

# Vehículos de Guiado Autónomo (AGV's)

CONTROL Y PROGRAMACIÓN DE ROBOTS

---

**Grado en Electrónica, Robótica y Mecatrónica**

## Índice

---

1. Definición
2. Un poco de Historia ...
3. Beneficios y desventajas de los AGV's
4. Aplicaciones típicas
5. Categorías de AGV's
6. Tipos de AGV's
7. Consideraciones sobre AGV's
8. Sistemas de guiado
9. Sistemas de Control

## Definición

---

- Un AGV es un vehículo equipado con algún sistema de guiado autónomo, basado bien en tecnología electromagnética o bien óptica.
- Dicho vehículo puede seguir trayectorias previamente fijadas y atender a tareas programadas, como selección de paradas, evitación de colisiones o cualquier otra acción que pueda requerirse en un entorno de trabajo.

*Definición del Material Handling Institute (USA)*

Pág. 3

## Más conceptos

---

- An AGV es un vehículo sin conductor controlado por ordenador destinado a tareas de manipulación de materiales.
- Es capaz de realizar tareas similares a las tradicionales carretillas transportadoras conducidas por operadores Humanos.
- Se pueden programar para transporte de material fijando caminos a seguir y puntos de recogida y depósito de material en una determinada instalación.
- Proporcionan un método versátil y flexible de mover materiales en instalaciones industriales.

Pág. 4

## Un poco de Historia

- **Concepto desarrollado en EEUU en los 1950's por Barret Electronics.**
- **Inicialmente se emplearon como vehículo tractores.**
- **No fueron bien acogidos en EEUU inicialmente, aunque si en el Mercado Europeo donde se ensayaron y desarrollaron plenamente.**
- **Los EEUU adoptan los AGV's a principio de los 70 donde se desarrollan y pasan a ser usuales en factorías de todo el país.**



Pág. 5

## Algunas fechas

- **1953 – Primer sistema instalado en un almacén de Ultramarinos. Seguía un cable elevado.**
- **1973 - Volvo desarrolló 280 vehículos para ensamblaje controlados por computador para su fábrica de Kalmar (Suecia).**
- **Mediados 70's – Introducción del 'Unit Load Vehicle' (Vehículo de carga unitaria). Desarrollo de microprocesadores y aplicación a AGV's → Popularización.**
- **Principios 90's – Sistemas sofisticados de guía láser.**

Pág. 6

## Algunas fechas

 OS-40 5,000# CAP PALLET TRUCK	 OMNIGUIDE HEAD PALLET TRUCK ATTACHMENT	50's Thru 70's	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primeros vehículos básicos y lento desarrollo tecnológico</li> </ul>		
 DL-40 6,000# CAP SINGLE DIRECTIONAL	 240C 4,000# CAP BI-DIRECTIONAL	 DC-30 3,000# CAP SINGLE DIRECTIONAL	 DC-200 20,000# CAP INDEPENDENT F/R STEERING	80's	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo rápido parejo a la popularización de los <math>\mu</math>P.</li> </ul>
 DY-40 4,000# CAP DIFFERENTIAL STEER	 DC-40 4,000# CAP DIFFERENTIAL STEER	 DC-60 6,000# CAP 3-STEERED WHEEL	 DC-600 60,000# CAP INDEPENDENT F/R STEER	90's	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de guía complejos <math>\rightarrow</math> Mayor complejidad de tareas posibles.</li> </ul>

Pág. 7

## Ejemplo de Instalación con AGV



Pág. 8

## Beneficios de los AGV's

---

- **Flexibilidad y adaptabilidad**
  - ❑ Ante variaciones del volumen de producción
  - ❑ Por planificación (Schedule)
  - ❑ Ante recuperación de fallos
  - ❑ En Hardware / Software
  - ❑ En el tipo de vehículos
- **Control en tiempo real**
- **Ahorro de Espacio**
- **Facilidad de Instalación**
- **Reducción de costos mano de Obra**

Pág. 9

## Más Beneficios ...

---

- **Mejora de entorno de trabajo para las personas.**
- **Reducción en el consumo de Energía**
- **Optimización de la gestión de materiales (Control de Inventario)**
- **Ergonomía**
- **Integración de varios sistemas de producción en una misma fábrica.**

Pág. 10

## Y algunas desventajas ...

- Mayor complejidad técnica de las instalaciones.  
¿más vulnerables a fallos?
- Requiere personal especializado tanto en tareas de programación del sistema como en su mantenimiento.



