

DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE CARGUE Y DESCARGUE DE GRANOS PARA PUERTOS USANDO PLC Y SCADA.

JUAN CARLOS MAYA PATERNINA

CODIGO: 92541861

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PEREIRA
2016.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE CARGUE
Y DESCARGUE DE GRANOS PARA PUERTOS USANDO PLC Y SCADA.

JUAN CARLOS MAYA PATERNINA

CODIGO: 92541861

PROYECTO DE GRADO DIRECTOR: M.

Sc. MAURICIO HOLGUÍN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PEREIRA
2016.

Nota de aceptación:

Director
M. Sc MAURICIO HOLGUÍN LONDOÑO

Jurado

Director del programa de
Ingeniería electrónica

Pereira, diciembre de 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primer lugar por estar siempre a mi lado dándome sabiduría y entendimiento
A mi madre, hermanos y abuelos que siempre estuvieron atentos a mi desempeño y me
dieron ánimo y apoyo para seguir adelante.
A mi novia Ana, quien en esta etapa final de mi carrera siempre me apoyo
para conseguir el objetivo de ser un profesional.
A mi compañero Walter cano por su apoyo incondicional.
A la empresa GL Ingenieros por darme la oportunidad de crecer y formarme como
persona y como profesional.
Al ingeniero Mauricio Holguín, quien me guío a través del desarrollo de este proyecto.

GRACIAS.

TABLA DE CONTENIDO

1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2	JUSTIFICACIÓN.....	12
3	OBJETIVOS.....	14
4	SISTEMAS PORTUARIOS	16
5	DEFINICIÓN DE SENSOR	16
6	SENSORES INDUCTIVOS DE PROXIMIDAD.....	19
7	SENSORES DE CONTACTO	21
8	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	22
8.1	Estructura interna.....	22
8.2	Funcionamiento del PLC.....	25
8.3	Clasificación de los PLC	25
8.4	Sistemas I/O Distribuido	26
8.5	Norma IEC 1131-3.....	26
8.6	Lenguaje de programación	27
9	GUÍA GEMMA.....	31
10	ARRANQUES MOTORES TRIFÁSICOS.....	32
11	SÍMBOLOS GRÁFICOS.....	33
12	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROTECCIONES Y CONTACTORES PARA MOTORES.	34
12.1	Coordinación tipo 1	35
12.2	Coordinación tipo 2.....	35
12.3	Coordinación total.....	35
12.4	Categorías de uso para la protección de los motores.....	35
12.4.1	Categoría AC-1	35
12.4.2	Categoría AC-2	36
12.4.3	Categoría AC-3	36
12.4.4	Categoría AC-4	36
13	REDES DE COMUNICACIÓN	37
13.1.1	Periferia descentralizada.....	37
13.1.2	Determinismo	37
13.1.3	Arquitecturas de comunicación	37
13.2	Profinet	38

14	SUPERVISIÓN.....	38
14.1	Sistema SCADA	39
14.2	Arquitectura del sistema de supervisión	39
15	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION	42
15.1	Etapa E1.....	42
15.2	Etapa E2.....	43
15.2.1	Elementos de fuerza.....	43
15.2.2	Elementos de instrumentación.....	47
15.2.3	Elaboración de planos de control	53
15.3	Etapa E3.....	61
15.4	Etapa E4.....	61
15.5	Etapa E5.....	62
15.6	Etapa E6.....	63
15.7	Etapa E7.....	63
15.7.1	Diagrama de flujo general de las rutas del sistema.....	66
15.7.2	Diagrama de flujo descarga de silo.....	71
15.8	Etapa E8.....	79
15.9	Etapa E9.....	79
15.9.1	Selección de PLC.....	79
15.9.2	Selección de sistema de comunicación.....	82
15.9.3	La arquitectura del sistema	82
15.10	Etapa E10.....	83
15.11	Etapa E11.....	84
16	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	85
17	CONCLUSIONES.....	86
18	BIBLIOGRAFIA	87

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Elementos básicos de un sensor	17
Ilustración 2 Conexión NPN	18
Ilustración 3 Conexión PNP	18
Ilustración 4 Conexión de un sensor inductivo	19
Ilustración 5 Elementos de un sensor inductivo básico	19
Ilustración 6 Conexión de un final de carrera como normalmente cerrado	22
Ilustración 7 Representación diagrama ladder	28
Ilustración 8 Representación diagrama de bloques funcionales	28
Ilustración 9 Representación lenguaje de texto estructurado	29
Ilustración 10 Representación listas de instrucciones	29
Ilustración 11 Representación bloques de funciones secuenciales	31
Ilustración 12 Modos de funcionamientos	32
Ilustración 13 Símbolos eléctrico de la norma IEC 1082-1	34
Ilustración 14 Arquitectura cliente-servidor	40
Ilustración 15 Grafcet descriptivo cargue bodega	42
Ilustración 16 Grafcet descriptivo descargue bodegas	43
Ilustración 17 Típico fuerza arranque directo	56
Ilustración 18 Control arranque directo	57
Ilustración 19 Típico fuerza inversor de giro	58
Ilustración 20 control inversor de giro	59
Ilustración 21 Típico fuerza arrancador suave	60
Ilustración 22 Control arranque suave	61
Ilustración 23 Caminos de evolución guía gemma	62
Ilustración 24 Condiciones de evolución guía gemma	63
Ilustración 25 Diagrama de flujo general	70
Ilustración 26 Diagrama de flujo ruta descargue silo	78
Ilustración 27 Composición de estación descentralizada ET-200	80
Ilustración 28 Arquitectura de comunicación	83

TABLAS

Tabla 1 Elementos de fuerza centro de control de motores 1.....	44
Tabla 2 Elementos de fuerza centro de control de motores 2.....	46
Tabla 3 Elementos de fuerza centro de control de motores 3.....	46
Tabla 4 Elementos de control en el centro de control de motores 1.	49
Tabla 5 Elementos de control en el centro de control de motores 2	52
Tabla 6 Elementos de control en el centro de control de motores 3	53
Tabla 7 Matriz de elementos y rutas	64
Tabla 8 Módulos y direcciones de la estación central.....	79
Tabla 9 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 1	80
Tabla 10 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 2.....	81
Tabla 11 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 3.....	81
Tabla 12 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 4.....	81

Tabla de Anexos

Anexo 1. Pantallas y ventanas emergentes

Anexo 2. Graficet completo de tercer nivel

Anexo 3. Instalación, implementación

Anexo 4. Planos de control del sistema

PARTE I
INTRODUCCIÓN.

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La firma de los tratados de libre comercio que ha realizado el país, ha tenido como consecuencia un incremento en la actividad portuaria, por lo cual y en busca de ser competitivo se pretende realizar un mejoramiento en dichos procesos que conlleve a una operación segura, rápida y eficiente.

Hasta hace algunos años las actividades portuarias realizadas en forma manual eran aceptables, debido a la baja intensidad de la misma, sin embargo, en la actualidad donde se ha visto un incremento de esta actividad y una mayor exigencia en la normatividad aplicable, este tipo de operación manual ha resultado ser la menos adecuada para los desafíos económicos que el país debe afrontar en la actualidad.

La operación rentable de los puertos graneleros consiste básicamente en el descargue de buques y despacho de granos y no en el almacenamiento del producto, aunque el almacenamiento temporal sea requerido, este no debe ser muy prolongado ya que el ingreso por este concepto es muy bajo [1].

Como cualquier tipo de actividad industrial, la actividad portuaria debe ser, sobre todo segura, logrando que su operación tenga niveles adecuados de seguridad para las personas, el medio ambiente y las máquinas.

Dentro de los objetivos que se deben buscar para la operación rentable de los puertos, está minimizar los tiempos muertos no justificados generados por fallas técnicas u operación ineficiente del sistema. Lo anterior debido a que tener un buque parqueado en un puerto genera penalidades económicas y un cese de ingresos al puerto ya que a este se le paga por toneladas horas descargadas y toneladas horas despachadas.

Bajo este contexto se plantea la siguiente pregunta: ¿Es posible diseñar un sistema de control automático que permita mejorar los procesos de cargue y descargue en los puertos graneleros?

2 JUSTIFICACIÓN

La automatización industrial hace parte de las principales soluciones a un alto número de problemas que se llevan a cabo en los procesos que desarrollan las industrias, comprendiendo labores de mantenimiento, aumento de productividad, confiabilidad y seguridad (al apartar al humano de la intervención en acciones que impliquen riesgos), todo lo cual se ha logrado a través de la implementación de la automatización [2].

La importancia de implementar un sistema de control con autómatas programables (tales como los PLC que son capaces de recibir señales de campo, procesarlas y generar acciones sobre los procesos y equipos de supervisión) y adquisición y administración de datos (como los sistemas SCADA, que manejan la gestión de la información reflejada por la supervisión de variables de proceso, tendencias, alarmas, base de datos, entre otros) [3] radica en que el sistema controlado se vuelve más autónomo, eficiente y se reducen los factores de riesgos, generando más productividad.

De la automatización del proceso de cargue y descargue en puertos graneleros se debe aprovechar los recursos existentes, tales como: silos, bodegas, elevadores, bandas entre otros elementos existentes y que actualmente se están operando de forma manual. La importancia de estos equipos radica en que permite el transporte del producto al interior del puerto, desde el buque hasta el lugar de almacenamiento temporal del producto y desde este hasta el vehículo de transporte terrestre.

En este proyecto se usará como referencia el puerto granelero ubicado en Santiago de Tolú-Sucre, este puerto se encuentra localizado estratégicamente con el fin de abarcar toda la costa atlántica y parte de Medellín. A demás la ubicación más cercana al canal de Panamá hace que la actividad económica sea más fuerte y reconocida a nivel nacional e internacional.

El uso de un sistema de control mediante PLC y sistema SCADA, permite monitorear y controlar las operaciones en el puerto, de una forma segura eficiente, rentable y de una forma respetuosa con el medio ambiente [4].

El uso de redes de comunicación industrial, permite visualizar en tiempo real y de forma centralizada el estado operativo del puerto. De esta manera se puede transferir información confiable y de mucha importancia, la cual se presentará de forma clara y fiable a los operarios de tal forma que ellos puedan tomar decisiones de forma acertada [5].

Igualmente, el sistema SCADA cuenta con controladores de comunicación que posibilitan interactuar con otros sistemas que proveen información necesaria del proceso.

En este caso, es necesario la implementación de un moderno sistema de automatización que permita, medir y diagnosticar el comportamiento del sistema mecanizado de cargue y descargue, tales como bandas trasportadoras que posibilita el desplazamiento de los granos debido que tienen poco peso propio, ausencia de articulaciones de rápido desgaste y posición es de forma horizontal, elevadores de cangilones que son dispositivos formados por recipientes aptos para desplazar los granos en dirección vertical o próximas a la vertical, transportador de cadenas, mediante dispositivos como PLC, sistema SCADA, y una adecuada programación que garantice que el proceso se ejecute de manera confiable manteniendo una alta disponibilidad del sistema [6].

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos generales

Diseñar y simular un sistema de control y supervisión de cargue y descargue de granos para puertos, usando PLC, los lenguajes estandarizados de programación Grafcet y Ladder e implementando mímicos que representen por secciones las diversas áreas operativas de un puerto, bajo un sistema SCADA.

3.2 Objetivos específicos

- Indagar la operación, componentes y procesos de un sistema portuario donde se desarrolle las actividades de cargue y descargue de granos.
- Identificar las etapas de un proceso de control para un sistema portuario granelero.
- Diseñar los módulos de control y accionamiento de los diversos componentes, respondiendo a las exigencias demandadas por los equipos eléctricos del sistema cumpliendo con la norma IEC-60617.
- Seleccionar la red de comunicación industrial más apropiada para el proceso y diseñar procedimientos para la integración de los componentes del sistema de control a la red.
- Implementar y simular el sistema completo de control y supervisión bajo un enfoque SCADA.

PARTE II
PRELIMINARES

4 SISTEMAS PORTUARIOS

Los puertos graneleros, como terminales marítimos cumplen un papel muy importante en la economía mundial, debido a que el flujo de comercio exterior en su mayoría gira en torno a esta actividad portuaria, debido a lo anterior estos puertos poseen mecanizados que agilicen las descargas de los buques y las cargas de los tracto camiones [7].

Anteriormente la operación portuaria estaba regida por el estado, lo que permitía y toleraba una operación lenta, generando problemas de ineficiencias, y sobrecostos; a medida que la globalización comenzó a afianzarse, se crearon reformas portuarias en la época de los noventas que buscaba abolir el monopolio estatal, modernizar el sistema, reducir tarifas, y mejorar la eficiencia en los puertos [8].

Entre 1990 y 1999 el comercio exterior de los puertos creció cerca del 100%, al pasar de 5.500.000 ton. A 10.600.000 toneladas y en 1990/91 se presentó la tasa de crecimiento más alta (52.5%) y en el 98/99 la caída más dramática (-10%) [9].

Uno de los puertos con mayor potencial para la exportación de hidrocarburos y adicional al manejo de carbón/coque, se está modernizando para especializarse en la movilización de cargas a granel, vehículos, carga de proyectos y carga generales y se encuentra ubicado en Santiago de Tolú Sucre [10].

En general la globalización permitió la privatización de los puertos viendo la necesidad de modernizar y optimizar herramientas de automatización que llevaran a menores tiempos de operación, reduciendo costos y aumentando los niveles de seguridad y confiabilidad, incluso muchos puertos cambiaron su actividad económica [11].

5 DEFINICIÓN DE SENSOR

Un sensor es un elemento que detecta o recibe información de una magnitud física y la transforma en otra magnitud normalmente eléctrica en el cual se pueda cuantificar y manipular.

Los sensores cuentan con una etapa de detección, es decir una etapa que es sensible a una cierta variable física, también cuenta con una etapa de adecuación de señal, la cual hace que la señal eléctrica resultante de la medición sea coherente y pueda ser transmitida [12] (ver Ilustración 1).

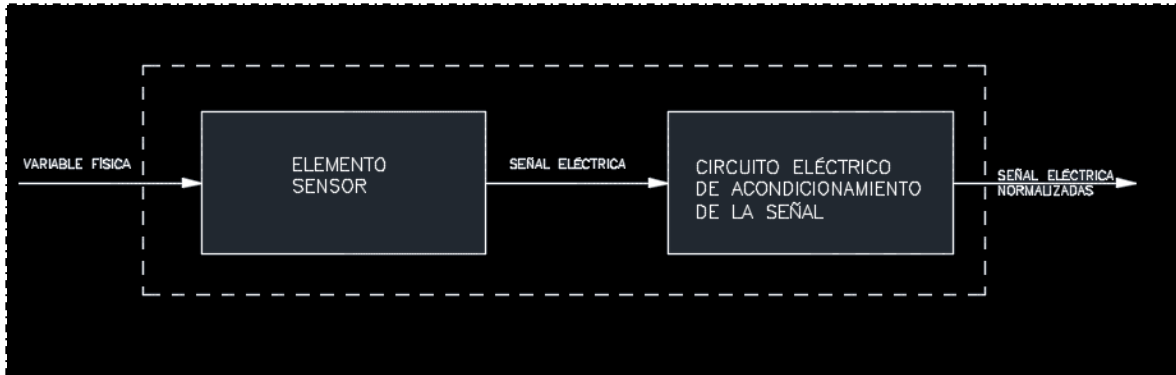


Ilustración 1 Elementos básicos de un sensor

Existen sensores en especial como los analógicos que pueden funcionar sin necesidad de energizar con fuente externa la cual se denominan como sensores activos o generadores (self generating); los sensores que necesitan de una fuente de alimentación externa se denominan sensores pasivos o modulares (modulating).

Los sensores se pueden clasificar según el tipo de señal eléctrica que generan como sensores analógicos o digitales, el acondicionamiento de la señal de salida de los sensores digitales es más simple que la de los analógicos, pero son pocos los dispositivos capaces de dar directamente una señal digital en respuesta a una magnitud física de entrada.

Otra de las clasificaciones de los sensores es según el rango de valores de la señal que proporcionan, los sensores pueden ser de medida que pueden detectar la presencia de un objeto dentro de un determinado rango entregando a su salida un valor correspondiente a la posición del objeto a detectar, las salidas de estos sensores pueden ser analógicos, digitales o temporales [13].

Según el rango de valores de la señal que proporciona existen los sensores todo-nada que solo detectan cuando la magnitud de entrada está por encima o por debajo de cierto valor, este tipo de sensor da a la salida un uno o un cero, abierto o cerrado, alto o bajo etc.

Los sensores pueden ser de 2 hilos que poseen 2 terminales en la cual se conecta la carga y la alimentación dejando circular la corriente de la fuente de alimentación por la carga, estos sensores pueden emplearse para ser alimentados en continua o en alterna.

Los sensores de 3 hilos cuentan con tres terminales de salida en la cual en dos de sus terminales se conecta la alimentación de sistema y el otro terminal se conecta al terminal de salida y al común de tal forma que la corriente que va hacia la carga tiene un valor apreciable cuando está activo y un valor nulo cuando está inactivo, estos sensores con salida a tres hilos tienen dos tipos de configuración en su salida las cuales son:

Sensores NPN, conecta el terminal positivo de la fuente de alimentación a la carga (ver Ilustración 2), y los sensores PNP que conmutan el polo positivo a la carga (ver Ilustración 3).

