



**Universidad de Oriente
Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Diseño de un Sistema de Control Automatizado Eficiente
para el Transporte de Bloques Hormigón en Plantas
Productivas tipo “POYATOS” usando Redes Petri.**

**Tesis en opción al Título de Master en
Automática.**

Autor: Ing. Juan Carlos Sánchez Perera.

Tutor: Dr.C. Israel Benítez Pina.

**Santiago de Cuba
2011**

Agradecimientos

A mi tutor Dr.C. Israel Benitez Pina por su atención y cooperación.

A todos los amigos que de alguna forma hicieron posible el desarrollo y culminación de este trabajo.

A los compañeros de la Empresa Horter por su invaluable apoyo en la ejecución de este trabajo.

A todos, Muchas Gracias.

Dedicatoria:

A mi Madre y hermana por siempre estar ahí y confiar en mí, por darme la calma y el camino a seguir.

A Marita por exigirme vivir al borde de la locura y mostrarme que siempre puedo ser mejor.

A mi abuela Gladis y tía Luisa por crear en mí el hombre que hoy soy.

A mi padre, hermanos y resto de la familia por soportarme con virtudes y defectos permitiendo me estar orgulloso de mí.

RESUMEN

El presente trabajo muestra una propuesta de sistema automatizado para el control del transporte de bloques en plantas de fabricación de bloques de hormigón tipo “POYATOS”. El sistema de automatización fue diseñado partiendo de la necesidad de fabricación en el país, teniendo en cuenta las limitaciones tecnológicas existentes y sobre la base de la teoría de control para los Sistemas de Eventos Discretos.

Para desarrollar el presente trabajo se estudió el flujo productivo de este proceso, identificando los requerimientos funcionales y las limitaciones estructurales del proceso. Posteriormente se realiza una revisión del estado del arte del diseño de sistemas de automatización industrial, definiendo al modelado en Redes Petri, utilizando el programa Visual Object Net 2.7, como el método más efectivo.

La cantidad de modelos corresponde con la intención de lograr la mayor modularidad posible en busca de mayores facilidades en la implementación. La verificación de propiedades y la validación de requerimientos funcionales permitieron obtener la eficiencia en el diseño del programa.

Para su implementación se utilizó el PLC TSX 3722 y el variador de frecuencia Altivar58. La programación se realiza haciendo una traducción exacta de los modelados obtenidos, al lenguaje de programación LD, mediante el uso del *software* PL7 Versión 4.4.

El sistema propuesto en este trabajo fue implementado en enero del 2010 en el combinado productivo del contingente Juan Roberto Milian Milian de Ciudad Habana, donde hasta la fecha no ha presentado problemas en su funcionamiento, logrando un aumento del 40% en la productividad de dicho centro.

ABSTRACT

Summary:

This present work shows a proposal for an automated system to control the process of transportation of concrete blocks during its production process in plants for the manufacturing of concrete blocks type "POYATOS". The automation system was designed on the basis of the need to manufacture these in the country, taking into account the existing technological limitations and on the base of the theory of control for Discrete Event Systems.

To develop the present work the productive flux of this process was studied, identifying functional requirements and structural limitations of it. Then later a revision of the art's design state of industrial automation is made, defining Petri Net Theory to model this system , being used in addition , like a tool for the simulation the program Visual Object Net 2.7, a the most effective method.

The amount of models corresponds with the intention of getting the most possible modularity in order bigger facilities in the implementation. The verification of properties and the validation of functional requirements allowed obtaining the efficiency in the design of the program.

In this proposal is used PLC TSX 3722 and the frequency variator model Altivar 58. The programming was performed through a precise translation of the obtained models to the programming language LD, using PL7 Version 4.4 software.

The system proposed in this work was made in January 2010 at the Juan Roberto Milian Milian's Company of Havana City where from and until now didn't have troubles on its working, getting a raise of the 40 % on its productivity.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRECEDENTE DE TRANSPORTE DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN PLANTAS PRODUCTIVAS TIPO “POYATOS” Y SUS VIAS DE SOLUCIÓN.....	4
1.1. Descripción del flujo productivo de bloques de hormigón en Plantas Productivas tipo “POYATOS”.....	5
1.1.1 Dosificación.....	5
1.1.2. Prensado.....	5
1.1.3. Transportación.....	6
1.1.4. Empaquetamiento.....	6
1.2. Problemática actual del flujo productivo en Plantas Productivas tipo “POYATOS” del país.....	6
1.3. Requisitos funcionales y limitaciones estructurales del proceso de transportación en Plantas Productivas tipo “POYATOS”.....	7
1.4. Estado del arte del diseño de Sistemas de Automatización Industrial.....	8
1.4.1. Diseño.....	8
1.4.2. Programación.....	16
1.4.3. Implementación.....	18
1.5. Modelado en PN GHENeSys de Sistemas de Automatización Local.....	19
1.6 Conclusión del capítulo.....	23
CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PROPUESTO.....	24
2.1. Determinación de aspectos a controlar por el sistema de control automatizado.....	24
2.2. Descripción de la estructura del sistema automatizado para el control del proceso de transportación de bloques.....	34
2.2.1. Distribución de la red de sensores.....	36
2.3 Funcionamiento del sistema de control automatizado propuesto.....	38
2.4. Modelado en Redes Petri del sistema de control automatizado del proceso de transporte de bloques en plantas productivas tipo “POYATOS”.....	40
2.4.1. Modelado en Redes Petri del Programa Principal.....	41
2.4.2. Modelado en Redes Petri del macro lugar “Func Auto” del Sistema de Control Automatizado propuesto.....	43

2.4.3. Modelado en Redes Petri del funcionamiento automático del macro lugar “E1” correspondiente de la recogida de los bloques frescos.	45
2.4.4. Modelado en Redes Petri del funcionamiento automático del macro lugar “E7” correspondiente al recorrido en la celda de recogida de bloques secos.	47
2.5 Programación del Controlador Lógico Programable partiendo de los modelos en PN.	50
2.5.1 Programación de la Tarea MAST–Sección: Principal.	51
2.5.2 Programación de la Tarea MAST – Sr0 Funcionamiento en Automático del Sistema.	53
2.5.3 Programación de la Tarea MAST – Sr3 Funcionamiento en Automático de la Etapa 1.	55
2.6 Implementación del Sistema de Control Automatizado propuesto.	57
2.6.1 Diagrama General de Fuerza y alimentación al Autómata.	59
2.6.2 Conclusiones de Capítulo.	60
VALORACIÓN ECONÓMICA.....	61
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS.....	66

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad las diferentes civilizaciones han prestado gran importancia a la construcción de las diferentes edificaciones que han caracterizado los principales objetivos e intereses de cada etapa. Es por esto que la construcción es un factor fundamental en cada sociedad o país y un indicador efectivo del crecimiento socio-económico de los mismos.

En nuestro país la necesidad de construcción marca todos y cada uno de los sectores de la sociedad. De ahí que se le brinde una atención priorizada y se destinen gran cantidad de recursos a esta primordial tarea. Pero es imposible hablar de obras de construcción sin ocuparnos primero por la elaboración de los diferentes materiales de construcción como son: arena, cemento, gravilla, siendo estos elementos básicos del hormigón de los que se derivan otros materiales como son bloques, baldosas, mosaicos, tejas, etc.

Es precisamente uno de estos derivados, el bloque, un el elemento de mayor demanda en todas y cada unas de las diferentes obras de construcción por lo que existen en el país diferentes centros de producción destinados a la confección de este producto.

En los inicios, la fabricación se realizaba únicamente de forma manual, lo que requería de prolongadas jornadas y numerosa fuerza de trabajo para la obtención de un volumen de este producto, sin satisfacer la creciente demanda. En busca de un aumento sustancial en la producción se comenzó a mecanizar los diferentes procesos productivos lo que llevó a grandes inversiones en este sentido. Una de las maquinarias adquiridas por el país que más logros ha brindado fueron las fábricas de procedencia española marca "POYATOS".

Estas fábricas dotadas de tecnología de punta y una gran automatización en cada una de las etapas del proceso productivo fueron adquiridas a inicio de los años 80 y con ellas se experimentó un alza en los volúmenes de producción de bloques nunca antes registrados. Pero el paso del tiempo junto a deficientes sistemas de mantenimiento ha provocado el deterioro y en algunos casos la paralización de estas formidables fábricas. A finales del 2002 existían tres plantas fuera de producción por diferentes problemas y uno de éstos era el deterioro o destrucción del sistema de transportación de los bloques durante el proceso productivo, lo que provocó una reducción del 60% del total de producción. Esta

disminución de la producción afectó todas las áreas de nuestra sociedad en las que se acometían diversas obras constructivas, llegando a paralizar muchas de ellas.

La dirección del país en esta esfera comenzó la búsqueda de una solución para esto. Se intentó la compra e importación de los sistemas automatizados para el control de la transportación de los bloques durante su proceso productivo. Ya para esta fecha la construcción de estas fábricas había evolucionado y ya no se fabricaban de manera regular estos sistemas. La fabricación de estos sistemas y su importación al país tenían un costo comparable al costo actual de una de las nuevas fábricas de bloques "POYATOS" y se procedió a la compra e instalación de nuevos centros productivos dotados de las nuevas maquinarias con lo que se aumentaron los volúmenes de producción pero sin llegar a satisfacer la demanda creciente de bloques.

Para poder hacer frente a esta necesidad de mayor producción de bloques se necesitaba incorporar a la producción las fábricas que por carencia o deterioro del sistema de transportación de los bloques habían quedado fuera de producción, y que las que aún producen lo hagan de manera eficiente. Para esto se procedió, teniendo en cuenta las diversas limitaciones técnicas, a la fabricación en el país de los sistemas de transportación de bloques, lo que requería junto a los componentes mecánicos y eléctricos, un sistema automatizado para el control del proceso de transporte.

Por tales motivos en el diseño de esta investigación se define como:

Problema: La necesidad de un sistema automatizado eficiente para el control del transporte de bloques de hormigón, durante su proceso productivo, en las plantas productoras de bloques tipo "POYATOS".

Objeto: Sistema de automatización para el transporte de bloques durante el proceso productivo para plantas productivas tipo "POYATOS".

Objetivo: Elaborar un diseño de sistema de control automatizado eficiente para el transporte de bloques hormigón durante el proceso productivo en plantas productivas tipo "POYATOS".

Campo de Acción: Diseño de Sistemas de Automatización Integrada, utilizando el modelado en Redes Petri y la programación de Controladores Lógicos Programables (PLC).

Hipótesis: Si se logra diseñar un Sistema Automatizado eficiente para el control del transporte de bloques durante el proceso productivo para plantas productivas tipo “POYATOS” se podrá aumentar la productividad de estas plantas y por tanto la capacidad productiva de bloques en el país.

Tareas de la Investigación:

- Caracterización del proceso de transporte de bloques durante el proceso productivo en plantas productivas tipo “POYATOS”, definiendo limitantes productivas a solucionar.
- Definir los aspectos teóricos y el estado del arte internacional, referentes a los sistemas de automatización integrada.
- Caracterización del hardware y software a emplear de acuerdo a las necesidades del proceso a automatizar.
- Diseño del Sistema de Automatización. para solucionar las limitantes productivas de este proceso.
- Modelado en Redes Petri del sistema propuesto para lograr la eficiencia requerida en el diseño.
- Programación del Autómata a partir de la traducción del modelo resultante.
- Corroborar en la práctica la eficiencia del sistema de automatización propuesto.

Técnicas y métodos empleados en la investigación:

1. Inducción - deducción. En función de determinar las cualidades, propiedades y posibilidades de los sistemas de automatización, además de aplicarlas en la valoración concreta del uso de un nuevo sistema de automatización que logre el aumento de la eficiencia, fiabilidad y seguridad, del sistema de automatización en.
2. Análisis de fuentes documentales. Se analizaron diferentes fuentes documentales referentes a las diferentes características del proceso de producción de bloques que definen la calidad de los mismos.

3. Método histórico-lógico. Se realizó un bosquejo histórico sobre los avances y la tendencia de los sistemas de control automático en plantas de producción de bloques.
4. Método de análisis-síntesis. Se analizaron las diferentes fuentes sobre el diseño de sistemas de automatización industrial y se sintetizaron las vías más objetivas para cumplir los objetivos de este proyecto.

En el Capítulo I de este trabajo se describe el flujo productivo del proceso fabricación de bloques de hormigón, identificando los requerimientos funcionales y las limitaciones estructurales del proceso. Posteriormente se realiza una revisión del estado del arte del diseño de sistemas de automatización industrial, definiendo al modelado en Redes Petri, utilizando el programa Visual Object Net 2.7, como el método más efectivo para nuestro objetivo.

En el segundo capítulo muestra el diseño realizado detallando el modelado en Redes Petri, programación en el lenguaje LD del PLC, junto a la implementación de este sistema en el combinado productivo del contingente Juan Roberto Milian Milian de Ciudad Habana.

Este trabajo tiene como aporte fundamental el proporcionar el diseño de un sistema de automatización eficiente para la transportación de bloques de hormigón, que soluciona la problemática existente en plantas tipo “POYATOS” del país.

CAPITULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA PRECEDENTE DE TRANSPORTE DE BLOQUES DE HORMIGÓN EN PLANTAS PRODUCTIVAS TIPO “POYATOS” Y SUS VIAS DE SOLUCIÓN.

La producción de bloques de hormigón en el país es una necesidad de primer orden, provocado por la creciente demanda del elemento en las diversas obras constructivas que se desarrollan a todo lo largo y ancho de la isla. El método de fabricación más utilizado en el país es el método mecanizado de ahí que contamos con grandes complejos productivos en los que se encuentran fábricas de diversos tipos de sistemas productivos. Las plantas productivas tipo “POYATOS” son las más utilizadas, de ellas dependen un 73,8% de la producción general de bloques del país. Por tales razones el estudio, mantenimiento y

mejoramiento del sistema productivo de dichas fábricas son tareas necesarias para el logro de mejores volúmenes de producción.

1.1. Descripción del flujo productivo de bloques de hormigón en Plantas Productivas tipo “POYATOS”.

La producción de bloques de hormigón en las plantas productoras tipo “POYATOS” se puede dividir en cuatro etapas: dosificación, prensado, transportación y empaquetamiento.

1.1.1 Dosificación

El proceso comienza con una dosificación de los áridos, en específico arena, polvo de piedra y granito 3/8 pulgadas de granulometría. Estos áridos se encuentran en tolvas individuales con salidas controladas por una pequeña banda transportadora que, al ser puesta en marcha, permiten la caída sobre una banda transportadora más grande que lleva el material hasta el carro colector o *skip*. La caída de cada material se realiza de forma simultánea.

Paralelamente se inicia la dosificación del cemento almacenado en tolvas por medio de un tornillo sinfín que descarga sobre una báscula. Una vez terminada la dosificación, el *skip* es elevado hacia una mezcladora donde descarga y se mezcla el árido con agua y cemento durante un tiempo determinado. Al estar lista la mezcla, ésta es descargada en el cajón de prensado por medio de otra banda transportadora.

1.1.2. Prensado

Ya en la máquina de prensado, apoyado en las tablas soporte se llenan los moldes de los bloques y son prensados a una presión 120 Kg/cm^2 durante un tiempo definido por el operador. Estas tablas soporte llegan inyectadas al sistema de prensado por medio de un sistema neumático de pistones llamado “inyector de tablas” que las recoge al ser liberadas de los bloques secos. Luego de ser prensada la mezcla obtenemos los bloques frescos los cuales serán transportados en sus tablas soportes hacia un ascensor, donde al llegarle dos tablas soportes las eleva 40cm acumulando 10 pisos.

1.1.3. Transportación

Una vez lleno el ascensor, un carro transportador comandado por un operador recoge los bloques y, desplazándose sobre dos raíles, los lleva hacia las celdas de curado, la cual posee la misma cantidad de pisos que el ascensor. Estos bloques son sometidos a curado al aire libre en sus respectivas celdas. Al ser depositados los bloques se procede con la recogida en una de las celdas adyacentes de los bloques secos de producciones anteriores y son llevados al descensor. Este descensor será el encargado de ir descendiendo piso a piso las tablas soporte y colocándolas en la estructura de transportación de los bloques hacia su empaquetamiento.

1.1.4. Empaquetamiento

En el empaquetamiento un sistema automatizado agrupa los bloques y los traslada hacia la línea de salida. Una vez liberadas las tablas quedan nuevamente en el sistema inyector de tablas y los bloques son llevados hacia un depósito en espera de la terminación del curado y el otorgamiento del estado de listo para la venta.

Este proceso descrito se repite de forma cíclica durante toda la jornada de producción.

1.2. Problemática actual del flujo productivo en Plantas Productivas tipo “POYATOS” del país.

En la actualidad el flujo productivo en diferentes plantas de bloques tipo “POYATOS” del país, no cuentan con el sistema encargado del cumplimiento de la etapa de transporte y las que los tienen, operan de forma manual e ineficiente.

En estos sistemas, la transportación está formada por un carro transportador con múltiples brazos, montado sobre una plataforma. La transportación se realiza mediante la labor de un operador, que accionando botones y llaves de doble posición manipula la activación de dos motores y sus respectivos reductores de velocidad mecánicos para lograr el desplazamiento del carro transportador y plataforma sobre los raíles. Esto se realiza a una velocidad única y lenta. Además manipula dos electroválvulas que regulan el desplazamiento del pistón del sistema hidráulico encargado del movimiento de los brazos del carro transportador para lograr ubicar las tablas soportes con los bloques a la altura requerida en el ascensor, descensor y celdas de curado.

En este proceso el operador debe ser capaz de garantizar ubicar los brazos del carro en la altura requerida en cada tramo de la transportación y la alineación de la plataforma que contiene al carro transportador con los raíles de entrada de las celdas de curado, el ascensor y el descensor. Tareas engorrosas que no siempre cumple con exactitud, provocando bruscos golpes en el desplazamiento, los que atentan contra la integridad y calidad de los bloques. En búsqueda de la alineación en muchas ocasiones se debe conectar y desconectar la alimentación a los motores para hacer pequeños movimientos lo que provoca con frecuencia el deterioro de los mismos.

Además la etapa de transportación, al igual que el resto de las etapas, deben cumplirse en un tiempo determinado garantizando la fluidez del proceso, y como en este modo de operación manual el sistema de transporte presenta diversos retrasos, al operador no poder garantizar un grupo de requerimientos funcionales, el proceso productivo debe detenerse en espera de la llegada del carro transportador, lo que torna al proceso ineficiente, afectando negativamente la productividad de la planta.

1.3. Requisitos funcionales y limitaciones estructurales del proceso de transportación en Plantas Productivas tipo “POYATOS”.

El proceso de transportación posee un grupo de aspectos a cumplir durante su ejecución que garantizan su funcionamiento de forma correcta.

Requisitos funcionales.

- Realización del transporte en un tiempo igual o inferior a 10 minutos para garantizar fluidez del flujo productivo.
- Alineación exacta entre la plataforma y los raíles de entrada ubicados en el ascensor, descensor y celdas de curado.
- Altura indicada de los brazos del carro transportador para cada tramo del proceso de transportación.
- Correcta ubicación del carro transportador para descarga y carga de los bloques en celdas de curado, descensor y ascensor respectivamente.
- Existencia mínima de golpes y vibraciones para mayor calidad en bloques.
- Posibilidad puesta en marcha en funcionamiento automático en varias partes del proceso de transportación.

- Es el operador el encargado del cambio de la ubicación de los topes metálicos para la identificación de la celda de curado carga y descarga.

Limitaciones estructurales.

- Tomado como referencia un sistema coordinado para cada recorrido a realizar, el sistema de transportación solo podrá realizar movimientos de traslación limitados a un eje de coordenadas.
- Solo podrá trasladarse la plataforma si contiene al carro transportador.
- El desplazamiento de los brazos del carro transportador dependerá del alcance del pistón.
- Las estructuras de las celdas de curado, el ascensor y el descensor no poseen la misma altura.

Debido a la gran cantidad de aspectos a controlar para garantizar el cumplimiento de estos requerimientos, junto a la necesidad de lograr mejores índices de productividad, se hace necesario el uso de un sistema automatizado para el control de este proceso de transportación capaz de dar solución eficiente a la problemática existente.

1.4. Estado del arte del diseño de Sistemas de Automatización Industrial

El constante desarrollo de las tecnologías en función de temas industriales tiene una fuerte componente definido por la coordinación de las actividades de los diferentes subsistemas que se integran en las redes de control distribuido industrial que se utilizan actualmente. La coordinación de esas actividades se torna más compleja por lo que el diseño de sistemas de control industrial incrementa su complejidad evidenciando la necesidad del uso de métodos formales para el modelado de estos sistemas.

Las etapas de desarrollo de cualquier automatización moderna incluyen esencialmente tres etapas las que cumplen un orden cronológico diseño, programación e implementación.

1.4.1. Diseño

En esta etapa se requiere hacer el análisis y síntesis del sistema automatizado. Esto es sólo posible con el uso del Modelado Formal de la planta industrial, sus especificaciones

de seguridad y comportamiento como sistema controlado, al cuál se le realiza la verificación de sus propiedades principales y validación del cumplimiento de las exigencias del cliente por medio de la simulación del funcionamiento de la planta con su control integrado. Por tales motivos el mundo académico e industrial [Medling09, Colombo06, Frey00, Brennan07] reconoce que solo modelando se logra la implementación de sistemas de automatización eficientes.

Es oportuno mencionar un proyecto europeo que tiene como perspectiva una integración de las metodologías de modelado diseño e implementación de sistemas de automatización, el MEDEIA FP7-2207-211448 [Ferrarini09, Strasser09]. [Ferrarini09] describe el concepto de *Domain Specific Views* (DSVs) de acuerdo con las especificaciones del comportamiento controlado que provee el desarrollo del control. El proyecto MEDEIA intenta definir un megamodelo (Figura 1) para guiar el diseño de cualquier sistema de automatización. En la bibliografía [Ferrarini09] se presentan tres áreas de automatización: Manufactura, Robótica e Energía.

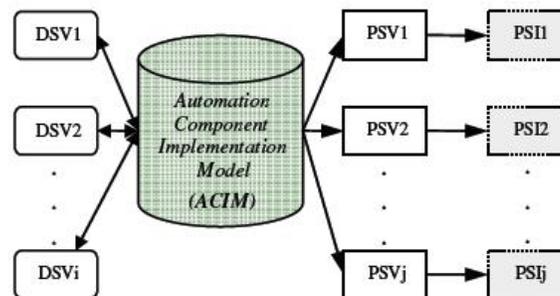


Figura 1. Mega modelo para el diseño de automatización [Ferrarini09].

En él propone tres grandes grupos de DSVs en el diseño de automatización de estas áreas de aplicaciones (Figura 2a):

- **Especificaciones Mecánicas:** Se refiere a la descripción cinemática y dinámica del sistema, incluyendo las restricciones de la configuración física; ejemplo, ecuaciones dinámicas, cinemáticas.
- **Especificaciones Eléctricas:** describe la parte eléctrica del sistema; ejemplo, la lista de señales de Entrada-Salida, esquemas eléctricos.
- **Especificaciones de Control y Comportamiento:** describe el comportamiento del sistema controlado, tales como algoritmos, arquitectura, etc.

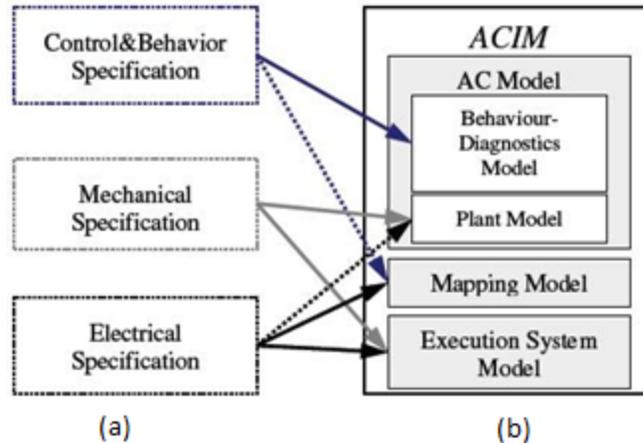


Figura 2. Clasificación de especificaciones de comportamiento (DSVs) en el diseño de automatización [Ferrarini09]

Estos DSVs generan informaciones para desarrollar un Componente de Automatización en el ACIM (*Automation Component Implementation Model*) como indica la (Figura 2b).

En este trabajo el proyecto parte de las especificaciones de control y comportamiento, además teniendo en cuenta algunas de las especificaciones mecánicas, eléctricas y funcionales (como las señales de entrada y salida de los CLPs, los esquemas eléctricos y limitaciones estructurales) para completar la información requerida para el modelado del sistema. Luego se trabaja en un modelo de planta para crear un modelo de diagnóstico y comportamiento del sistema controlado.

En el trabajo de [Han&Jafari03] se presenta un método de modelado y síntesis del controlador basado en Agentes y orientado a Componentes. La estructura estática del diseño del sistema es basada en una jerarquía de clases (Figura 3), además el análisis dinámico de cada componente en los cuatro niveles jerárquicos es desarrollado con Redes Petri. Inicialmente se crea una red modelando la planta y luego con las especificaciones de control establecidas en lógica funcional, que él llama *Rules Set*, va generando el sistema controlado.

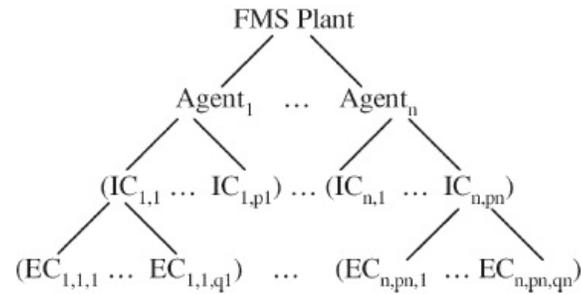


Figura 3. Jerarquía de los componentes de automatización. [Han&Jafari03]

En este trabajo solo se desarrollará el nivel básico mostrado en esta jerarquía, desarrollando el modelado de la planta en Redes de Petri, pues en los niveles posteriores el modelado propuesto por [Han&Jafari03] corresponden al supervisor de sistema, lo cual no es objetivo de este proyecto.

