

# SISTEMA DE PUERTAS DE SALIDA DESATENDIDAS PARA UNA TERMINAL MARÍTIMA DE CONTENEDORES

Carlos Ricolfe Viala [cricolfe@isa.upv.es](mailto:cricolfe@isa.upv.es)  
Dept. Ingeniería de Sistemas y Automática

Jose Luis Navarro Herrero [joseluis@isa.upv.es](mailto:joseluis@isa.upv.es)  
Dept. Ingeniería de Sistemas y Automática

Jose Luis Poza Luján [jopolu@disca.upv.es](mailto:jopolu@disca.upv.es)  
Dept. Informática de sistemas y Computadores

Universidad Politécnica de Valencia

## Resumen

*En este trabajo se describe la implantación de un sistema automatizado para el control y supervisión de puertas de salida en una terminal marítima de contenedores. El sistema se ha desarrollado a partir de elementos básicos de control de gama baja.*

**Palabras Clave:** puertas desatendidas, terminal de contenedores.

## 1 INTRODUCCIÓN

El aumento en estos últimos años del transporte de mercancía por vía marítima a través del puerto autónomo de Valencia obliga a mejorar algunas de las infraestructuras para agilizar el flujo contenedores en la terminal portuaria. Una de las actividades que hasta la fecha se realiza de forma totalmente manual es la autorización de salida de camiones de la terminal. Esta maniobra esta controlada por personal que supervisa y autoriza la salida de camiones de la terminal tras comprobar en una base de datos que todas las operaciones o movimientos que se le asignaron al camión al entrar en la terminal han sido realizados. Esta verificación manual provoca, a ciertas horas, retenciones de camiones en las puertas de salida, lo que ralentiza el flujo de contenedores por la terminal. La implantación de un sistema de puertas de salida desatendidas reduce radicalmente este tiempo de espera evitando las colas de camiones y mejorando, en general, el funcionamiento de la terminal.

En el artículo se describe la solución adoptada, utilizando componentes industriales de gama baja junto con el diseño específico de algunos elementos.

## 2 OPERATIVA DE CAMIONES EN LA TERMINAL

En la entrada de un camión en la terminal de contenedores se registran en la base de datos las órdenes de entrega y/o recogida de contenedores, y se le asignan una serie de operaciones a realizar dentro de la terminal.

Actualmente para la identificación automática del camión dentro de la terminal se utilizan tarjetas electrónicas (TAGs). Cada TAG contiene un único número que identifica al camión dentro de la terminal y es utilizado para realizar el seguimiento de sus movimientos dentro de la terminal. Estos movimientos se almacenan en una base de datos central que contempla el estado de la terminal en cada momento. Las operaciones o movimientos se actualizan a medida que se van cumpliendo.

Cuando el camión sale de la terminal se lee el número de TAG que lo identifica dentro de la terminal y se verifica que todas las operaciones asignadas al mismo se han completado satisfactoriamente. Dado que los TAGs son elementos de un alto valor económico, antes de abandonar la terminal el conductor del camión debe devolverlo. En este momento es cuando se abre la barrera de salida y el camión puede abandonar la terminal.

## 3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La estructura propuesta se muestra en la figura 1. El sistema dispone de varias puertas de salida. En cada puerta se dispone de un dispositivo (RTA) que se encarga de la lectura del TAG que identifica al camión que llega a la puerta, la recogida de los TAGs y la apertura de la barrera. Todos estos dispositivos están conectados a través de una red de campo a un sistema de supervisión (SS) que se encarga de la

gestión de todas las puertas, autorizando la salida una vez que se ha comprobado los movimientos en el sistema de gestión de la terminal. Para ello, el SS consulta en cada RTA el estado en que se encuentra cada una de las puertas y comunica todos los eventos que se producen al nivel de gestión de la terminal por medio de un servicio DDE. Del mismo modo el SS recoge todas las ordenes que envía el subsistema de consulta y las canaliza hacia el RTA correspondiente.

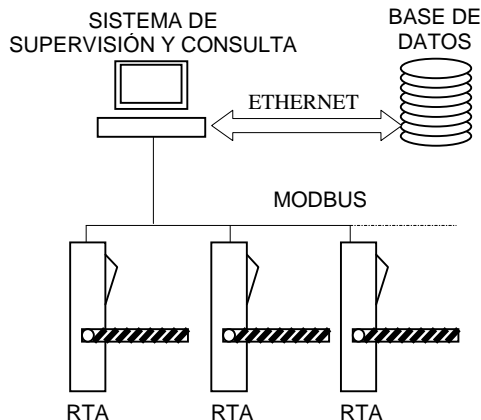


Figura 1: Esquema general del sistema

### 3.1 RECOGEDOR DE TAGS

Las funciones de este subsistema son:

- Leer el número contenido en el TAG
- Enviar el número al subsistema de supervisión
- Esperar validación
- Recoger el TAG
- Imprimir un comprobante de la operación
- Gestionar la apertura de barrera

Para realizar todas estas funciones, el subsistema RTA dispone de varios periféricos encargados de realizar las funciones asignadas al mismo.