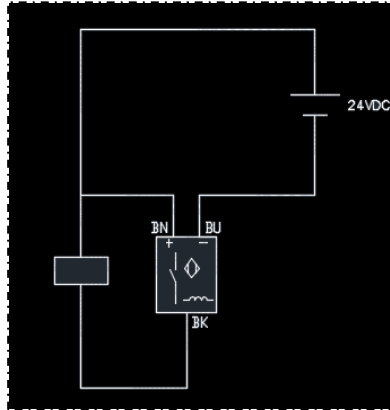


Ilustración 2 Conexión NPN

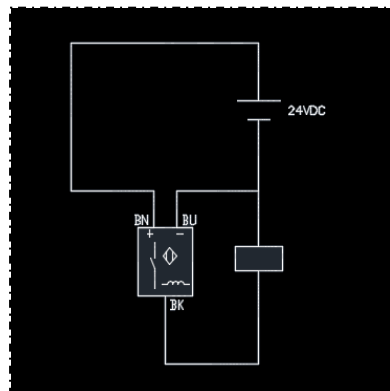


Ilustración 3 Conexión PNP

Los sensores 4 hilos estos se pueden configurar para trabajar como contacto normalmente abierto o contacto normalmente cerrado, de la misma forma que con los sensores con salida a 3 hilos.

Los sensores con salida de tipo relé una de sus salidas son contactos libres de potencial que pueden estar en posición NO, o NC, cuando el sensor está inactivo y cambia de posición cuando se activa.

6 SENSORES INDUCTIVOS DE PROXIMIDAD

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética que se usa para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objeto no metálico.

Los sensores inductivos de proximidad cuentan con 3 terminales de salida en la cual dos de ellos se conecta la alimentación y el otro terminal se conecta al terminal de salida (ver Ilustración 4), estos sensores tienen la misma configuración de salida expuesta anteriormente (PNP, NPN) [12].

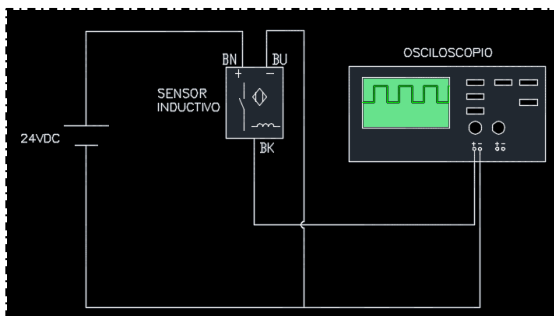


Ilustración 4 Conexión de un sensor inductivo

Al aplicar la tensión de trabajo al detector de proximidad, un oscilador L-C (ver Ilustración 5) genera un campo electromagnético alterno de alta frecuencia. Este campo se concentra mediante un núcleo de ferrita, se alinea y sale por la superficie activa del sensor. Una pieza metálica que penetre en el campo alterno del detector de proximidad inductivo amortigua la tensión del oscilador. La tensión rectificada del oscilador desciende por debajo de un valor umbral específico. Entonces, a través del amplificador de salida, la etapa de conmutación provoca un cambio en la señal a la salida del sensor [12].

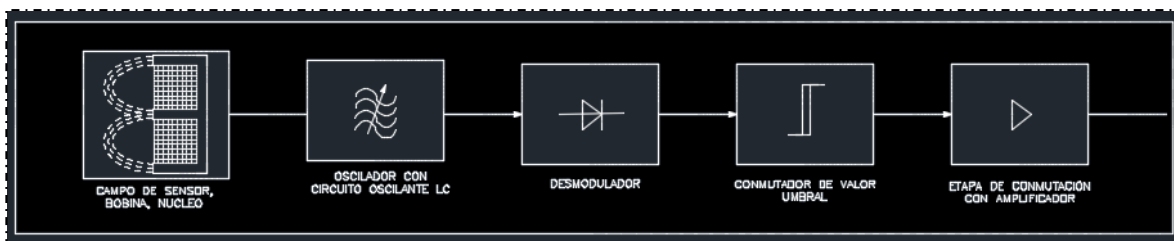


Ilustración 5 Elementos de un sensor inductivo básico

Las características técnicas de los sensores inductivos son las siguientes:

- Resolución angular. Todo sensor electromagnético requiere de una apertura radiante en la cual tiene como función, adaptar la energía electromagnética al medio atmosférico, y concentrar esta energía en direcciones privilegiadas.

Para un mismo tamaño físico, a medida que sube la frecuencia de trabajo, el ancho del haz obtenido es menor y aumenta proporcionalmente la ganancia de la antena. La utilización de sensores con haces muy estrechos tiene importantes ventajas operativas.

Por otra parte, la resolución angular define la capacidad para discriminar la información espacialmente y está definida por el ancho de haz obtenida con la apertura radiante empleada y determina una buena parte de las características operativas de un sensor, tales como la precisión, la capacidad de separación e identificación de blancos, la eficacia en la adquisición y seguimiento de los mismos, así como el rechazo a señales no deseadas. La resolución angular de una apertura circular de diámetro D puede estimarse mediante la siguiente expresión [14]

$$\phi = \left[\left(\frac{K * D}{R} \right)^2 + \left(\frac{K * \lambda}{D} \right)^2 \right]^{1/2}$$

K= Constante próxima a 1

λ = Longitud de onda

R=Distancia a la que está situado el blanco, donde $R \gg D$ entonces

D=Diámetro

ϕ =Resolución angular

$$\phi = \left(\frac{K * \lambda}{D} \right)$$

Donde la resolución angular es inversamente proporcional a la apertura eléctrica (D/ λ) del elemento radiante del sensor.

- Discriminación espacial. En la naturaleza los elementos que los componen en el caso de desear obtener una imagen se presentan separados espacialmente, por lo tanto, la capacidad de discriminación necesaria no viene dada por la resolución angular sino por el arco asociado a la misma a una determinada distancia. Lo más significativo desde el punto de vista operativo es que esta capacidad disminuye proporcionalmente con la distancia en la mayor parte de las situaciones [14].

- Incremento del alcance. En los sensores pasivos el alcance es aproximadamente proporcional al tamaño de la apertura eléctrica (D/λ), mientras que en los sensores activos que utilizan la misma apertura en transmisión y recepción es proporcional al cuadrado de ese tamaño [14].
- Incremento de la precisión en la determinación de la posición. La precisión en la medida de la posición del blanco es proporcional al ancho del haz de sensor empleado. A la frecuencia de 1 GHz, con una apertura de antena de 1 m y a 100 km, la precisión se puede estimar en 1000 m. Si se trabaja a 100 GHz con la misma apertura, el error a la misma distancia se reduce a 10 m.

7 SENSORES DE CONTACTO

Los sensores de contacto se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Los sensores de contacto de tipo pulsador: se caracteriza porque tiene un botón el cual al ser pulsado para dentro cierra el interruptor interno del sensor indicando que se ha chocado con algo.

Los sensores de contacto de final de carrera: Son los denominados interruptores de posición, límites de carrera o interruptores fin de curso. Transmiten al sistema de tratamiento datos sobre: presencia/ausencia, paso, posicionamiento, fin de carrera.

Estos sensores presentan unas ventajas eléctricas y mecánicas las cuales son:

Ventajas eléctricas:

- Separación galvánica de los circuitos
- Buena conmutación de corrientes débiles y gran robustez eléctrica
- Buena resistencia a los cortocircuitos si están bien coordinados con los disyuntores adecuados
- Inmunidad a los paracitos eléctricos
- Tensión de empleo elevada
- Más de 10 millones de ciclos de maniobra

Ventajas mecánicas:

- Apertura positiva de contactos
- Gran resistencia a los diversos ambientes industriales.
- Buena fidelidad y repetitividad de la señal.
- Grado de protección elevado (IP 65, 66 y/o 67).

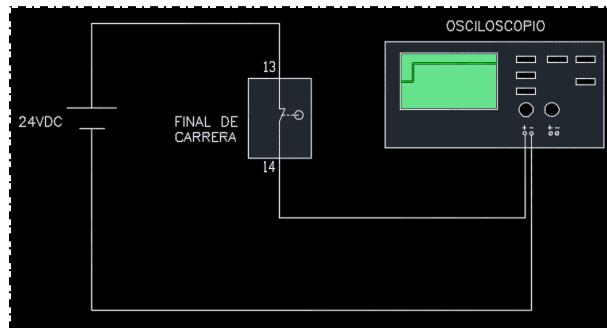


Ilustración 6 Conexión de un final de carrera como normalmente cerrado

8 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Los controladores lógicos programables (PLC) son muy conocidos como un dispositivo electrónico capaz de leer y suministrar información, elaborando y enviando acciones al sistema en la cual está integrado en forma de entradas y salidas, que pueden ser de tipo Análogo o Digital recibidas por captadores y enviadas mediante los accionadores que son los encargados de transformar energía neumática, hidráulica entre otros en eléctrica, para los elementos de control.

Los PLC son amigables con los operarios manteniendo un diálogo e interactuado entre sí en los procesos, recibiendo información de históricos, informes del sistema que se está llevando a cabo entre otros [15].

Estos controladores lógicos programables son especiales para el uso en procesos industriales, los cuales tienen muchas ventajas en comparación con la lógica cableada que se utilizaba en años anteriores, en las que se pueden mencionar algunas de ellas: el tiempo de funcionamiento, dominio de control de máquinas simultáneamente y se requiere un espacio reducido lo que permite una fácil manipulación.

8.1 Estructura interna

El autómatas es una máquina digital secuencial programable diseñada en torno a un microprocesador y su estructura interna está basada generalmente en la arquitectura clásica de máquinas programables de John Von Neumann.

Independientemente de cada fabricante de controladores lógicos programables, la estructura interna de estos está compuesta de los siguientes elementos:

- CPU (unidad central de proceso)

Esta unidad se considera el cerebro de todo el sistema y está compuesta por dos unidades fundamentales las cuales son; Unidad de control y unidad operativa. Esta unidad tiene como función consultar el estado de las diferentes entradas que existen en el PLC, recoger la secuencia de instrucciones que haya que ejecutar de la memoria de programa secuencialmente, elabora, a partir del programa y de las entradas obtenidas, las señales de salida u órdenes que se enviarán al proceso por medio de las interface de salida del PLC, actualizar continuamente los temporizadores y contadores internos del programa de usuario, y efectuar operaciones de auto chequeo de todo el sistema PLC [16].

La unidad de control tiene como fin generar todas las líneas de control y direcciones para el control y acceso correcto a los dispositivos conectados a la CPU.

La unidad operativa es la encargada de realizar las operaciones lógicas, aritméticas, y de movimiento de datos que se encuentran almacenados previamente en la memoria; esta unidad está formada por otros elementos tales como registros internos y el centro de cálculo lógico y aritmético la llamada ALU (unidad aritmético-lógica) [16].

- Memorias

La memoria del PLC es donde se almacena todos los datos tales como datos de proceso, de configuración del PLC, de control, datos alfanuméricos, señales de entrada y salida del PLC, constante, variables internas de bit y de palabras, instrucciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de control.

Las memorias del PLC se clasifican en:

- RAM (o memoria de acceso aleatorio)

Memoria volátil, si no hay alimentación los datos almacenados se borran.

- Memorias estáticas.

- Unidades dinámicas.
- Utilizada para datos internos, para cuando no allá alimentación no sea critica la pérdida de información.
- ROM (memoria de solo lectura)
 - Solo puede ser leída por el usuario.
 - No es accesible desde el exterior.
 - Suele contener instrucciones de rutinas como sentencia de inicialización, test y auto diagnóstico.
- PROM (o memoria de solo lectura programable)
 - El usuario puede escribir una única vez.
 - Una vez programada solo puede ser leída.
 - No es accesible desde el exterior.
 - Suele contener instrucciones de rutinas como sentencia de inicialización.
- EPROM (o memoria de solo lectura programable y borrrable)
 - Borrada por rayos ultravioleta (UV).
 - Posibilidad de programación una vez borrrada.
 - Poca utilidad en PLC.
- EAROM Y EEPROM (memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente).
- Relés internos o marcas

Los relés internos son simulados y permiten reemplazar relés externos, haciendo que la lógica cableada sea más sencilla y con menos componentes. Los relés internos son simplemente variables lógicas que se pueden usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaran posteriormente en el programa [16].
- Contadores

Según la necesidad del usuario se pueden programar por medio de software los contadores ya sea de tipo descendente o ascendente.
- Fuente de alimentación

Es la que convierte la tensión suministrada por la red en tensión acta para le PLC.
- Periféricos de entradas y salidas

Son módulos o dispositivos del PLC, encargados de realizar la interfaz entre el proceso (planta) y la CPU.

- Buses

Los bloques se encuentran unidos mediante un conjunto interno de líneas eléctricas compuesto por bus de direcciones (las líneas por donde viajan las direcciones procedentes de la CPU a los diferentes módulos I/O), bus de datos (líneas por donde viajan los datos o códigos de instrucciones desde CPU a los diferentes módulos I/O) y bus de control (líneas para que la CPU controle los bloques de memorias o módulos I/O) [16].

8.2 Funcionamiento del PLC

Los autómatas programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas ordenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las ordenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso [17].

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida [17].

8.3 Clasificación de los PLC

Para clasificar un PLC se pueden considerar los siguientes aspectos:

Por su construcción pueden ser Integral o Modular

- Por su capacidad
 - Nivel 1: Control de variables discretas y pocas analógicas, operaciones aritméticas y capacidad de comunicación elementales
 - Nivel 2: Control de variables discretas y analógicas. Matemáticas de punto flotante. E/S inteligentes. Conexión de red. Gran capacidad de manejo de datos analógicos y discretos.

- Por cantidad de E/S
 - Micro PLC (hasta 64 E/S)
 - PLC pequeño (65 a 255 E/S)
 - PLC mediano (256 a 1023 E/S)
 - PLC grande (más de 1024 E/S)

La clasificación por construcción puede ser compactada o integral, donde en un solo bloque están todos los elementos.

También puede ser de tipo Modular y presentar las siguientes estructuras:

- Estructura americana: separa las entradas y salidas (E/S) del resto del controlador.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc).

8.4 Sistemas I/O Distribuido

Un sistema de I/O distribuido es aquel en el que la comunicación entre los módulos de I/O y la CPU necesitan módulos de comunicación auxiliares debido a la distancia física entre ellos utilizando buses de campo con una configuración topológica en bus la cual consta tener las I/O distribuidas en la planta y una CPU que recoge la información de las de más I/O distribuidas (estaciones de control) [18].

8.5 Norma IEC 1131-3

Esta norma define los lenguajes de programación que se pueden emplear y para cada uno de ellos las sintaxis, representaciones gráficas de los objetos, la estructura de programación y la declaración de variables, estableciendo que las variables tengan un nombre y un tipo declarado por el programa. Cuando el objeto es predefinido tiene 3 zonas para definirlos los cuales son [19] [20]:

- Zona memoria (%M)
- Zona de entradas (%I)
- Zona de salida (%Q)

Los objetos predefinidos tienen una ramificación como se pueden definir dentro de las clasificaciones anteriores la cual son:

Bit (X),
 Bytes (B)-8bit,
 Words (W)-16 bit,
 Doublé words (D)-32 bit.

Los lenguajes normalizados que establece la norma IEC 1131-3, son los siguientes:

1. Lenguaje escalera (LD)
2. Diagrama de bloques funcionales (FBD)
3. Lenguaje de texto estructurado (ST)
4. Listas de instrucciones (IL)
5. Bloques de función secuenciales (SFC)

8.6 Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación se dividen en dos lenguajes y una programación orientada a objetos las cuales son:

1. Lenguajes Gráficos: dentro de estos lenguajes se encuentran el lenguaje escalera y diagrama de bloques funcionales
- Lenguaje escalera (LD)

Como todo en la vida, se necesita de un lenguaje para poderse comunicar de forma estructurada, los PLC poseen lenguaje de esquema de contactos del sistema normalizado IEC61131-3 [20], que se caracteriza por representar las variables lógicas mediante relés y los contactos asociados con ellos, donde pesen bobinas y contactos que hacen parte de las instrucciones para dejar pasar o no, corriente de una línea a otra y habilitar una acción establecida [21].

Un programa escrito en ladder está compuesto de una serie de circuitos que son ejecutados secuencialmente por el autómatas. La representación gráfica

se asemeja a la de un esquema eléctrico de control clásico, ya que se emplean símbolos similares a los utilizados en estos esquemas, siendo mucho más intuitivo para los profesionales familiarizados con este tipo de instalaciones que el uso del lenguaje en formato texto [22].

Dentro de los diagramas de contacto se puede representar fácilmente operaciones de contactos (ver Ilustración 7) tales como: operación de selección de una variable de entrada directa, operación de selección de una variable de entrada inversa, operación lógica O, operación lógica Y, operación lógica O de operaciones Y, operación lógica Y de operaciones O, Operaciones de memorización, Operaciones con flancos.