Pág. 11

## Aplicaciones típicas

- Cadenas de ensamblaje

**El AGV transporta el producto al que se le van ensamblando diferentes componentes a lo largo de diferentes punto de la factoría.**

- ☐ Se desarrollaron originalmente en Europa para la industria del automóvil.
- ☐ Representan el 60% - 70 % del total de AGV's instalados.
- ☐ Generalmente están compuestos por muchos vehículos (de 20 a 500 veh. por Sistema).



Pág. 12

## Aplicaciones típicas

- **Características de AGV's en cadenas de Ensamblaje**
  - ☐ Caminos flexibles
  - ☐ Permite ensamblaje tradicional o automatizado
  - ☐ Carga de Baterías de AGV's en las propias estaciones de ensamblado.
  - ☐ Interfases de usuario para carga y descarga
  - ☐ La producción diaria puede acercarse al 100% (Alta capacidad de recuperación de fallos).
  - ☐ Entornos de trabajo más agradables
  - ☐ Inversión inicial más elevada que en un sistema convencional

Pág. 13

## Aplicaciones típicas

- **Sistema de Almacenamiento automático**

**El AGV transporta productos desde el almacén a los puntos de trabajo o viceversa. Pueden combinarse con sistemas ASRS's ('Automatic Storage and Retrieval Systems').**

  - ☐ Fueron la primera aplicación comercial de los AGV's
  - ☐ Son un serio competidor de las carretillas paletizadoras.
  - ☐ En conjunción con ASRS's Permiten una eficiente gestión de inventario y stocks de almacén .



Pág. 14

## Aplicaciones típicas

- **Sistemas de fabricación Flexible**

El AGV forma parte del sistema de manipulación automática de material de una célula de fabricación flexible (FMS).

Una FMS ('Flexible Manufacturing System') agrupa en una celda varias máquinas herramientas programables con robots y dispositivos de automatización. Están integradas en un proceso de producción global y controladas de forma centralizada.

- ❑ Existen pocos. Caros y tiempos de amortización largos ( más de 5 años en general).
- ❑ Son esenciales en las modernas filosofías de fabricación CIM ('Computer Integrated Manufacturing') y 'Just in time'.



Pág. 15

## Aplicaciones típicas

- **Características de AGV's en FMS's**

- ❑ Los tiempos de ajuste y puesta a punto se reducen al mínimo. Mejora capacidad de respuesta ante necesidades del mercado.
- ❑ Gran flexibilidad para el proceso productivo.
- ❑ Los AGV permiten flexibilizar el sistema de manipulación automático de material de FMS's.
- ❑ Tres niveles de control
  - Computador Ppal: control global
  - Computador del sistema de manipulación automático de material.
  - Computador del CNC.
- ❑ Los AGV integran las FMS con los almacenes de piezas de trabajo ('Work-in-progress storage').

Pág. 16



## Aplicaciones típicas

- **Sistemas para manejo de Papel.**

Se emplean en Editoriales y Periódicos. El AGV forma parte del sistema de alimentación automática de los pesados rollos de papel a las prensas de impresión.

- Se usan en periódicos por:

- ↑ Competencia ⇒ ↓ Costos producción.
- Just in time
- AGV ↓ Costes y ↑ Flexibilidad

- Ratios de alimentación típicos (60 – 70 rollos/horas)



Pág. 17

## Categorías de AGV's

- **Parámetros para la elección de AGV's**

- Tipo de sistema de comunicaciones
- Tipo de vehículo
- Longitud del camino de referencia
- N° de vehículos
- N° de estaciones de recogida y depósito ('Pick and Delivery')
- Tipo de sistemas de evitación de colisiones.
- Tipo y volumen del material a manipular.