El diseño de la automatización industrial moderna está enfocado a la creación de sistemas complejos con gran intercambio entre sus partes y alto grado de soluciones programables, por tanto se requiere realizar la verificación formal del desarrollo de ese software para garantizar cumplir con los objetivos del sistema controlado con eficiencia y seguridad del funcionamiento. La importancia del proceso de Verificación y Validación (V&V) fue reconocida en la ingeniería de software desde sus inicios. La programación es en esencia una tarea de solución de problemas e implica la validación de la solución establecida [Mendling'09, Adrion'82]. En este contexto, el Glosario de la IEEE Standard [Mendling'09] define Validación y Verificación (V&V) como:

“el proceso de determinar si los requerimientos de un sistema o componente están completos y correctos, si los productos de cada fase del desarrollo cumplen los requerimientos o condiciones importantes para la fase previa, y si en el sistema o componente final tiene conformidad con los requisitos especificados.”

En [Medling'09] explica que diferentes autores distinguen validación y verificación como dos pasos complementarios de garantía de la calidad [Sommerville'01]. Explica las dos etapas de la siguiente forma:

Verificación: En esencia, está orientada a las propiedades generales del modelo y a la satisfacción de una fórmula dada por el modelo (ver Figura 4). Relacionado al primer

aspecto, los criterios de correlación formal desempeñan un papel importante en el modelado de procesos. Normalmente se basa en un análisis de algoritmos del modelo del proceso.

Varios criterios fueron propuestos, incluyendo la solidez de las redes de *Workflow* [Van der Aalst'97], solidez relajada. La principal característica de verificación es que se refiere a la corrección interna de un modelo del proceso. Partiendo de que opera sobre la estructura formal del modelo del proceso, puede ser realizada sin considerar el proceso del mundo real. [Mendling'09].

Validación: Aborda la consistencia del modelo con el universo del discurso, o sea, el proceso del mundo real (ver Figura 4). Como es un criterio de correlación externa, es más difícil y ambiguo para decidir. Exige la consulta de las especificaciones y un proceso de discusión con las partes interesadas. A pesar de que la validación exige la aprobación humana como una característica fundamental, importa señalar que los métodos formales son útiles para apoyarlo. Por ejemplo, simulación, animación o derivación de declaraciones en lenguaje natural, facilitan la validación de un modelo de proceso por parte de los utilizadores.

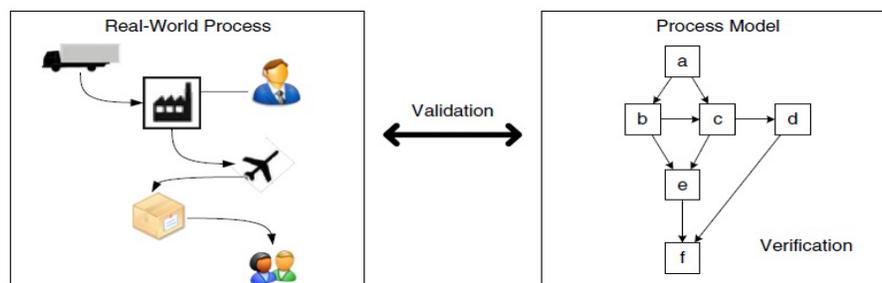


Figura 4. Esquema de la V&V en un Modelo y Realidad de un proceso [Mendling'09].

La relación entre validación y verificación y el modelado de procesos ha sido discutida en [Mendling'09]. Más concretamente, los autores proponen realizar primeramente la verificación, entrando luego en la validación. De esta forma, la validación se realiza de forma sucedida a la verificación. Cosas desarrolladas con el proceso del mundo real tienen que ser consultadas pues el problema de verificación no puede ser resuelto basado en la documentación existente. Si en uno de los casos definidos en el problema, el modelo debe

ser modificado adecuadamente, eso debe ser seguido por una nueva interacción de verificación y validación.

En [Medling'09] se realiza un análisis comparativo de varios métodos formales y brinda siete pasos que deben ser realizados en cualquier proceso de modelado para garantizar la reducción de los errores los cuales se muestran en la Tabla1:

Tabla 1. Requisitos para obtener modelos correctos [Medling'09].

Seven Process Modeling Guidelines	
G1	Use as few elements in the model as possible
G2	Minimize the routing paths per element
G3	Use one start and one end event
G4	Model as structured as possible
G5	Avoid OR routing elements
G6	Use verb-object activity labels
G7	Decompose a model with more than 50 elements

En este trabajo el proceso de modelado se realizó cumpliendo con los siete pasos descritos en [Medling'09] para el modelado de procesos pues es desarrollado de forma modular, las secuencias fueron minimizadas para atender los objetivos de cada secuencia de la forma más rápida posible, todas las subredes tienen una entrada y una salida, los modelos fueron creados manteniendo la misma formación de todas sus redes, principalmente evitando mezclar secuencias paralelas con secuencias condicionales. Esto garantiza un alto por ciento del cumplimiento de las propiedades verificables en el modelo. El proceso de V&V en este trabajo, se realiza por vía de la simulación que garantiza el cumplimiento de las propiedades fundamentales del modelo y de los requisitos funcionales, que junto a una traducción exacta a un programa de un autómata, asegura un funcionamiento eficiente del sistema automatizado.

Los métodos de simulación son desarrollados para estudiar una gran variedad de aspectos sobre el sistema real, como son: su comportamiento bajo los parámetros de operación del sistema, impacto de los cambios en su desempeño, así como estudiar sistemas que están todavía en la fase de concepción, y como una herramienta de proyecto para evaluar y validar el desempeño de nuevos sistemas.

La mayor disponibilidad de herramientas de simulación, la creciente capacidad computacional y los avances en las metodologías de simulación convirtieron a la simulación en una de las técnicas más usadas y aceptadas en tareas de análisis y desarrollo de sistemas. La simulación puede ser usada principalmente para las siguientes finalidades [Miyagi'02]:

- Estudiar las interacciones internas de un sistema complejo, o de un subsistema dentro de un sistema complejo.
- Realizar alteraciones en las informaciones, en la organización y en el ambiente del sistema para observar sus efectos en el comportamiento del modelo.
- Adquirir mayor conocimiento sobre el modelo de simulación y sobre el proceso de desarrollo del modelo para mejorías del sistema en estudio.
- Identificar las variables más importantes de un sistema y cómo ellas interaccionan a través del estudio de las variables de entrada y de las salidas resultantes.
- Verificar soluciones analíticas, siendo en este caso utilizado como un instrumento de validación.
- Reforzar métodos de solución analítica, siendo en este caso utilizado como un instrumento pedagógico.
- Experimentar nuevos proyectos o nuevos procedimientos antes de sus implementaciones, y así estar preparado para lo que puede suceder.

Estas finalidades están presentes en todo sistema de automatización industrial moderno de ahí que tengan una gran aplicación en el diseño de los distintos proyectos.

Del estado del arte internacional conocemos que los sistemas de automatización industrial pueden dividirse en dos niveles de automatización y por tanto dos métodos de modelado específicos:

1. **Sistemas Supervisórios:** generalmente son desarrollados en niveles superiores de redes de automatización industrial, por tanto, son utilizados sistemas de desarrollo de SCADAs profesionales. Entre las funciones de supervisión del funcionamiento del sistema, partiendo de las variables históricas más importantes tenemos: atención de alarmas, estadísticas de producción, la planificación del mantenimiento. Además este nivel está evolucionando hacia una integración con la automatización de empresas incrementando sus niveles de inteligencia para

flexibilizar la producción en tiempo real acorde con las necesidades del mercado. En el modelado de sistemas supervisorios son utilizados métodos y herramientas de desarrollo de software. El UML 2.2 [OMG, 2007] es un estándar internacional en el área, especialmente en la primera etapa de diseño. Estos sistemas pueden enlazarse fácilmente con los sistemas gerenciales y administrativos de la empresa, también desarrollados con esa tecnología y herramientas relacionadas

2. **Automatización Local:** son utilizadas tecnologías programables en redes de controladores lógicos programables (PLCs) con capacidad de controlar redes de campo de sensores y actuadores inteligentes, una interfase hombre-máquina local y comunicaciones Ethernet Industrial para así enlazar con un supervisorio del sistema de automatización. Sus funciones principales están volcadas al control de producción, desarrollo de secuencias de operaciones, estabilización de los parámetros principales del proceso, atención a fallos y operación local del sistema. No obstante, el desarrollo de los sistemas inteligentes distribuidos están integrando estas funciones con el supervisorio para crear un sistema integrado mucho más flexible y eficiente. La programación de los PLCs es estandarizada por la IEC61131 y la metodología de diseño mas práctica para relacionarse con esto es la basada en Sistemas de Eventos Discretos (SED) con Redes de Petri (PN) [Benítez and Silva'08]

En la actualidad, los sistemas de automatización industrial están siendo integrados con los sistemas de automación empresarial y elevando el nivel de eficiencia, flexibilidad y seguridad de todas sus funciones. Este desarrollo está siendo acelerado por la necesidad de mantener una alta competitividad de las empresas frente al comercio electrónico globalizado que obliga a las empresas a garantizar los requerimientos de los usuarios de forma rápida e segura [Brennan'07]

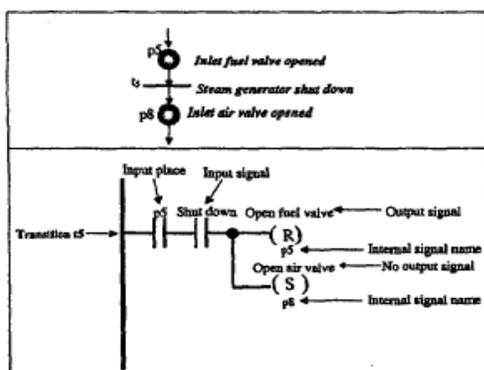
Para el diseño de estos sistemas de automatización integrada inteligentes están cada vez más relacionados los métodos de Ingeniería de software y de Automatización Industrial. Dentro de los más utilizados tenemos los métodos de diseño UML-PN [Han&Jafari'03]; [Ribeiro&Fernández'09]. No obstante, muchos de ellos no tienen un gran nivel de aplicación provocado por la alta complejidad, incompatibilidad con las herramientas y tecnologías industriales, poca difusión en las empresas de automatización industrial.

Este trabajo se centra en la automática local y solo trabajaremos con modelado en Redes de Petri. La selección y uso de PN esta dada por las grandes facilidades grafico-matemáticas que éstas proponen, ante la naturaleza básicamente secuencial de nuestro proceso. Además por su estrecha vinculación con otros métodos gráficos de modelado de sistemas que operan bajo su misma concepción como el GRAFCET.

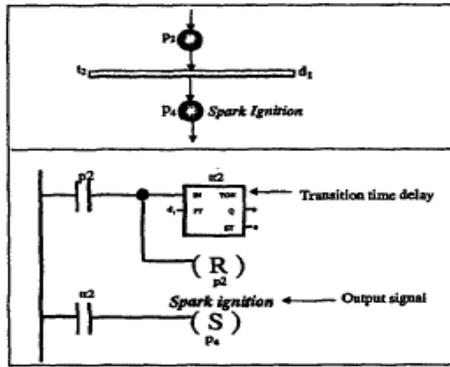
1.4.2. Programación

Los modelos optimizados por medio de la verificación y validación del modelo formal deben ser programados en lenguajes normalizados de automatización con facilidades de simulación de su funcionamiento. Como los Controladores Lógicos Programables (PLC) son los dispositivos de mayor uso, entonces la IEC1131 es la norma más usada, así como sus ambientes de edición y simulación. Uno de los modelos que mayores ventajas ofrecen son los basados en Redes de Petri Jerárquicas Extendidas GHENeSys [Benítez and Silva'08] por su alta compatibilidad con los programas de CLPs en cualquiera de los lenguajes de la norma Internacional IEC61131. Para definir un algoritmo de traducción automática de los modelos para programas de PLC s, precisamos estudiar las analogías entre modelos GHENeSys y programas de PLC s.

En la actualidad internacional para la traducción de modelos formales en PN a programas en lenguaje *Ladder* (LD), están referenciados, en el sitio del *IEEE Explorer*, 24 documentos relacionados con este tema desde 2000 hasta el 2011. De ellos podemos destacar el trabajo desarrollado en el CINVESTAV de México [Jimenez'01] donde tienen referenciadas las analogías entre PN y el LD para su traducción automática. De ella vamos a presentar dos figuras (Figura. 5a y 5b.) que tienen gran relación con este trabajo.



(a) Representación de una transición en LD



(b) Representación de una transición temporizada en LD

Figura 5. Analogías entre modelos PN (T simples y temporizadas) y el lenguaje LD (Jiménez, 2001).

En la Figura 5a se presentan las analogías generales entre PN y LD que son utilizadas en este trabajo.

En la Figura 5b derecha se presentan las analogías con transiciones temporizadas que también serán utilizadas.

Otro trabajo de mayor actualidad [Lee'09] presenta pasos similares a lo que se utilizan en este trabajo para traducir PN para LD. Inicialmente es traducida la marcación inicial luego transición a transición se va creando el programa LD (Figura 6).

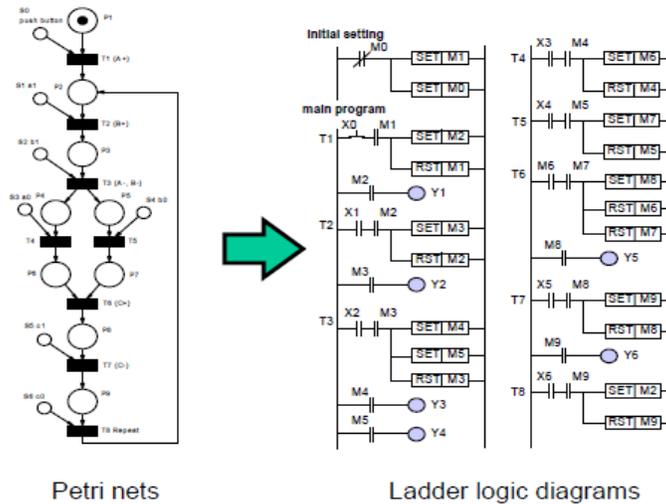


Figura 6. Ejemplo de los pasos de traducción PN para LD en el trabajo de [Lee 2009].

La primera analogía muestra que la PN GHENeSys va a permitir obtener un **modelo Jerárquico** en varios niveles de aplicación, donde cada nivel puede ser formado a través

de tantas sub-redes como unidades funcionales (UF) las que tendrán la suficiente independencia como para ser consideradas UF. Esto garantiza una equivalencia con la **programación estructurada modular** que la IEC61131 propone por medio de los bloques funcionales y rutinas permitidas.

1.4.3. Implementación

La implementación de sistemas de automatización requiere tener en cuenta además una serie de factores de operatividad industrial del proceso automatizado, que no se han tenido en cuenta anteriormente, como es el caso de las facilidades de mantenimiento y reparación, atención a modos de marcha de una instalación y de mandos manuales especiales como parada de emergencia, atención a averías y fallos, etc. También la automatización integrada actual requiere buscar eficiencia y facilidades de ampliación, modificación para reducir tiempo y costos en el proyecto y luego en el funcionamiento de la empresa.

La Guía GEMMA figura 7 es una guía gráfica muy útil que permite presentar, de una forma sencilla y comprensible, los diferentes modos de marcha de una instalación de producción así como las formas y condiciones para pasar de un modo de trabajo a otro. Haciendo uso de ella se obtiene una estructura del sistema en la que con facilidad se describen los aspectos, estados y requerimientos del automatismo los que nos permitirán detectar y corregir errores en los elementos del diseño del sistema en cuestión.

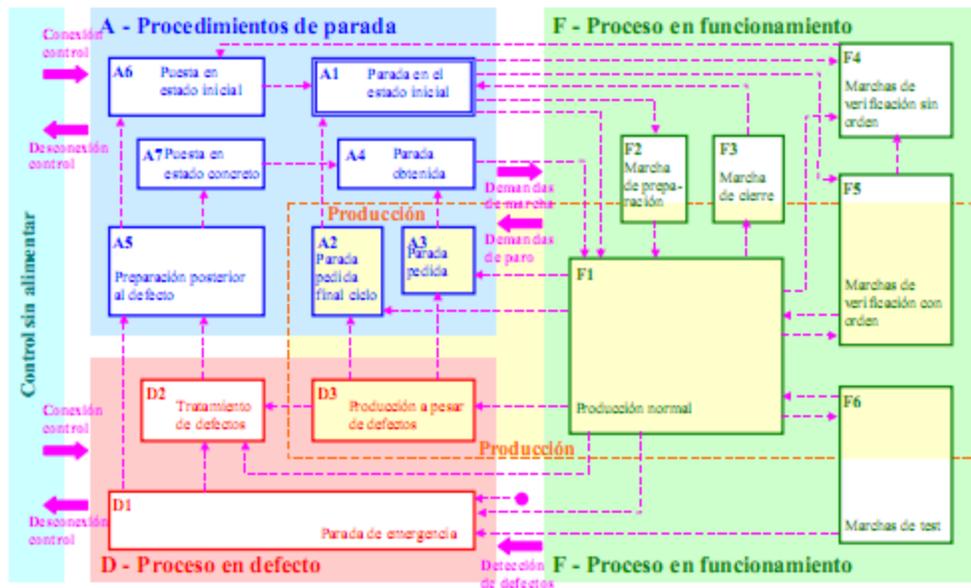


Figura 7. Representación de la Guía GEMMA

En esta etapa es de suma importancia contar con criterios adecuados para la selección de los diferentes medios técnicos de automatización a utilizar en el sistema de automatización diseñado. Estos criterios estarán basados en la satisfacción de los requerimientos estructurales y operacionales de la aplicación en cuestión sin descuidar el aspecto económico. El modelado en Redes de Petri jerárquicas como GHENeSys permite modelar todos los modos de marcha de la instalación industrial y establecer la coordinación precisa de todas las funcionalidades del sistema en un sistema integrado eficiente. Esta ventaja es aprovechada en este trabajo.

1.5. Modelado en PN GHENeSys de Sistemas de Automatización Local

Como ya definimos la metodología de diseño más práctica para relacionarse con estos es basada en Sistemas de Eventos Discretos (SED) con Redes de Petri GHENeSys [Benítez and Silva'08].

Las principales ventajas de utilizar PN [Murata'89] como herramientas de modelado de un SED las brinda su fundamentación matemática, representación compacta del comportamiento del sistema para lo que es preciso modelar los estados que son importantes para la correcta secuencia lógica del sistema; naturaleza gráfica con

simulación que ayuda en la comprensión de sistemas complejos, pues la simulación resulta simple y práctica para encontrar y corregir inconsistencias en el modelado, resultando las PN una opción útil para describir y estudiar sistemas que se caracterizan por ser concurrentes, asincrónicos, distribuidos, paralelos, no determinísticos y/o estocásticos.

En el análisis y diseño de modelos basados en PN se tienen en cuenta un conjunto de propiedades [Murata89], pudiendo clasificarse éstas como:

1. **Propiedades dependientes del marcaje, o propiedades funcionales.** Son aquellas propiedades dependientes del marcaje inicial y reflejan el comportamiento dinámico del sistema:
 - Alcanzabilidad
 - Limitación
 - Vivacidad
 - Reversibilidad y Estado particular
 - Cobertura
 - Persistencia
 - Distancia sincrónica
 - Disparabilidad

2. **Propiedades estructurales.** Son aquellas propiedades independientes del marcaje inicial de la red como son:
 - Vivacidad estructural
 - Controlabilidad
 - Limitación estructural
 - Conservabilidad
 - Repetitividad
 - Consistencia
 - Invariantes S y T
 - Disparabilidad limitada estructural

La definición de cada una de estas propiedades se sale de los marcos de este trabajo y pueden ser encontradas en varios textos básicos sobre PN como el caso de [Murata'89].

En este trabajo se podrán ver de manifiesto, de forma sencilla, algunas de estas propiedades, su importancia y las facilidades que brinda la simulación en PN.

En el análisis de modelos PN de sistemas de automatización es muy importante la propiedad de **Alcanzabilidad** de estados, pues a partir de un estado inicial muchas veces se requiere que la red avance automáticamente hasta un estado dado, si no tiene esta capacidad, no podrá ejecutar el comportamiento deseado. A esto está relacionada la **Vivacidad** de la red, si generalizamos esta capacidad a todo el sistema, y es aquí donde pueden detectarse partes de la red que detienen su funcionamiento (como lazos cerrados, bloqueos,) lo cual nos permite eliminar estas situaciones anormales en el programa del PLC desde esta etapa inicial de diseño.

Aquí entran a jugar su papel propiedades estructurales como la **Vivacidad Estructural**, la capacidad de **Repetitividad** y la **Controlabilidad** de la red, porque la red además de ser viva estructuralmente tiene que garantizar su Repetitividad, ya que el trabajo de todo sistema de control es cíclico y más en el caso de los PLC's, pero también debe garantizar que este comportamiento no sea aleatorio, sino que sea controlable.

Existen innumerables publicaciones sobre el uso de las PN como herramienta de modelado de un SED y encontraremos trabajos desarrollados principalmente en industrias donde se hace uso de las PN [Benítez and Silva'08].

En [Benítez and Silva'08], se define la PN GHENeSys como una 6-tupla $\mathbf{N}=(\mathbf{L}, \mathbf{A}, \mathbf{F}, \mathbf{K}, \mathbf{M}, \mathbf{\Pi}, \mathbf{Q})$:

- donde los elementos \mathbf{L} son llamados Lugares ($\mathbf{L} = \mathbf{B} \cup \mathbf{P}$); su conjunto \mathbf{B} (*Boxes*) son Lugares normales enlazados por arcos normales, y los \mathbf{P} (*Pseudoboxes*) son lugares de marcación permanente $\{0,1\}$ que solo modificados por eventos externos, siendo enlazados con transiciones controladas por medio de arcos habilitadores e inhibidores.
- \mathbf{A} es el conjunto de las transiciones (llamadas Actividades).
- \mathbf{F} son las relaciones de flujo ($\mathbf{F} \subseteq (\mathbf{L} \times \mathbf{A}) \cup (\mathbf{A} \times \mathbf{L})$).
- $\mathbf{K}: \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{N}^+$, es la función de la capacidad de los *Boxes*.
- $\mathbf{M}: \mathbf{L} \rightarrow \mathbf{N}^+$ es la marcación inicial de la red.

- Π es una función que diferencia elementos simples (**L** y **A**, atribuyendo el valor 0) de los macroelementos (elementos que representan subredes; atribuyendo el valor 1).
- **Q** es una función que asocia arcos de nivel (atribución) para algunos grupos (**B**) o arcos de impulso (*set o reset*) para el disparo de algunas Actividades (**A**).

En las redes Génesis se hacen mejorías a las PN ordinarias, garantizando el enlace con las salidas de los PLC por el uso de la función **Q**, posibilitando la creación de macro bloques (subsistemas que pueden ser reutilizados) y la utilización de lugares auxiliares (*Pseudoboxes* ligados a sensores e informaciones externas la red) como habilitadores e inhibidores de transiciones por medio de los arcos respectivos [Benítez and Silva, 2008].

En [Benítez '2010] encontramos una metodología que consiste en las siguientes etapas:

1. **Descripción Formal** de los agentes presentes en el sistema conforme a lo propuesto por [Kavi'02]
2. **Diagrama de Casos de Uso** incluyendo Agentes como actores especiales (similar a el [Depke'01]), para obtener una visión general del sistema, identificando todas las funcionalidades presentes en el sistema.
3. **Diagrama de Clases** para modelar la estructura estática del sistema, identificando las relaciones entre las clases, luego sus atributos y métodos, incluyendo las nuevas características de los *multi-agent* siguiendo a [Kavi'02]. Estando incluido en las clases de los Recursos la PN, conforme a lo propuesto por Han and Jafari [Han&Jafari'03], además sin la utilización de *Rule Sets* y aumentado las facilidades de la PN GHENeSys.
4. **Diagrama de Secuencia** para identificar como los grupos de objetos interaccionan entre sí a lo largo del tiempo, ilustrando el movimiento de mensajes. Las relaciones entre agentes pueden ser representadas en estos diagramas.
5. **Diagrama de Estados** para analizar el comportamiento de un objeto específico, conteniendo las reglas para cada transición.
6. **Red de Petri GHENeSys** haciendo una traducción directa del Diagrama de Estados, además con la adición de lugares auxiliares y acciones para fortalecer una representación no abstracta para las transiciones más importantes de la red. Permitiendo también la verificación de propiedades de los modelos (*liveness and*

reachability), su validación funcional y una traducción directa para los programas en la IEC61131 [Benítez and Silva'08].

Debido a que sólo abordamos la automática local, sólo utilizaremos en este trabajo el uso de Redes Petri *GHENeSys* haciendo una traducción directa a un lenguaje de programación de la IEC61131 pues es la metodología que más se ajusta a nuestros intereses y características del proceso.

1.6 Conclusión del capítulo.

En este capítulo se abordó la caracterización del sistema precedente de transporte de bloques de hormigón, durante el proceso productivo en plantas productivas tipo "POYATOS", junto a su flujo productivo, problemática actual, requisitos funcionales y limitaciones estructurales.

Además, se hace un recorrido por el estado del arte del diseño de sistemas de automatización industrial abordando los diferentes métodos fundamentales aplicados en el modelado, programación e implementación. Definiendo en cada caso, las ventajas y vinculación con nuestro proyecto, lo que nos ayudó a fundamentar la utilización del modelado PN *GHENeSys* para el desarrollo de un sistema automatizado eficiente para el control del transporte de bloques de hormigón, durante su proceso productivo, en las plantas productoras de bloques tipo "POYATOS".

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PROPUESTO.

En el diseño del sistema de automatización, el control del transporte de bloques de hormigón, en plantas productivas tipo “POYATOS”, se le deben dar solución a los diferentes problemas que afectan el flujo productivo, cumpliendo con las limitaciones funcionales y estructurales del sistema. En este capítulo se describirá todo el diseño realizado en función de lograr tales objetivos.