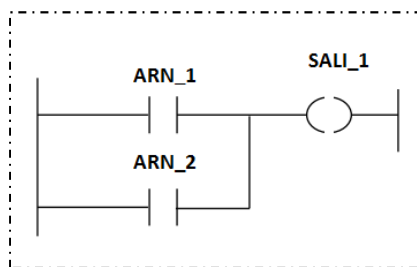


Ilustración 7 Representación diagrama ladder

- Diagrama de bloques funcionales (FBD)

La característica de este lenguaje es que se programa la aplicación gráficamente enlazado en cada bloque lógico, y no hay ninguna conexión entre salidas de bloques de funciones (ver Ilustración 8), este lenguaje también permite al programador diseñar sus propios bloques.

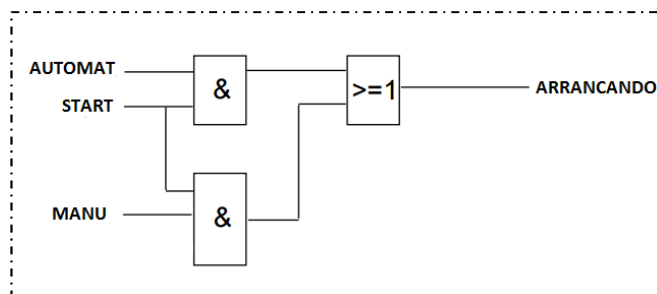


Ilustración 8 Representación diagrama de bloques funcionales

2. Lenguajes Textuales: dentro de estos lenguajes se encuentran lista de instrucciones y lenguaje de texto estructurado

- Lenguaje de texto estructurado (ST)

Este lenguaje permite dividir varias tareas complejas en tareas sencillas en la programación de autómatas, usando lo que se conoce como subrutinas, al ser un lenguaje de alto nivel tiene algunas similitudes con otros lenguajes similares como pascal en lo que corresponde a su sintaxis, permitiendo la descripción de estructuras algorítmicas complejas. Los enunciados deben de terminar con punto y coma (;) (Ver Ilustración 9).

```

I:=1 ;
WHILE <= 90 AND X1< >X2 DO ;
I:=I+2 ;
END_WHILE ;

```

Ilustración 9 Representación lenguaje de texto estructurado

- Listas de instrucciones (IL)

Su estructura principal es una lista de instrucciones, donde cada instrucción debe ocupar una nueva línea. Estas instrucciones están compuestas por un operador y uno o más operados separados por comas, si se usan etiquetas deben de terminar en dos puntos (:). [22].

Los bloques de funciones se emplean con la ayuda de un operador específico o utilizando entradas de bloque funcional como operadores, cabe mencionar que los comentarios se deben hacer al final de la de la línea de instrucción y se especifica de la siguiente forma (*comentario*) (ver Ilustración 10).

<i>Etiqueta</i>	<i>Operador</i>	<i>Operando</i>	<i>Comentario</i>
ARRANCANDO:	LD	%IX1	(* PULSADOR*)
	ANDN	%MX5	
	ST	%QX2	(*ARRANCANDO*)
M1:	LD	%IW12	
	ADD	1	
	ST	%MW41	
	JMP	SET_OUT	

Ilustración 10 Representación listas de instrucciones

3. Programación orientada a objetos

- Diagrama secuencial de funciones (SFC)

En la práctica son muchos los procesos que implican la realización de unas series de actividades u operaciones siguiendo una determinada secuencia, dichas actividades y los dispositivos empleados pueden ser de índole muy diversas pero el desarrollo del proceso consiste casi siempre en una sucesión encadenada de operaciones, cuya evolución se controla mediante unas condiciones de tipo lógico que indican si el proceso puede continuar y como [18].

El lenguaje diagrama secuencial de funciones, es un método gráfico en la cual se puede representar un sistema de control de modo secuencial, basadas en elementos como las etapas (ver Ilustración 11), que representan cada una de los estados del sistema, siendo la relación de entradas y salidas dentro de una etapa puramente combinacional, las líneas de evolución son las encargadas de unir las etapas que representan actividades consecutivas, las transiciones son las que representan las condiciones lógicas necesarias para que finalice la actividad de una etapa e inicialice otra etapa secuencialmente.

El diagrama secuencial de funciones, también posee las denominadas reglas de evolución que determinan la dinámica operacional del sistema implementado en bloques de función secuenciales y que hacen referencia a las etapas y las transiciones, donde cada etapa tiene asociada una variable de estado de tipo bit; también se distinguen dos posibles estados activa o inactiva, cuando se inicia un proceso sin guardar memoria se está hablando de arranques en fríos, y cuando un automatismo reinicia guardando memoria de alguna situación anterior se llamara arranque en caliente.

Por otro lado, las transiciones pueden estar en una de las cuatro situaciones tales como: no válidas, validas, franqueables y franqueada [23].

Una de las reglas de la evolución es que solo se podrá franquear una transición si todas las condiciones asociada a esta se cumplen, también toda transición franqueable será inmediatamente franqueada.

Dentro del diagrama secuencial de funciones, existen lo que se denomina micro etapas donde no es más que grandes bloques de acciones, estas

representan tareas y equivale a las que en ciertos lenguajes se denominan como macro [18].

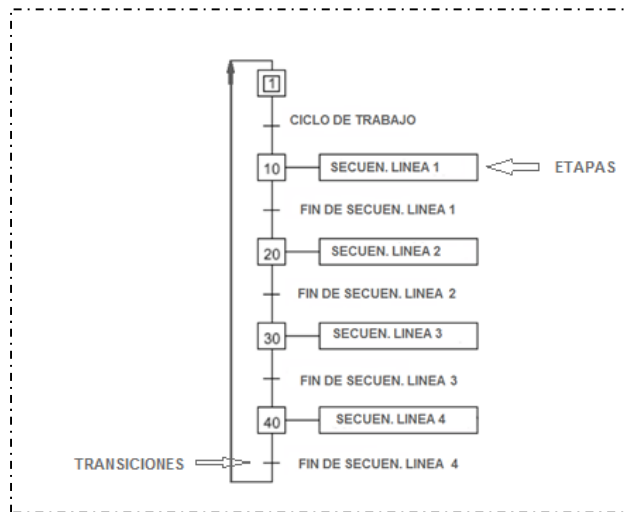


Ilustración 11 Representación bloques de funciones secuenciales

9 GUÍA GEMMA

Es un método organizado de todos los modos o estados de marcha y parada en que se puede encontrar un proceso de producción automatizada y orienta sobre las transiciones que pueden originarse de un estado a otro [24].

La automatización de un proceso está fundamentada en dos partes esenciales como lo es: el sistema de producción y el sistema de control, estos a su vez tienen asociado algunos procedimientos (procedimientos de funcionamiento, procedimientos de parada y procedimientos de defectos), de suma importancia la cual son necesarios para la obtención de la producción (ver Ilustración 12). Estos funcionamientos se clasifican de la siguiente forma [25]:

En el grupo F:

Modo de funcionamiento necesario para la obtención de la producción

- Funcionamiento normal
- Prueba y verificación

En el grupo A:

Corresponden a todas las palabras por causas externas al proceso

- Parado.
- Los que llevan a la parada del sistema.
- Los que permiten pasar el sistema de un estado de defecto a un estado de parada.

En el grupo D:

Corresponde a todas las paradas por causas internas al proceso

- Si está en producción
- Si está parado
- Si está en fase de diagnóstico o tratamiento del defecto

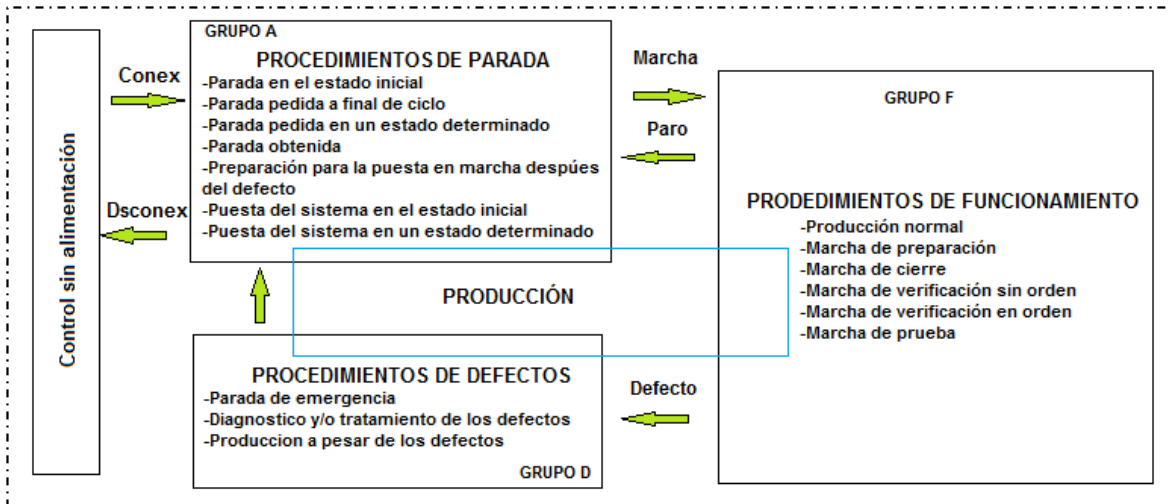


Ilustración 12 Modos de funcionamientos

10 ARRANQUES MOTORES TRIFÁSICOS

Una de las formas de realizar controles en los automatismos, se da usando la lógica de contacto o lógica cableada, donde los cableados incluyen funciones de comando y control, de señalización, de protección y de potencia.

Esta lógica puede tener 2 estado posibles, verdadero o falso, donde falso hace referencia al contacto abierto y en estado OFF, y verdadero a un contacto cerrado y estado ON [26].

Los elementos usados dentro de esta lógica son los siguientes:

Protección

Dentro de las protecciones tenemos los fusibles que son protecciones contra una excesiva cantidad de corriente, ya que presentan un poder de corte muy elevado, protecciones térmicas que son las encargadas de proteger contra sobrecargas débiles y prolongadas.

Contactador

Es aquel dispositivo que tiene como función la conmutación todo o nada estableciendo e interrumpiendo la alimentación de los receptores.

Contactos NA-NC

Son los encargados de realizar las funciones de auto mantenimiento enclavamiento de los contactores y señalizaciones.

- **Relés**
Es un dispositivo que posee una bobina y unos contactos por la cual pueden conmutar corriente continua o alterna, estos funcionan como interruptores.
- **Selectores**
Los selectores son componentes electromecánicos, donde son muy utilizados para controlar posiciones (automático-manual), constituido por contactos eléctricos ya sean en modo NA o NC.
- **Señalización y Pulsadores**
Estos elementos son componentes electromecánicos e interfaces de diálogo entre la máquina y el operario perfectamente adaptados a las situaciones en la que la información de intercambio entre ellos (hombre-máquina) es poco numerosa y se limita a señales de tipo “todo o nada” (orden de marcha, señalización de estado) [26].

Se denomina arranque de un motor al régimen transitorio en el que se eleva la velocidad del mismo desde el estado de motor detenido hasta el motor girando a la velocidad de régimen permanente [27].

En arranques de motores siempre se utiliza dos tipos de conexión, la conexión donde están todos los elementos de fuerza, tales como motores, arrancadores suaves, variadores de velocidad, contactores, protecciones contra sobrecarga y cortocircuitos etc. llamada conexión de fuerza, y la conexión de control donde entran todos los contactos normalmente cerrado y abierto de los elementos de fuerza, también pulsadores relés de control entre otros.

11 SÍMBOLOS GRÁFICOS

La norma IEC 1082-1 define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquemas y realizar los equipos eléctricos [26].

El uso de las normas internacionales elimina todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones. La tabla a

continuación muestra las normas y los símbolos que más se usan (ver Ilustración 13).

Tabla comparativa de los símbolos más habituales

Naturaleza de los símbolos gráficos	Normas europeas	Normas EE.UU.
Contacto de cierre "NA" Potencia-Control		
Contacto de apertura "NC" Potencia-Control		
Contacto temporizado al accionamiento		
Contacto temporizado al desaccionamiento		
Cortocircuito fusible		
Relé de protección		
Bobinas		
Seccionadores		
Disyuntores		
Motores		

Ilustración 13 Símbolos eléctrico de la norma IEC 1082-1

12 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROTECCIONES Y CONTACTORES PARA MOTORES.

La norma internacional IEC 60947-4 define para dispositivos de maniobra de baja tensión en corriente alterna, el grado de deterioro tolerable después de un cortocircuito. Cuando se produce un cortocircuito, es necesario evitar que el material ocasione daños a las personas e instalaciones.

12.1 Coordinación tipo 1

Después del cortocircuito, es posible que dicho material no pueda seguir funcionando a menos que se repare o se reemplacen ciertas piezas tales como contactor y no produce riesgo para el operario.

12.2 Coordinación tipo 2

Después del cortocircuito, dicho material no debe presentar desperfectos o desajustes de ningún tipo. Sólo se admite el riesgo de soldadura de los contactos del contactor, a condición de que puedan separarse fácilmente.

Durante la prueba no se podrá sustituir ninguna pieza, con excepción de los fusibles, que deben ser sustituidos en su totalidad. En este tipo de coordinación el mantenimiento se reduce y la puesta en servicio es rápida [26].

12.3 Coordinación total

No se admite ningún daño ni riesgo de soldadura en el aparato que constituye el arrancador. No se requieren precauciones especiales para la reanudación del servicio [26].

12.4 Categorías de uso para la protección de los motores

Las categorías de empleo normalizado establecen los valores de corriente que el contactor debe establecer o cortar, dependiendo de:

- La naturaleza del receptor controlado: motor de jaula o de anillos, resistencias.
- De las condiciones en las que se realiza los cierres y aperturas: motor lanzado o calado o en curso de arranque, inversión del sentido de marcha frenado a contracorriente [26].

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, las categorías se encuentran clasificadas de la siguiente forma:

12.4.1 Categoría AC-1

Se aplica a todos los aparatos de utilización con corriente alterna (receptores) cuyo factor de potencia sea al menos igual a 0,95.

Dentro de esta categoría se pueden ubicar la calefacción, distribución, entre otros [26].

12.4.2 Categoría AC-2

Esta categoría rige:

- En el arranque, el frenado contracorriente y la marcha por “sacudida” de los motores de anillo.
- En el cierre el contactor establece la corriente de arranque, unas 2,5 veces la corriente nominal del motor.
- En la apertura, debe cortar la corriente de arranque a una tensión como máximo igual a la tensión de la red [26].

12.4.3 Categoría AC-3

Es relativa a los motores de jaula cuyo corte se realiza en el motor lanzado:

- En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque que es de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor
- En la apertura el contactor corta la corriente nominal absorbida por el motor; en ese punto la tensión en las bobinas de los polos es del orden del 20% de la tensión de la red. Este aplica para bandas trasportadores, elevadores de cangilones, entre otros [26].

12.4.4 Categoría AC-4

Hace referencia a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por “sacudidas” con motores de jaula o de anillos.

- El contactor se cierra en un pico de corriente que puede alcanzar de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.
- Cuando se abre, corta esa misma corriente a una tensión tanto más importante que la velocidad del motor es baja. Dicha tensión puede ser igual a la de la red, el corte es difícil [26].

13 REDES DE COMUNICACIÓN

Las redes de comunicación permiten controlar los procesos a grandes distancias y conocer todo lo relacionado a las variables de proceso, a través de las variables medidas por los instrumentos de campos.

13.1.1 Periferia descentralizada

Son componentes dentro de la gama del PLC que permite tener módulos de entradas y salidas tanto digitales como análogas muy cerca al proceso o máquina requerida y enviar/recibir la información hacia/desde el PLC por comunicación. Su característica principal es la alta velocidad de comunicación, de tal forma que, no influye en el tiempo total de Scan del PLC (aumenta con valores inferiores a un 5 %). Lo anterior permite reducir considerablemente el cableado y los sistemas de conducción requeridos.

13.1.2 Determinismo

En comunicaciones industriales es la capacidad de garantizar que un paquete es enviado y recibido en un determinado período de tiempo, es un importante objetivo para el diseño de las redes industriales.

13.1.3 Arquitecturas de comunicación

Las arquitecturas de comunicación permiten ordenar las estructuras necesarias para la comunicación entre equipo mediante una red de modo que puedan ofrecer servicios añadido al simple transporte de información.

En estas arquitecturas previamente se debe de definir los siguientes:

- Proceso de aplicación
- Sistemas finales: como host
- Sistema intermedio: actúan como nodos de conmutación e interconexión como los repetidores, puentes y encaminadores.
- Protocolo de comunicación: conjunto de reglas para el intercambio de información y de definiciones de los formatos de los mensajes para la interacción entre dos o más entidades.

13.2 Profinet

En el actual mundo globalizado, la producción, codificación y diseminación de información y conocimiento han llegado a constituirse en pilares para la innovación tecnológica y el crecimiento económico. Simultáneamente, la difusión a escala de las llamadas tecnología de la información TI y de las redes informáticas apuesto en marcha un proceso de conectividad sin precedente en la historia humana.