En función de estos parámetros se pueden distinguir 3 categorías de AGV's

Pág. 18

## Categorías de AGV's

---

- **Categoría 1: Sistema Estándar con Controles Básicos.**
  - Se usan sólo en manipulación de material
  - De 1 a 4 vehículos por sistema.
  - Muy poca inteligencia y capacidades limitadas.
  - Se limitan a llevar cargas de punto a punto. Tasas de producción reducidas.
  - Caminos de referencia simples: Bucle continuo.
  - No hay control externo al propio AGV (Sin coordinación).
  - El sistema sólo reconoce vehículos a su paso por estación.
  - Son los más baratos de instalar.
  - Estrategias de 'dispatching'
    1. 'On-board' → Consignas manuales
    2. 'Off-board' → Se solicita remotamente.

Pág. 19

## Categorías de AGV's

---

- **Categoría 1: Sistema Estándar con Controles Básicos.**
  - **Ventajas**
    - Coste inicial bajo.
    - Facilidad de manejo.
    - El control es asequible para operarios no cualificados.
  - **Desventajas**
    - Dificil integración con otros sistemas de control.
    - El material no se distribuye a sus destinos de manera óptima.
    - Alto grado de intervención humana. Poca automatización.
    - No hay tiempo máximo de atención de llamadas garantizado.

Pág. 20

## Categorías de AGV's

---

- **Categoría 2: Sistema avanzado con control por  $\mu$ P**
  - Se usan para manipulación de material
  - No hay coordinación entre robots
  - Tienen más flexibilidad y mejores capacidades.
  - Tipo de camino: Admiten bifurcaciones e intersecciones.
  - Múltiples estaciones de recogida/reparto de material.
  - Pueden existir caminos alternativos para ir a una estación.
  - N° de vehículos típicos: 5 a 15 vehículos.
  - Capacidades de carga/descarga automática.
  - Control de a bordo sofisticados y control de tráfico.
  - Mayores costes de implantación.
  - Las órdenes de movimiento se comunican automáticamente.
  - Existen procesador o PLC central de control.

Pág. 21

## Categorías de AGV's

---

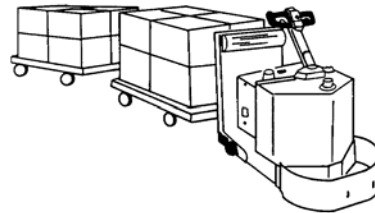
- **Categoría 3: Sistema con control centralizado por computador e interfase con otros sistemas.**
  - Control centralizado: Coordinación completa entre robots.
  - Automatización total de operaciones de manipulación de material.
  - Control en tiempo real.
  - Máxima flexibilidad y aprovechamiento de vehículos
  - Tasas de producción óptimas.
  - Seguimiento individualizado de cada AGV.
  - Facilidades de integración con otros sistemas.
  - Trazado de caminos de complejidad arbitraria: Navegación sofisticada.
  - N° de vehículos: 12 a 60.
  - Caros.

Pág. 22

## Tipos de AGV's

### 1. Trenes sin conductor (Tow – AGV's):

- Transportan grandes cargas.
- Se emplean en industria textil, de gomas, almacenaje y manufacturas en general.
- Carga y descarga manuales habitualmente.
- 2 tipos:
  - ☐ Cerrados: No se desenganchan remolques
  - ☐ Abiertos: Enganche/desenganche automático.