2.1. Determinación de aspectos a controlar por el sistema de control automatizado.

Para diseñar las diferentes variantes de control del sistema automatizado es necesario primeramente el conocimiento de los diferentes aspectos que definen el comportamiento del proceso a controlar. Estas variables van a estar definidas por las operaciones que debe realizar el sistema de transportación en cada momento del proceso de transporte junto a las limitaciones funcionales y estructurales del mismo. Para esto se dividió el proceso de la transportación en doce etapas partiendo de las finalidades de las acciones que se ejecutan durante el mismo como son coger, trasladar y descargar. Estas etapas son:

1. **Recogida de los bloques frescos:** Se realiza la entrada al ascensor del carro transportador con los brazos en una posición adecuada y un movimiento hacia adelante, una vez ubicado en la posición requerida, suben los brazos hasta una posición determinada cargando las tablas soporte que contienen los bloques recién prensados.
2. **Salida a la plataforma:** Se realiza la salida del ascensor, un desplazamiento hacia atrás lleva al carro transportador nuevamente a la plataforma, el desplazamiento termina al estar el carro sobre la plataforma en la posición requerida.
3. **Búsqueda de la celda de entrega:** La plataforma que contiene al carro transportador se desplaza hacia la derecha, sobre los raíles ubicados en el frente de las celdas hasta posicionarse en el frente de la celda que se ha elegido para descargar los bloques frescos.
4. **Recorrido en la celda de entrega de bloques frescos:** Se realiza la entrada del carro transportador a la celda de descarga en busca de la posición indicada para

-
- realizar la descarga. Alcanzada la posición deseada del carro, bajan los brazos hasta una posición requerida.
5. **Salida a la plataforma:** Se realiza la salida del carro transportador de la celda de descarga, un desplazamiento hacia atrás lleva al carro transportador nuevamente a la plataforma, el desplazamiento termina al estar el carro sobre la plataforma en la posición requerida.
 6. **Búsqueda de la celda de recogida de bloques secos:** Partiendo de la selección de coger adelante o coger detrás la plataforma realiza un desplazamiento a la izquierda o derecha respectivamente. Este desplazamiento terminará al llegar a la posición requerida en el frente de la celda de recogida.
 7. **Recorrido en la celda de recogida de bloques secos:** El carro transportador realiza la entrada a la celda de carga en busca de la posición indicada para realizar la carga. Alcanzada la posición deseada del carro, se suben los brazos hasta una posición requerida.
 8. **Salida a la plataforma:** Se realiza la salida de la celda de carga, un desplazamiento hacia atrás y lleva al carro transportador nuevamente a la plataforma, el desplazamiento termina al estar el carro sobre la plataforma en la posición requerida.
 9. **Búsqueda del descensor:** La plataforma que contiene al carro transportador se desplaza hacia la derecha, sobre los raíles ubicados en el frente de las celdas hasta posicionarse en el frente de la celda que se ha elegido para descargar los bloques frescos.
 10. **Entrega de los bloques secos:** Se realiza la entrada del carro transportador a la celda de descarga en busca de la posición requerida para realizar la descarga. Alcanzada la posición deseada del carro, se bajan los brazos hasta una posición requerida y son liberadas las tablas soportes de los brazos.
 11. **Salida a la plataforma:** Se realiza a la salida del descensor, un desplazamiento hacia atrás y lleva al carro transportador nuevamente a la plataforma. El desplazamiento termina al estar el carro sobre la plataforma en la posición requerida.
 12. **Posicionamiento frente al ascensor:** La plataforma que contiene al carro transportador se desplaza hacia la derecha, sobre los raíles ubicados en el frente de las celdas hasta posicionarse en frente al ascensor en la posición requerida.

Además de dividir el proceso en etapas se identificaron los eventos que se desarrollan a lo largo de la ejecución del proceso junto a los diferentes recursos del sistema que serán utilizados según se requiera en cada uno de los eventos.

Los eventos:

- Desplazamiento del carro transportador hacia adelante (DCAd).
- Desplazamiento del carro transportador hacia atrás (DCAt).
- Desplazamiento de la plataforma a la derecha (DPD).
- Desplazamiento de la plataforma a la izquierda (DPI).
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia arriba (DBAr).
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia abajo (DBAb).

Los recursos del sistema son:

- Motor en el carro transportador.
- Motor en la plataforma.
- Modo de trabajo
- Selección del inicio de celda.
- Orientación para celda de recogida
- Sentido de giro directo.
- Sentido de giro inverso.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- Electrofreno del motor de la plataforma.
- Electroválvula para ascenso de los brazos.
- Electroválvula para el descenso de los brazos.
- Grupo hidráulico.
- Señal luminosa
- Señal sonora
- Velocidad rápida en la traslación.
- Velocidad lenta en la traslación.
- RUN.
- STOP.

Como resultado de este análisis a continuación se muestra la distribución de eventos y recursos utilizados en cada etapa en la que se ha dividido el proceso.

Etapa1: Recogida de los bloques frescos.

Eventos:

- Desplazamiento del carro transportador hacia adelante.
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia arriba.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- Electroválvula para el ascenso de los brazos.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad rápida en la traslación.
- Velocidad lenta en la traslación.

Etapa 2 Salida a la plataforma.

Evento:

- Desplazamiento del carro transportador hacia atrás.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro inverso.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad rápida en la traslación.
- Velocidad lenta en la traslación.

Etapa 3 Búsqueda de la celda de entrega.**Eventos:**

- Desplazamiento de la plataforma a la derecha
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia arriba.

Recursos:

- Motor en la plataforma.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor de la plataforma.
- Electroválvula para el ascenso de los brazos.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad lenta en la traslación.
- Velocidad rápida en la traslación

Etapa 4 Recorrido en la celda de entrega de bloques frescos.**Eventos:**

- Desplazamiento de del carro transportador hacia adelante.
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia abajo.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- Electroválvula para el descenso de los brazos.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad lenta en la traslación.
- Velocidad rápida en la traslación

Etapa 5 Salida a la plataforma.

Evento:

- Desplazamiento del carro transportador hacia atrás.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro inverso.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad rápida en la traslación.
- Velocidad lenta en la traslación.

Etapa 6 Búsqueda de la celda de recogida de bloques secos.**Eventos:**

- Desplazamiento de la plataforma a la derecha
- Desplazamiento de la plataforma a la izquierda

Recursos:

- Motor en la plataforma.
- Sentido de giro directo.
- Sentido de giro inverso.
- Electrofreno del motor de la plataforma.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad lenta en la traslación.
- Velocidad rápida en la traslación

Etapa 7 Recorrido en la celda de recogida de bloques secos .**Eventos:**

- Desplazamiento de del carro transportador hacia adelante.

-
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia arriba.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- Electroválvula para el ascenso de los brazos.
- Grupo hidráulico.
- STOP.
- Velocidad lenta en la traslación.
- RUN.
- Velocidad rápida en la traslación.

Etapa 8 Salida a la plataforma.**Evento:**

- Desplazamiento del carro transportador hacia atrás.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro inverso.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad rápida en la traslación.
- Velocidad lenta en la traslación.

Etapa 9 Búsqueda del descensor.**Eventos:**

- Desplazamiento de la plataforma a la izquierda.
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia arriba.

Recursos:

- Motor en la plataforma.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor de la plataforma.
- Electroválvula para el ascenso de los brazos.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad lenta en la traslación.
- Velocidad rápida en la traslación

Etapa 10 Entrega de bloques secos.**Eventos:**

- Desplazamiento del carro transportador hacia adelante.
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia abajo.

Recursos:

- Motor en el carro transportador.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor del carro transportador.
- Electroválvula para el descenso de los brazos.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad rápida en la traslación.
- Velocidad lenta en la traslación

Etapa 1 Salida a la plataforma.**Evento:**

- Desplazamiento del carro transportador hacia atrás.

Recursos:

-
- Motor en el carro transportador.
 - Sentido de giro inverso.
 - Electrofreno del motor del carro transportador.
 - STOP.
 - RUN.
 - Velocidad rápida en la traslación.
 - Velocidad lenta en la traslación.

Etapa 12 Búsqueda del descensor.

Eventos:

- Desplazamiento de la plataforma a la izquierda.
- Desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia abajo.

Recursos:

- Motor en la plataforma.
- Sentido de giro directo.
- Electrofreno del motor de la plataforma.
- Electroválvula para el descenso de los brazos.
- STOP.
- RUN.
- Velocidad lenta en la traslación.
- Velocidad rápida en la traslación

Todas las etapas y eventos descritos tienen un inicio y un fin que estarán dados por la posición que ocupen o la que se requiere alcanzar, del carro transportador, los brazos y la plataforma. Los estados del sistema que son necesarios detectar son:

- Posición alineada de la plataforma frente al ascensor.
- Posición alineada de la plataforma frente a la celda de entrega de bloques frescos.
- Posición alineada de la plataforma frente a la celda de recogida de bloques secos.
- Posición alineada de la plataforma frente al descensor.
- Posición correcta del carro transportador sobre la plataforma.

-
- Posición de proximidad del carro transportador la posición de llegada a la plataforma.
 - Posición de proximidad del carro transportador la posición de llegada al interior del ascensor.
 - Posición de proximidad del carro transportador la posición de llegada al interior del descensor.
 - Posición de proximidad de la plataforma a la posición alineada frente al ascensor.
 - Posición de proximidad de la plataforma a la posición alineada frente al descensor.
 - Posición de proximidad de la plataforma a la posición alineada frente a la celda de entrega bloques frescos.
 - Posición de proximidad de la plataforma a la posición alineada frente a la celda de recogida de bloques secos.
 - Posición de parada del carro transportador en el interior del ascensor.
 - Posición de parada del carro transportador en el interior del descensor
 - Posición de descarga del carro transportador en la celda de entrega de bloques frescos.
 - Posición de descarga del carro transportador en la celda de recogida de bloques secos.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador para la entrada al ascensor.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador para la entrada al descensor.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador para la entrada de la celda de entrega bloques frescos.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador para la entrada de la celda de recogida de bloques secos.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador en la carga en el ascensor.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador en la descarga en el ascensor
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador en la descarga en la celda de entrega de bloques frescos.
 - Posición de altura correcta de los brazos del carro transportador en la carga en la celda de recogida de bloques frescos.

- Posición de final de celda.
- Posición de final del recorrido de la plataforma hacia la derecha.
- Posición de final del recorrido de la plataforma hacia la izquierda.

2.2. Descripción de la estructura del sistema automatizado para el control del proceso de transportación de bloques.

Partiendo de la gran cantidad de eventos y recursos, junto al número de estados o posiciones que es necesario manejar para control del proceso de transportación de los bloques, es necesaria la automatización del control del proceso para lograr realmente un transporte eficiente. Para esto se propone la implementación de un sistema de control automatizado usando un autómata programable para el control y coordinación de todos los eventos y recursos, basándose en las informaciones recogidas por medio de una red de sensores de posición y la manipulación de un variador de frecuencia para el control de las velocidades de los motores. El sistema tendrá la estructura mostrada en la figura 8.

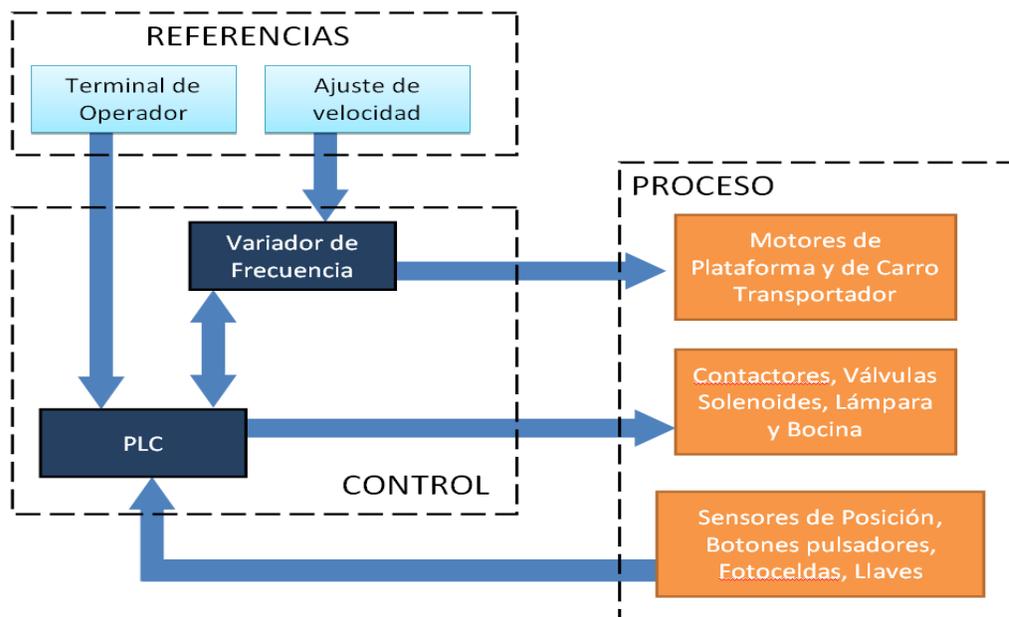


Figura 8. Estructura del Sistema de Control Automatizado propuesto.

En este proyecto utilizamos para el control el autómata Telemecanique TSX 3722 de estructura modular lo que nos permite incorporar el número de entrada y salidas digitales que se necesiten. Además utilizamos el variador de frecuencia también de Telemecanique ATV58HU54M2, el cual trabaja una tensión de 220V y una potencia de 3 KW, lo que nos

permite manipular con seguridad los motores de 1.5 KW de la plataforma y el carro transportador. Los sensores de posición utilizados son los dispositivos denominados finales de carrera, de los cuales utilizaremos dos modelos: los inductivos tipo XS4 P30MA230K+XSZ BB10 y XS8 C1A1MAL01U20+XSB BB2S, junto al los de contacto tipo ZCK-J1 + ZCK-E05. Todos estos fabricados por Telemecanique.

Básicamente el sistema de control automatizado está compuesto por dos lazos de control de posición que controlan el desplazamiento en el plano horizontal del carro transportador figura 9, junto al desplazamiento en el plano vertical de los brazos del carro transportador figura 10. Además existe un lazo de control de velocidad en cada uno de los tramos del desplazamiento del carro transportado y plataforma figura 11.

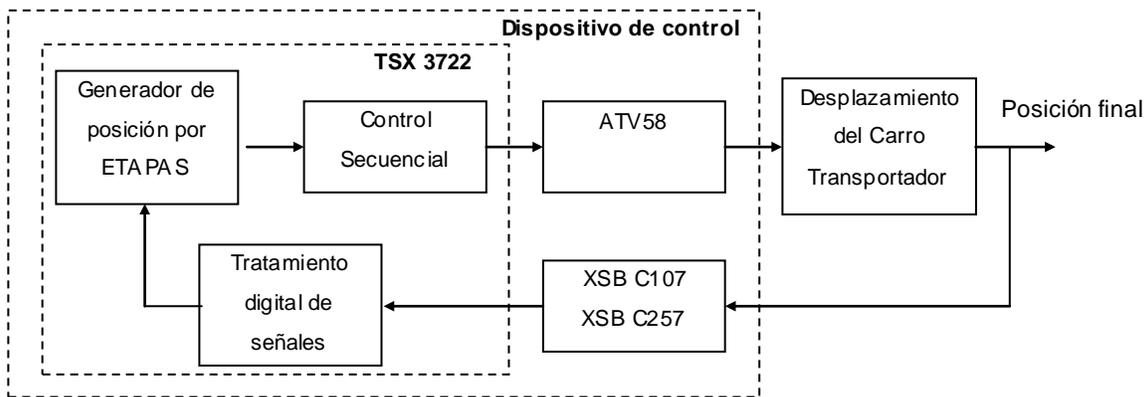


Figura 9 Diagrama de bloques del lazo de control de Posición del Carro Transportador.

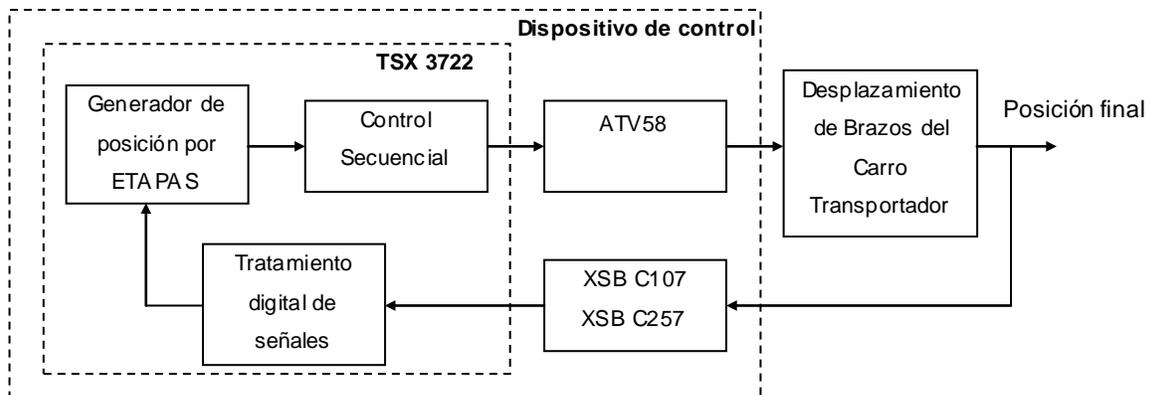


Figura 10 Diagrama de bloques del lazo de control de Posición del Carro Transportador.

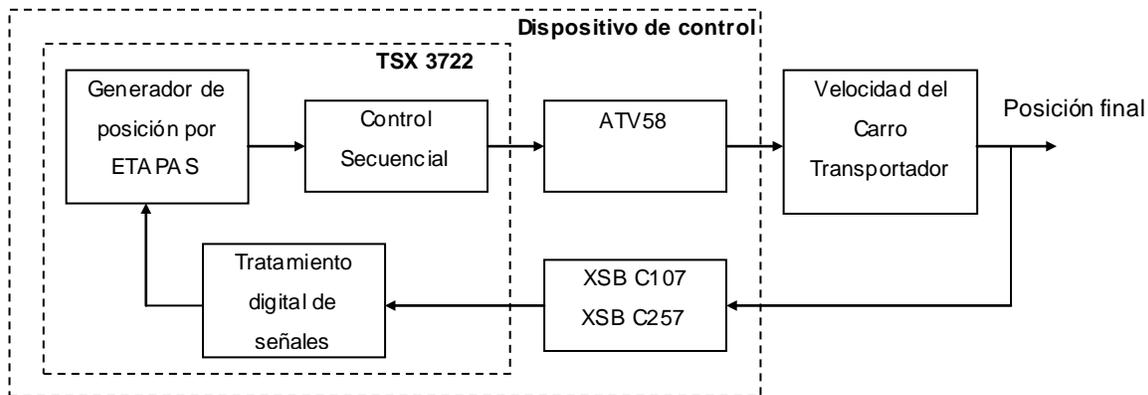


Figura 11 Diagrama de bloques del lazo de control de Velocidad del Carro Transportador.

En las figura 9, 10 y 11 el bloque “Generador de Posición Deseada por ETAPAS” que aparece al inicio del diagrama, conforma la señal de entrada “Posición deseada” partiendo del cumplimiento de todos los requerimientos funcionales y estructurales correspondiente a cada etapa por la que transite el proceso de transportación de los bloques de hormigón. La lógica que se aplica en este bloque, para el comportamiento de las diversas variables del proceso de transportación y su control, es complejo, por lo que hacemos uso de la teoría de las PN para su solución.

2.2.1. Distribución de la red de sensores

Con el objetivo de darle al autómatas la información que requiere para poder realizar el control necesario del sistema de transportación usaremos una red de sensores de posición distribuidos en la estructura del carro transportador de la forma que se muestra en la figura 12.

Los sensores de posición utilizados son 17, y 7 de ellos son finales de carreras que se activarán al ser presionados y 10 sensores inductivos que se activarán al estar próximos a estructuras metálicas. Por tales motivos se ubicaron chapillas metálicas en las posiciones exactas requeridas para garantizar detectar cuando el sistema está en alguna de las posiciones que son de interés para controlar el sistema y garantizar eficiencia en su funcionamiento. Siendo:

- **F1** Autorización entrada al ascensor o descensor.
- **F2** Paro, final de la celda.
- **F3:** Carro transportador sobre plataforma.

- **F4** Cambio y paro al llegar al descensor.
- **F5** Cambio y paro al llegar al ascensor y a la celda de entrega
- **F6** Cambio y paro en búsqueda celda de recogida y cambio búsqueda del ascensor

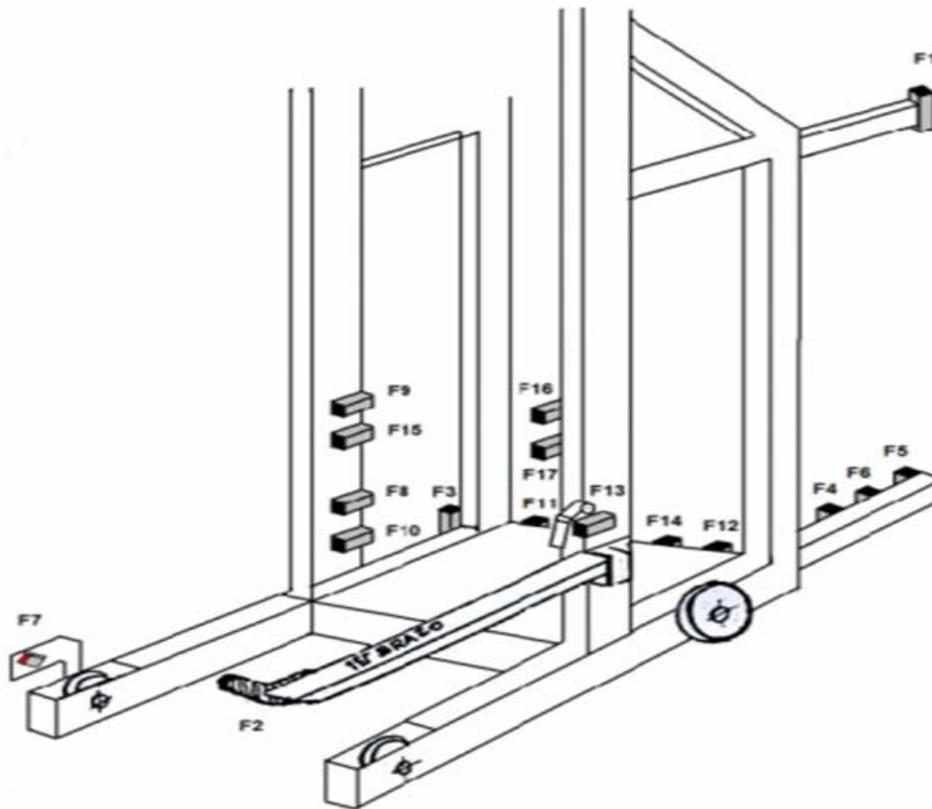


Figura.12 Distribución de los Sensores de Posición en el carro transportador.

- **F7** Contador de chapillas
- **F8** Brazos en posición de descargado en celda de entrega de bloques frescos
- **F9** Brazos en altura requerida para el descensor
- **F10** Brazos en altura requerida para el ascensor
- **F11** Cambio en retroceso
- **F12** Parada en posición de llega al ascensor
- **F13** Bandejas sobre brazos
- **F14** Cambio entrada al ascensor y descensor
- **F15** Brazos en la altura requerida en la celda de entregas de bloques frescos
- **F16** Brazos en la altura requerida en carga en el ascensor

- **F17** Brazos en la altura requerida en la descarga en el descensor

2.3 Funcionamiento del sistema de control automatizado propuesto.

El sistema de control automatizado del transporte de bloques de hormigón durante su proceso productivo en plantas productivas “POYATO” que se propone tendrá dos modos de operación uno manual y otro automático. En modo manual el operador podrá mediante el uso de botones y llaves de doble posición generar los diferentes eventos del sistema de manera libre y bajo sus criterios de apreciación. No requerirá orden alguno para transitar cualquiera de las etapas que componen el proceso.

En modo automático el sistema puede entrar a trabajar en cuatro lugares uno de estos es colocado frente al ascensor (activado F5) con los brazos abajo (activado F10). Cuando el ascensor está lleno actúa el electroimán que, a su vez, actúa al F1 y el carro se pone en marcha. Al pasar F14 por un tope, hace el cambio de velocidad a lenta y sigue avanzando hasta llegar a detectar F12 (parada en ascensor). Cuando F13 es actuado (bandejas sobre brazos), comienzan a subir los brazos hasta que llegan a la altura de F16. Cuando F16 es actuado, retrocede y hace el cambio a velocidad lenta cuando es actuado F11. Sube en la plataforma y para al activar F3 (carro sobre plataforma).

La plataforma se pone en marcha hacia los túneles hasta que encuentra la barra que se coloca enfrente del túnel donde se quiere meter los bloques frescos. En el primer tope de la barra, se activa F5 y hace el cambio de velocidad a lenta y en el segundo tope, para. Al tiempo que la plataforma hace este recorrido, los brazos están subiendo hasta llegar a la posición de activación de F15 (brazos en altura de dejar en túneles).

Parada la plataforma frente al túnel y los brazos en posición F15, el carro se pone en marcha. El contador C0, va contando las chapas que hay en el raíl y cuando cuenta la que tiene en la memoria menos 1, hace el cambio a lenta y para cuando detecta la próxima. Una vez parado, bajan los brazos hasta la activación de F8 y seguidamente retrocede, haciendo el cambio de velocidad a lenta al subir a la plataforma por medio del F11.

Ahora tiene que ir hacia el túnel del que se quiere sacar material seco. Para ello, además de poner la barra con los topes, hemos de seleccionar por medio del conmutador de *COGER ATRÁS O ADELANTE*, hacia donde tiene que desplazarse.

Cuando llega al primer tope de la barra, hace el cambio de velocidad a lenta por la activación F6 y al llegar al segundo tope para.

El carro entra en el túnel contando las chapas y el C1 menos 1 es el encargado de hacer el cambio. Para, cuando detecta la próxima chapilla y es activado F13 (tablas sobre brazos). Suben los brazos hasta F15 y se pone en marcha el carro hacia atrás. Al subir a la plataforma cambia la velocidad a lenta por medio de F11 y para por la activación de F3.

La plataforma se pone en marcha hacia el descensor. Antes de llegar hace el cambio por la activación del F4 y cuando está enfrente, para por el F4. En el recorrido del túnel al descensor, los brazos van subiendo hasta posición F9 (brazos en altura de dejar en descensor).