Las TI han sido definidas como sistemas tecnológicos mediante los que se recibe, manipula y procesa información y que facilita la comunicación entre dos o más interlocutores. Ciertamente la potencialidad de las TI no se restringe al campo económico: sus múltiples ámbitos de aplicación incluyen la automatización industrial [28].

Las redes de comunicación juegan un papel muy importante en los procesos que se llevan a cabo en las industrias, para las cuales se busca el aumento de la producción de forma rápida y confiable para llegar a ser competitivos en el mercado. Unas de las soluciones a implementar es utilizando un protocolo de comunicación PROFINET con capa física Ethernet [29].

PROFINET es un estándar abierto de Ethernet industrial y permite la comunicación en tiempo real hasta el nivel de campo al tiempo que integra el nivel empresarial. Aprovechando plenamente el estándar de TI existentes, una de las características de esta es que es compatible con la automatización distribuida (incluida controlador-controlador) y permite aplicaciones de seguridad [30].

Esta red permite un acceso directo y transparente desde el nivel de gestión hasta el nivel de campo. Para ello PROFINET apuesta por los estándares establecidos de las tecnologías de la información y soporta TCP/IP sin ningún tipo de restricciones [31].

Este protocolo de comunicación garantiza la facilidad (soluciones personalizadas para instalación), eficiencia (aprovechamiento rápido de recursos) y rendimiento (mayor productibilidad) en los procesos industriales.

14 SUPERVISIÓN

Los procesos industriales automatizado requieren de una constante supervisión, para la cual existen sistemas que permite vigilar por medio de estaciones centrales y una o varias unidades remotas las variables de proceso.

Entre los sistemas de supervisión y adquisición de datos tenemos los SCADAS.

14.1 Sistema SCADA

Los sistemas SCADAS no se tratan de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización o supervisión, que realiza la tarea de interface entre los niveles de control (PLC) y los de gestión, a un nivel superior [32] .

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son concebidos principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Entre las principales funciones de los sistemas SCADA se encuentran:

- El monitoreo, en la cual recibe información del estado del proceso que se está llevando a cabo en tiempo real, de una forma muy amigable con el usuario [33].
- Otra de sus cualidades es la supervisión en las que se puede ajustar los procesos desde el mismo sistema SCADA, se pueden programar Alarmas, recibir históricos, llevar a cabo el control, almacenamiento de información y visualización de las variables.
- Los sistemas SCADA, a su vez aceptan la comunicación con los dispositivos que se encuentren en campo comunicando y enviando información análoga o digital producto de los sensores o máquina [33].

14.2 Arquitectura del sistema de supervisión

Es una arquitectura distribuida que permite a los operadores finales obtener acceso al a información de forma transparente.

Una de las arquitecturas muy usada en la industria es la arquitectura cliente-servidor, en la cual toda la información recogida de campo, es dirigida hacia el servidor, siendo este el cerebro central de los procesos.

Los clientes toman de la información que se encuentra en el servidor y la visualizan, y cuando se requiera de una acción el cliente envía al servidor la solicitud de dicha acción para que el servidor dentro de sus datos adquiridos de planta de respuesta a la solicitud.

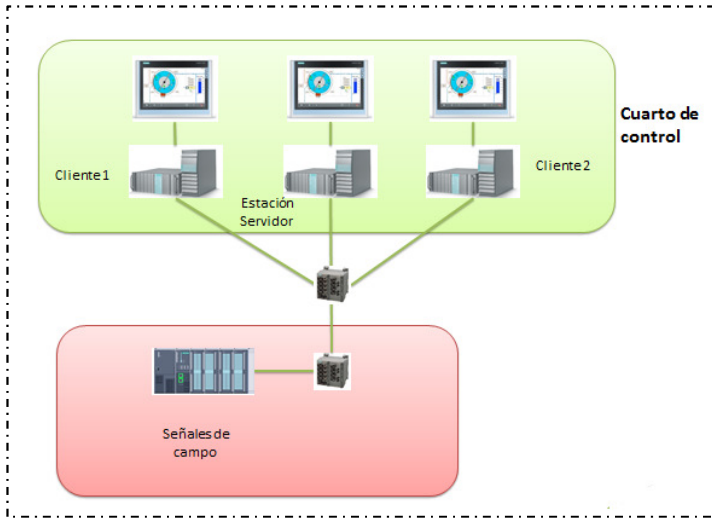


Ilustración 14 Arquitectura cliente-servidor

PARTE III.
RESULTADOS, DISCUSION Y CONCLUSIONES.

15 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION

Los siguientes pasos juegan un papel importante para la implementación del sistema de automatización en el proceso de cargue y descargue de grano y son especificados de acuerdo a las etapas de la guía GEMMA los cuales son:

15.1 Etapa E1.

Determinar los aspectos generales del proceso de cargue de granos, establecidos en un GRAFCET descriptivo (ver Ilustración 15, e Ilustración 16).

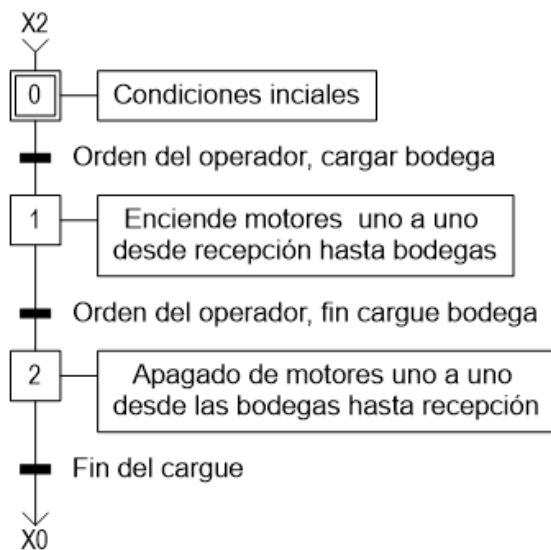


Ilustración 15 Grafcet descriptivo cargue bodega

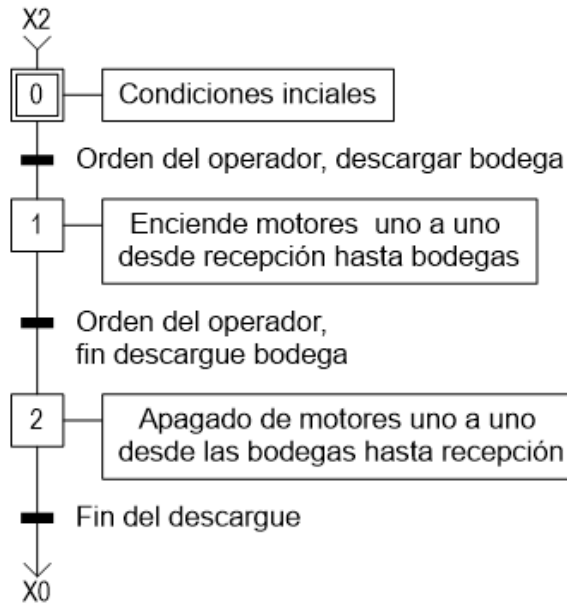


Ilustración 16 Grafcet descriptivo descargue bodegas

15.2 Etapa E2.

Determinar los elementos del proceso y selección de los detectores, actuadores etc, necesarios.

Por facilidad y ubicación de equipos se distribuyen la fuerza y el control de los equipos en tres Centros de Control de Motores (CCM), los cuales son los siguientes:

- Centro de Control de Motores 1, CCM1
- Centro de Control de Motores 2, CCM2
- Centro de Control de Motores 3, CCM3

15.2.1 Elementos de fuerza

El detalle de los elementos de fuerza de cada uno de los centros de control de motores, se muestran en las siguientes tablas:

Para el criterio de selección del arranque de cada motor, se tuvo en cuenta su potencia de la siguiente forma:

- Para motores mayores de 7,5 HP se eligió arrancador suave, y se sobre dimensiono un calibre por encima teniendo en cuenta que estos motores requieren de un alto par de arranque; la línea de arrancadores seleccionada fue el Altistar 22, debido que tiene contactor de bypass integrado.
- Para motores menores de 7,5 HP se eligió un guardamotor con su respectivo inversor de giro.

- Los guardamotores para los inversores de giro, arranques directos, se seleccionó apto para coordinación tipo 2.
- Los contadores se eligieron en la categoría de empleo AC-3.

Tabla 1 Elementos de fuerza centro de control de motores 1.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No. 1						
ITEM	DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG	CORRIENTE (A)	POTENCIA EN HP	ARRANQUE SUAVE + PROTECCION	ARRANQUE DIRECTO CON INVERSOR DE GIRO + PROTECCION
1	ELEVADOR EC-07	EC-07	46,8	40,0	ATS22D75S6 + NS80HMA	
2	ELEVADOR EC-08	EC-08	46,8	40,0	ATS22D75S6 + NS80HMA	
3	BANDA BC-12	BC-12	29,2	25,0	ATS22D47S6 + GV3L40	
4	BANDA BC-14	BC-14	29,2	25,0	ATS22D47S6 + GV3L40	
5	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-06	TC-06	46,8	40,0	ATS22D75S6 + NS80HMA	
6	DESCARGA INTERMEDIA DI-04	DI-04	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
7	DESCARGA INTERMEDIA DI-05	DI-05	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
8	DESCARGA INTERMEDIA DI-06	DI-06	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
9	DESCARGA INTERMEDIA DI-07	DI-07	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
10	DESCARGA INTERMEDIA DI-08	DI-08	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
11	DESCARGA FINAL DF-02	DF-02	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
12	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-07	TC-07	58,5	50,0	ATS22D88S6 + NS80HMA	
13	DESCARGA INTERMEDIA DI-10	DI-10	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
14	DESCARGA INTERMEDIA DI-11	DI-11	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
15	DESCARGA INTERMEDIA DI-12	DI-12	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
16	DESCARGA INTERMEDIA DI-13	DI-13	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
17	DESCARGA INTERMEDIA DI-14	DI-14	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
18	DESCARGA FINAL DF-03	DF-03	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
19	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-12	TC-12	29,2	25,0	ATS22D47S6 + GV3L40	
20	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-13	TC-13	29,2	25,0	ATS22D47S6 + GV3L40	
21	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-09	TC-09	29,2	25,0		LC2K0601F7 + GV2P32

22	GUILLOTINA ELECTRICA GE-04	GE-04	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
23	GUILLOTINA ELECTRICA GE-05	GE-05	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
24	GUILLOTINA ELECTRICA GE-06	GE-06	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
25	GUILLOTINA ELECTRICA GE-07	GE-07	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
26	GUILLOTINA ELECTRICA GE-08	GE-08	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
27	GUILLOTINA ELECTRICA GE-09	GE-09	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
28	GUILLOTINA ELECTRICA GE-10	GE-10	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
29	GUILLOTINA ELECTRICA GE-11	GE-11	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
30	GUILLOTINA ELECTRICA GE-12	GE-12	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
31	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-10	TC-10	29,2	25,0		LC2K0601F7 + GV2P32
32	GUILLOTINA ELECTRICA GE-13	GE-13	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
33	GUILLOTINA ELECTRICA GE-14	GE-14	0,6	0,5		LC2K0601B7 + GV2P05
34	GUILLOTINA ELECTRICA GE-15	GE-15	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
35	GUILLOTINA ELECTRICA GE-16	GE-16	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
36	GUILLOTINA ELECTRICA GE-17	GE-17	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
37	GUILLOTINA ELECTRICA GE-18	GE-18	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
38	GUILLOTINA ELECTRICA GE-19	GE-19	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
39	GUILLOTINA ELECTRICA GE-20	GE-20	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
40	GUILLOTINA ELECTRICA GE-21	GE-21	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
41	BANDA BC-10	BC-10	58,5	50,0	ATS22D88S6 + NS80HMA	
42	DESCARGA INTERMEDIA DI-16	DI-16	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05
43	DESCARGA INTERMEDIA DI-17	DI-17	0,6	0,5		LC2K0601F7 + GV2P05

Tabla 2 Elementos de fuerza centro de control de motores 2.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No. 2						
ITEM	DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG	CORRIENTE (A)	POTENCIA EN HP	ARRANQUE SUAVE + PROTECCION	ARRANQUE DIRECTO CON INVERSOR DE GIRO + PROTECCION
1	ELEVADOR EC-05	EC-05	175,5	150,00	ATS22C25S6 + NS250HMA	
2	ELEVADOR EC-06	EC-06	35,1	30,00	ATS22D62S6 + NS80HMA	
3	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-01	TC-01	10,5	9,00	ATS22D17S6 + GV2L16	
4	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-02	TC-02	46,8	40,00	ATS22D75S6 + NS80HMA	
5	DESCARGA INTERMEDIA DI-01	DI-01	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
6	DESCARGA INTERMEDIA DI-02	DI-02	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
7	DESCARGA INTERMEDIA DI-03	DI-03	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
8	DESCARGA FINAL DF-01	DF-01	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
9	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-03	TC-03	29,2	25,00	ATS22D47S6 + GV3L40	
10	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-04	TC-04	29,2	25,00	ATS22D47S6 + GV3L40	
11	GUILLOTINA ELECTRICA GE-011	GE-011	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
12	GUILLOTINA ELECTRICA GE-22	GE-22	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
13	GUILLOTINA ELECTRICA GE-23	GE-23	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
14	GUILLOTINA ELECTRICA GE-24	GE-24	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
15	GUILLOTINA ELECTRICA GE-25	GE-25	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05

Tabla 3 Elementos de fuerza centro de control de motores 3.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No. 3						
ITEM	DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG	CORRIENTE (A)	POTENCIA EN HP	ARRANQUE SUAVE + PROTECCION	ARRANQUE DIRECTO CON INVERSOR DE GIRO + PROTECCION
1	BANDA BC-03	BC-03	58,5	50,00	ATS22D88S6 + NS80HMA	
2	BANDA BC-04	BC-04	58,5	50,00	ATS22D88S6 + NS80HMA	
3	ELEVADOR EC-01	EC-01	58,5	50,00	ATS22D88S6 + NS80HMA	

4	ELEVADOR EC-02	EC-02	58,5	50,00	ATS22D88S6 + NS80HMA	
5	ELEVADOR EC-03	EC-03	58,5	50,00	ATS22D88S6 + NS80HMA	
6	ELEVADOR EC-04	EC-04	58,5	50,00	ATS22D88S6 + NS80HMA	
7	DESVIADOR V2V-03	V2V-03	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
8	DESVIADOR V2V-04	V2V-04	0,6	0,50		LC2K0601F7 + GV2P05
9	BANDA BC-05	BC-05	29,2	25,00	ATS22D47S6 + GV3L40	
10	BANDA BC-06	BC-06	29,2	25,00	ATS22D47S6 + GV3L40	

15.2.2 Elementos de instrumentación.

15.2.2.1 Selección de sensores

Para la selección de los sensores se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Menor costo
- Robustez
- Disposición en el mercado
- Características

Los elementos de control de cada equipo se eligieron teniendo en cuenta primero la seguridad de las personas y segundo la seguridad de los equipos, de acuerdo a lo anterior se describe algunas características de cada sensor:

- Sensor de atasque: Este sensor seleccionado es de referencia XS618B1PAL2 de la marca de SCHNEIDER ELECTRIC, es de tecnología electromagnética y de tipo inductivo PNP, tiene rango de detección hasta 8mm, tensión de alimentación DC Max de 48V, DC min 12V, de 3 hilos, corriente conmutada (mA) ≤ 200 c/ protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Sensor de rotación: el sensor seleccionado tiene las siguientes características: referencia XSAV11373 marca SCHNEIDER ELECTRIC, es de tecnología electromagnética, de tipo inductivo PNP, este sensor tiene la particularidad de reunir en un mismo cuerpo, las funciones de recopilación relacionadas a las de un tratamiento mediante comparadores de pulsos. Las señales de salida de estos detectores son tratadas por un comparador de impulsiones integrado en el aparato, la frecuencia de los pulsos F_c emitidas por el móvil a controlar es comparada con la frecuencia F_r pre-ajustable en el aparato.

El circuito de conmutación de salida del detector está en estado cerrado para $F_c > F_r$ y abierto para $F_c < F_r$. El control de rotación se habilita 9s, después de encender el detector, para permitir al móvil alcanzar su velocidad nominal. Durante este tiempo la salida está en estado cerrado.

Este equipo posee un potenciómetro donde se ajusta el umbral de frecuencia, 15 vueltas aproximadamente, si se requiere aumentar el umbral de frecuencia solo hay que girar el tornillo en el sentido (+), o si por el contrario se busca disminuir el umbral girar el tornillo en sentido (-). Este sensor tiene rango de detección hasta 10mm, tensión de alimentación DC max de 48V, DC min 12V, de 3 hilos.