En la figura 2 se muestra un esquema de este sistema. El control de los diversos dispositivos es gestionada por un PLC de gama baja, que permite la comunicación por un puerto serie con el lector de TAGs, un display para mostrar mensajes y una impresora. Adicionalmente, por medio de entradas y salidas binarias, se controla el dispositivo de recogida de TAGs y la barrera.

#### 3.1.1 Display

Dado que el RTA debe interactuar con el conductor del camión, se ha incorporado un display luminoso de matriz de puntos para mostrarle en cada momento la operación a realizar. La comunicación entre este dispositivo y el PLC se realiza a través de un puerto serie del multiplexor RS-232.

#### 3.1.2 Lector de TAGs

El lector de TAGs es un receptor de radiofrecuencia que permite la lectura del código almacenado en el mismo a través de ondas de radio. De esta forma la lectura del número se realiza fácilmente desde el punto de vista del usuario, simplemente mostrando el TAG delante de la antena que incorpora este dispositivo.

La comunicación con el PLC se realiza a través de un puerto serie

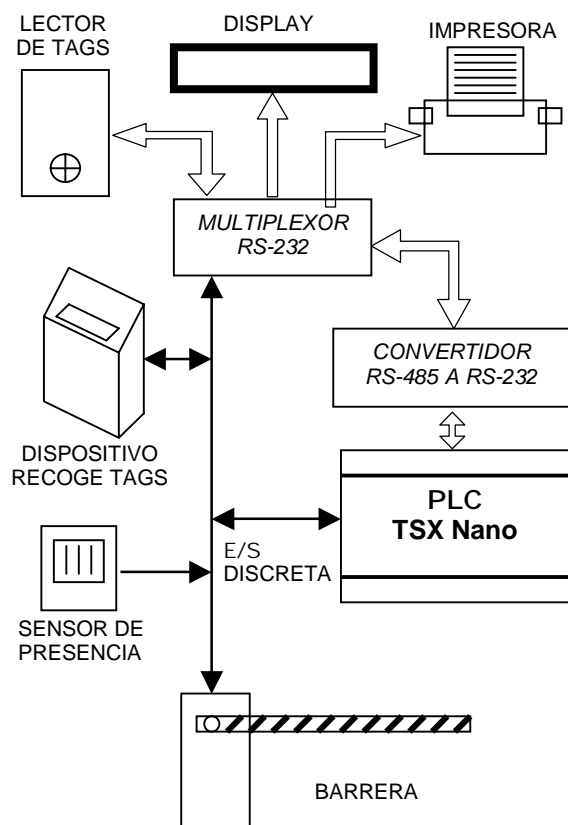


Figura 2: Componentes del RTA

#### 3.1.3 Dispositivo recoge-TAGs

El dispositivo recoge-TAGs se encarga de recoger y almacenar los TAGs en una caja una vez que se ha validado la salida del camión. El dispositivo consta de una trampilla motorizada y sensores para el control de la trampilla y la detectar la introducción de los TAGs.

#### 3.1.4 Sensor de presencia

Este es un sensor inductivo de presencia situado en el suelo enfrente de cada RTA. El camión presente en la puerta de salida cambia el campo magnético de la espira que actúa de sensor. Esto se traduce en una

señal lógica, indicando el inicio del ciclo de recogida del TAG.

### 3.1.5 Impresora

La impresora emite un comprobante siempre y cuando el conductor del camión lo desee. Dicho comprobante certifica la hora y fecha de salida de la terminal junto con otros datos de interés para el servicio. Esta impresora se controla a través de uno de los puertos serie del multiplexor RS-232.

### 3.1.6 Barrera

La barrera esta gobernada a través de una E/S discreta del autómatas y con su apertura se indica al conductor del camión que puede salir de la terminal.

### 3.1.7 Multiplexor RS-232

Dado que se ha utilizado un autómatas programable de la serie baja para controlar el RTA, éste sólo dispone de un puerto de comunicaciones serie RS-232. La topología utilizada para el sistema obliga a utilizar un multiplexor de puerto RS-232 para controlar el display, el lector de TAGs y la impresora. El control del multiplexor se realiza a través de salidas discretas del autómatas. Con el objetivo de optimizar el sistema, y consecuentemente abaratar el los costes del mismo, se ha diseñado un multiplexor RS-232 a medida para el RT utilizando tecnología TTL. El esquema del mismo se muestra en la figura 3.