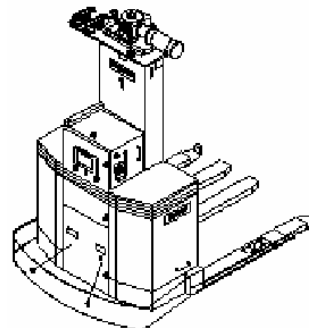


Pág. 23

## Tipos de AGV's

### 2. Vehículos de Palets (Palletizer AGVS):

- Fueron de los primeros en introducirse en la industria (años 70)
- Se emplean para operaciones básicas de recogida/depósito de material.
- Poca 'inteligencia'.
- Carga y descarga manuales habitualmente.
- La carga debe estar en el suelo.
- Cargas moderadas (hasta 3000 Kg aprox.)

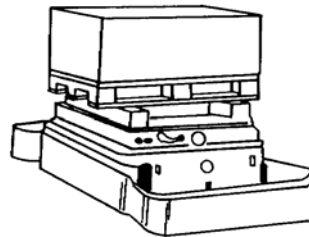


Pág. 24

## Tipos de AGV's

### 3. Vehículos de carga unitaria (Unit Load Vehicle):

- Son los más estándar en la industria
- Adaptables a muchísimas aplicaciones: Interfase entre células de carga/descarga, enlaces en FMS's.
- Velocidades y cargas moderadas.
- Alta maniobrabilidad



Pág. 25

## Tipos de AGV's

### 3. Vehículos de carga unitaria (Unit Load Vehicle):

- **Varios tipos de soporte de carga:**
  - Cinta transportadora actuado por AGV o estación (*Conveyor Deck Type AGV*)
  - Mecanismo de lanzadera
  - Elevadores (*Lift Deck Type AGV*)

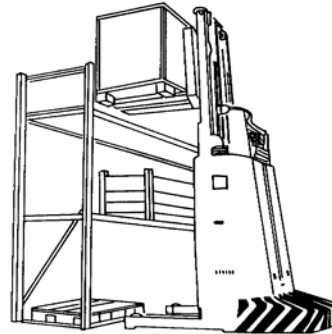


Pág. 26

## Tipos de AGV's

### 4. Carretilla elevadora de horquilla (Fork-Lift AGV):

- Posicionan cargas a diferentes alturas.
- Suelen ser de categoría 2 o 3.
- Cargas estándar hasta 3600 Kg.
- Velocidades moderadas.
- Buena maniobrabilidad



Pág. 27

## Tipos de AGV's

### 5. Vehículos para cargas ligeras (Light Load AGV):

- Vehículos de bajo coste.
- Uso en Hospitales, oficinas, etc
- Cargas estándar por debajo de 225 Kg.
- Velocidades moderadas.
- Buena maniobrabilidad



Pág. 28

## Tipos de AGV's

### 6. Vehículos especiales

- Diseños específicos para cada aplicación:
  - Uso en entornos fríos, limpios, hostiles ...
  - Cargas muy pesadas
  - Manipulación de materiales especiales
  - Aplicaciones de ensamblaje: Diseño para un producto determinado.



Pág. 29

## Consideraciones sobre AGV's

- **Modo de Operación**
  - Automático: En las tres categorías.
  - Semiautomático: Se manejan manualmente los teclados de control
  - Manual: Con pistola de programación (Emergencias)
- **Ruedas:**
  - Motrices: Permiten levantarse del suelo para operaciones de mantenimiento
  - De medida (Odometría)

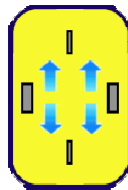


Pág. 30

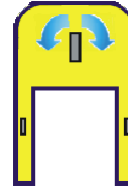
## Consideraciones sobre AGV's

### • Geometrías de Tracción de AGV's

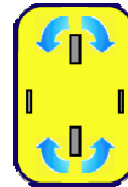
#### • Diferencial



#### • Triciclo



#### • Triciclo Dual



Pág. 31

## Consideraciones sobre AGV's

### • Posicionamiento y repetibilidad:

- Habitualmente se requieren precisiones entre 7 cm y 0.025 cm.
- ↑ Precisión ⇒ ↑ Tiempo para detener AGV
- Conos de posicionamiento ⇒ ↑ Precisión

#### Interfase con estación

- Manual
- Cinta Transp.
- ASRS y P&D
- Maquinas Herramientas

#### Tolerancias

- 7 cm
- 2 ó 3 cm
- 0.5 cm
- 0.03 cm

Pág. 32



## Consideraciones sobre AGV's

### • Carga de Baterías

#### • Cambio manual de baterías:

Sólo en aplicaciones de bajas prestaciones

#### • Carga planificada

El AGV para su tarea para incorporarse a la zona de carga de baterías de la instalación.