Cuando el descensor se queda vacío, activa el electroimán que, a su vez, excita al F1 y el Carro Transportador se pone en marcha. Cambia de velocidad por el F14 y para por el F12. Una vez parado, bajan los brazos para que las tablas queden en el descensor. Esta bajada se controla por la activación de F17. Actuado F17, retrocede el Carro Transportador y cambia a velocidad lenta cuando llega a la activación de F11, parando cuando actúa F3.

La plataforma se pone en marcha hacia el ascensor, hace el cambio a lenta por la activación el F6 y para por el F5. Mientras sale del descensor y va al ascensor, los brazos bajan hasta posición F10 y queda en condiciones de iniciar un nuevo ciclo.

Con los potenciómetros situados en el panel, se regulan las velocidades de traslación.

IMPORTANTE: Para que la prensa no pierda tiempo se procura que cuando el Carro Transportador llegue frente al ascensor para llevarse las frescas, no tenga que esperar a que el ascensor se llene, sino que éste esté ya lleno ó que le falten dos tablas. Tampoco es conveniente que se llene antes porque entonces se pararía la prensa para esperar a que llegue el Carro Transportador.

Cuando se llena el túnel y se vacía otro, el Carro Transportador se queda parado frente al ascensor, y avisa con la sirena. Para que deje de pitar y comience nuevamente el ciclo hay que pulsar el pulsador de INICIAR TÚNEL. Las barras de entrada en túneles hay que

situarlas en otros túneles y el conmutador de coger atrás o adelante, ponerlo en el sentido correcto.

Si por alguna razón hubiera que poner manual para volver al modo de trabajo poner automático, se puede hacer en otros 3 lugares:

- *FRENTE AL TÚNEL DE SACAR*: Con las brazos en posición F8 y pulsando forzar automático.
- *FRENTE AL TÚNEL DE METER*: Con las brazos en posición F15 y pulsando forzar automático.
- *FRENTE AL DESCNENSOR*: Con las brazos en posición F9 y pulsando forzar automático.

Las entradas en túneles en manual no son tenidas en cuenta por los contadores. Si se mete o se saca un viaje en manual habrá de corregirse el contador para que cuando se ponga en automático haga los cambios correctamente dentro de los túneles.

2.4. Modelado en Redes Petri del sistema de control automatizado del proceso de transporte de bloques en plantas productivas tipo “POYATOS.

El proceso de transportación de bloques de hormigón durante su proceso productivo en plantas tipo “POYATOS” se modelo completamente en PN. Se realizaron 18 modelados utilizando el programa *Visual Objet Net 2.7* los cuales corresponden a programa principal, funcionamiento automático del sistema, parada de emergencia y uno a cada funcionamiento automático de cada una de las 12 etapas en las que se dividió el proceso menos las etapas cuatro y siete las requirieron de dos y tres modelados respectivamente. La utilización de tantos modelados fue dada por nuestra intención de lograr la mayor estructura modular posible junto a las limitaciones propias del programa utilizado en el modelado. En los modelados realizados se dan cumplimiento a los requerimientos funcionales del sistema garantizando la eficiencia del mismo. El uso del programa VON nos permitió llevar a cabo la simulación de todos los modelos realizados proceso de suma importancia para la validación.

A continuación describiremos algunos de estos modelos en PN que por su complejidad, importancia y similitud con los demás creemos necesario analizar.

2.4.1. Modelado en Redes Petri del Programa Principal.

En este programa principal se define el comportamiento del sistema de control automatizado. En la figura 13 se muestra el modelado del Programa Principal hecho en PN utilizando el programa VON.

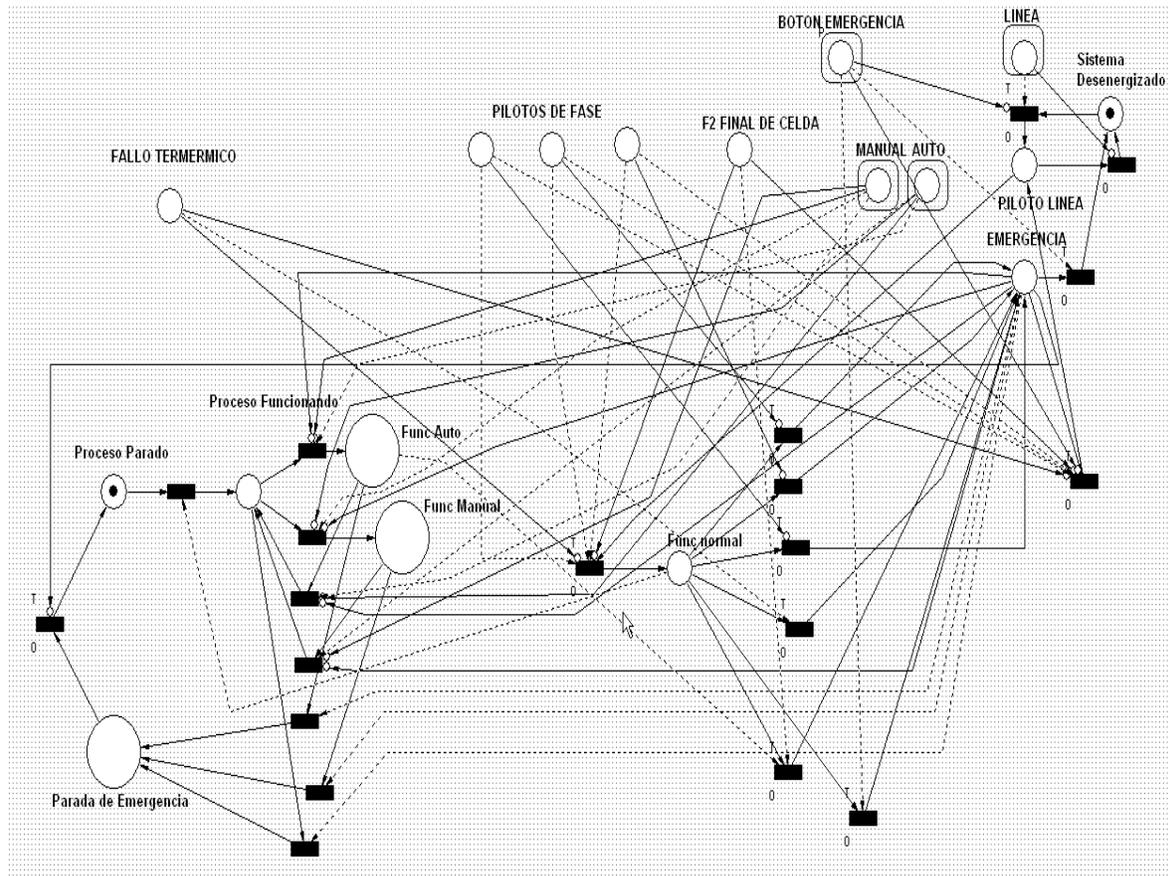


Figura.13 Modelado del Programa Principal en PN utilizando el programa VON.

En este modelado interactúan dos subsistemas: Comportamiento Funcional del Sistema (CFS) y Comportamiento del estado de funcionamiento del sistema (CEFS) las cuales son afectadas por los estados de diferentes variables del sistema como son las representadas por los lugares: “LINEA”, “PILOTOS DE FASE”, “BOTON EMERGENCIA”, “FIN DE CELDA”, “FALLO TÉRMICO”, “MANUAL” y “AUTO”. El subsistema CFS cuenta con cinco estados en los que el funcionamiento del sistema se puede encontrar, los cuales están representados como dos lugares simples “Proceso Parado” y “Proceso Funcionando”, junto a tres macro lugares “Func Manual”, “Func Auto” y “Parada de Emergencia”. El

subsistema CEFS cuenta con cuatro estados en los que el estado del funcionamiento del sistema se puede encontrar, los cuales están representados con los lugares “Sistema Desenergizado”, “PILOTO LINEA”, “Func Normal” y “EMERGENCIA”.

El proceso comienza una vez que es conectado el voltaje de alimentación, haciendo uso del botón correspondiente a “LINEA” habilita la transición que posibilita el traslado de la marcación existente en el lugar inicial del subsistema CEFS “Sistema Desenergizado” al lugar “PILOTO LINEA”. Una vez activado este lugar, si los diferentes lugares correspondientes a la presencia de cada una de las tres fases “PILOTOS DE FASE” están marcados y no están marcados los lugares “FIN DE CELDA” y “FALLO TÉRMICO” en alguno de los tres motores se habilita la transición que lleva la marcación al lugar “Func Normal”. Con la marcación de este lugar se habilita la transición que permite el traslado de la marcación del lugar inicial de la subred CFS “Proceso parado” al lugar “Proceso Funcionando”. En este punto es necesario definir la solución al conflicto de la determinación de cual de los lugares “Func Manual” o “Func Auto” pasará la marcación. Este conflicto alcanza solución al definir que en dependencia del modo de trabajo que se seleccione, dado por los lugares “MANUAL” o “AUTO” y la no dualidad en esta selección, junto a la no existencia de marcación en “EMERGENCIA”, la marcación pasa a los macro lugares “Func Manual” o “Func Auto”. Una vez que está la marcación en el macro lugar correspondiente se desarrollan los eventos asociados a cada uno de ellos, los cuales son mostrados en otros modelos. De esta forma se muestra el cumplimiento con tres de las principales propiedades de los modelos en PN como son la alcanzabilidad, vivacidad y controlabilidad.

Si se genera alguna señal de error se activa o marca alguno de los lugares correspondiente a “FALLO TÉRMICO”, “FIN DE CELDA” o desmarca alguno de los lugares de “PILOTOS DE FASE”. Se habilitará entonces la transición correspondiente que llevará la marcación del lugar “Func Normal” al lugar “EMERGENCIA”. Una vez marcado este lugar se habilitaran las transiciones correspondientes que llevarán el sistema del lugar en el se encuentre al macro lugar “Parada de Emergencia”. El sistema permanecerá así hasta que se reestablezcan las condiciones que permitan el retorno de la marcación al lugar “PILOTO LINEA” o “Sistema Desenergizado”. Si existe, aparece marcación en el lugar “BOTON EMERGENCIA”. Al no existir marcación en “EMERGENCIA” se habilita la transición que pasa la marcación del lugar “Parada de Emergencia” hacia el lugar inicial del subsistema CFS “Proceso Parado”. Es aquí que se cumplen otras de las propiedades

de las PN como es la repetitividad pues la marcación retorna en ambos subsistema a sus estados iniciales, y si nuevamente se cumplen las condiciones, se habilita la transición que permite el traslado de la marcación al lugar “Func Normal”, el que a su vez habilita nuevamente la transición que permite que la marcación pase del lugar “Proceso parado” al lugar “Proceso Funcionando” repitiéndose el procedimiento.

2.4.2. Modelado en Redes Petri del macro lugar “Func Auto” del Sistema de Control Automatizado propuesto.

El macro lugar “Func Auto” es donde se desarrolla todo el funcionamiento automático del Sistema de Control Automatizado propuesto, como esta representado en la Fig. 14.

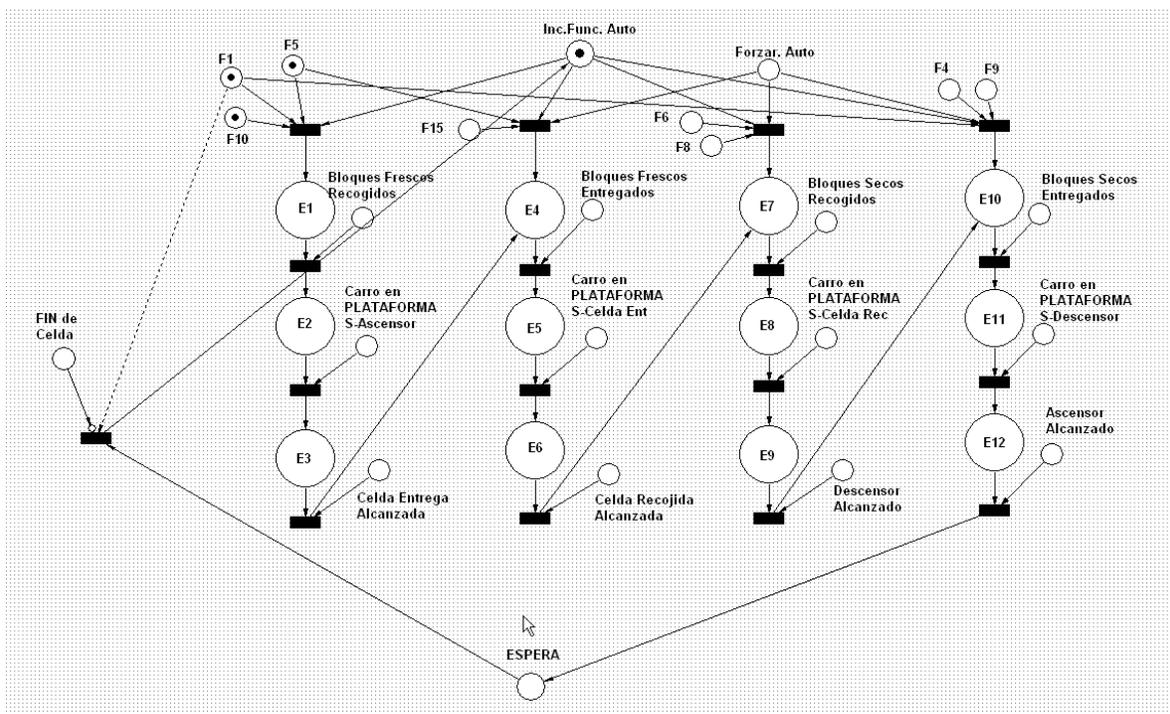


Figura. 14 Modelado en Redes Petri del macro lugar “Func Auto” del Sistema de Control Automatizado propuesto.

Este funcionamiento automático opera de forma cíclica y puede establecerse entrando en cuatro macro lugares diferentes los que representan a su vez una de las etapas en las que se encuentra dividido en proceso de transportación de los bloques como son: “Entrada al Ascensor”, “Recorrido en la Celda de Entrega”, “Recorrido en el Celda de Recogida” y “Entrada al Descensor”. De esta forma en esta red se puede apreciar la existencia de

conflictos importantes, los que son resueltos con el cumplimiento de varias propiedades de las PN como son la limitabilidad, alcanzabilidad, disparabilidad limitada estructural y controlabilidad.

El proceso parte de la existencia de la marcación en el lugar "Inc.Func Auto", la que llega automáticamente al activarse el macro lugar "Func Auto". Esta marcación saldrá de allí hacia uno de los macro lugares mencionados en dependencia de la habilitación de la transición correspondiente. Para que la marcación pase al macro lugar "E1" correspondiente a la etapa1 deben estar activados los lugares que corresponden con los sensores "F1", "F5" y "F10". Para que la marcación pase al macro lugar "E4" correspondiente a la etapa4 deben estar activados los lugares que corresponden con los sensores "F15" y "F5", junto al lugar "Forzar Auto". Para que la marcación pase al macro lugar "E7" correspondiente a la etapa7 deben estar activados los lugares que corresponden con los sensores "F6" y "F8" junto al lugar "forzar Auto". Para que la marcación pase al macro lugar "E10" correspondiente a la etapa10 deben estar activados los lugares que corresponden con los sensores "F1", "F4" y "F9", junto al lugar "forzar Auto".

Analizando el caso que se muestra en la figura 14, la marcación pasaría del lugar "Inc.Func Auto" al macro lugar "E1". En este macro lugar se ejecutarán los eventos asociados a la etapa 1, los que son modelados posteriormente al igual que el resto de las etapas, y una vez culminados se activará el lugar correspondiente a la finalización de la etapa "Bloques Frescos Recogidos", el que habilita la transición que permite que la marcación se desplace a el macro lugar "E2". La marcación pasa al macro lugar "E3" cuando se activa el lugar "Carro en PLATAFORMA S-Ascensor". La marcación pasa al macro lugar "E4" cuando se activa el lugar "Celda Entrega Alcanzada". La marcación pasa al macro lugar "E5" cuando se activa el lugar "Bloques Frescos Entregados". Así sucesivamente se van habilitando las transiciones y va trasladándose la marcación en dependencia del lugar que se activa con el cumplimiento de la etapa anterior. Al llegar la marcación al macro lugar E12 y activarse el lugar "Ascensor Alcanzado" se habilita la transición que lleva a la marcación al lugar "ESPERA". Esta marcación llega nuevamente al lugar inicial "Inc.Func Auto" si no está marcado el lugar "FIN de Celda. En ese momento el sistema esta listo para entrar nuevamente al macro lugar "E1" si aparece marcación en el lugar "F1" mostrando de esta forma el cumplimiento con las propiedades de repetitividad, alcanzabilidad y vivacidad.

2.4.3. Modelado en Redes Petri del funcionamiento automático del macro lugar “E1” correspondiente de la recogida de los bloques frescos.

En la etapa1 correspondiente a la recogida de los bloques frescos se van a generar dos eventos, los que serán: desplazamiento del carro transportador hacia delante y desplazamiento de los brazos del carro transportador hacia arriba. Estos eventos requerirán del uso de varios recursos del sistema como son: motor en el carro transportador (Motor1), sentido de giro directo (Entrada), electrofreno del motor del carro transportador (Liberar Freno), electroválvula para el ascenso de los brazos (electroválvula subida), STOP, RUN, velocidad rápida en la traslación y velocidad lenta en la traslación.

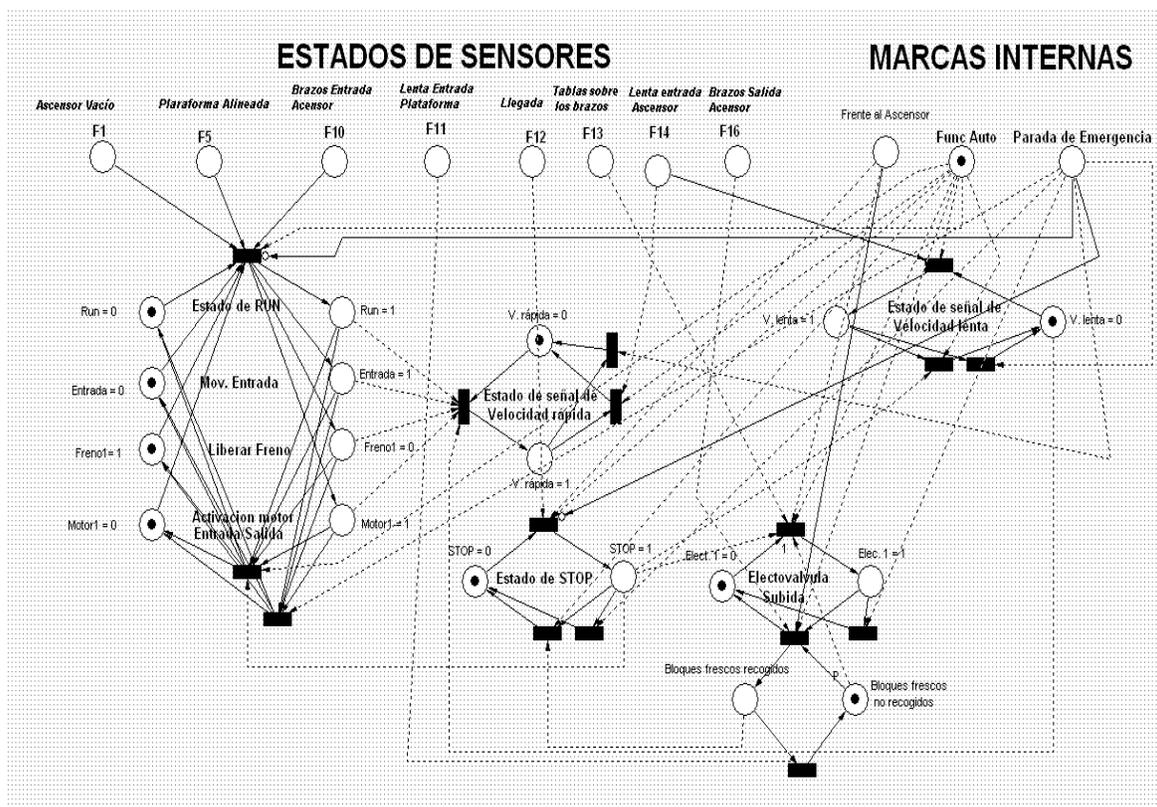


Figura.15 Modelado en Redes Petri del funcionamiento automático del macro lugar “E1” correspondiente de la recogida de los bloques frescos

Como muestra la figura 15 el modelado cada uno de los recursos tendrá dos lugares que representarán la activación o desactivación del mismo. El modelado parte de un lugar inicial que será desactivado o igual “0” menos el recurso electrofreno que estará activado o igual “1”. Al existir marcación en los lugares “Func Auto”, “F1”, “F5”, “F10” y no existir en el

lugar "Parada de Emergencia" se habilita la transición que permite que lleguen las marcaciones a los lugares "Run=1", "Entrada=1", "Freno1= 0", "Motor1= 1". Con marcación en estos lugares junto a la existencia de marcación en el lugar "V.lenta= 0" se habilita la transición que permite el desplazamiento de la marcación del lugar "V. rápida = 0" a "V. rápida = 1" poniéndose de esta forma en movimiento hacia adelante y en velocidad rápida el carro transportador. Al marcarse el lugar "F14", junto a la existencia de marcación en el lugar "Func Auto", se habilitan las transiciones que llevan las marcaciones de los lugares "V. rápida = 1" a "V. rápida = 0" y "V. lenta = 0" a "V. lenta = 1". De esta forma el carro transportador cambia de velocidad rápida a velocidad lento en su movimiento. Al marcarse el lugar "F12", junto a la existencia de marcación en el lugar "Func Auto" y no existencia en el lugar "Parada de Emergencia" se habilita la transición que permite que la marcación se desplace del lugar "STOP = 0" a "STOP = 1". Al existir marcación en el lugar "STOP=1" y "Func Auto", se habilita la transiciones lleva las marcaciones a los lugares "Run=0", "Entrada=0", "Freno1=1", "Motor1= 0" y "V. lenta = 0". De esta manera se detiene el desplazamiento del caro transportador en la posición requerida dentro del ascensor. Existiendo marcación en los lugares "STOP = 1", "Func Auto" y "F13" y trascurrido tiempo igual a un segundo se habilita la transición que permite que la marcación se desplace del lugar "Elect. 1 = 0" a "Elect. 1 = 1" activándose la electroválvula de subida y comenzando la subida los brazos del carro transportador. Cuando aparece marcación en el lugar "F16" junto a la existencia de marcación en el lugar "Func Auto" se habilita la transición que desplaza la marcación desde el lugar "Elect. 1 = 1" a "Elect. 1 = 0" y del lugar "Bloques frescos no recogidos" a "Bloques frescos recogidos" .La marcación en el lugar "Bloques frescos recogidos" habilita la transición que permite el desplazamiento de la marcación del lugar "STOP = 1" a "STOP = 0". La marcación en el lugar "Bloques frescos recogidos" regresará al lugar "Bloques frescos no recogidos" cuando aparezca una marcación en el lugar "F11" que habilite la transición correspondiente. Si se genera una marcación en el lugar "Parada de Emergencia" se habilitan las transiciones correspondientes que permiten que todos los recursos regresen la marcación a su lugar inicial evidenciándose de esta forma el cumplimiento de las propiedades de alcanzabilidad, vivacidad, controlabilidad y repetitividad, pues el sistema queda listo para comenzar nuevamente su proceso.

permite que lleguen las marcaciones a los lugares "Run=1", "Entrada=1", "Freno1= 0", "Motor1= 1". Con marcación en estos lugares junto a la existencia de marcación en el lugar "V.lenta= 0" y no existencia en los lugares "Primera Vuelta" y "Carga Realizada" se habilita la transición que permite el desplazamiento de la marcación del lugar "V. rápida=0" a "V. rápida = 1" poniéndose de esta forma en movimiento hacia adelante y en velocidad rápida el carro transportador. Durante este desplazamiento se registrarán marcaciones en el lugar "F7" las que junto a la existencia de marcación en el lugar "Celda de recogida alcanzada" y la no existencia en "Carga Realizada" habilitan las transiciones que permiten ir desplazando la marcación inicial existente en el lugar "0" del macro lugar "Contador de chapillas" mostrando un conteo de las marcaciones llegadas al lugar "F7" y de esta forma conocer la posición del carro transportador dentro de la celda. En el lugar "Cantidad de Viajes por Celda" se almacena la cantidad de marcaciones correspondiente al número máximo de viajes a guardar dentro de la celda. Estas marcaciones pasan de una en una, a los lugares correspondientes al macro lugar "Contador de viajes" permitiéndonos conocer cuántos viajes se han realizado y dando cumplimiento importantes propiedades de las PN como es la limitabilidad y alcanzabilidad de estados.

En etapa es necesario identificar la posición próxima a la posición deseada dentro de la celda para realizar el cambio de velocidad de rápida a lenta que me garantice que al llegarse a la posición deseada el movimiento se detenga con la menor afectación posible producto a la inercia. Esta identificación se realiza al habilitarse alguna de las transiciones correspondientes a cada posición dentro de la celda, cuando exista marcación en los lugares correspondientes los macro lugares "Contador de viajes" y "Contador de chapillas" y el lugar "V. rápida = 1", junto a la no existencia de marcación en el lugar que sucede al marcado en el macro lugar "Contador de viajes". Producto a esta habilitación de la transición correspondiente llega una marcación al lugar "Activación de la velocidad lenta" la que habilita a su vez, junto a la existencia de marcación en los lugares "STOP =0", "RUN=1"y "Func Auto" y la no existencia en el lugar "Parada de Emergencia", el desplazamiento de la marcación del lugares "V. rápida = 1" a "V. rápida = 0" y "V. lenta = 0" a "V.lenta=1". De esta forma el carro transportador cambia de velocidad rápida a velocidad lenta en su movimiento.