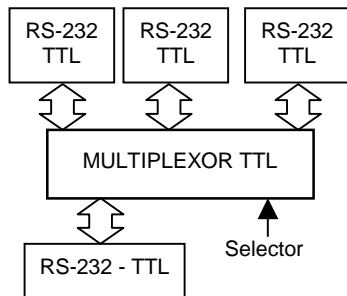


Figura 3: Multiplexor RS-232

### 3.1.8 Autómatas programable

El autómatas programable es el modelo TSX-Nano de Telemecanique. Dispone de 8 entradas, 6 salidas digitales y dos puertos de comunicaciones RS-485. Un puerto soporta protocolo MODBUS que se utiliza para la red de PLC con el sistema supervisor. En el otro puerto de comunicaciones se utiliza un convertidor de RS-485 a RS-232 para poder controlar a través del multiplexor RS-232 el display, el lector de tags y la impresora. En este punto conviene mencionar que se podría haber creado una red

utilizando directamente el puerto RS-485, pero sólo se disponía de los dispositivos con interfaz RS-232, y la opción del multiplexor es más económica.

La E/S discreta del autómatas se utiliza para gobernar el multiplexor y el resto de dispositivos. De esta forma se consigue controlar con un autómatas comercial de serie baja todos los dispositivos que componen el RTA.

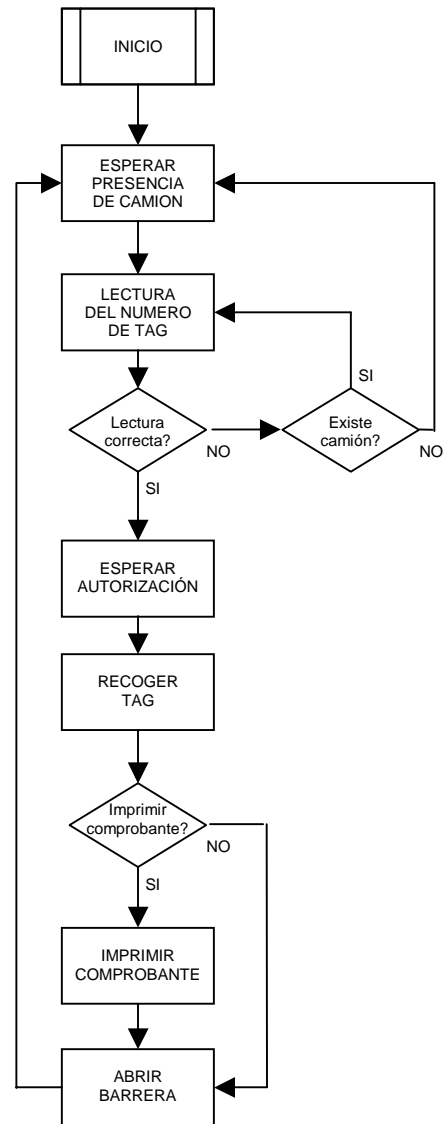


Figura 4: Flujograma del RTA

### 3.2 Funcionamiento del RTA

El autómatas programable es el encargado de gestionar todos los dispositivos del RTA siguiendo el programa residente en su memoria. La secuencia de programa responde al flujograma de la figura 4.

Cada uno de los RTA que controlan las puertas forman una red MODBUS en la cual todos ellos funcionan como esclavos. El SS funciona como

maestro de esta red y es el encargado de preguntar a cada uno de los RTA si existe algún número de TAG disponible para validar. Cuando el RTA efectúa la lectura del TAG, éste se queda en un estado de espera hasta que el SS le pregunta por el número leído y le manda la autorización de salida. Cuando recibe la autorización de salida el RTA realiza las operaciones pertinentes para abrir la barrera de salida.

La CPU de RTA se muestra en las figuras 5 y 6. Esta CPU está amarrada a un poste el cual la sitúa a la altura de una cabina de camión. La disposición física de los elementos instalados en cada una de las puertas se muestra en la figura 7.