- Sensor de alineamiento: el sensor seleccionado es Touchswitch de referencia TS2V4C marca 4B, es un final de carrera electrónico sin parte móvil de tecnología electromecánica y tipo contacto, que detecta problemas de seguimiento de alineación, alimentado a 24VDC, posee un tornillo de ajuste de sensibilidad de 1 a 12 libras aproximadamente, la salida tiene una tensión de conmutación contacto de relé libre nominal 5A 250VAC, no inductivo.
- WatchDog: el sistema de perro guardia (WatchDog) seleccionado, es un monitor multi-función, programable por el usuario para elevadores de cangilones y transportadores en zonas peligrosas, que controla la alineación de la correa y la polea (arriba y abajo), temperatura de rodamientos, velocidad de correa y detección de atascos. Una pantalla de LCD muestra mensajes con el estado del elevador (disponible en 4 lenguas diferentes) y una pantalla LED súper brillante muestra la velocidad de la correa. La calibración y configuración de los parámetros es accesible a través de un password mediante los botones frontales. tiene una unidad de control que acepta una señal de velocidad y cuatro señales de alineación de los cangilones, este posee un sistema de alimentación de alarma cuando alguno de los sensores presenta una falla, enviando una señal al PLC, y para el sistema.

Se alimenta con 24 VDC o 100 a 260 VAC, salida de 24VDC, consumo de 12 watts máximo, enclavamiento de entrada de los motores de arranque es de 24 VDC o 110V +/- 10% 50/60Hz 2.5mA o 220V +/- 10% 50/60Hz 5mA, posee un contacto de relé para alarma 1 Polo de conmutación 240 VCA, 10 A Max, y un contacto de relé para stop 1 Polo conmutación 240 VCA, 10 A Max, además tiene unos contactos adicionales de relé, para velocidad bajo, des alineamiento, y temperatura de los cojinetes, con la opción de tarjeta de interface PLC.

Estos sensores se encuentran distribuidos en cada uno de las máquinas de proceso de la siguiente forma:

En los elevadores de cangilones, cuentan con un WATCH DOG que es el encargado de recoger las señales de los cuatro sensores de alineamiento, distribuido dos en cada extremo del elevador, un sensor de atascos y un sensor de rotación, este dispositivo electrónico (WATCH DOG) envía una señal de fallo al PLC en caso que alguno de los sensores detecte un fallo.

En las Bandas transportadoras, cuentan con un sensor de atascos, cuatro sensores de alineamientos, ubicados dos en cada extremo, y un sensor de rotación, estas señales van directas al PLC en caso que alguno de los sensores detecte un fallo.

En los transportadores de cadena, solamente cuenta con un sensor de atascos para cuando presente sobrecarga de producto.

En los desviadores de dos vías y las guillotinas eléctricas tienen asociados dos finales de carreras en cada una de ellas, para determinar la posición en que se encuentra la compuerta (abierta o cerrada).

La siguiente tabla muestra los equipos con su debido sensor y referencia.

Tabla 4 Elementos de control en el centro de control de motores 1.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No. 1							
ITEM	DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG	SENSOR ATASQUE	SENSOR ROTACION	SENSOR ALINEAMIENTO	WATCHDOG ELITE	LIMITE DE CARRERA
1	ELEVADOR EC-07	EC-07	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
2	ELEVADOR EC-08	EC-08	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
3	BANDA BC-12	BC-12	XS618B1PAL2	XSAV11373			
4	BANDA BC-14	BC-14	XS618B1PAL2	XSAV11373			
5	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-06	TC-06	XS618B1PAL2				
6	DESCARGA INTERMEDIA DI-04	DI-04					XCKD2145G11
7	DESCARGA INTERMEDIA DI-05	DI-05					XCKD2145G11
8	DESCARGA INTERMEDIA DI-06	DI-06					XCKD2145G11
9	DESCARGA INTERMEDIA DI-07	DI-07					XCKD2145G11

10	DESCARGA INTERMEDIA DI-08	DI-08					XCKD2145G11
11	DESCARGA FINAL DF-02	DF-02					XCKD2145G11
12	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-07	TC-07	XS618B1PAL2				
13	DESCARGA INTERMEDIA DI-10	DI-10					XCKD2145G11
14	DESCARGA INTERMEDIA DI-11	DI-11					XCKD2145G11
15	DESCARGA INTERMEDIA DI-12	DI-12					XCKD2145G11
16	DESCARGA INTERMEDIA DI-13	DI-13					XCKD2145G11
17	DESCARGA INTERMEDIA DI-14	DI-14					XCKD2145G11
18	DESCARGA FINAL DF-03	DF-03					XCKD2145G11
19	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-12	TC-12	XS618B1PAL2				
20	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-13	TC-13	XS618B1PAL2				
21	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-09	TC-09	XS618B1PAL2				
22	GUILLOTINA ELECTRICA GE-04	GE-04					XCKD2145G11
23	GUILLOTINA ELECTRICA GE-05	GE-05					XCKD2145G11
24	GUILLOTINA ELECTRICA GE-06	GE-06					XCKD2145G11
25	GUILLOTINA ELECTRICA GE-07	GE-07					XCKD2145G11
26	GUILLOTINA ELECTRICA GE-08	GE-08					XCKD2145G11
27	GUILLOTINA ELECTRICA GE-09	GE-09					XCKD2145G11
28	GUILLOTINA ELECTRICA GE-10	GE-10					XCKD2145G11

29	GUILLOTINA ELECTRICA GE-11	GE-11					XCKD2145G11
30	GUILLOTINA ELECTRICA GE-12	GE-12					XCKD2145G11
31	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-10	TC-10	XS618B1PAL2				
32	GUILLOTINA ELECTRICA GE-13	GE-13					XCKD2145G11
33	GUILLOTINA ELECTRICA GE-14	GE-14					XCKD2145G11
34	GUILLOTINA ELECTRICA GE-15	GE-15					XCKD2145G11
35	GUILLOTINA ELECTRICA GE-16	GE-16					XCKD2145G11
36	GUILLOTINA ELECTRICA GE-17	GE-17					XCKD2145G11
37	GUILLOTINA ELECTRICA GE-18	GE-18					XCKD2145G11
38	GUILLOTINA ELECTRICA GE-19	GE-19					XCKD2145G11
39	GUILLOTINA ELECTRICA GE-20	GE-20					XCKD2145G11
40	GUILLOTINA ELECTRICA GE-21	GE-21					XCKD2145G11
41	BANDA BC-10	BC-10	XS618B1PAL2	XSAV11373			
42	DESCARGA INTERMEDIA DI-16	DI-16					XCKD2145G11
43	DESCARGA INTERMEDIA DI-17	DI-17					XCKD2145G11

Tabla 5 Elementos de control en el centro de control de motores 2

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No. 2							
ITEM	DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG	SENSOR ATASQUE	SENSOR ROTACION	SENSOR ALINEAMIENTO	WATCHDOG ELITE	LIMITE DE CARRERA
1	ELEVADOR EC-05	EC-05	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
2	ELEVADOR EC-06	EC-06	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
3	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-01	TC-01	XS618B1PAL2				
4	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-02	TC-02	XS618B1PAL2				
5	DESCARGA INTERMEDIA DI-01	DI-01					XCKD2145G11
6	DESCARGA INTERMEDIA DI-02	DI-02					XCKD2145G11
7	DESCARGA INTERMEDIA DI-03	DI-03					XCKD2145G11
8	DESCARGA FINAL DF-01	DF-01					XCKD2145G11
9	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-03	TC-03	XS618B1PAL2				
10	TRANSPORTADOR DE CADENA TC-04	TC-04	XS618B1PAL2				
11	GUILLOTINA ELECTRICA GE-011	GE-01					XCKD2145G11
12	GUILLOTINA ELECTRICA GE-22	GE-22					XCKD2145G11
13	GUILLOTINA ELECTRICA GE-23	GE-23					XCKD2145G11
14	GUILLOTINA ELECTRICA GE-24	GE-24					XCKD2145G11
15	GUILLOTINA ELECTRICA GE-25	GE-25					XCKD2145G11

Tabla 6 Elementos de control en el centro de control de motores 3

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No. 3							
ITEM	DESCRIPCION DEL EQUIPO	TAG	SENSOR ATASQUE	SENSOR ROTACION	SENSOR ALINEAMIENTO	WATCHDOG ELITE	LIMITE DE CARRERA
1	BANDA BC-03	BC-03	XS618B1PAL2	XSAV11373			
2	BANDA BC-04	BC-04	XS618B1PAL2	XSAV11373			
3	ELEVADOR EC-01	EC-01	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
4	ELEVADOR EC-02	EC-02	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
5	ELEVADOR EC-03	EC-03	XS618B1PAL2	XSAV11373	TS2V4C	WDC3NV46C	
6	ELEVADOR EC-04	EC-04					
7	DESVIADOR V2V-03	V2V-03					XCKD2145G11
8	DESVIADOR V2V-04	V2V-04					XCKD2145G11
9	BANDA BC-05	BC-05	XS618B1PAL2	XSAV11373			
10	BANDA BC-06	BC-06	XS618B1PAL2	XSAV11373			

15.2.3 Elaboración de planos de control

El tablero fue diseñado aún nivel de tensión de 460VAC para la fuerza, y el control a 120VAC.

Este sistema posee dos fuentes de alimentación, una para el PLC y otra para las señales de campo; también tienen una UPS para alimentar el PLC y los módulos de entrada/salida.

Los arranques directos se seleccionan para potencias menores a 7.5HP y para motores con potencias mayor a 7.5HP se seleccionan arranques suaves, con el fin de disminuir las corrientes que se presentan durante el arranque, debido que estas pueden producir huecos de tensión que afectarían los sistemas electrónicos de control del puerto.

Para el control de los arranques director, se tiene un selector que presentan dos opciones, modo local y modo remoto. El modo local se hace través botones de Star-Stop ubicados en la puerta del tablero y el arranque no se tiene en cuenta ninguna seguridad (sensores asociados a este). Este modo se utiliza para cuando haya un mantenimiento, o en caso

de que el sistema de control falle y se requiera seguir trabajando el sistema provisionalmente.

Para los arranques directos, en su control tanto en modo remoto como en modo local, se coloca un contacto de la protección para que el contactor no se accione si el guardamotor se encuentra deshabilitado o en fallo. El selector local remoto lo que hace es deshabilitar o habilitar el control por lógica cableada y además habilita o deshabilita la señal que llega por el PLC.

Para manejar las salidas del PLC, este lee todas las entradas y desarrolla la lógica y produce una salida pasando por un relé, este realiza la conmutación para alimentar la bobina que corresponda.

Para los arranques suaves solo tienen protección magnética, debido que la térmica se encuentra integrada en el arrancador suave. Esta protección magnética tiene un contacto auxiliar de posición abierto, y se coloca en serie con la falla del arrancador suave, interrumpiendo el uno que le llega al PLC en el momento de haber falla.

Estos arranques suaves poseen un selector como el arranque directo que indica el modo de operación. Cuando el arrancador arranca, entra la electrónica de este equipo reduciendo la corriente y un tiempo después que se estabilizó el arranque, hace el baypass quedando como arranque directo.

Los arrancadores suaves tienen unas entradas para recibir la señal de run, una salida para general el fallo y una salida que es la confirmación del run que va al PLC.

Para los arranques que se utilizaron en el sistema se tuvo en cuenta el número de ios presentes en cada arranque:

Para los arranques Directos se establece las siguientes señales:

- Una entrada digital, para señal del selector Local-remoto
- Una entrada digital, para confirmación de fallos (guardamotor)
- Una entrada digital, para confirmación de run
- Una salida para run, para activar el contactor
- Una entrada digital, para el seccionador lockout tagout (LT)

Para los arranques suaves se establece las siguientes señales:

- Una entrada digital, para señal del selector Local-remoto
- Una entrada digital, para confirmación de fallos (guardamotor-arrancador suave)
- Una entrada digital, para confirmación de run
- Una salida para, run para activar el arrancador
- Una entrada digital, para el seccionador lockout tagout (LT)

Para los a inversores de giro se establece las siguientes señales:

- Una entrada digital, para señal del selector Local-remoto
- Una entrada digital, para confirmación de fallos (guardamotor)
- Una entrada digital, para confirmación de run
- Una salida para run para activar contactor derecho
- Una salida para run para activar contactor izquierdo
- Una entrada digital, para el seccionador lockout tagout (LT)