Al marcarse nuevamente el lugar "F7", se identifica el lugar donde se debe recoger los bloques secos, por medio de la habilitación de las transiciones correspondientes, que requerirán la existencia de marcación en el lugar "Func Auto", los lugares

correspondientes de los macro lugares “Contador de chapillas” y “Contador de viajes, además de la no existencia de marcación en el lugar “Parada de Emergencia”. Esta transición habilitada permite se establezca una marcación en el lugar “Parada para cada vuelta”, la que habilita la transición que permite que la marcación se desplace del lugar “STOP = 0” a “STOP = 1”. Al existir marcación en el lugar “STOP=1” y “Func Auto”, se habilitan las transiciones llevan las marcaciones a los lugares “Run=0”, “Entrada=0”, “Freno1=1”, “Motor1= 0” y “V. lenta = 0. De esta manera se detiene el desplazamiento del caro transportador en la posición necesaria dentro de la celda de recogida de bloques secos. Existiendo marcación en los lugares “STOP = 1”, “Func Auto” y “F13” y trascurrido tiempo igual a un segundo se habilita la transición que permite que la marcación se desplace del lugar “Elect. 1 = 0” a “Elect. 1 = 1” activándose la electroválvula de subida y comenzando la subida los brazos del carro transportador. Cuando aparece marcación en el lugar “F15” junto a la existencia de marcación en el lugar “Func Auto” se habilita la transición que desplaza la marcación desde el lugar “Elect. 1 = 1” a “Elect. 1 = 0” y del lugar “Bloques secos no recogidos” a “Bloques secos recogidos”. La marcación en el lugar “Bloques secos recogidos” habilita la transición que permiten el desplazamiento de la marcación del lugar “STOP = 1” a “STOP = 0”. Si se genera una marcación en el lugar “Parada de Emergencia” se habilitan las transiciones correspondientes que permiten que todos los recursos regresen la marcación a su lugar inicial. Si se genera una marcación en el lugar “F2” y existe marcación en los lugares “RUN=1”, “Func Auto”, se habilita la transición que permite pasar la marcación del lugar “STOP=0” a “STOP=1”. Cuando aparezca una marcación en el lugar “F11” se habilita transición que permite que la marcación en el lugar “Bloques frescos recogidos” regrese al lugar “Bloques secos no recogidos” y se habilita además la transición que permite que el macro lugar “Contador de Chapillas” se reinicie. En este momento es sistema queda listo para si se cumplen nuevamente las condiciones requeridas comience una vez más el proceso dando cumplimiento en la red modelada a la repetitividad y vivacidad requeridas. En la figura 15 muestra un modelado con capacidad para solo 6 viajes por celda producto a las limitaciones en cuento al número de conexiones y elementos permitidos en el programa VON 2.7.

2.5 Programación del Controlador Lógico Programable partiendo de los modelos en PN.

En este proyecto, luego de la obtención de un modelado completo en PN del proceso de transportación de bloques, se realiza una fiel traducción del modelo en PN a un lenguaje de programación utilizado por el PLC seleccionado, asegurando el cumplimiento de los requerimientos funcionales del sistema en cuestión. El modelado arrojó la necesidad de utilizar cuarenta entradas y diecinueve salidas. Dando cumplimiento a los requerimientos impuestos por el modelado. En este trabajo se utiliza como controlador el TSX 3722 de Telemecanique, configurado con tres módulos E/S tipo: todo o nada 24 VCC, 16 entradas y 12 salidas a Relé, el cuál es programado haciendo uso del programa PL7 versión 4.4 bajo el lenguaje LD por las grandes similitudes y facilidad de traducción de las PN.

La programación realizada posee la estructura mostrada en la figura 17, la cual está compuesta por una Tarea MAST en la que se definió una Sección llamada "Principal" que contiene el programa principal de la aplicación.

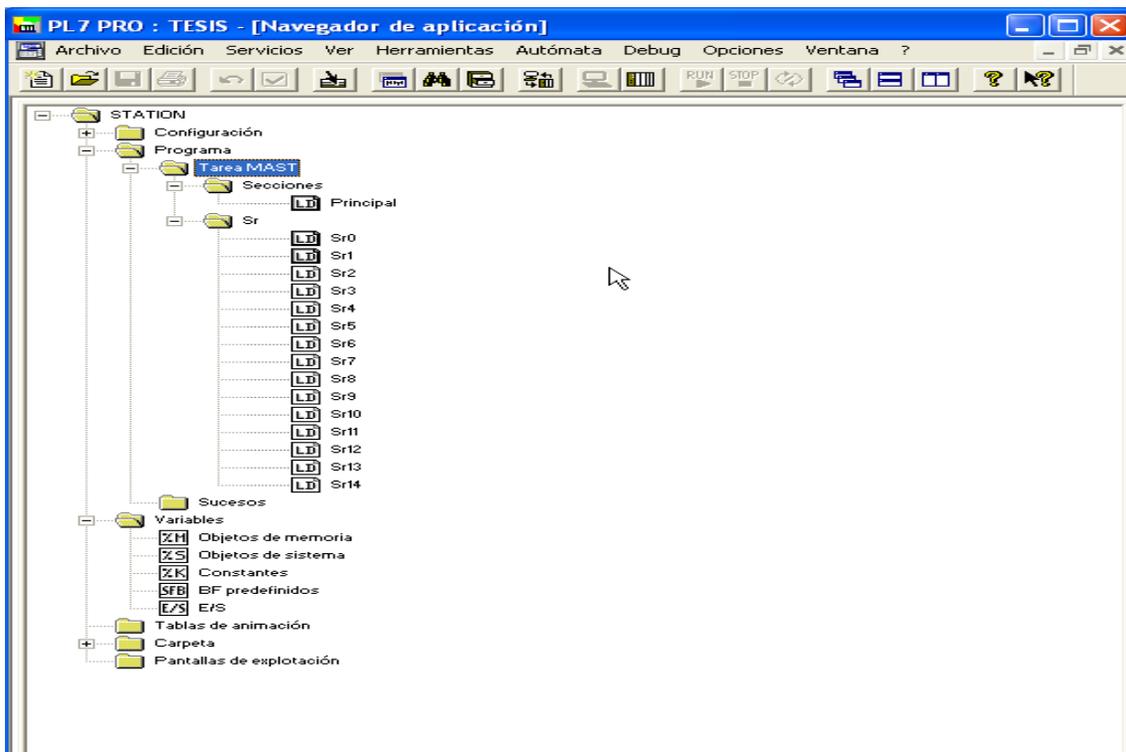


Figura.17 Muestra estructura de la Programación realizada.

Además se definieron quince Sub-Rutinas, que representan los diferentes macro lugares definidos en modelado obtenido siendo:

- Sr0: Funcionamiento en Automático del Sistema.
- Sr1: Funcionamiento en Manual del Sistema.
- Sr2: Funcionamiento en Parada de Emergencia del Sistema.
- Sr3: Funcionamiento en automático de la Etapa 1 del proceso.
- Sr4: Funcionamiento en automático de la Etapa 2 del proceso.
- Sr5: Funcionamiento en automático de la Etapa 3 del proceso.
- Sr6: Funcionamiento en automático de la Etapa 4 del proceso.
- Sr7: Funcionamiento en automático de la Etapa 5 del proceso.
- Sr8: Funcionamiento en automático de la Etapa 6 del proceso.
- Sr9: Funcionamiento en automático de la Etapa 7 del proceso.
- Sr10: Funcionamiento en automático de la Etapa 8 del proceso.
- Sr11: Funcionamiento en automático de la Etapa 9 del proceso.
- Sr12: Funcionamiento en automático de la Etapa10 del proceso.
- Sr13: Funcionamiento en automático de la Etapa11 del proceso.
- Sr14: Funcionamiento en automático de la Etapa12 del proceso.

2.5.1 Programación de la Tarea MAST–Sección: Principal.

Partiendo del modelo en PN del programa principal, al interrelacionar el funcionamiento de los dos subsistemas existentes, tenemos dos segmentos importantes a analizar, como son la activación del lugar “Funcionamiento Normal” y la desactivación del lugar “EMERGENCIA”. En la figura 18 se muestra la traducción al lenguaje LD, donde son considerados los lugares mencionados como una bobina de conexión %M1 y desconexión %M2 respectivamente. Además sus arcos habilitadores normales y de *test* son traducidos como contactos normalmente abiertos, mientras que los arcos inhibidores como contactos normalmente cerrados.

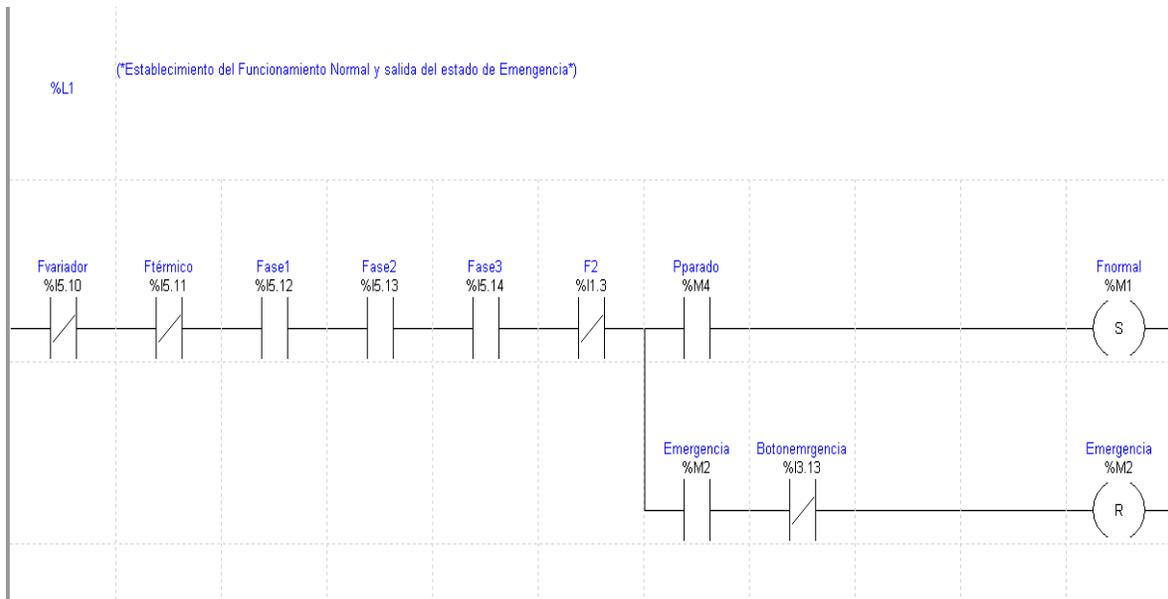


Figura. 18 Traducción a LD del segmento de modelado en PN de la activación y desactivación de los lugares “Funcionamiento Normal” y “EMERGENCIA” respectivamente.

Otro segmento del modelado en PN que resulta interesante ver su traducción a LD es la solución dada al conflicto existente ante la selección del modo de trabajo. La figura 19 muestra precisamente la programación resultante de la traducción, donde en dependencia del camino que se habilite se entrará a la subrutina de funcionamiento manual Sr1 o de funcionamiento automático Sr0.

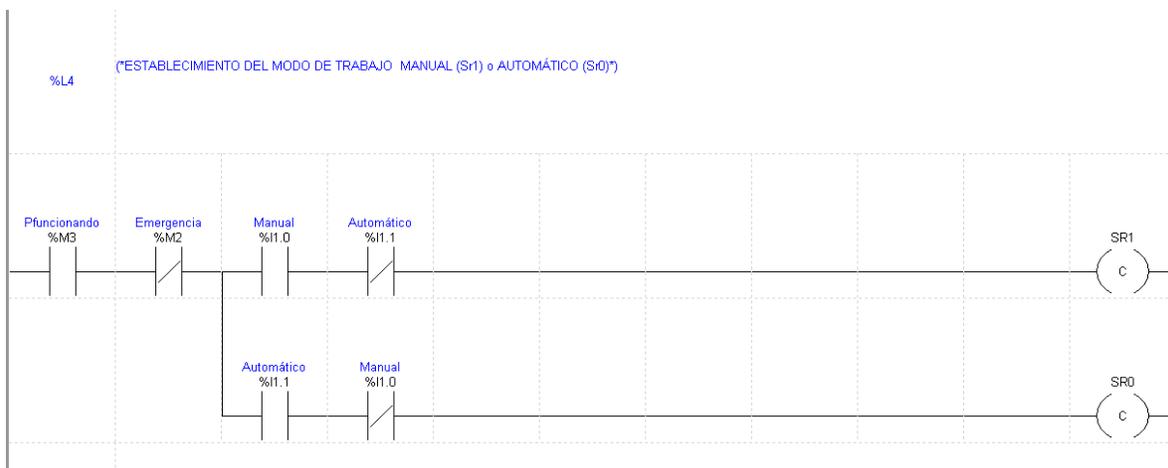


Figura. 19 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que resuelve el conflicto de la selección del modo de trabajo.

En este proyecto la atención a las diferentes variables del sistema causante de errores en su funcionamiento es vital. Un estado no deseado en cualquiera de estas variables lleva al sistema al funcionamiento de parada de emergencia. Esta lógica definida en el modelado en PN traducida al lenguaje de programación LD se puede apreciar en la figura 20.

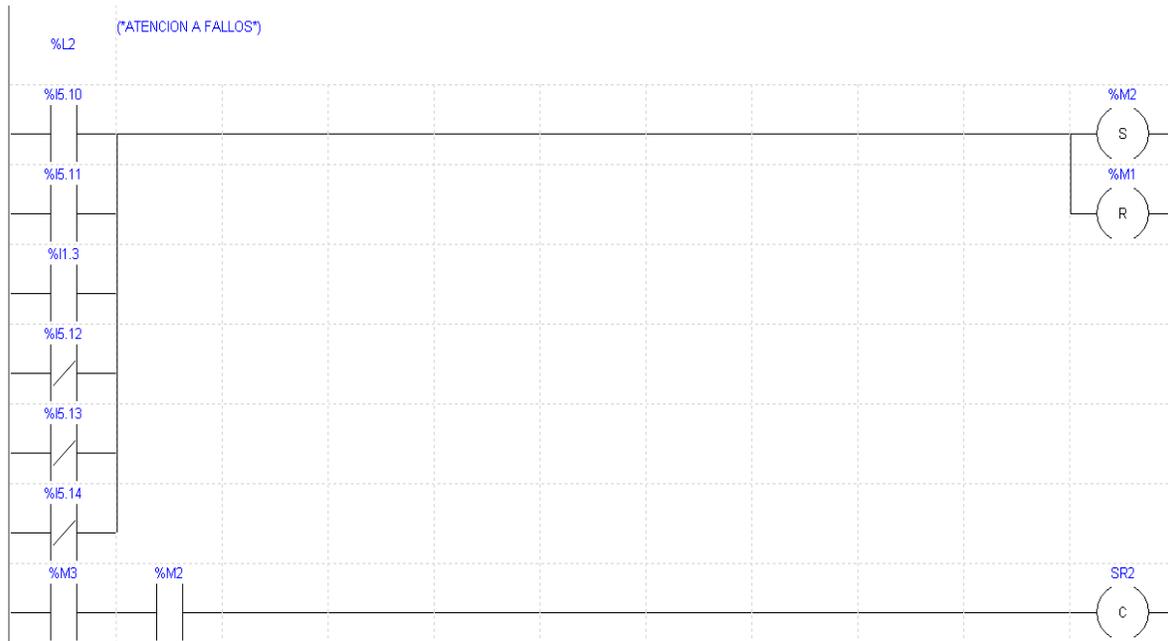


Figura.20 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define la operación ante fallos en el sistema.

2.5.2 Programación de la Tarea MAST – Sr0 Funcionamiento en Automático del Sistema.

En la programación de esta subrutina es interesante ver como se traduce a LD la solución dada en el modelado en PN a uno de los requerimientos funcionales establecidos para el funcionamiento del sistema de automatización como es la posibilidad de puesta en marcha en funcionamiento automático en varias partes del proceso de transportación. En este proyecto se definió cuatro diferentes posiciones en las que es posible el cumplimiento de este requisito según muestra la figura 21.

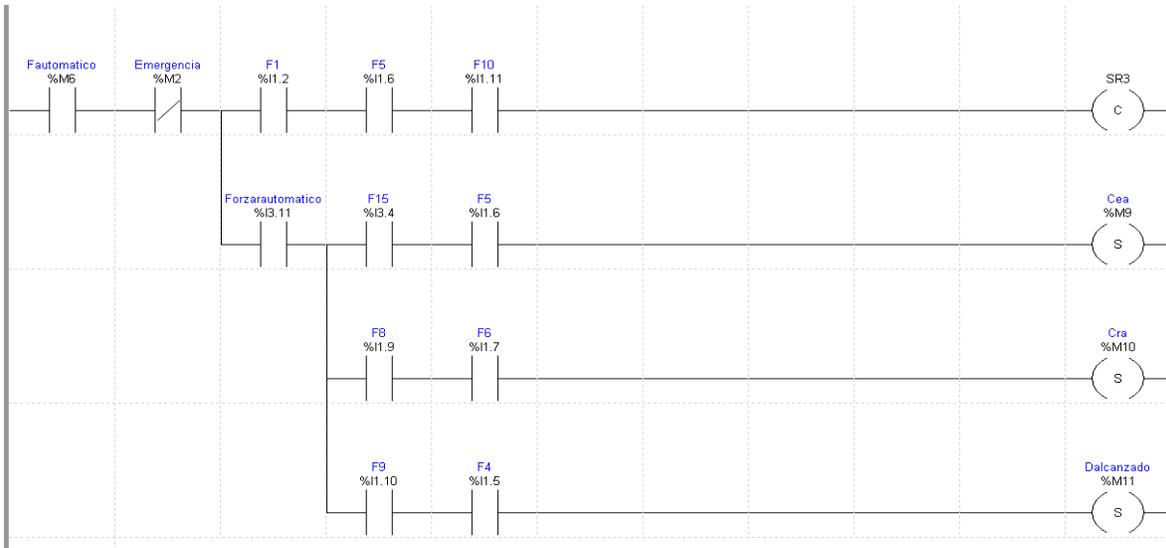


Figura.21 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define las cuatro posibilidades en las que se puede establecer la operación automática del sistema.

Por otro lado se puede apreciar como en LD se traduce la secuencialidad en la ejecución de cada etapa del proceso de transportación de bloques, pues la habilitación de la próxima subrutina de alguna de las etapas depende de una variable generada en la culminación de la subrutina de la etapa anterior. Ver figura 22.



Figura 22. Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define la secuencialidad en la ejecución de cada etapa del proceso en funcionamiento automático.

Además en esta subrutina se puede apreciar en la figura 23, se implementa un contador %C1 el cuál permite contar los viajes y compararla con la referencia. Al ser iguales la cantidad de viajes contados a la cantidad posibles por celda entrada como referencia, por una de sus salidas activa la sirena que indica que la celda esta llena e interrumpe el ciclo funcionamiento automático desconectando “Fautomatico y Aa”.

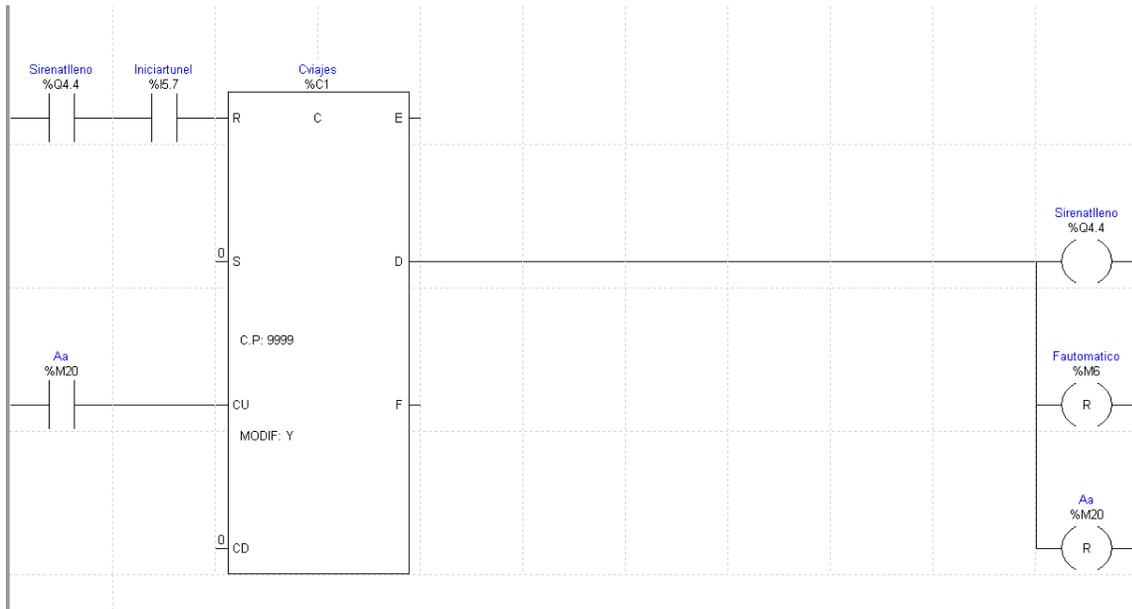


Figura.23 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define el contador de viajes.

2.5.3 Programación de la Tarea MAST – Sr3 Funcionamiento en Automático de la Etapa 1.

En esta subrutina se realiza la traducción a LD del modelado en PN en el que se da cumplimiento a varios requerimientos funcionales como son: la obtención de la altura indicada de los brazos del carro transportado, correcta ubicación del carro transportador para carga de los bloques y la existencia mínima de golpes y vibraciones para mayor calidad en bloques.

El segmento del modelado que describe el inicio del desplazamiento de entrada al ascensor se traduce a LD de la manera mostrada por la figura 24. Donde tras el cierre de los contactos normalmente abiertos que representan: ascensor alcanzado “Aa” y funcionamiento automático “Fautomatico”, junto a la no activación del contacto normalmente cerrado que representa el estado de “Emergencia” se activaran las salidas

del autómata correspondientes a Run, Freno y motor del carro transportador, junto a sentido de giro directo.

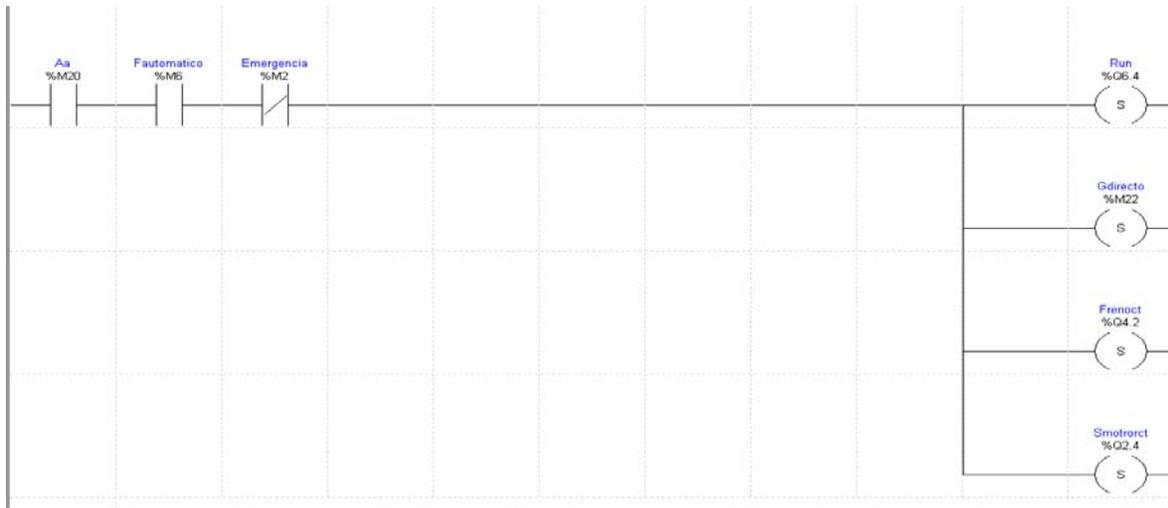


Figura.24 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define el inicio del desplazamiento de entrada al ascensor.

Otro segmento interesante resulta el que permite el cambio de la velocidad rápida a velocidad lenta del carro, en busca de menores perturbaciones en el momento de detener la marcha. Ver figura 25.

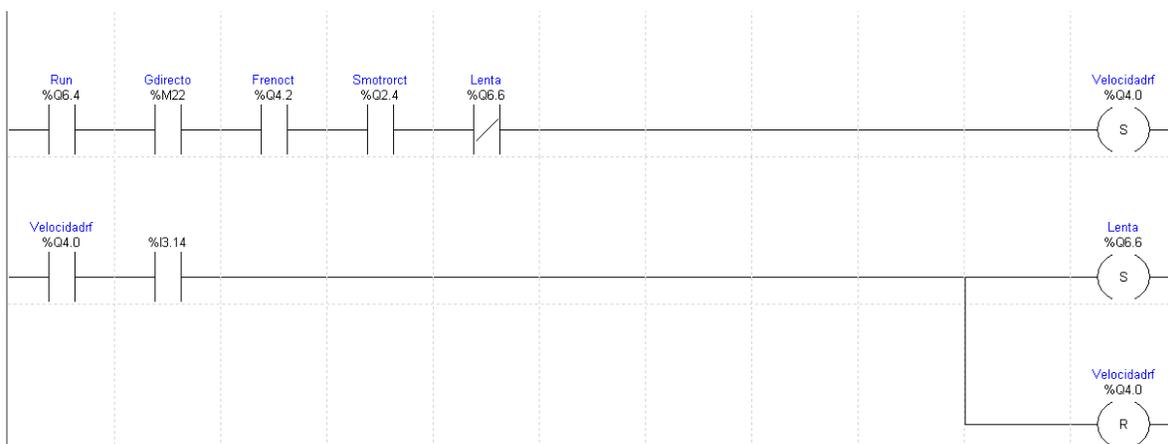


Figura.25 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define el uso las velocidades rápida y lenta en el desplazamiento de entrada al ascensor.

Por otro lado la traducción a LD que muestra la figura 26 representa el segmento del modelado en que se cumple con la necesidad de colocar los brazos en la altura correcta, pues se muestra la lógica que rige la parada del ascenso de los brazos.

