ para desarrolladores, 1998.

- [22] Bennet David, Programación para redes con Win32, Visual C++ para desarrolladores, 1998.
- [23] Groover Unikell P., "Group technology and flexible manufacturing systems", Fundamentals of modern manufacturing, Prentice Hall, 957, 1996.
- [24] Tanchoco J., Material handling and industrial logistics, <http://palette.ecn.purdue.edu/~tanchoco/AGVS/GenInfo/agvs.overview.html>, 1998.
- [25] Katz Z. and Asbury J. (1993). "On line position recognition for autonomous AGV Navigational Systems". Journal of manufacturing systems. Vol. 12, 146- 52.
- [26] AGV products Inc., <http://www.agvp.com>
- [27] Sinriech David (1992). "The centroid projection method for locating pick up and delivery stations in single loop AGV systems". Journal of manufacturing Systems. Vol. 2, 297- 307.
- [28] Joannis Robert and Krieger Moshe. "Object- oriented approach to the specification of manufacturing systems". Computer Integrated Manufacturing systems. Vol. 5, No. 2, Mayo 1992.
- [29] Chang, Tien-Chien. Data Communication and Local Area Networks in Manufacturing, Computer-aided manufacturing, USA, Prentice Hall, 1998.
- [30] Manufacturing Guidebook, "How four manufacturing leaders apply materials handling", Modern material handling, pag 99-105, 1985.
- [31] Salazar Francisco C. "Estructura de comunicación del software de control CELDA DIA I", 1996.
- [32] Vosniakos G.C., Mamalis A.G. Automated guided vehicle system design for FMS applications, International Journal Machinery Tools Manufacturing, Vol. 30, No.1 pp85-97, Pergamon Press, 1990.
- [33] AGV's used for unit loads, Management newsletter, modern material handling, January 1986.
- [34] Manufacturing Guidebook, Transportation- the key to flexibility and throughput, Modern Material Handling, 1985.
- [35] Purdue AGV research group, Material handling and industrial logistics , <http://gilbreth.ecn.purdue.edu/~tanchoco/AGVS/GenInfo/agvs.toc.html>

Centro de Información-Biblioteca



30002005703541