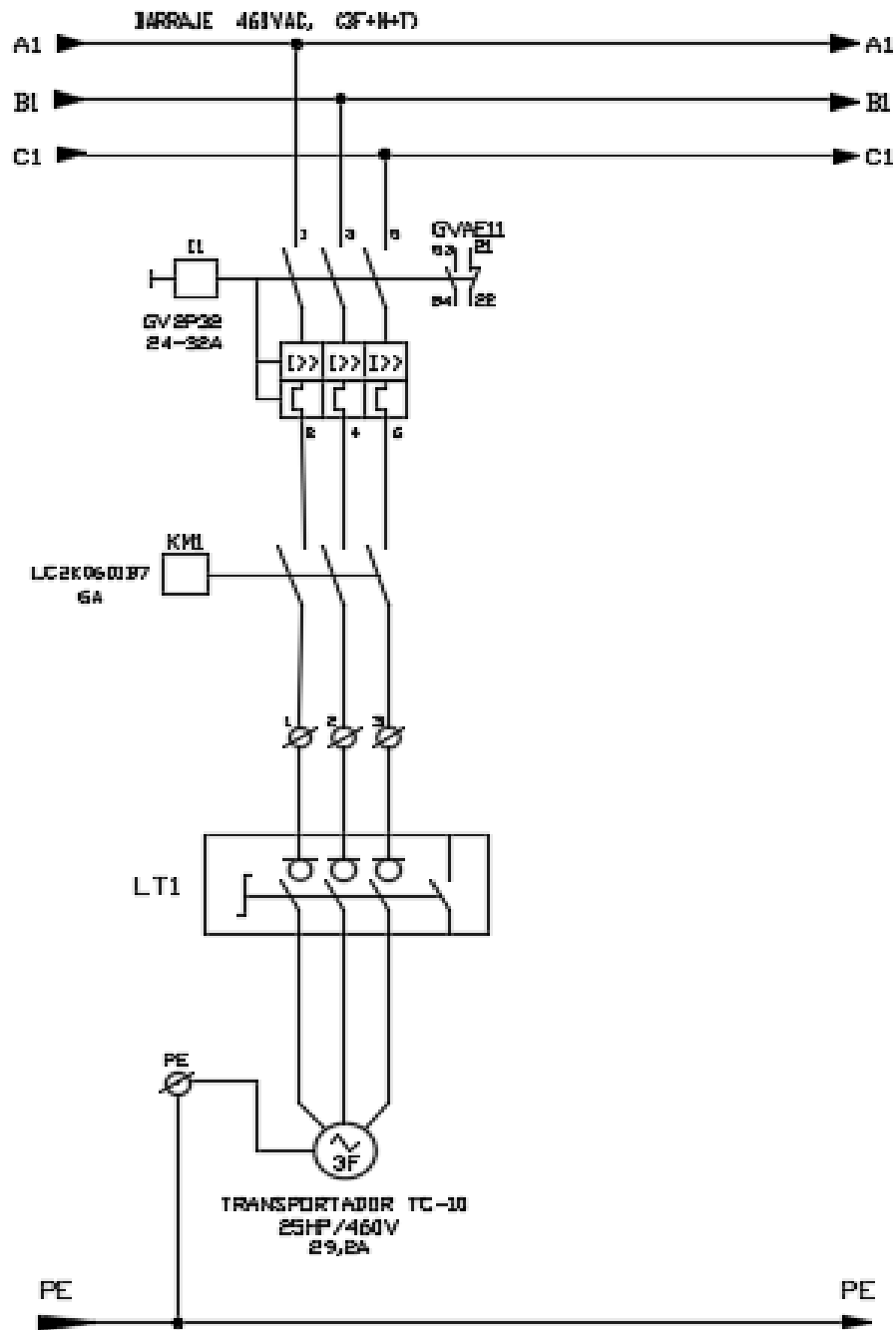


Ilustración 17 Típico fuerza arranque directo

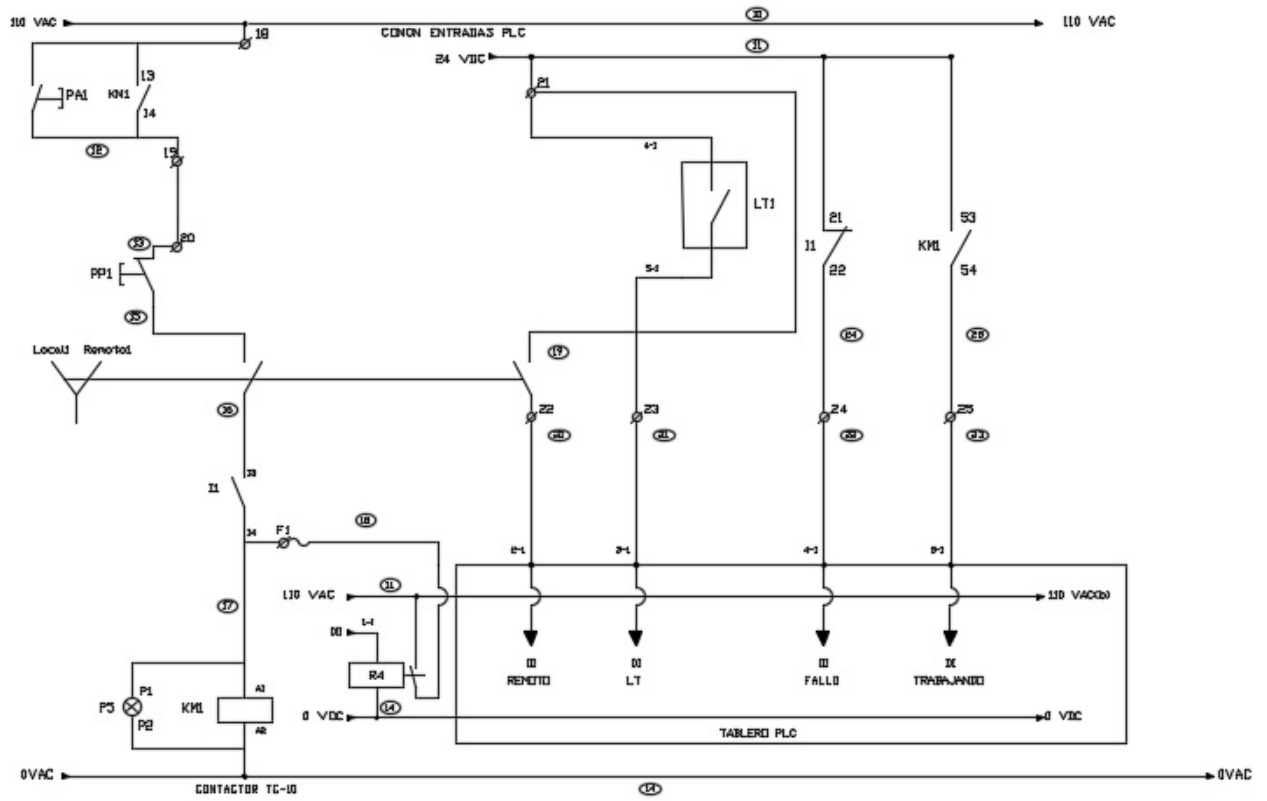


Ilustración 18 Control arranque directo

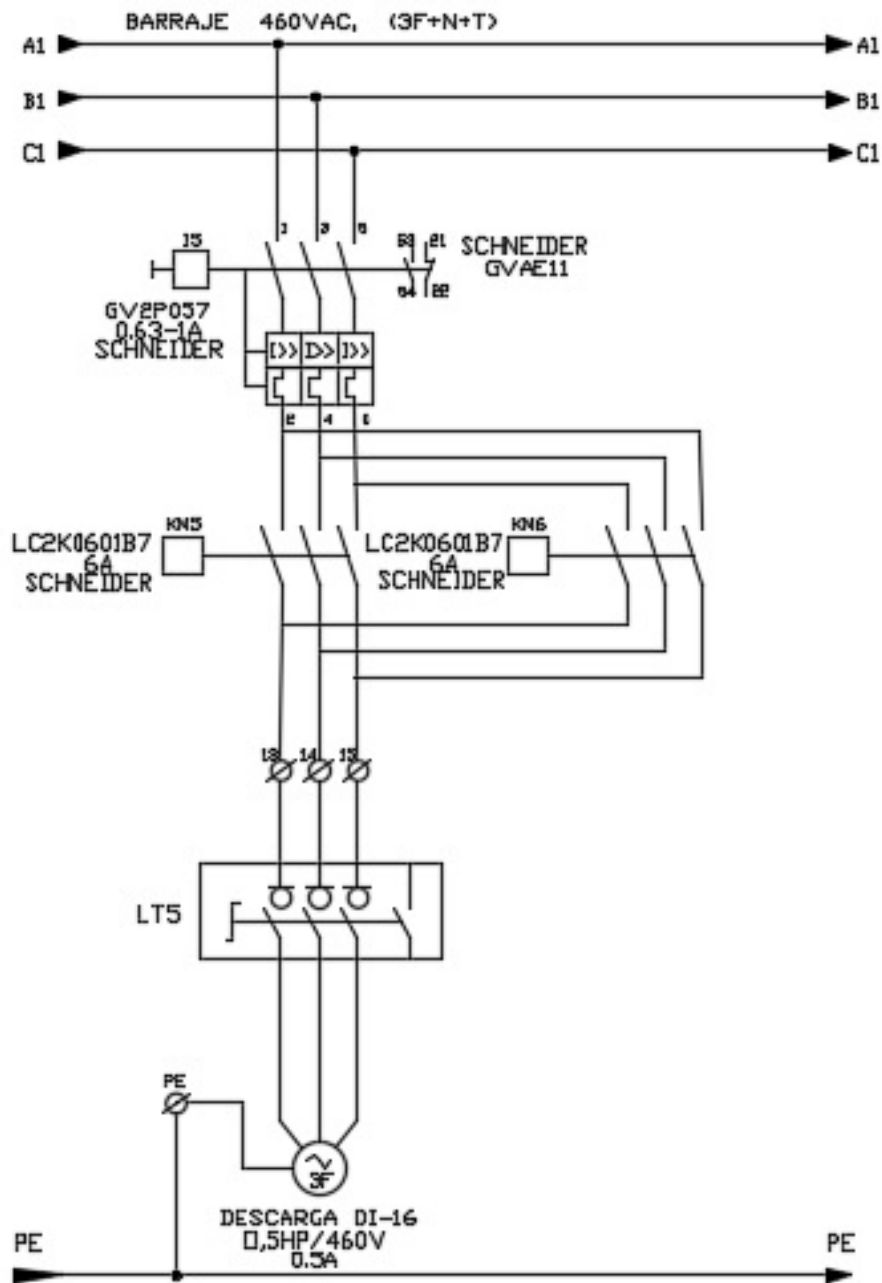


Ilustración 19 Típico fuerza inversor de giro

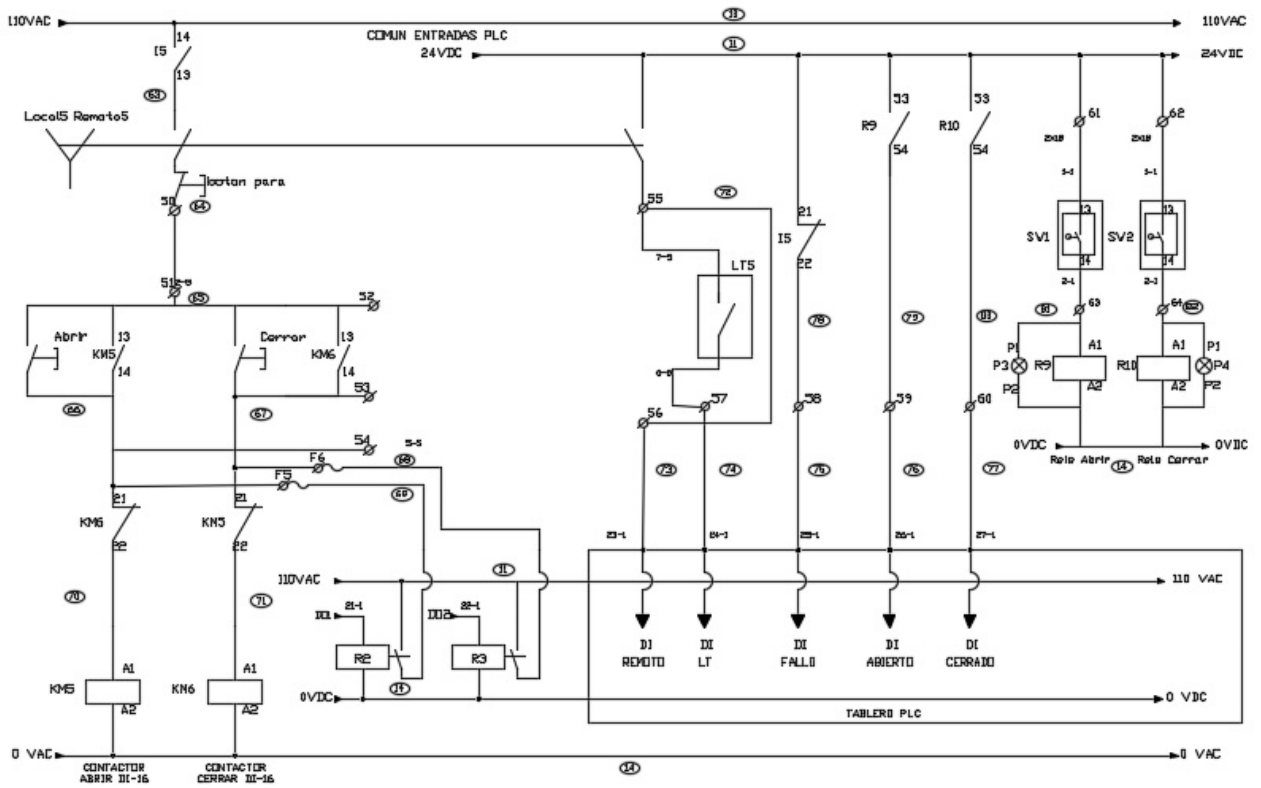


Ilustración 20 control inversor de giro

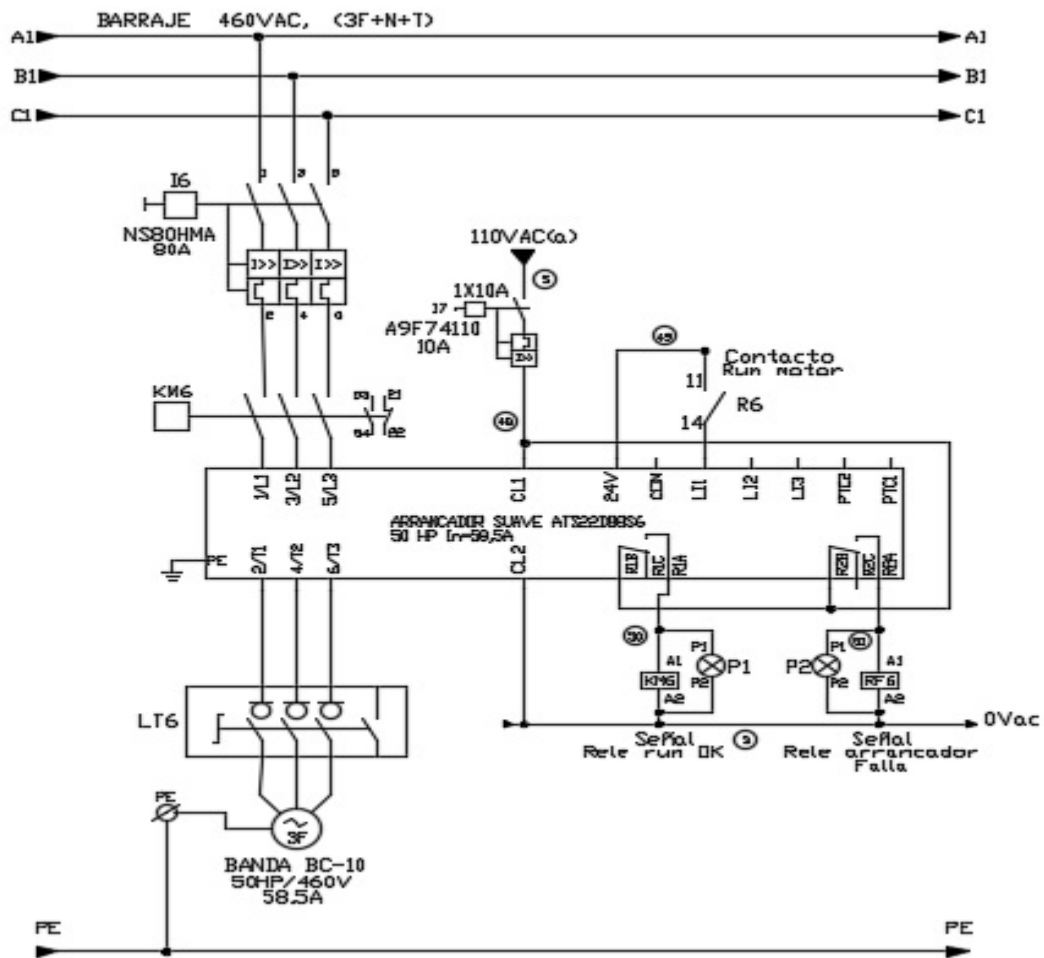


Ilustración 21 Típico fuerza arrancador suave

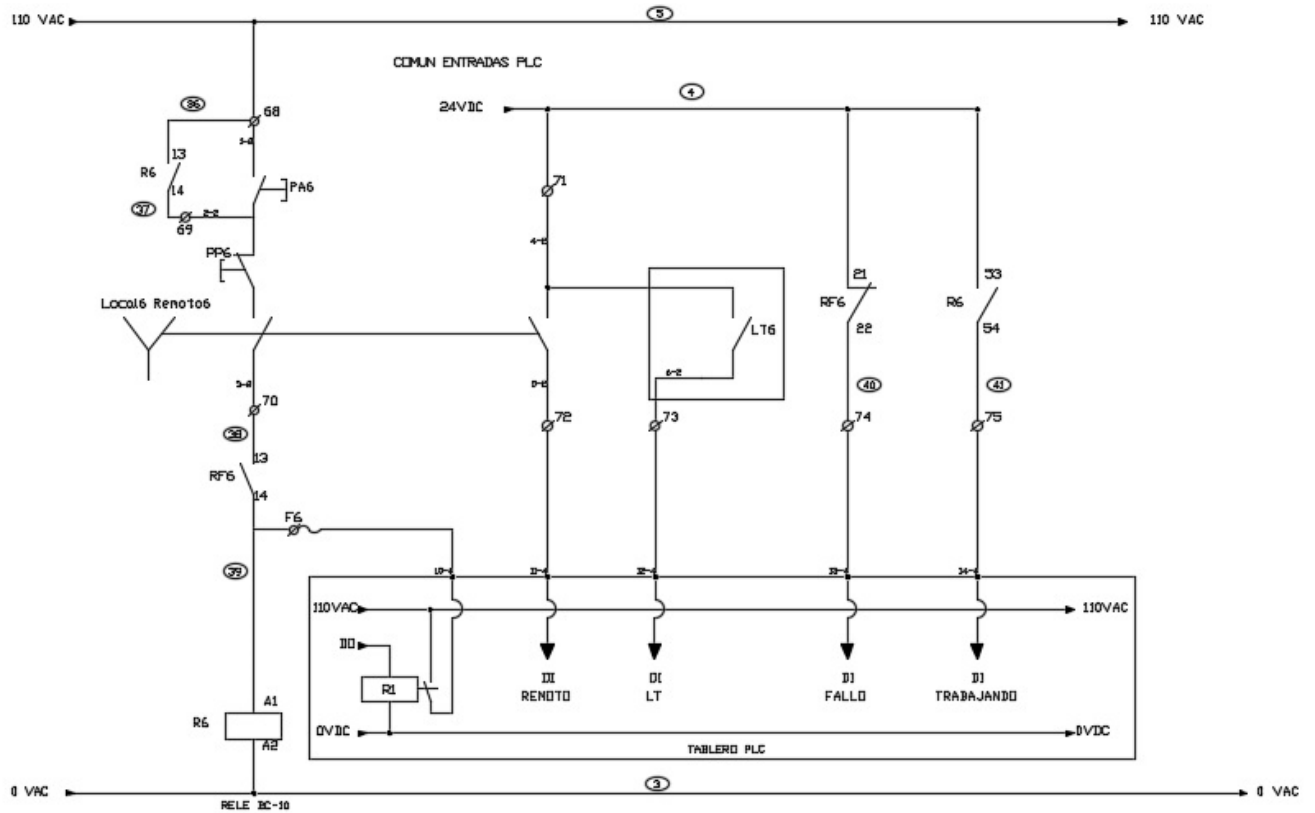


Ilustración 22 Control arranque suave

15.3 Etapa E3.

El GRAFCET de producción de segundo nivel. Debido a que el PLC que se empleó, permite la implementación del lenguaje SFC (Diagrama de funciones secuenciales, también llamado GRAFCET) de acuerdo a la norma IEC 61131-3, por lo tanto, no es necesaria ya que esta etapa se puede realizar directamente en el PLC.

15.4 Etapa E4.

Descripción de los estados necesarios para el automatismo del proceso de cargue y descargue de granos.

Los estados necesarios para el automatismo de cargue y descargue de grano son los siguientes:

GRUPO A

- A1, parada en el estado inicial
- A2, parada solicitada al final del ciclo
- A6 puesta del sistema en el estado inicial

GRUPO F

F1, producción normal

F2, marca de preparación

F4, marcha de verificación sin orden

GRUPO D

D1, Parada de emergencias

D2, Diagnóstico y/o tratamiento de fallos

D3, Producción a pesar de los defectos

15.5 Etapa E5.

Definir sobre GEMMA los caminos de evolución entre los distintos estados necesarios para el automatismo del proceso de cargue y descargue de granos (ver Ilustración 23).