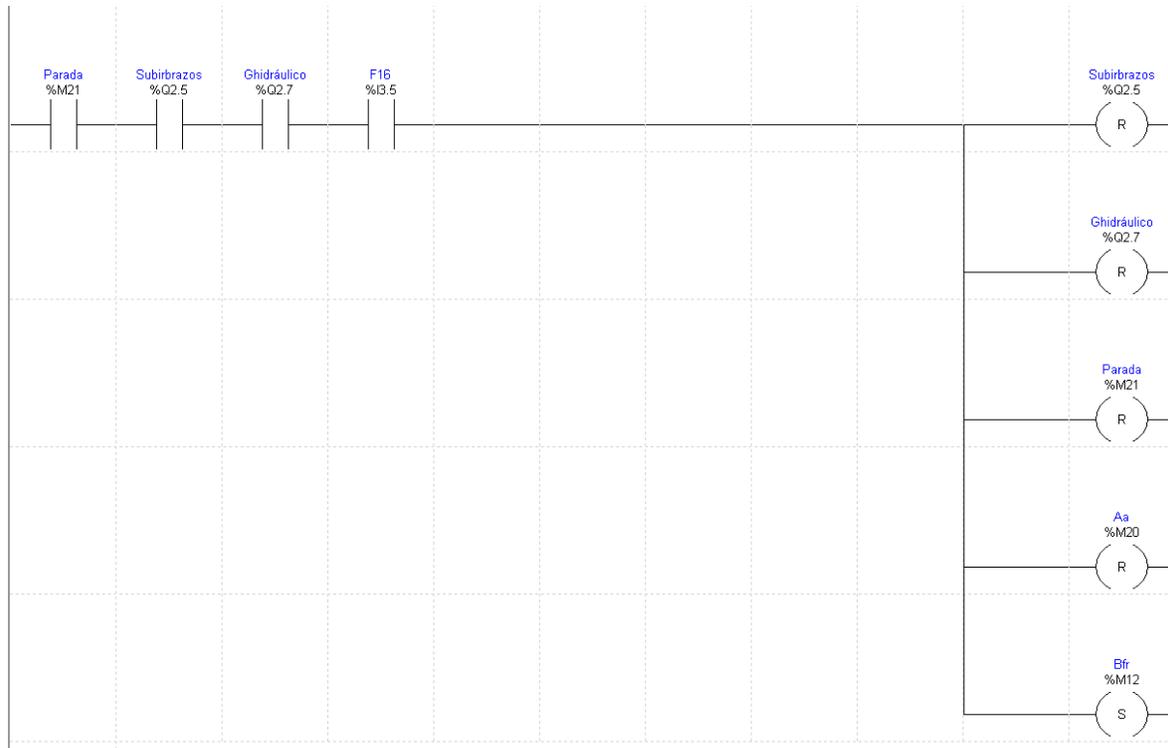


Figura.26 Traducción a LD del segmento de modelado en PN que define la detención el lugar correcto de la subida de los brazos.

2.6 Implementación del Sistema de Control Automatizado propuesto.

El Sistema Automatizado para el control del proceso de transportación de bloques de hormigón durante su proceso productivo en plantas productoras tipo “POYATOS” propuesto fue implementado en enero del 2010 en el complejo productivo del contingente Juan Roberto Milian Milian de Ciudad Habana en colaboración con la Empresa HORTER del Ministerio de la Construcción. En este complejo productivo existía una planta productora de bloques tipo POYATOS fuera de producción por no contar con un sistema de control para el proceso de transportación de los bloques.

Para su implementación se requirió la construcción de un panel de control, ver figura 27, donde se montaron y cablearon los diferentes dispositivos utilizados como son: autómatas

TSX3722, el variador de frecuencia Altivar 58, fuente de alimentación, los contactores, bornera de conexionado exterior, etc. Anexo 2.

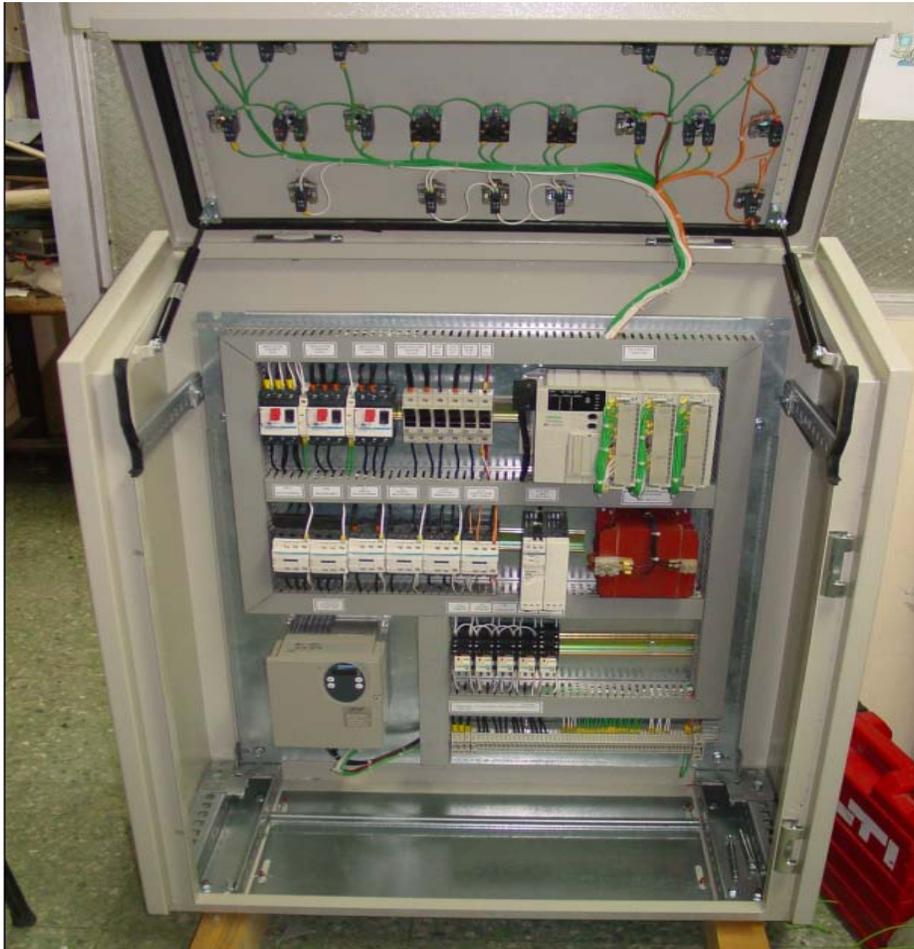


Figura.27 Vista interior del Panel de Control.

En esta parte del proyecto es vital la configuración del sistema cumpliendo estrictamente el diseño realizado en que se predeterminaron valores de diferentes variables que garantizan el funcionamiento eficiente del sistema así como el cumplimiento de los requerimientos funcionales establecidos. Estos valores son:

- Rampa de aceleración igual a 2 segundos: Esto garantiza la disminución de un 93% de las vibraciones en el proceso de inicio del desplazamiento del carro transportador o plataforma.

-
- Rampa de desaceleración igual a 0.6 segundos: Esto garantiza la disminución de un 96% de las vibraciones en el proceso de detención del desplazamiento del carro transportador o plataforma.
 - Velocidad lenta del desplazamiento igual a 0.1 m/s: lo que garantiza que va generarse la rampa de desaceleración el carro transportador o plataforma solo se desplace aproximadamente 0.029 m/s.
 - Velocidad rápida mínima en los desplazamientos igual a 0.3 m/s: lo que garantiza el cumplimiento del recorrido en el tiempo de 10 minutos.

Estos valores son calculados en función de la mayor distancia a recorrer en el proceso de transportación siendo igual a 110,7 metros, lo que coincide con la última y más alejada celda de curado. Al realizar los cálculos con la mayor distancia se garantiza que al operar en cualquier otra celda de curado se cumplan con los requerimientos funcionales.

Luego del correcto montaje del panel de control, el ajuste de los sensores de posición y la imposición de los valores de las velocidades, las rampas de aceleración y desaceleración, se procedió a comprobar si el comportamiento del sistema de control automatizado cumplía con las especificaciones registradas en su diseño en GEMMA. (Ver Anexo 3).

Tras la verificación del correcto comportamiento del sistema automatizado, éste quedó en explotación y hasta la fecha no ha presentado problema alguno. Con su utilización se ha alcanzado aumentar las producciones de bloques de hormigón de 4620 a 7700 unidades por casa 8 horas de trabajo. Lo que representa un aumento del 66.6% en la productividad de las plantas. Se espera por la importación de los componentes necesarios para la implementación del sistema propuesto en otros dos complejos productivos incluyendo el "Hormigón los Guaos" de Santiago de Cuba.

2.6.1 Diagrama General de Fuerza y alimentación al Autómata.

El diagrama general de fuerza muestra las conexiones correspondientes al diseño realizado para el control de la alimentación de los distintos dispositivos utilizados. En la figura 28 se puede apreciar la vía de manipulación y protección, haciendo uso de contactores magnéticos, de los motores del grupo hidráulico, carro transportador, plataforma y sus respectivos electrofrenos, junto a las características de los contactores magnéticos utilizados.

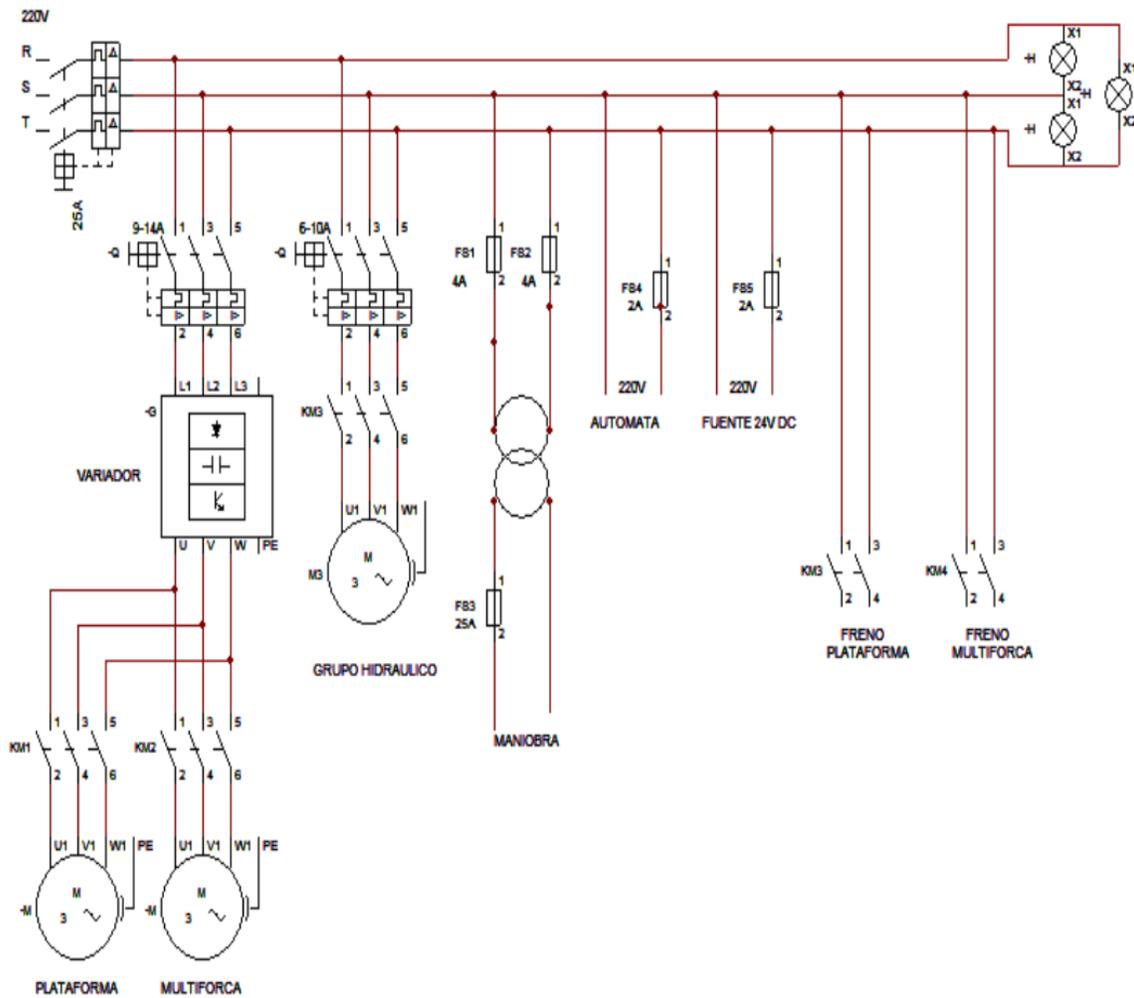


Figura.28 Diagrama General de Fuerza y Alimentación del Automata

2.6.2 Conclusiones de Capítulo.

En este capítulo se mostró la estructura del sistema de automatización propuesto. Para su mejor análisis y modelado se dividió el proceso en etapas y cada etapa en eventos y recursos. Partiendo de esto se realizó el modelado en PN, el cuál posteriormente se tradujo al lenguaje de programación LD. Finalmente se muestra la implementación del proyecto en el combinado productivo del contingente Juan Roberto Milian Milian de Ciudad Habana mostrando la eficiencia y productividad alcanzadas.

VALORACIÓN ECONÓMICA.

El diseño y ejecución de este trabajo esta fue valorado en 10326 dólares por costo de compra e importación de los diferentes dispositivos requeridos para su implementación junto a 5420 pesos en moneda nacional por cuestiones de salario al personal que trabajó en el diseño y montaje. Partiendo de que el precio de un bloque es 0.65 pesos y de ellos son ganancia de la empresa 0.22 pesos, junto que con la implementación del sistema se logra la producción 3080 bloques más en 8 horas de trabajo, tenemos que se obtiene una ganancia diaria de 677.6 pesos. Considerando que de cada mes se trabaja 24 días, el costo total de la inversión se amortizaría en 16.207 meses de producción. Esto nos permite estimar que en 3 años de explotación del sistema automatizado la empresa ganará 321881.68 pesos.

Es importante considerar además que con este trabajo se evita la compra e importación de un sistema automatizado cuyo costo está estimado en 58 000 euros, generándole al país un ahorro de 47457.2 euros.

Las razones anteriormente expuestas demuestran la gran significación económica de este trabajo demostrando una vez más que la automatización y la economía guardan una estrecha relación.

CONCLUSIONES

Con la implementación de este trabajo podemos concluir que:

- Se ha logrado la confección de un proyecto de automatización eficiente que satisface y soluciona la problemática existente en el país en el proceso de transportación de bloques de hormigón, durante su proceso productivo en plantas productivas tipo “POYATOS”.
- Se evidenció la gran importancia y utilidad del uso del modelado en Redes Petri en el proceso de diseño de sistemas de automatización eficientes ya que su empleo permite conocer con anterioridad el comportamiento exacto del sistema diseñado y con esto poder atender o eliminar los estados o comportamientos no deseados. La verificación de propiedades y la validación de requerimientos funcionales permitieron obtener la eficiencia en el diseño del programa. Además, al hacer uso de las reglas de traducción de los modelos en PN al lenguaje de programación de autómatas LD se acorta en gran medida los tiempos de ejecución del proyecto en cuestión.
- Se demuestra que la automatización de los procesos industriales es una necesidad, siendo además la única vía efectiva de lograr la productividad deseada con la eficiencia requerida. La implementación en el combinado productivo del contingente Juan Roberto Milian Milian de Ciudad Habana, no ha presentado problemas en su funcionamiento y logra un aumento del 40% en la productividad de dicho centro.

RECOMENDACIONES

- Montar el sistema propuesto en el resto de las plantas existentes en el país.
- Modelar y programar los otros cuatro subprocesos que componen el flujo productivo de las Prats tipo "POYATOS" para mayor eficiencia conjunta.
- Completar el modelado, programación e implementación de todos los niveles jerárquicos de automatización indicados en el estado del arte de este trabajo, es decir llegar hasta el supervisorio integrado con la gerencia empresarial, permitiría optimizar toda gestión productiva y administrativa de la empresa.

REFERENCIAS

1. [Adrion'82] Adrion, W., Branstad, M., Cherniavsky, J.: Validation, verification, and testing of computer software. *ACM Computing Surveys* 14, 159–192 (1982)
2. [Benítez and Silva'08] Benítez, I., J.R. Silva, et al (2008). Modeling extended Petri nets compatible with GHENeSys IEC61131 for industrial automation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Springer London. Vol. 36. No. 11-12 Pg. 1180-1190. UK.
3. [Brennan'07] Brennan, R.W. (2007). Toward Real-Time Distributed Intelligent Control: A Survey of Research Themes and Applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, Vol. 37, Issue 5. Page(s): 744 – 765.
4. Colombo, A. W., R. Schoop and R. Neubert (2006). An Agent-Based Intelligent Control Platform for Industrial Holonic Manufacturing Systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 53, No. 1, PP. 322-337.
5. [Depke'01] R. Depke a R. Heckel a J. M. Küster. Formal Agent-Oriented Modeling with UML and Graph Transformation. Research supported by the ESPRIT Working Group APPLIGRAPH. Elsevier Science. June 2001.
6. Ferrarini, L., Dedè A., Salaün P., Duang, T., Fogliazza, G. Domain Specific Views in Model-driven Embedded Systems Design in Industrial Automation. 7th IEEE internacional Conference on Industrial Informatics. INDIN 2009.
7. Frey,G.; Litz, L.: Formal methods in PLC programming. Proceedings of the IEEE SMC 2000, Nashville, TN, October 08-11, 2000.
8. [Kavi'02] Kavi, K.M., M. Aborizka, D. Kung (2002). A Framework for Designing, Modeling and Analyzing Agent Based Systems. *Proceedings of the 5th International Conference on Algorithms & Architectures for Parallel Processing*. ICA3PP'02, pp. 23-25. *IEEE Computer Society*, pp. 196 – 200.
9. [Han&Jafari'03] Han, W. and M.A. Jafari (2003). Component and Agente-Based FMS Modeling and Controller Synthesis. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part C*, Vol. 33, No. 2, pages 193-206.
10. [Jimenez'01] Jimenez, I.; Lopez, E.; Ramirez, A.; Synthesis of ladder diagrams from Petri nets controller models. Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Intelligent Control, 2001. (ISIC '01). Page(s): 225 – 230

11. [Lee'09] Jin-Shyan Lee; Chun-Chieh Chuang; Development of a Petri net-based fault diagnostic system for industrial processes. 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, 2009. IECON '09. , Page(s): 4347 - 4352
12. [Mendling09] Jan Mendling. Empirical Studies in Process Model Verification. K. Jensen and W. van der Aalst (Eds.): ToPNoC II, LNCS 5460, pp. 208–224, 2009. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009
13. [Murata'89] Murata, Tadao (fellow IEEE. Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of Illinois, Chicago). "Petri Nets: Properties, analysis and applications". Proceedings of IEEE, vol. 77, No. 4 April, 1989
14. [Ribeiro&Fernández'09] Ribeiro, O.R., J.M. Fernández (2009). Validation of Scenario-based Business Requirements with Coloured Petri Nets. *2009 Fourth International Conference on Software Engineering Advances*. ICSEA '09. Page(s): 250 – 255.
15. [Sommerville'01] Sommerville, I.: Software Engineering, 6th edn. Addison-Wesley, Reading (2001)
16. Strasser, T., Rooker, M., Hegny I., Wenger, M., Zoitl, ^a, Ferrarini, L., Dede, ^a, Colla, M. A research roadmap for Model-driven Embedded Systems Design for Automation Components. 7th IEEE international Conference on Industrial Informatics. INDIN 2009.
17. [Van der Aalst'97] Van der Aalst, W.: Verification of Workflow Nets. In: Az´ema, P., Balbo, G. (eds.) ICATPN 1997. LNCS, vol. 1248, pp. 407–426. Springer, Heidelberg (1997)
18. [Miyagi02] Miyagi, P.E. Introdução a Simulação Discreta-Parte I. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil. 2002
19. [OMG, 2007] Object Management Group. Unified Modeling Language: Superstructure Specification, version 2.1.2, August 2007. URL <http://www.omg.org/spec/UML/2.1.2/Superstructure/PDF/>
20. [Benítez en Controlo2010] Benitez, I, et al. 2010. A Design Method for Flexible Manufacturing System Based on Petri Nets and UML. 9th Portuguese Conference on Automatic Control CONTROL´2010. 8-10 sept. 2010. Coimbra, Portugal.

ANEXOS

ANEXO 1. Listado de Componentes

Descripción del producto	U.M.	Cant.	Observaciones
Variador de veloc elect 220 volts 3Ø 60 Hz 3,0 Kw.	u	1	ATV58HU54M2 TELEMECANIQUE
Terminal operador	u	1	VW3-A58103 TELEMECANIQUE
Resistencia frenado variador 100 Ohms 40 watts	u	1	VW3-A58734 TELEMECANIQUE
Autómata 3 emplazamientos 100-240 Volts A.C.	u	1	TSX 37 22001 TELEMECANIQUE
Módulo ent/sal todo o nada 16 ent. 24 VCC 12 Sal. Rele	u	3	TSX-DMZ 28DR TELEMECANIQUE
Fuente de alimentación conmutada y reguladas 120 W	u	1	ABL-7RE2405 TELEMECANIQUE
Batería de litio para autómata	u	1	TSX-PLP01 TELEMECANIQUE
Disyuntor magneto térmico 13-18 A.	u	1	GV2-ME 20 TELEMECANIQUE
Disyuntor magneto térmico 9-14 A.	u	1	GV2-ME 16 TELEMECANIQUE
Disyuntor magneto térmico 20-25 A.	u	1	TELEMECANIQUE
Bloque de cont aux senaliz. + instantáneo NA+NA	u	2	GV-AD1010 TELEMECANIQUE
Transformador Maniobra 220 / 24 Volts 160 VA	u	1	TECNOTRAFO
Contactador Magnético tripolar AC-3, 9 A. 24 V., 60 Hz	u	2	LC1-D09B7 TELEMECANIQUE
Contactador Magnético tripolar AC-3, 12 A. 24 V., 60 Hz	u	2	LC1-D12B7 TELEMECANIQUE
Contactador Magnético tripolar AC-3, 25 A. 24 V., 60 Hz	u	2	LC1-D25B7 TELEMECANIQUE
Cabeza de pulsador rasante verde	u	1	ZB4-BA3 TELEMECANIQUE
Cabeza de pulsador rasante rojo	u	1	ZB4-BA4 TELEMECANIQUE
Cabeza de pulsador rasante negro	u	2	
Cabeza de pulsador rasante amarillo	u	2	
Cab pul de emerg tipo seta Ø 40 mm Girar p/ desenclavar	u	1	ZB4-BS54 TELEMECANIQUE
Cabeza selector 2 posiciones fijas	u	4	ZB4-BD2 TELEMECANIQUE
Cabeza selector 3 posiciones fijas	u	1	ZB4-BD3 TELEMECANIQUE
Rele 2contac bobina 24 Volts AC c/led y sujeción(clamp)	u	5	RXL2A 12B-2-B7 ZELIO TELEMECANIQUE
Base para rele de 2 contactos	u	5	RXZE1S108M ZELIO TELEMECANIQUE
Pupitre eléct p/ el montaje comp de control y fuerza	u	1	PK/80-PM HIMEL
Base de fijación para usar en bloque eléct p/ pulsadores	u	20	ZB4-BZ009
Piloto luminoso para lámp BA 9s Aliment directa. Verde	u	1	XB4-BV63 TELEMECANIQUE
Piloto luminoso para lámp BA 9s Aliment directa. Rojo	u	1	XB4-BV64 TELEMECANIQUE
Piloto luminoso para lámp BA 9s Aliment directa. Amarillo	u	3	XB4-BV65 TELEMECANIQUE

Ventilador con filtro caudal: 56 m3/h	u	1	VF 56 HIMEL
Rejilla salida para ventilador VF-56	u	1	FS 56 HIMEL
Aplicador Industrial con lámpara 40 watts 24 volts	u	1	
Bombillo incandescente 24 Volts 40 w rosca E27	u	1	
Sirena eléctrica industrial 98 dB 24 Volts A.C.	u	1	Micro W10
Luz rotat color rojo 24 Volts A.C. Lámp socket E-14 25 w	u	1	Rotallarm PBL
Conector Multiforcas plataf completo 6 cont c/ muelle y 6 contactos fijos y los soportes para los tipos de contactos	u	1	5906 0000 POYATOS
Actuador final carrera en brazo Multiforcas	u	1	5902 0009 POYATOS
Bloque de contacto simple NA	u	12	ZBE-101 TELEMECANIQUE
Bloque de contacto simple NC	u	3	ZBE-102 TELEMECANIQUE
Conector Multiforcas plataf completo 6 cont c/ muelle y 6 contactos fijos y los soportes para los tipos de contactos	u	1	5906 0000 POYATOS
Actuador final carrera en brazo Multiforcas	u	1	5902 0009 POYATOS
Bloque de contacto simple NA	u	12	ZBE-101 TELEMECANIQUE
Bloque de contacto simple NC	u	3	ZBE-102 TELEMECANIQUE
Palanca con retorno a cero	u	2	XD2-PA22 TELEMECANIQUE
Palanca sin retorno a cero	u	1	XD2-PA12 TELEMECANIQUE
Final de carrera inductivo 24..240 volts ac/dc Sn 25mm	u	3	XS4 P30MA230K+XSZ BB10 TELEMECANIQUE
Final de carrera inductivo 24..240 volts ac/dc Sn 15mm	u	7	XS8 C1A1MAL01U20+XSB BB2S TELEMECANIQUE
Cable para final de carrera c/conector a 90° 5mts	u	10	XZCP1965L5
Cuerpo final de carrera	u	7	ZCK-J1
Cabeza final de carrera mov angular		7	ZCK-E05 TELEMECANIQUE
Palanca corta para final de carrera	u	7	ZCK-Y13 TELEMECANIQUE
Palanca larga para final de carrera	u	2	ZCK-Y43 TELEMECANIQUE
Foto celda reflexion sobre objeto 1,2 mts	u	1	XUK-0AKSAL2
Foto celda barrera emisor	u	2	XUK-0AKSAL2
Foto celda barrera receptor	u	1	XUK-0AKSAL2T
Cable flexible Royal Cord 2 vías x 1,0 mm2	mts	100	
Cable flexible Royal Cord 4 vías x 1,5 mm2	mts	100	
Cable flexible Royal Cord 4 vías x 2,5 mm2	mts	100	
Cable flexible Royal Cord 4 vías x 4,0 mm2	mts	100	
Cable flexible 1 via x 0,75 mm2 verde	mts	100	
Cable flexible 1 via x 0,75 mm2 rojo	mts	100	
Cable flexible 1 via x 0,75 mm2 blanco	mts	100	