#### • Carga de Oportunidad

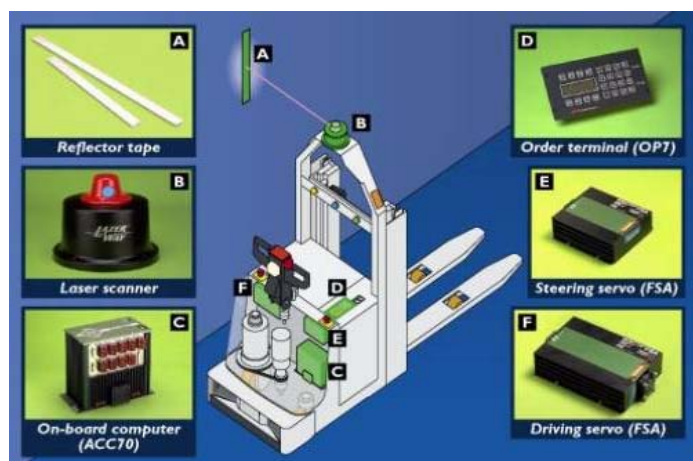
Si la tarea del AGV lo permite se pueden cargar las baterías en las paradas en las celdas trabajo.



Pág. 33

## Consideraciones sobre AGV's

### • Partes de un AGV de altas prestaciones



Pág. 34

## Sistemas de Guiado de AGV's

- **Pasivos** (No hay energía radiada por el vehículo/camino)

### 1. Tecnologías ópticas (Fluorescente y Química).

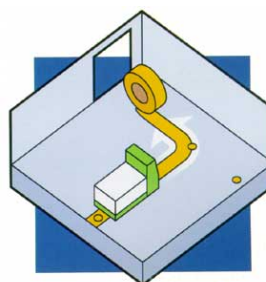
El camino es marcado por una cinta adherida al pavimento o pintada sobre él. Se detecta la luz química emitida por el mismo.

- **Ventajas**

- ☐ Económicos
- ☐ Puede incorporar fácilmente códigos binarios.

- **Inconvenientes**

- ☐ Problemas con la suciedad de la cinta o los sensores.
- ☐ Fácil rotura del camino por desgaste (baja durabilidad)



Pág. 35

## Sistemas de Guiado de AGV's

- **Pasivos** (No hay energía radiada por el vehículo/camino)

### 2. Tecnología magnética

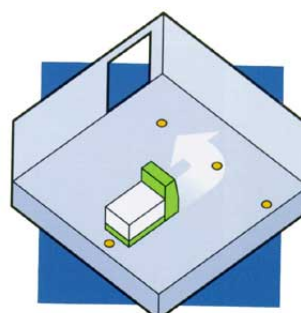
El camino es marcado por una cinta magnética o botones magnéticos. Se detecta el campo magnético estático del mismo.

- **Ventajas**

- ☐ Pueden ir bajo el suelo
- ☐ Mayor durabilidad.
- ☐ Inmunes a la suciedad
- ☐ También permiten códigos binarios