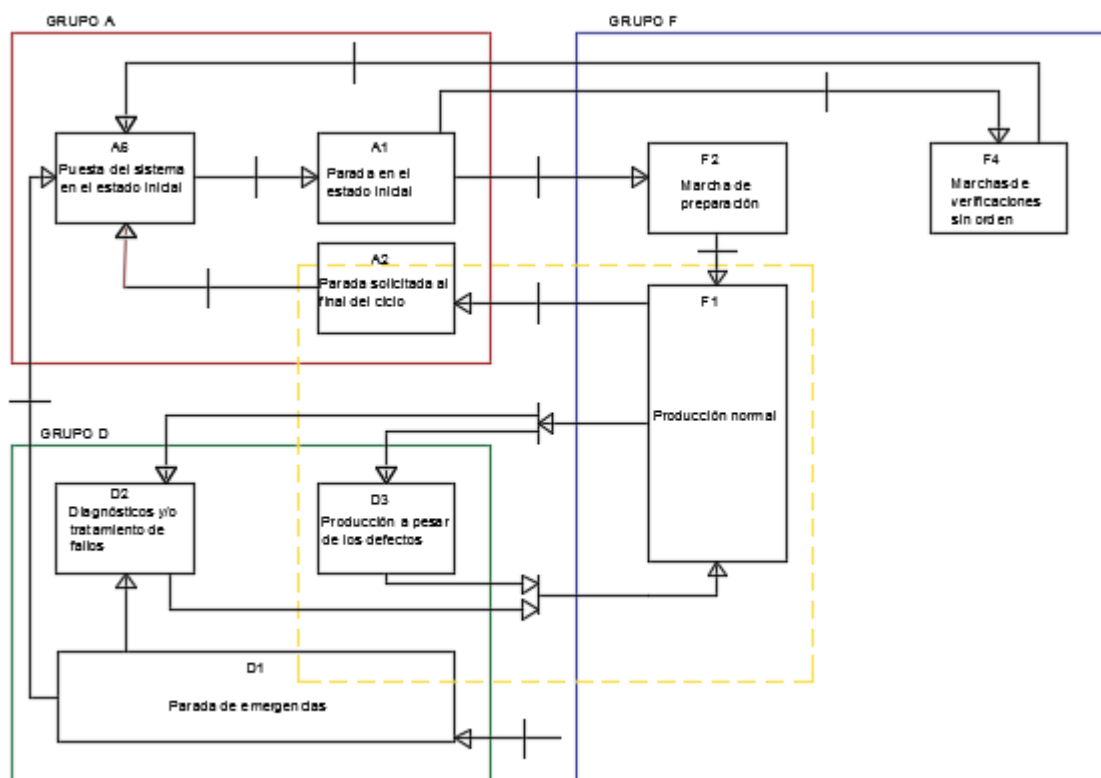


Ilustración 23 Caminos de evolución guía gemma.

15.6 Etapa E6.

Diseño de los elementos que componen el pupitre del operador y su ubicación necesarios para el automatismo del proceso de cargue y descargue de granos.

Los diseños de las pantallas y las ventanas emergentes que hacen parte del pupitre se pueden observar en el Anexo 1.

15.7 Etapa E7.

Definir sobre GEMMA las condiciones de evolución entre los distintos estados.

En el siguiente grafico se puede ver las condiciones de evolución entre los diferentes estados asociados al sistema (ver Ilustración 24).

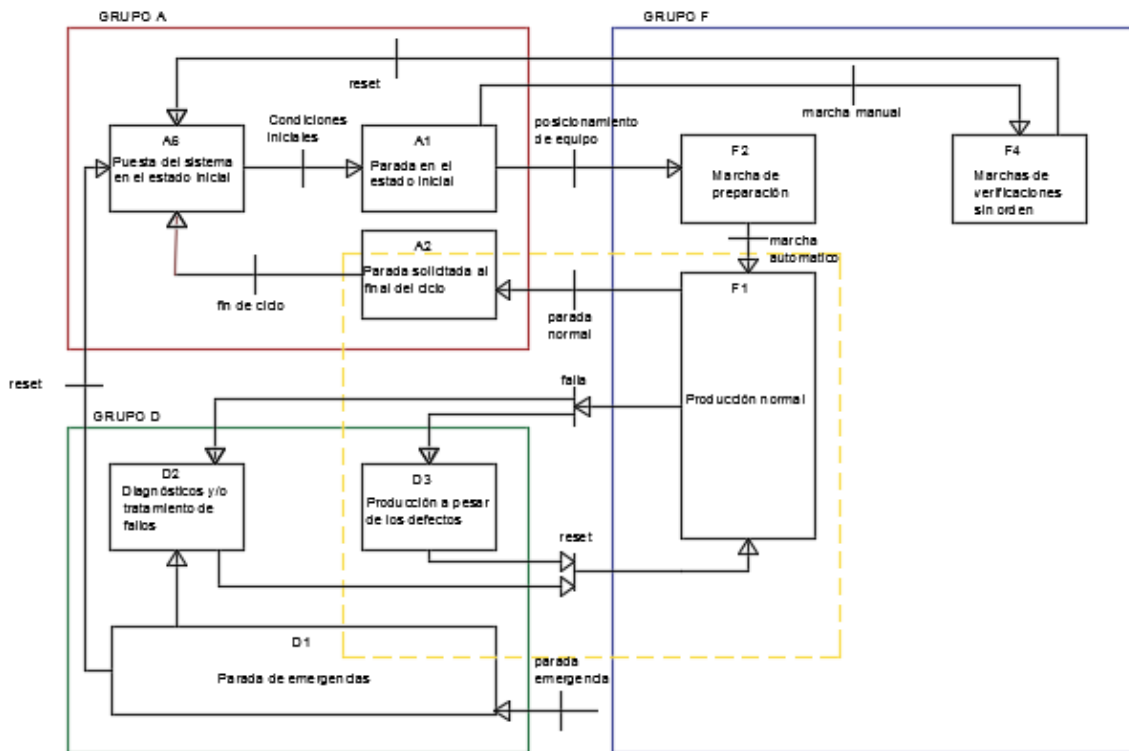


Ilustración 24 Condiciones de evolución guía gemma

Debido que existen numerosas rutas para pasar del estado inicial (A1) al estado de producción F1, en la parte inferior se tiene la matriz de rutas con las diferentes condiciones que se requiere para cada una.

Tabla 7 Matriz de elementos y rutas

		ELEVADORES							TRANSPORTADORES DE CADENAS						BANDAS TRANSPORTADORAS						DESVIADORES DE 2 VIAS				BAS		
DESCARGUE SILOS	CARGUE SILOS	EC-01	EC-02	EC-03	EC-04	EC-05	EC-06	EC-07	TC-01	TC-02	TC-04	TC-06	TC-09	TC-12	BC-03	BC-04	BC-05	BC-06	BC-10	BC-12	BC-14	V2V-01	V2V-02	V2V-03	V2V-04	BP-01	BP-02
		RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5	RUTA 6	RUTA 7	RUTA 8	RUTA 9	RUTA 10	RUTA 11	RUTA 14	RUTA 13	RUTA 15	RUTA 16	RUTA 17	RUTA 18	RUTA 19	RUTA 20							

											DESCARGA FINAL			GUILLOTINAS ELÉCTRICAS											DESCARGA		AREA	DESDE	HASTA										
BP-03	BP-04	DI-03	DI-04	DI-05	DI-06	DI-07	DI-08	DI-16	DI-17	DF-01	GE-04	GE-05	GE-06	GE-07	GE-08	GE-09	GE-10	GE-11	GE-12	GE-22	GE-23	AREA	DESDE	HASTA															
																									DESCARGAS INTERMEDIAS														
X																																							
X																																							
X																																							

15.7.1 Diagrama de flujo general de las rutas del sistema.

El sistema está conformado con rutas de cargue bodega y descargue de bodegas y silos, lo cual cuenta con un modo automático y un modo manual.

Si se desea trabajar una ruta en el modo automático, se debe tener en cuenta primero que todo, que de las condiciones iniciales del sistema tales como el automático de cada elemento, los estados de las basculas, condiciones de las compuertas, paradas de emergencias, fallos, cadenas de seguridad, se encuentren en estado operativo.

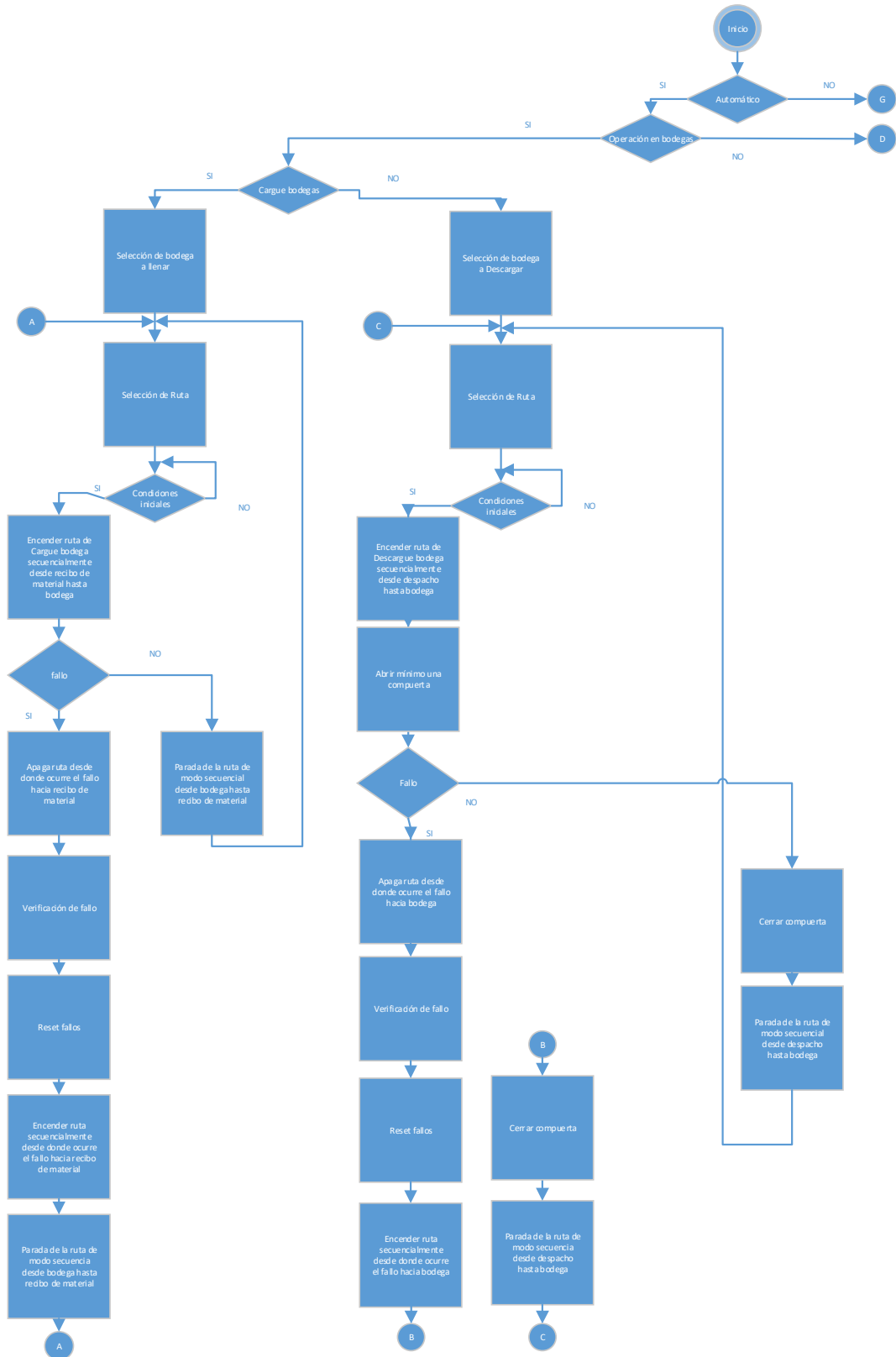
Cumpliendo estas condiciones y eligiendo la ruta que se desea trabajar, se puede encender el sistema secuencialmente motor por motor de adelante hacia atrás.

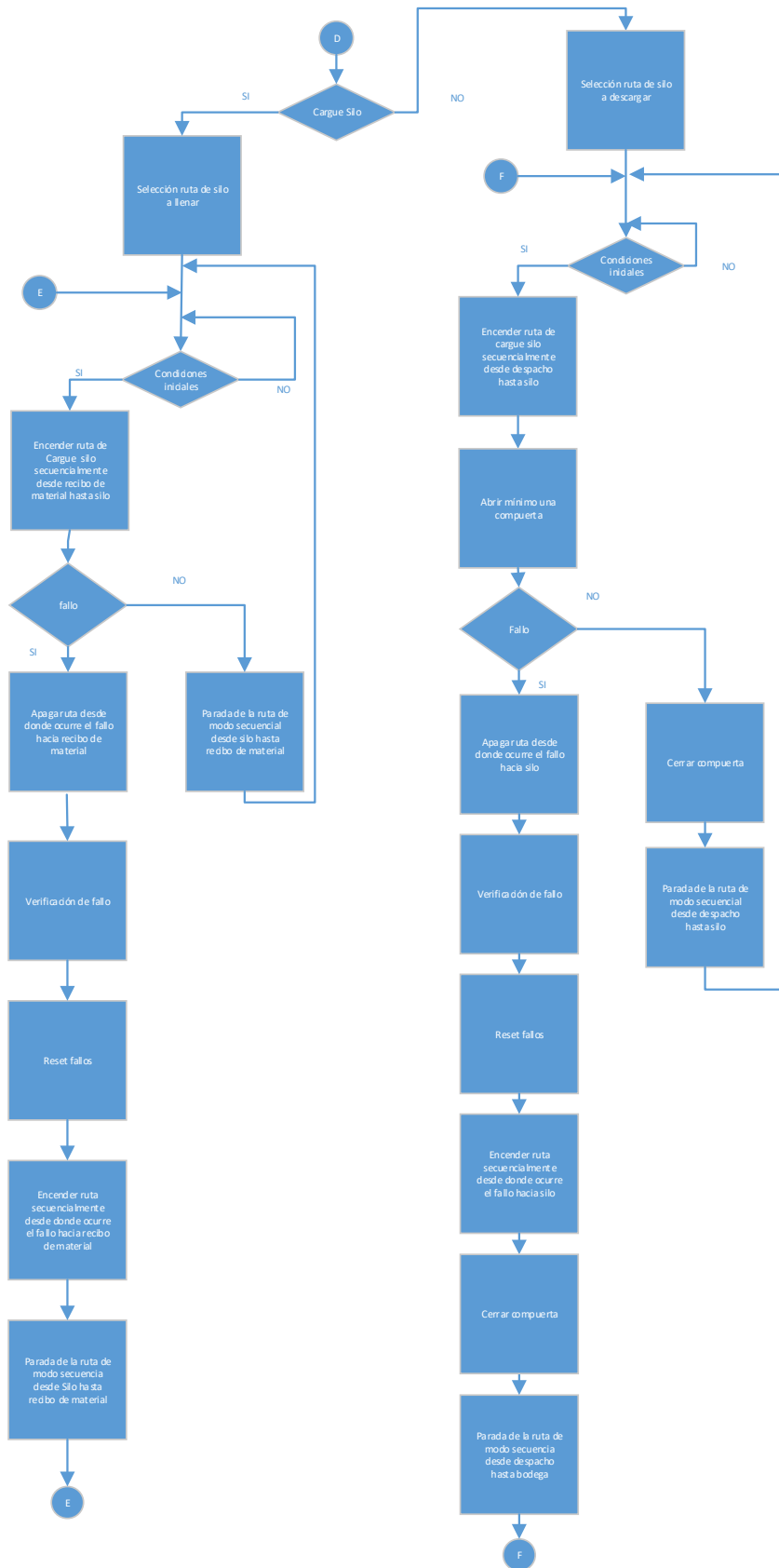
Estando trabajando la ruta y llegase a presentarse un fallo ya sea por rotación, atasque etc. Los motores deben apagarse desde donde se origina la falla hacia atrás, quedando en operación los motores hacia delante de la falla para evacuar el producto.