Figura 5: Aspecto exterior del RTA



Figura 6: Aspecto interior del RTA

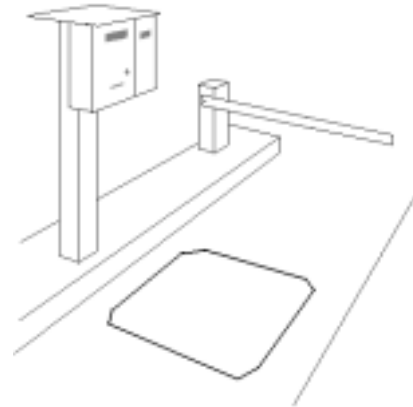


Figura 7: Disposición del RTA en una puerta

### 3.3 SUBSISTEMA DE SUPERVISIÓN

El sistema de puertas salidas desatendidas se pretende que sea un sistema cerrado en el cual se disponga de unas primitivas que permitan su control desde una aplicación exterior. Las funciones soportadas son: la detección de camiones en las puertas de salida, saber el número de TAG que los identifica, poder actuar sobre las barreras de salida correspondientes e imprimir el texto deseado en los comprobantes de salida. Esta serie de primitivas nos permiten dejar abierta la operación de comprobación en las bases de datos y posibilitar la modificación en un futuro de por ejemplo los textos que se imprimen en los comprobantes, la forma de consulta en la base de datos e incluso hasta realizar la consulta en otra fuente de datos diferente. Así pues, el objetivo de SS se centra en formar el nexo entre los RTA instalados en las puertas de salida y el nivel de consulta superior. El SS ofrece al nivel de consulta una serie de primitivas mediante las cuales puede saber el estado de las puertas de salida en cada momento y mandar ordenes concretas sobre la puerta que crea necesario.

El flujo de información se realiza básicamente a través del estándar DDE que permite el intercambio de mensajes entre dos aplicaciones Windows.

La aplicación de supervisión se comunica con los RTA instalados en las puertas de salida a través del puerto serie del ordenador y un convertidor de RS-232 a RS-485. El protocolo utilizado es MODBUS. Este protocolo permite la comunicación asíncrona entre varios dispositivos actuando uno de ellos como maestro de la red. En este caso la aplicación se conecta a la red de RTA actuando como maestro.

Para implementar la aplicación se ha utilizado lenguaje C++ con la biblioteca de funciones MFC usando el API Win32.

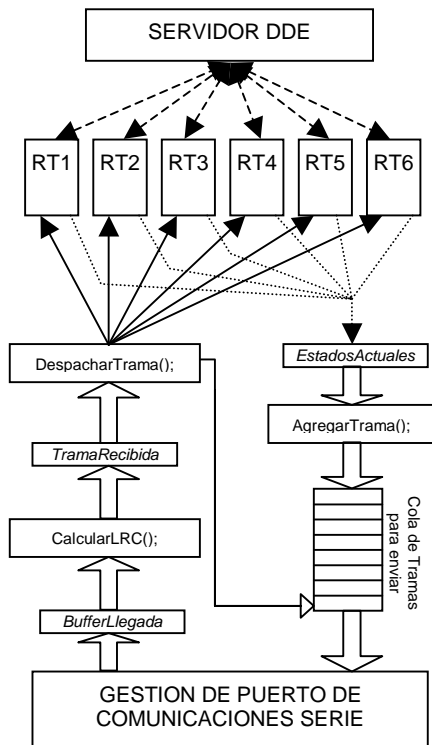


Figura 8: Estructura de la aplicación de supervisión

Se trabaja en una red gobernada por el SS y los RTA responden a las peticiones del mismo. Esto implica generar consultas para actualizar en el SS el estado del RTA correspondiente y esperar la respuesta a la misma. Para ello se ha desarrollado la aplicación con la estructura de la figura 8.

El bloque comunicaciones serie son un grupo de funciones que se encargan de gestionar el puerto del ordenador. Esta gestión implica básicamente abrir, cerrar el puerto, enviar y recibir caracteres a través del mismo. Los caracteres que se envían por el puerto proceden de la cola de tramas para enviar que se generan periódicamente según un instante de muestreo prefijado. Cada uno de los RTA detectados durante el ciclo de inicialización se representa lógicamente mediante un objeto que almacena el estado actual y funcionalidad de un RTA.

La secuencia de estados a través de los cuales evoluciona cada uno de RTA es el flujograma de la figura 9.

La comunicación con un nivel superior de control se realiza a través del servidor DDE. Este servidor realiza el intercambio de mensajes entre la aplicación de supervisión y la aplicación de consulta a la base de datos. Cada vez que se produce un cambio de estado en el objeto *RecogeTag* este informa al nivel de consulta según los siguientes mensajes acompañados del número de puerta en el cual produce el evento:

- ERROR COMUNICACIONES
- TAG PRESENTE
- PROBLEMAS DE LECTURA DE TAG
- DEMORA RECEPCION

Del mismo modo la aplicación de consulta envía una serie de mensajes en función de la acción a realizar:

- VALIDACIÓN DE TAG
- APERTURA DE BARRERA
- CERRAR PUERTA DE TAGETERO

El mensaje de validación de TAG se completa además con las líneas de texto que se desea imprimir en el comprobante que recoge el conductor del camión.