- **Inconvenientes**

- ☐ Algo más caros



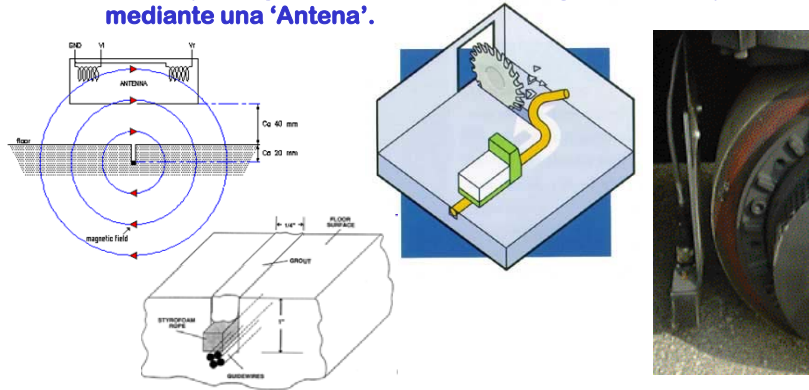
Pág. 36

## Sistemas de Guiado de AGV's

- **Activos:** (El vehículo/camino radia algún tipo de energía)

### 1. Seguimiento Inductivo (Filoguiado)

El camino es marcado por un cable enterrado que induce un campo magnético alterno. El AGV sigue este campo mediante una 'Antena'.



Pág. 37

## Sistemas de Guiado de AGV's

- Seguimiento Inductivo (Filoguiado)

- **Ventajas**

- ☐ Muy poco mantenimiento
- ☐ Alta durabilidad y fiabilidad.
- ☐ Inmunes a la suciedad
- ☐ También permiten códigos sobre el terreno.

- **Inconvenientes**

- ☐ Instalación del cable lenta y costosa (Caro).
- ☐ Interferencias con objetos metálicos cercanos.

Pág. 38

## Sistemas de Guiado de AGV's

- Seguimiento Inductivo (Filoguiado)
  - **Sistemas de Navegación**
    - a) Selección del camino
      - ☐ Se usa una sola frecuencia. Se activa sólo el tramo que se va a emplear.
      - ☐ Permite sólo un robot por tramo.
    - b) Selección de frecuencias
      - ☐ Cada recorrido se guía por una frecuencia.
      - ☐ Todos los tramos activos simultáneamente.
      - ☐ Es el más usado.

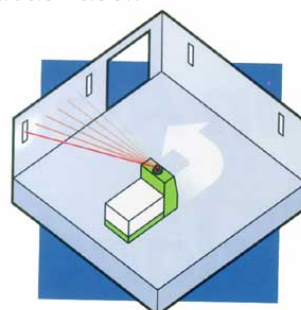
Pág. 39

## Sistemas de Guiado de AGV's

- **Activos:** (El vehículo radia algún tipo de energía)
- 2. Seguimiento en 3D (Láser)
 

No hay caminos explícitos marcados. El AGV decide su trayecto posicionándose a través de un sistema de balizas ópticas Láser.

- **Ventajas**
  - ☐ Total flexibilidad y versatilidad
  - ☐ Caminos reconfigurables por software. (Rápido y económico)
  - ☐ Útil cuando no es posible emplear caminos explícitos.
- **Inconvenientes**
  - ☐ Sistemas Caros y Complejos



Pág. 40

## Sistemas de Control de AGV's

---

- **Cuatro subsistemas jerárquicos:**

- 1. Computador Principal**

Gestiona el comportamiento integral de la planta:  
Ordena que debe hacer cada elemento del sistema, mantiene el inventario, bases de datos y la política de producción.

- 2. Controlador Central**

- Gestiona la flota de AGV's de manera óptima (coordinación de vehículos)
- Gestiona la carga de baterías.
- Funciones de supervisión.
- Gestiona el inventario en cada instante.

Pág. 41

## Sistemas de Control de AGV's

---

- 3. Controlador del tráfico**

- Determina la ruta que debe seguir cada AGV en cada momento (Problema en tiempo real complejo)
- Objetivo: Evitar colisiones
- Gestiona: Puntos de parada, rutas alternativas, velocidades de los vehículos, etc

- 4. Sistema de control a bordo**

- Controla cada AGV individualmente. Controla:
  - Velocidad y aceleración
  - Guiado
  - Paradas de precisión
  - Sistemas de seguridad
  - Evitación del tráfico

Pág. 42