Cable flexible 1 via x 1,5 mm2 negro	mts	100	
Cable flexible 1 via x 4,0 mm2 negro	mts	100	
Borne atornillado 2,5 mm2	u	100	AB1 VV 235U TELEMECANIQUE
Borne atornillado 4,0 mm2	u	100	AB1 VV 435U TELEMECANIQUE
Terminales para cable 0,75 mm2 (azul) estuche de mil unidades	u	1	AZ5-CE007 TELEMECANIQUE
Terminales para cable 1 mm2 (rojo) estuche de mil unidades	u	1	AZ5-CE010 TELEMECANIQUE
Terminales para cable 1,5 mm2 (negro) estuche de mil unidades	u	1	AZ5-CE015 TELEMECANIQUE
Terminales para cable 2,5 mm2 (gris) estuche de 500 unidades	u	1	AZ5 CE025 TELEMECANIQUE
Terminales para cable 4 mm2	u	100	
Canal ranurada	mts	5	
Perfil Din	mts	2	
Portafusible	u	6	DF6-AB10 TELEMECANIQUE
Cartucho Fusible cilíndrico 10 x 38 mm 2 amp.	u	2	
Cartucho Fusible cilíndrico 10 x 38 mm 6amp.	u	1	
Cartucho Fusible cilíndrico 10 x 38 mm 10 amp.	u	2	
Cartucho Fusible cilíndrico 10 x 38 mm 25 amp.	u	2	

ANEXO 2. Carpeta de Proyecto

A

B

C

D

E

DISEÑO DEL SISTEMA DE
AUTOMATIZACIÓN PARA EL
PROCESO DE TRANSPORTE DE
BLOQUES DURANTE EL
PROCESO PRODUCTIVO EN
PLANTAS TIPO POYATOS

F

Departamento Responsable
Vice-Dirección Técnica

Referencia Técnica
Darlen A Serrano F

Creado por:
Juan C Sánchez P

Aprobado por:
Neidys Quiñonez



MATERIALES
CONSTRUCCION
SANTIAGO DE CUBA

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

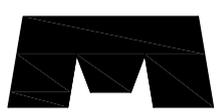
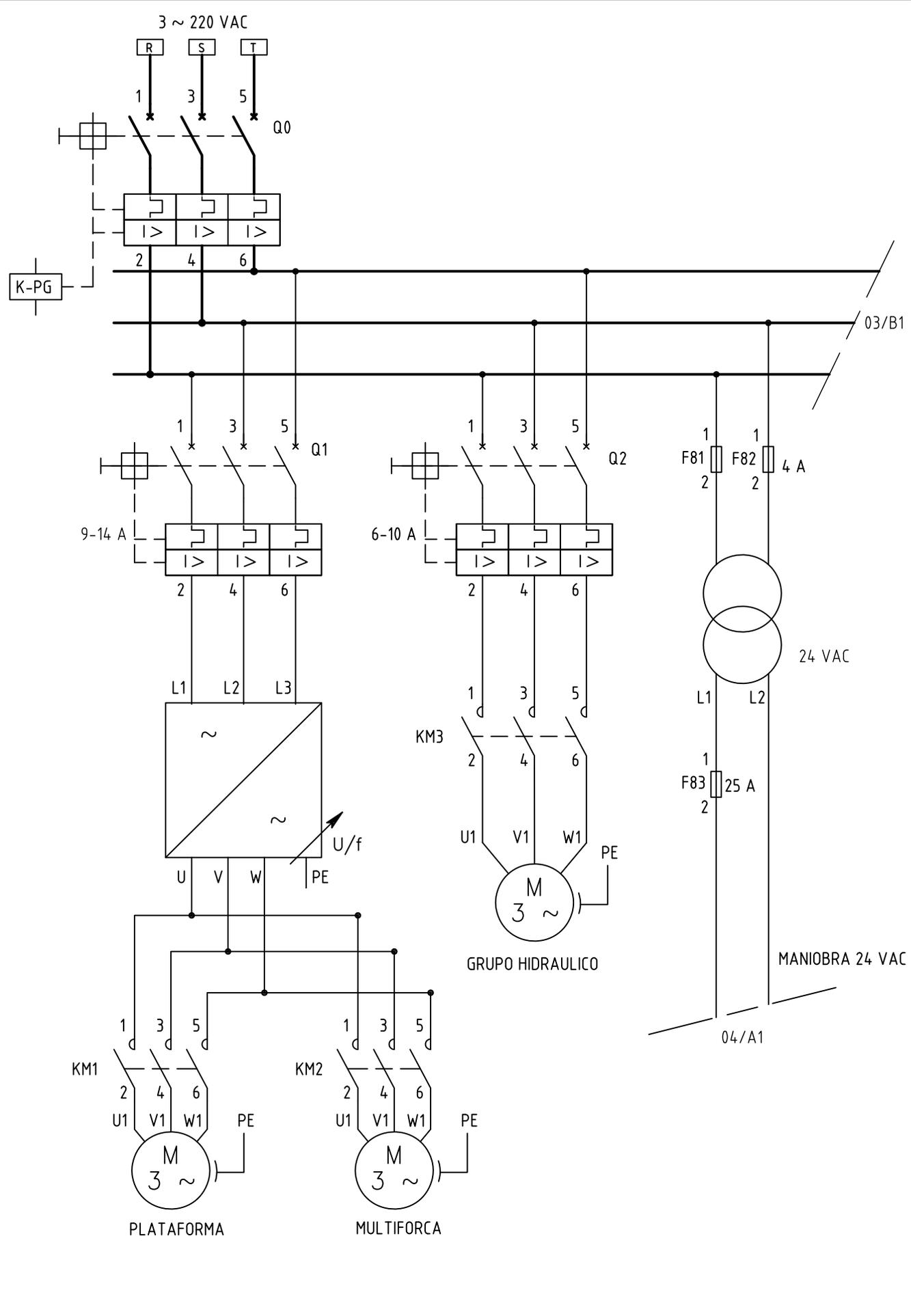
Título:
Diagrama Multifilar de fuerza (220
VAC), bornes en pupitres y de las
entradas y salidas del PLC

Estado del Documento:
EDITADO

Código:
2010-03-A-DM-001

Rev.	Fecha de Edición	Idioma	Hoja
00	2010/05/25	ES	01/18

A
B
C
D
E
F



Creado por: Juan C Sánchez	Tipo de Documento: Diagrama de Detalles	Código: 2010-03-A-DM-001	
Aprobador por: Neidys Quiñonez	Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC	Fecha de Edición 2010/05/25	Hoja 02/18

1

2

3

4

A

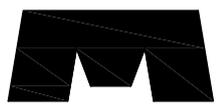
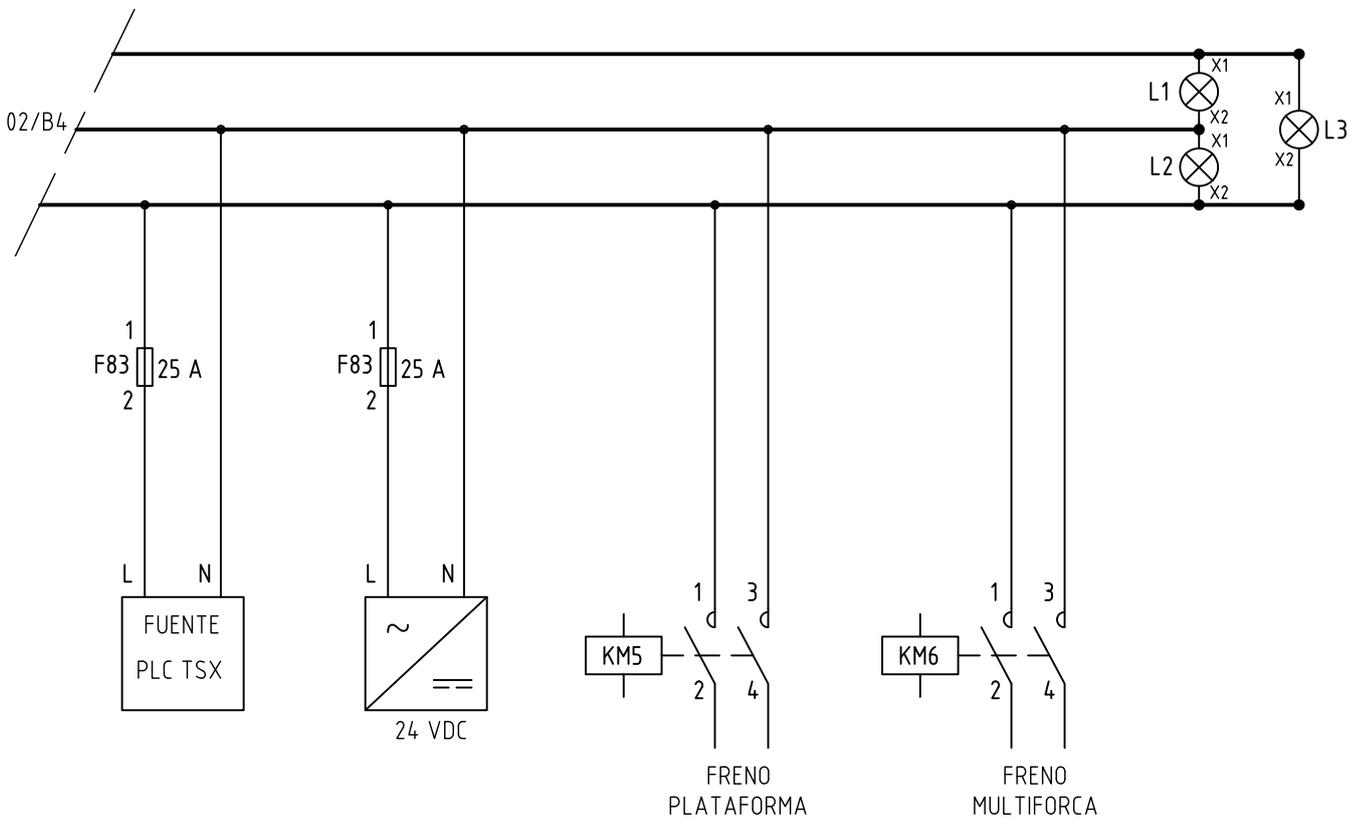
B

C

D

E

F



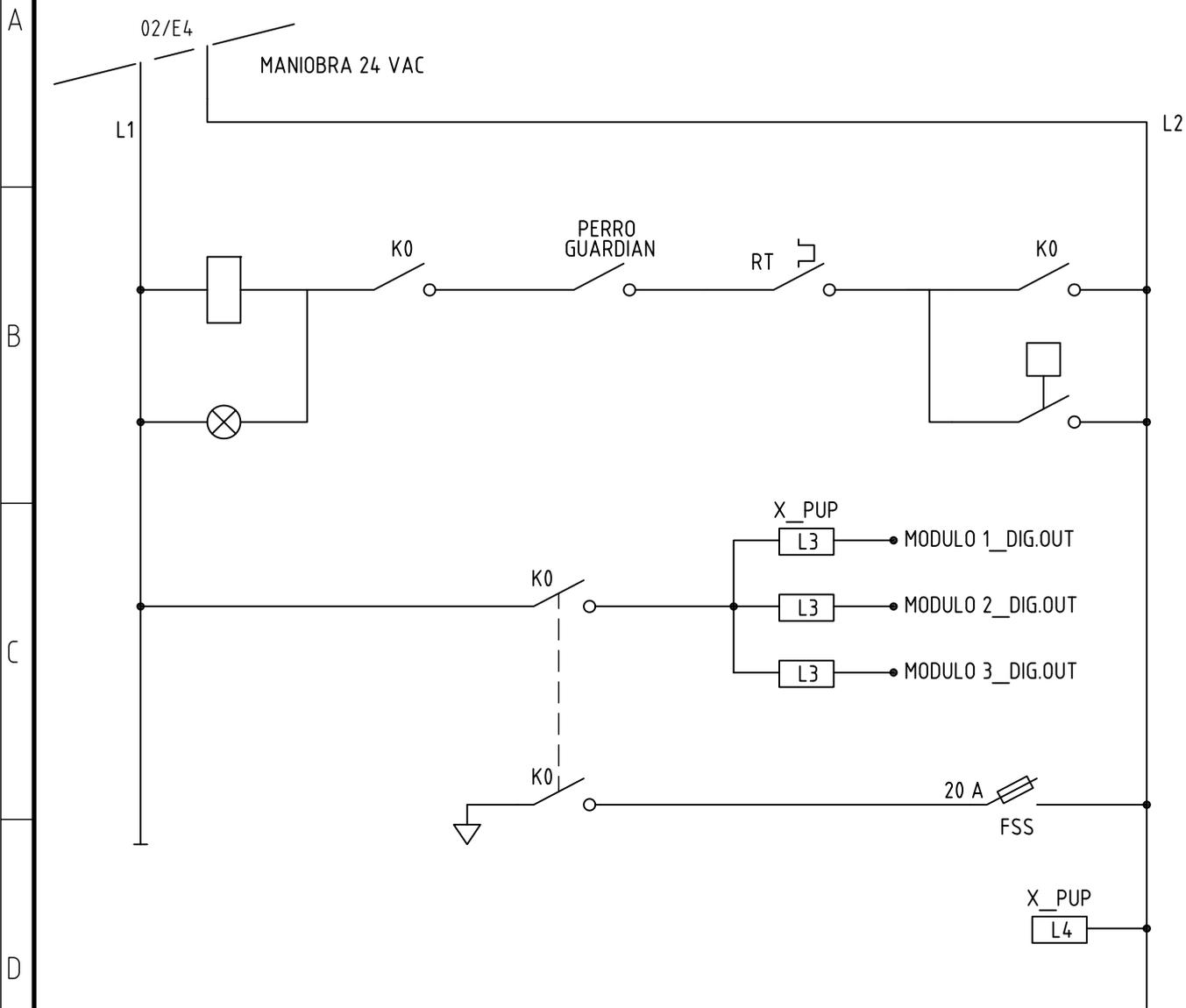
<p>Creado por: Juan C Sánchez</p> <p>Aprobado por: Neidys Quiñonez</p>	<p>Tipo de Documento: Diagrama de Detalles</p>	<p>Código: 2010-03-A-DM-001</p>	
	<p>Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC</p>	<p>Fecha de Edición 2010/05/25</p>	<p>Hoja 03/18</p>

1

2

3

4



D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

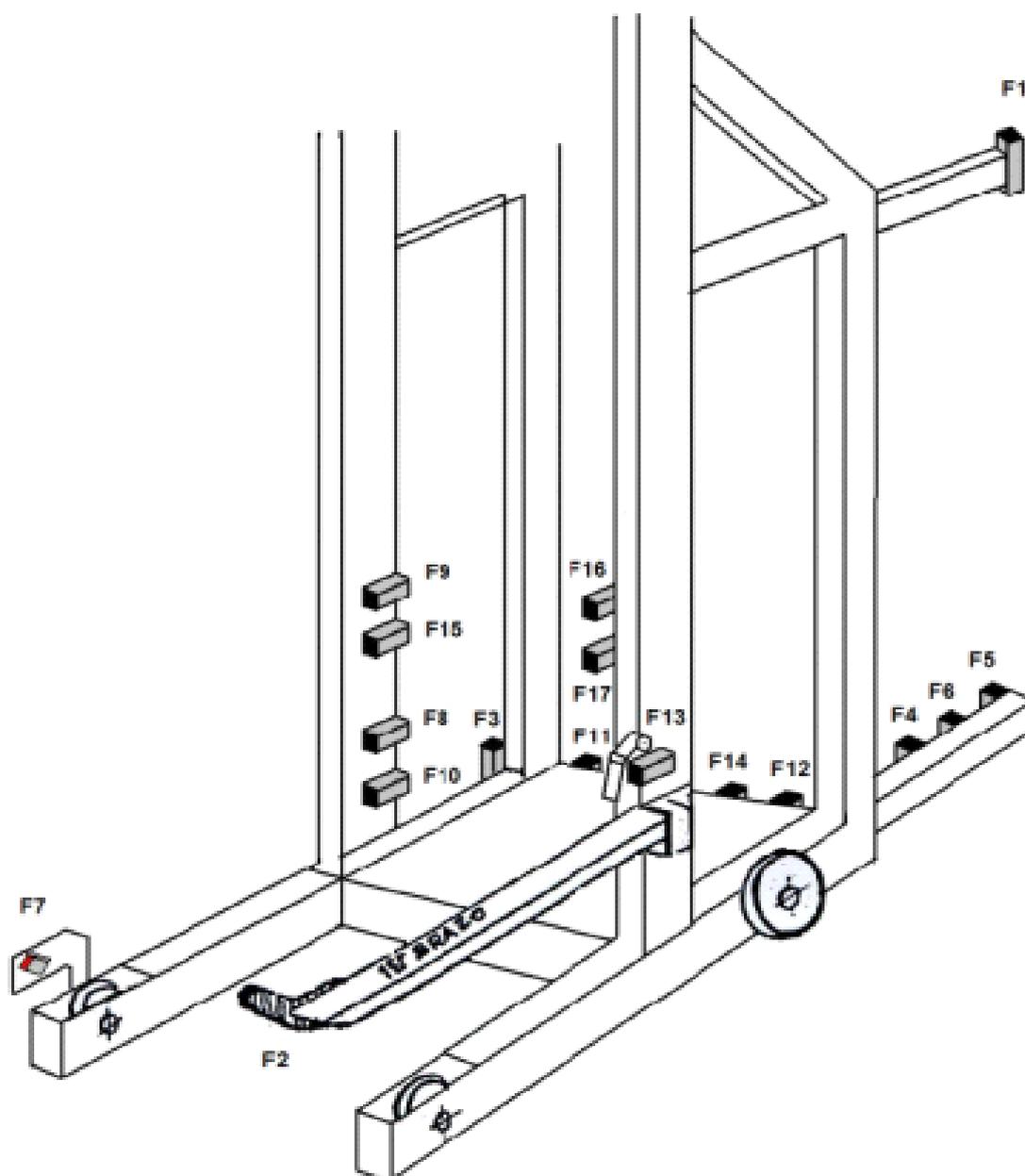
Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
04/18

A	F1	Autorización Ascensor y Descensor.	F9	Forcas dejar en descensor.
	F2	Paro dentro túnel llevar.	F10	Forcas coger en ascensor.
	F3	Multiforca sobre plataforma .	F11	Cambio en retroceso.
	F4	Cambio y paro al llegar al descensor.	F12	Parada Mult. en ascen. y desc.
B	F5	Cambio y paro al llegar al descensor y cambio frente a ascensor.	F13	Bandejas sobre forcas.
	F6	Cambio y paro túnel traer y cambio de descensor a ascensor.	F14	Cambio entrada ascen. y desc.
	F7	Foto celda de cambio velocidad	F15	Forcas dejar en túnel
			F16	Fin subida forcas en ascensor
			F17	Fin bajada de forcas en desc.



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
05/18

1

2

3

4

CARRO TRANSPORTADOR

PUPITRE DEL OPERADOR

PLC TSX 2732
ENTRADAS MÓDULO_1

A

B

C

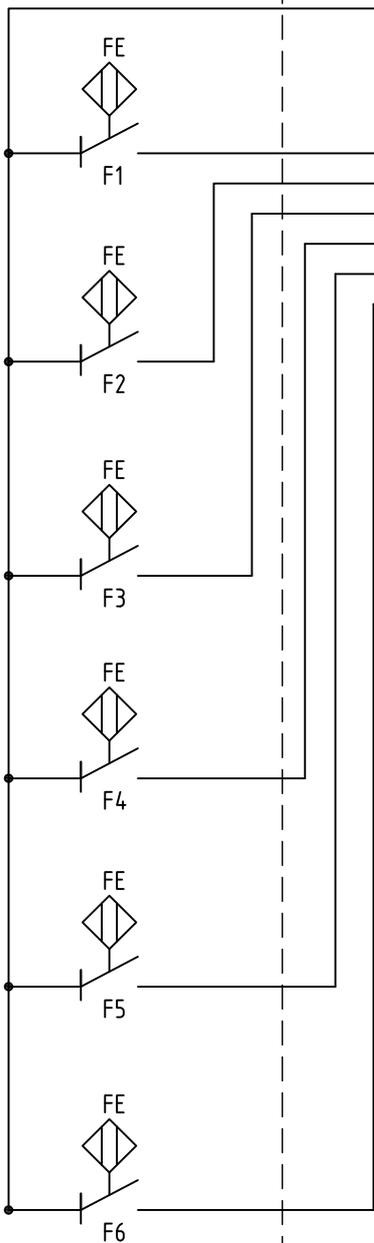
D

E

F

X_PUP
24 VDC

M/A



X_PUP
12
13
14
15
16
17

1	SELECTOR DE OPERACION MANUAL I 1.0
2	SELECTOR DE OPER. AUTOMÁTICA I 1.1
3	SENSOR F1 I 1.2
4	SENSOR F2 I 1.3
5	SENSOR F3 I 1.4
6	SENSOR F4 I 1.5
7	SENSOR F5 I 1.6
8	SENSOR F6 I 1.7



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
06/18

1 CARRO TRANSPORTADOR

2 PUPITRE DEL OPERADOR

3 4 PLC TSX 2732
ENTRADAS MÓDULO_1

A

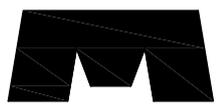
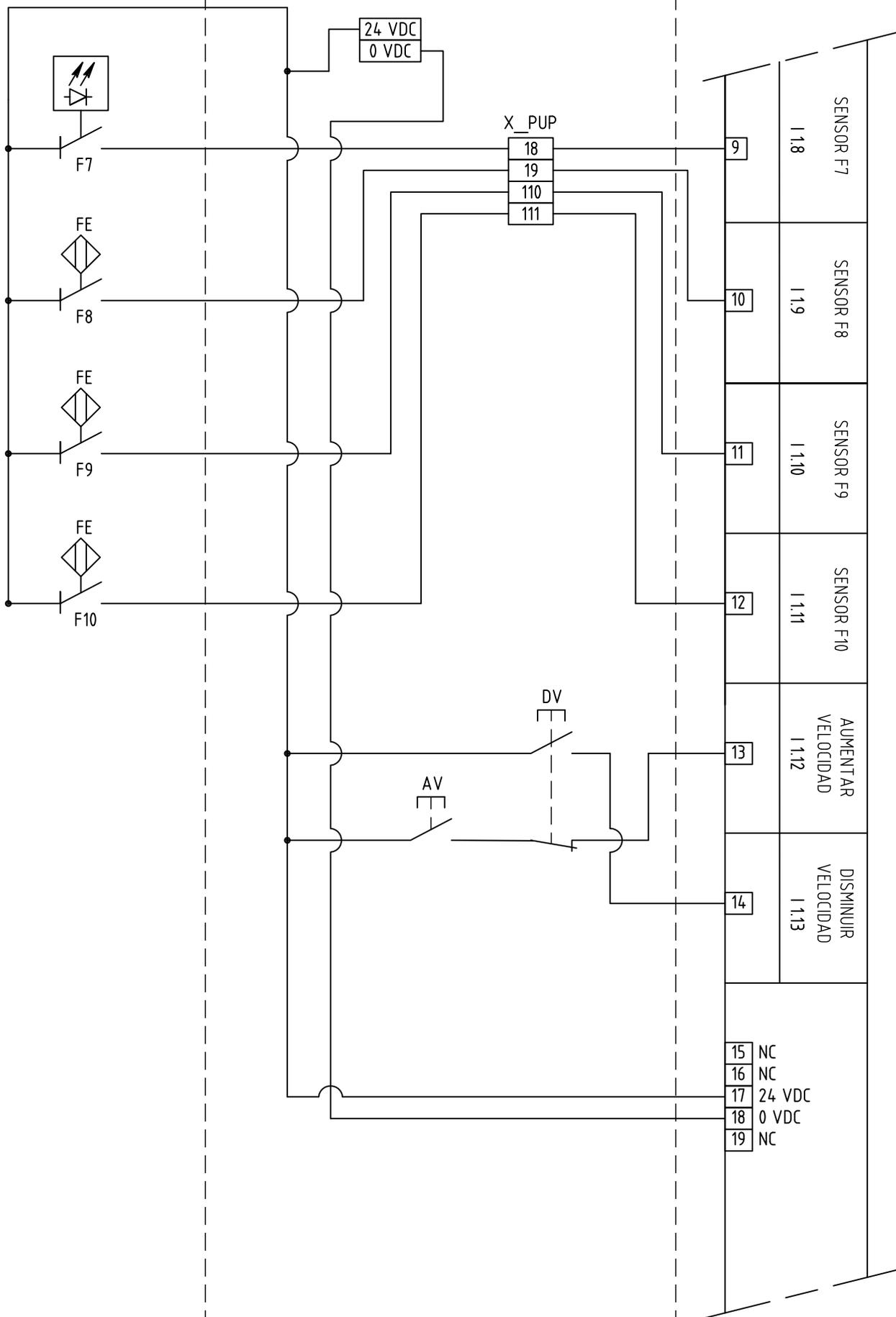
B