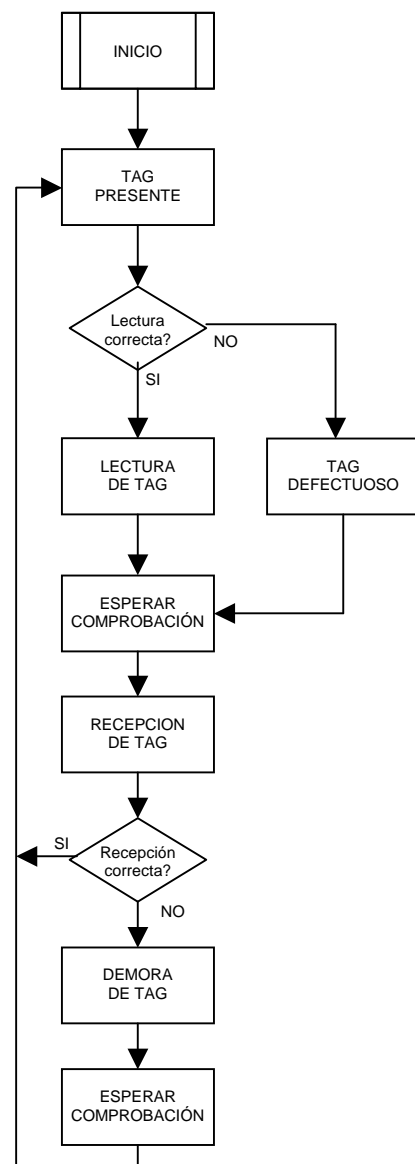


Figura 9: Flujograma de objeto RTA

La aplicación de supervisión emite un log con todos los eventos que se van produciendo en las puertas de

salida de la terminal. La apariencia de la aplicación de supervisión se muestra en la figura 10.

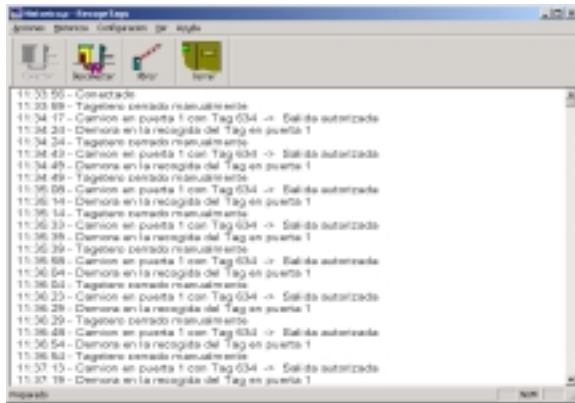


Figura 10: Apariencia de la aplicación de supervisión

## 4 CONCLUSIONES

El presente sistema refleja la posibilidad de desarrollar sistemas complejos a partir de elementos simples de control. Usando autómatas programables de gama baja fáciles de programar unidos a periféricos de bajo coste de fácil de control, se consigue desarrollar un sistema compacto de control y supervisión que se adapta completamente a las necesidades planteadas. También el sistema de supervisión implementado, gestiona de una forma eficiente la red de autómatas programables. El resultado ha sido un sistema que ha optimizado una de las tareas en la terminal marítima de contenedores del puerto de Valencia con un bajo coste económico.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos FEDER-CICYT números 1FD97-2158-C04-02 y 1FD97-2158-C04-03 y por la empresa Marítima Valenciana S.A.

### Referencias

- [1] Michael G., (1990) Autómatas programables industriales: Arquitectura y aplicaciones. Marcombo-Boixareu. Barcelona ISBN: 84-267-07869-0
- [2] Mandado et al., (1992) Controladores lógicos programables. Marcombo-Boixareu. Barcelona ISBN: 84-267-0845-5
- [3] Kruglinski, J., (1995) Programación avanzada con Visual C++. McGraw-Hill. Madrid ISBN: 84-481-0717-9

[4] D'Andrea E., (1999) Visual C++ 6 Guia Completa. InforBook's. Barcelona ISBN: 84-95318-04-0

[5] Microsoft, (1995) Visual C++ Tutorials

[6] Telemecanique, (1993) Manual TSX-07

[7] National Semiconductor Corporation, (1981) Logic Databook.

[8] National Semiconductor Corporation, (1986) Interface Databook.