C

D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
07/18

1
PLC TSX 2732
SALIDAS MÓDULO_1

2
PUPITRE DEL OPERADOR

3
4
CARRO TRANSPORTADOR

A

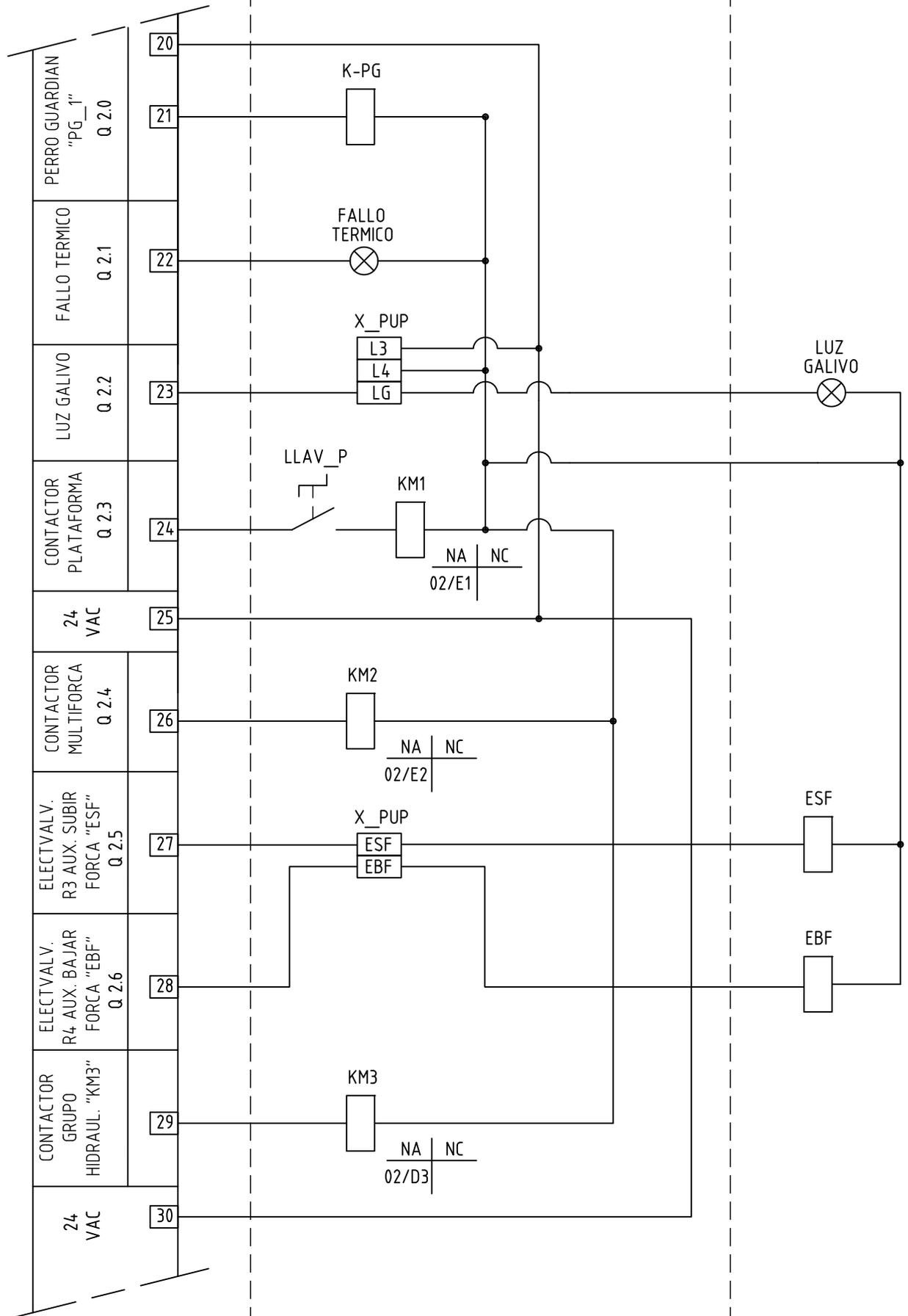
B

C

D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Código: 2010-03-A-DM-001

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
08/18

1

2

3

4

CARRO TRANSPORTADOR

PUPITRE DEL OPERADOR

PLC TSX 2732
ENTRADAS MÓDULO_2

A

B

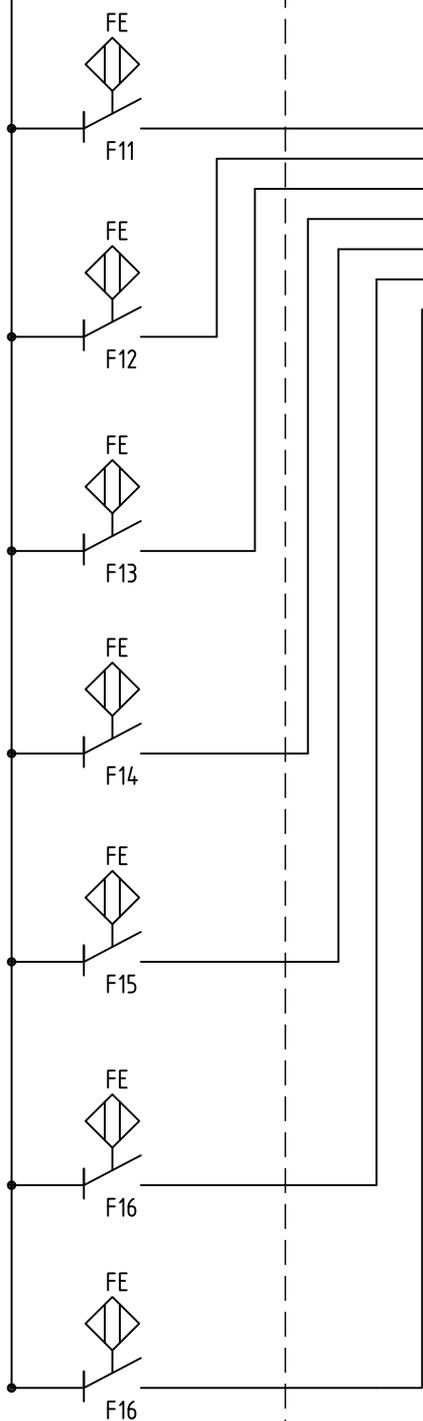
C

D

E

F

X_PUP
24 VDC



X_PUP
30
31
32
33
34
35
36

1	SENSOR F11 I 3.0
2	SENSOR F12 I 3.1
3	SENSOR F13 I 3.2
4	SENSOR F2 I 3.3
5	SENSOR F3 I 3.4
6	SENSOR F4 I 3.5
7	SENSOR F5 I 3.6
8	SENSOR F6 I 3.7



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
09/18

1

2

3

4

PUPIRE DEL OPERADOR

PLC TSX 2732
ENTRADAS MÓDULO_2

A

B

C

D

E

F

X_PUP

24 VDC
0 VDC

SCF/SCR

SW1

FA

9

10

11

12

SELECTOR
COGER ATRAS
I.3.8

SELECTOR
COGER ALANTE
I.3.9

LENTA EN
MANUAL
I.3.10

FORZAR
AUTOMATICO
I.3.11

13	NC
14	NC
15	NC
16	NC
17	24 VDC
18	0 VDC
19	NC



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes
en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
10/18

1
PLC TSX 2732
SALIDAS MÓDULO_2

2
PUPITRE DEL OPERADOR

3
4
CARRO TRANSPORTADOR

A

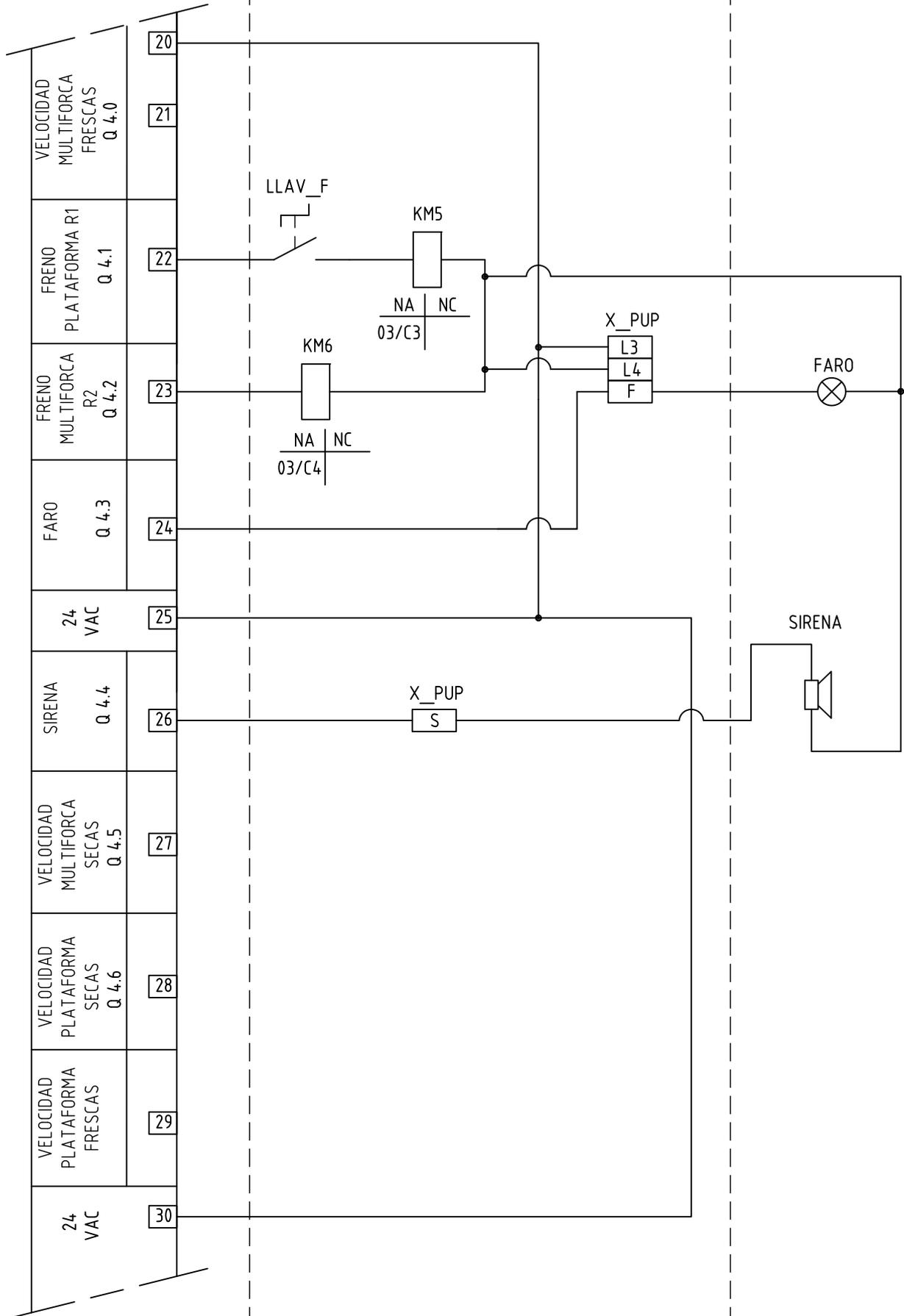
B

C

D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Código: 2010-03-A-DM-001

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
11/18

1

2

3

4

PUPITRE DEL OPERADOR

PLC TSX 2732
ENTRADAS MÓDULO_3

A

B

C

D

E

F

X_PUP
24 VDC

SUBIR
BAJAR

SW2

ATRAS
ALANTE

SW4

PLATAFORMA
MULTIFORCAS

SW3

SW1

1	MANIPULADOR SUBIR FORCAS SW2 1 5.0
2	MANIPULADOR BAJAR FORCAS SW2 1 5.1
3	
4	MANIPULADOR ATRAS SW4 1 5.3
5	MANIPULADOR ALANTE SW4 1 5.4
6	CONMUTADOR PLATAFORMA SW3 1 5.5
7	CONMUTADOR MULTIFORCA SW3 1 5.6
8	PULSADOR INICIA TUNEL 1 5.7



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes
en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
12/18

1

2

3

4

CARRO TRANSPORTADOR

PUPIRE DEL OPERADOR

PLC TSX 2732
ENTRADAS MÓDULO_3

A

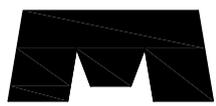
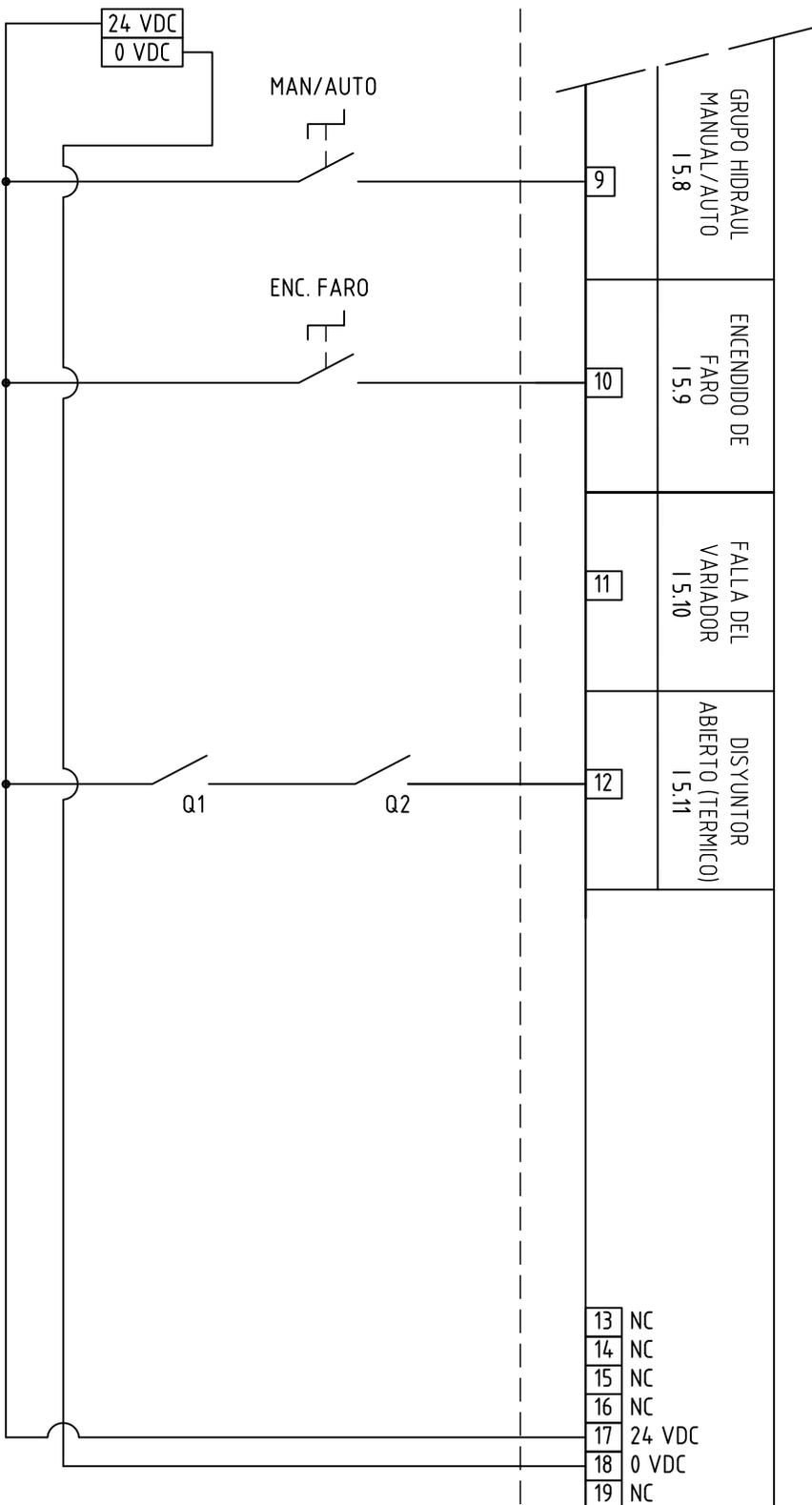
B

C

D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Código: 2010-03-A-DM-001

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
13/18

1

2

3

4

PLC TSX 2732
SALIDAS MÓDULO_3

PUPITRE DEL OPERADOR

CARRO TRANSPORTADOR

A

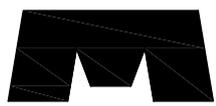
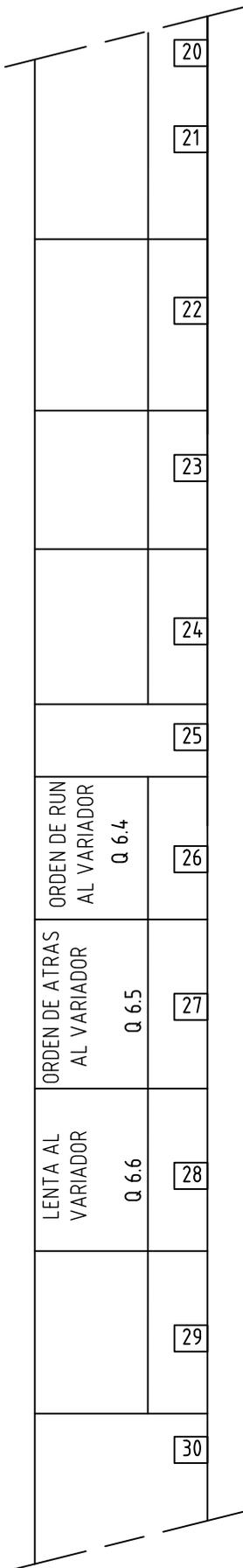
B

C

D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Código: 2010-03-A-DM-001

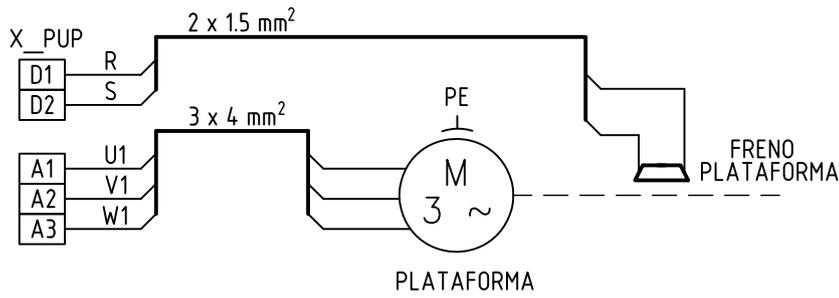
Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Fecha de Edición
2010/05/25

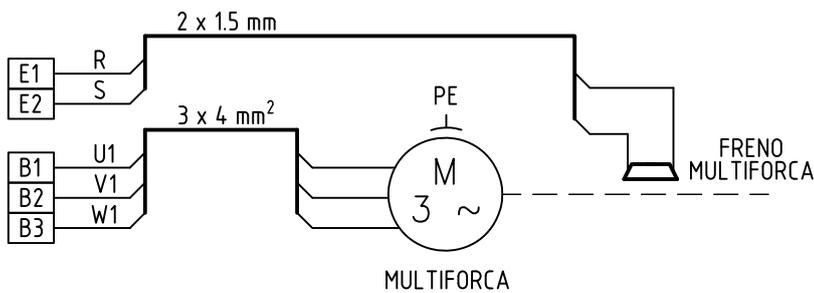
Hoja
14/18

A

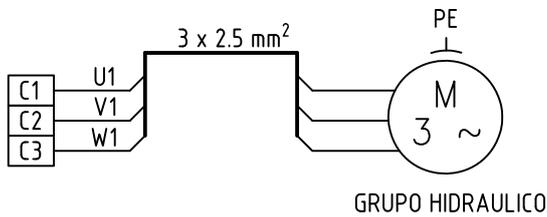


B

C



D



E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
15/18

Conexión Variador de Velocidad

A

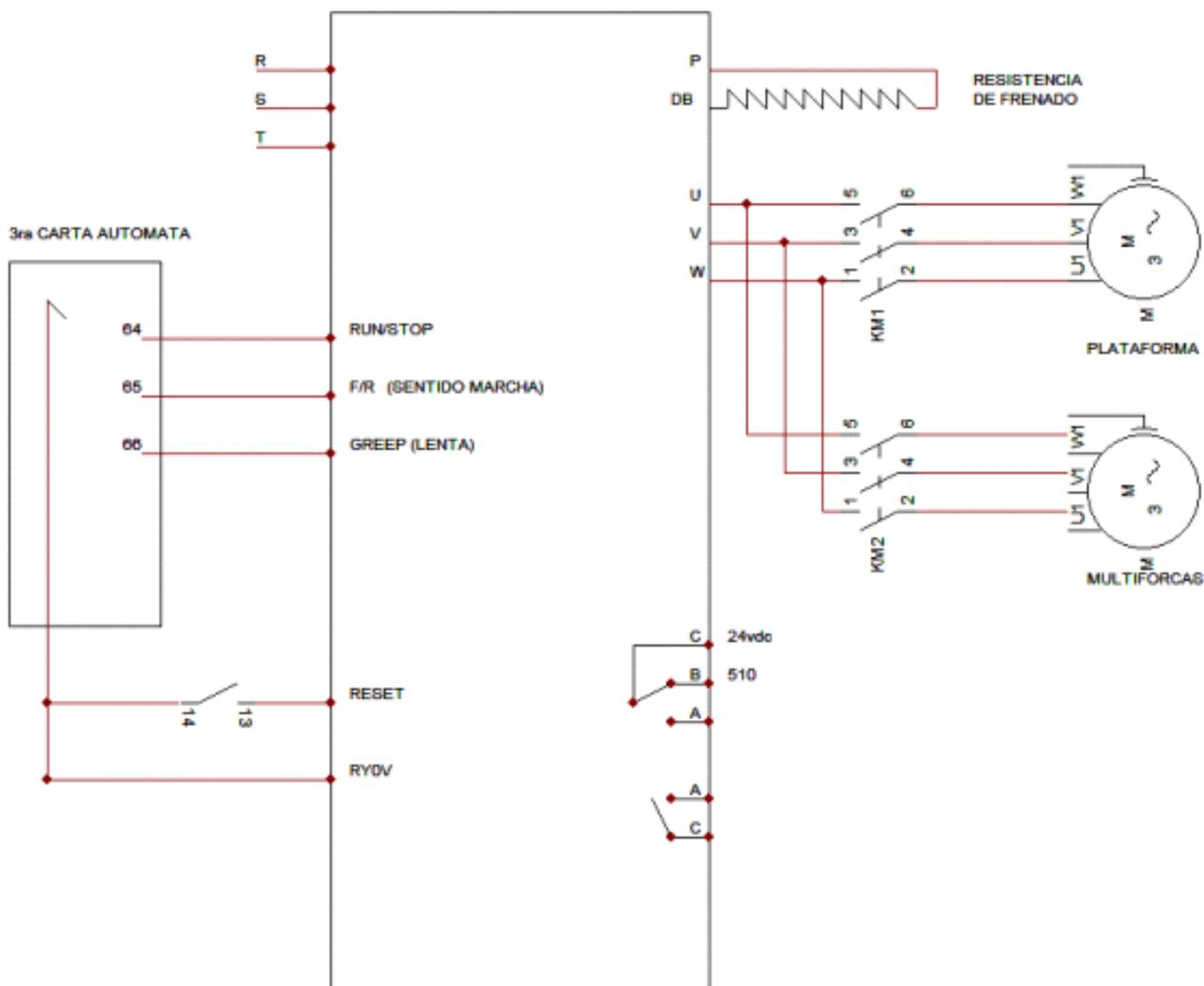
B

C

D

E

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
16/18

MODULO @1**VARIABLE****SIMBOLO****COMENTARIO**

%I 1.0	Man	manual
%I 1.1	Aut	automatico
%I 1.2	F1	autorizacion entrada asc. y desc.
%I 1.3	F2	paro mufl. dentro tunel llevar
%I 1.4	F3	mutif sobre plataf.
%I 1.5	F4	lenta y paro plataf. en desc.
%I 1.6	F5	lenta y paro tunel llevar y paro paro frente a asc
%I 1.7	F6	lenta y paro tunel traer y lenta de desc. a asc.
%I 1.8	F7	contaje en tuneles
%I 1.9	F8	forcas alturas coger en tunel
%I 1.10	F9	forcas alturas dejar en desc.
%I 1.11	F10	forcas alturas coger en asc.
%I 1.12		aumenta velocidad
%I 1.13		deaminuye velocidad

MODULO @2**VARIABLE****SIMBOLO****COMENTARIO**

%Q2.1	F1	fallo termico
%Q2.2	Lg	luz galivo
%Q2.3	Km1	contactor plataf.



Creado por:
Juan C Sánchez

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Código: 2010-03-A-DM-001

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
17/18

1

2

3

4

A

VARIABLE	SIMBOLO	COMENTARIO
%Q2.4	Km2	contactor mutif.
%Q2.5	R3	aux. subf. forcas
%Q2.6	R4	aux. bajar forcas
%Q2.7	Km3	contactor grupo hidraulico

MODULO @3

B

VARIABLE	SIMBOLO	COMENTARIO
%I3.0	F11	lenta en retroceso
%I3.1	F12	parada multif. en asc. y desc.
%I3.2	F13	bandejas sobre forcas
%I3.3	F14	lenta entrada asc. y desc.
%I3.4	F15	forcas dejar en tunel
%I3.5	F16	fin subida forcasen asc.
%I3.6	F17	fin bajada forcas en desc.
%I3.8	Scat	selector coger atras
%I3.9	Scad	selector coger adelante
%I3.10	Lm	lenta en manual SW1
%I3.11	Pfa	forzar autom.

MODULO @4

C

VARIABLE	SIMBOLO	COMENTARIO
%Q4.0	Contmf	larga con fresca mult.
%Q4.1	Fpr1	freno plataf. R1
%Q4.2	Fmr2	freno multif. R2
%Q4.3	Rf	faro
%Q4.4	Rsl	sirena
%Q4.5	Contms	larga con secas mult.
%Q4.6	Contpf	larga con frescas plataf.
%Q4.7	Contps	larga con secas plataf.

MODULO @5

D

VARIABLE	SIMBOLO	COMENTARIO
%I5.0	Sf	manipulador sub. forcas
%I5.1	Bf	manipulador baj. forcas
%I5.3	Atras	manip. atras
%I5.4	Adelante	manip. ad.
%I5.5	Mpf	conmut. plataf.
%I5.6	Mmf	conmut. multif.
%I5.7	Initun	inicia tunel
%I5.8	Ghidra	grupo en manual
%I5.9	Faro	faro
%I5.10	Faultvar	fault variador
%I5.11	Fterm	fallo termico

E

MODULO @6

VARIABLE	SIMBOLO	COMENTARIO
%Q6.4	Run	run
%Q6.5	Atr	atras
%Q6.6	Lent	lenta

F



Creado por:
Juan C Sánchez

Tipo de Documento:
Diagrama de Detalles

Código: 2010-03-A-DM-001

Aprobado por:
Neidys Quiñonez

Título: Diagrama Multifilar de fuerza (220 VAC), bornes en pupitres y de las entradas y salidas del PLC

Fecha de Edición
2010/05/25

Hoja
18/18

ANEXO 3. Diagrama del Proyecto GEMMA

SIN ALIMENTAR