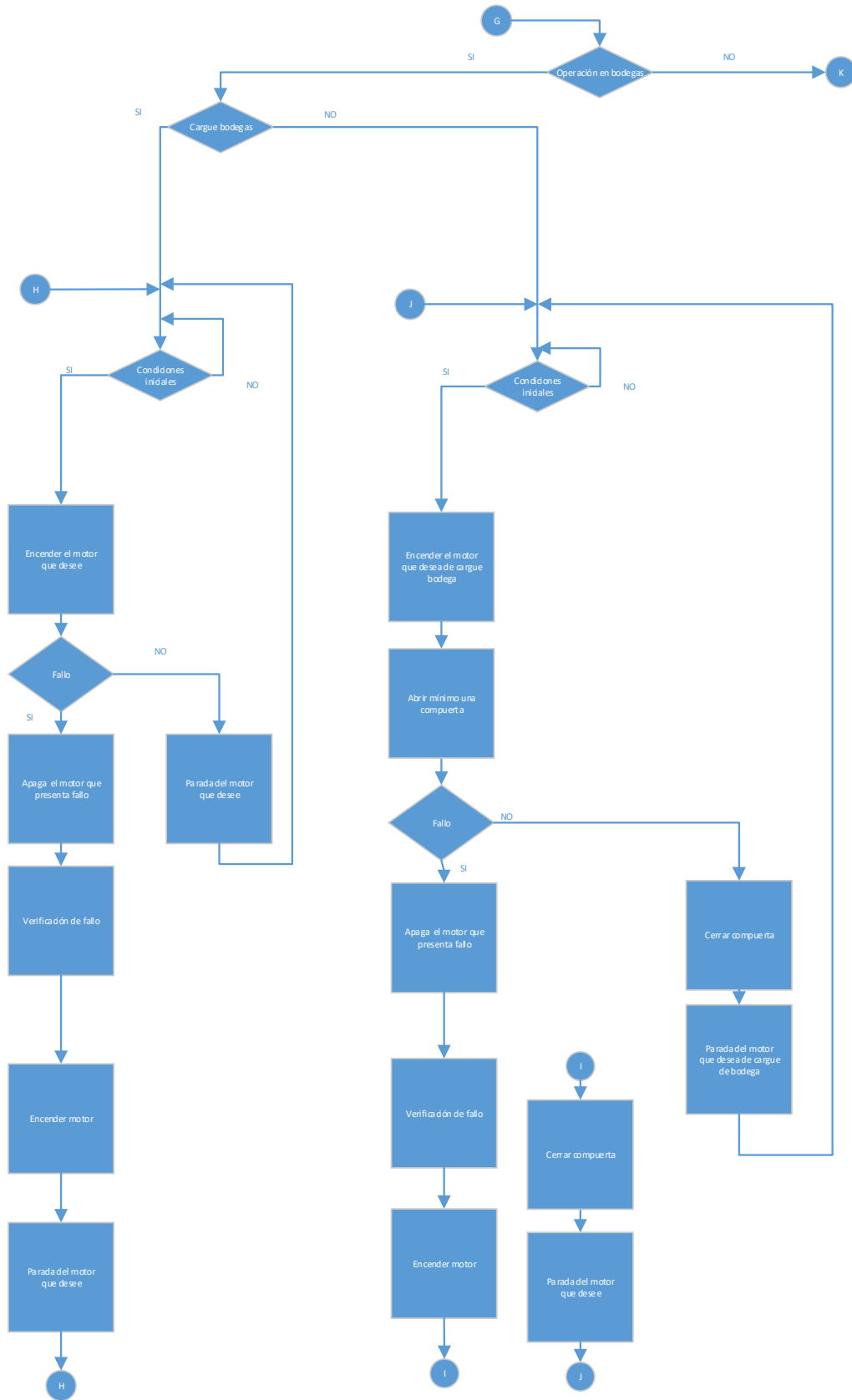
Cuando se corrige la falla se procede a dar automático para encender de manera secuencia los motores que se habían detenido, dejando el sistema normalizado. Si se presenta una parada de emergencia todos los motores se apagan.

Cuando se desea de tener la ruta se deben presionar parada y los motores se apagarán secuencialmente de atrás hacia adelante (ver Ilustración 25).

En modo manual se de tener en estado operativo las condiciones iniciales, y se puede encender el motor que se desea trabajar con su seguridad (sensores asociados al motor).







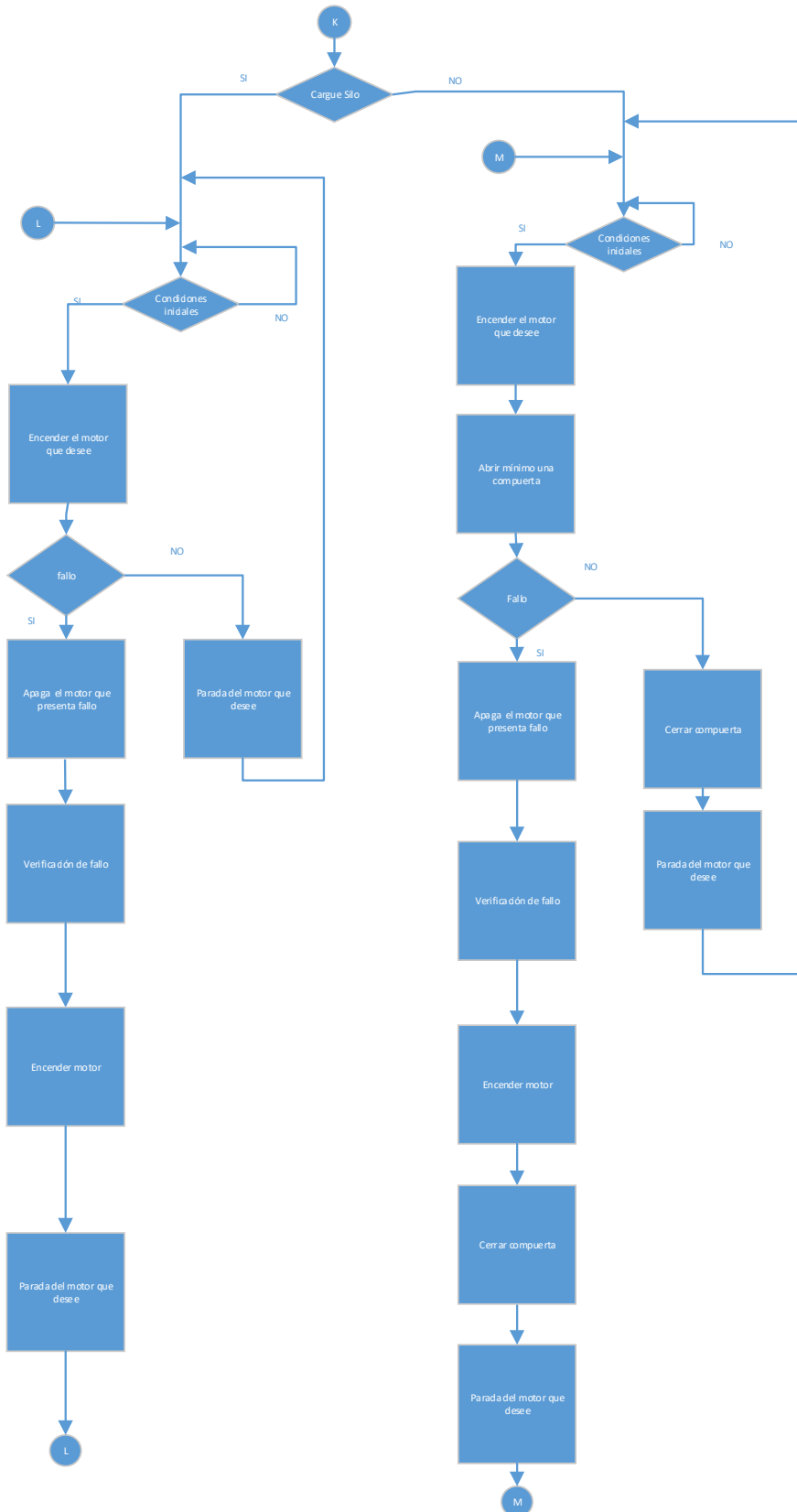


Ilustración 25 Diagrama de flujo general

15.7.2 Diagrama de flujo descarga de silo.

Si se desea trabajar una ruta en la descarga de silos, se evalúa los motores que hacen parte de esta ruta, la cual está comprendida por una compuerta GE-25, dos transportadores de cadena tales como TC-03, TC-04, un elevador de cangilones EC-06 y una báscula BP-03 en el punto de despacho número 1.

Para que la ruta funcione se deben desarrollar los siguientes pasos.
Se debe seleccionar la ruta y verificar las condiciones iniciales; que los equipos se encuentren en estado operativo tales como:

Que la báscula BP-03 se encuentre en estado (OK), el paro de emergencia de la báscula que no se encuentre accionado.

Que el elevador EC-06 este en modo automático y no presente fallos.

Que el transportador de cadenas TC-03 este en modo automático, no presente fallo, y que el paro de emergencia del transportador no se encuentre accionado

Que el transportador de cadenas TC-04 este en modo automático, no presente fallo, y que el paro de emergencia del transportador no se encuentre accionado

Que todas las compuertas tales como GE-22, GE-23, GE-24, GE-25, deben de estar cerradas

Que las válvulas estén en estado remoto

Que el mecanizado se encuentre en estado remoto

Que el transportador TC-03 se encuentre en estado remoto

Cuando se tengan todas estas condiciones iniciales, se procede al arranque de la ruta encendiendo equipo por equipo secuencialmente de la siguiente manera:

Enciende elevador de cangilones EC-06

Después de un tiempo enciende transportador de cadena TC-04

Después de un tiempo enciende transportador de cadena TC-03

Y por último abrir compuerta GE-25

Si se presenta cualquier falla tales como atasque, fallo por guardamotor o arrancador, fallo LT, el sistema se apaga desde donde ocurrió la falla hacia atrás (hacia donde esta saliendo producto, osea la compuerta).

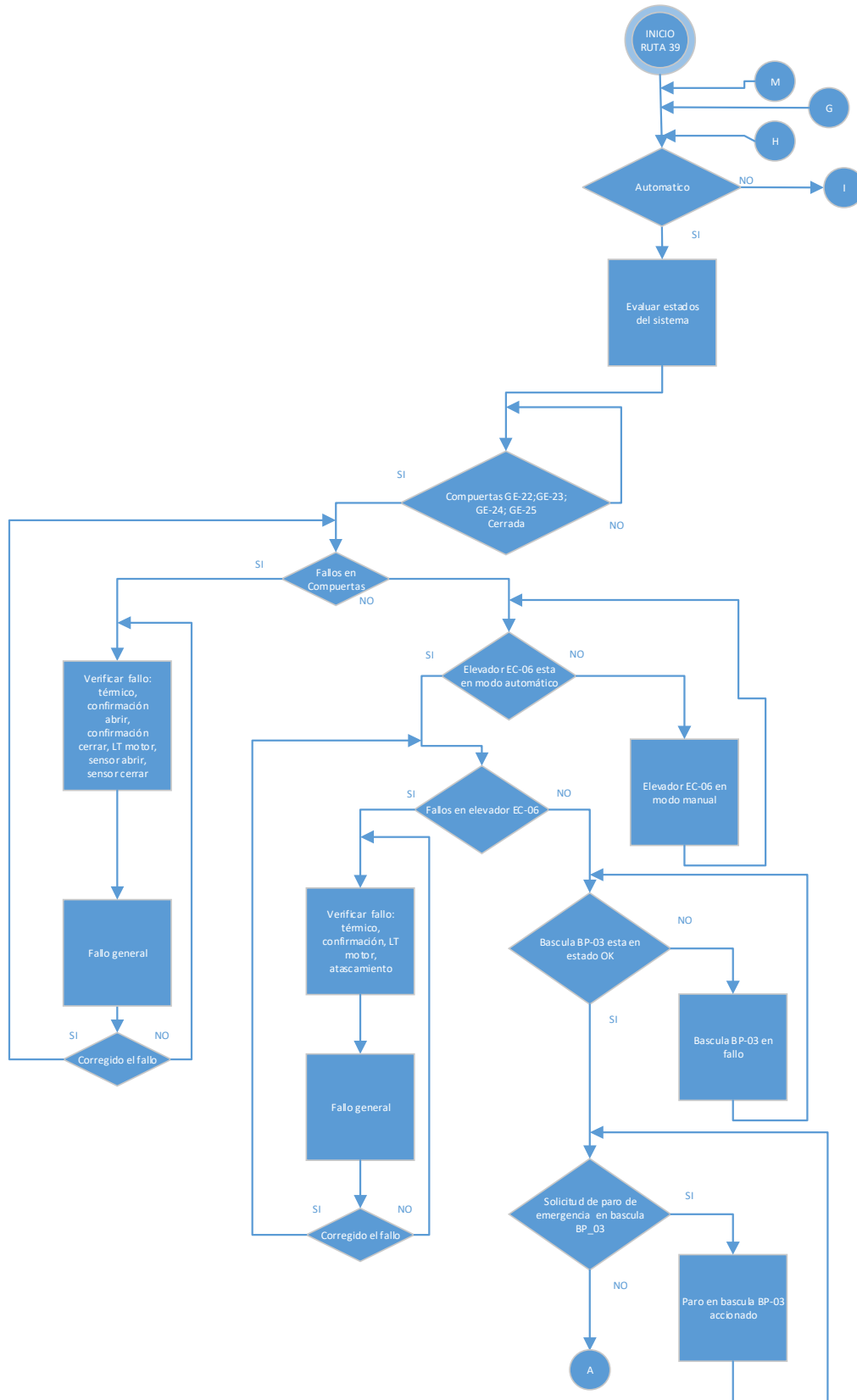
Si la cadena de seguridad la deshabilitan (modo auto en serie de los equipos que intervienen en el mecanizado o las valvulas) el sistema se apaga completamente, al igual que si se presenta fallo bascula, el sistema reacciona de igual forma (se apaga completamente).

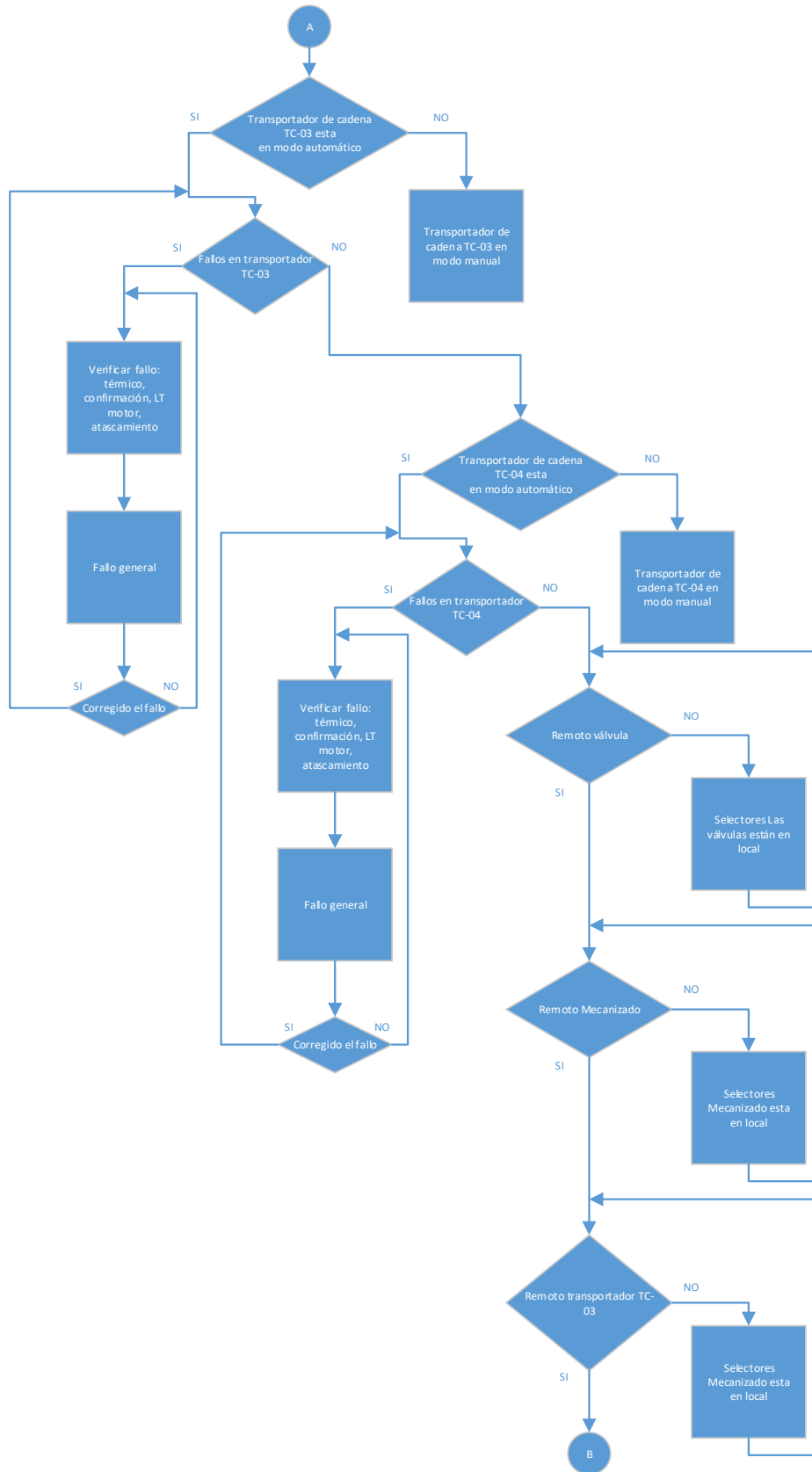
Si ocurrió un fallo como por ejemplo atasque, se apagan los equipos desde donde ocurre hacia atrás, después de corregir el fallo, para proceder el arranque completo de la ruta se presiona primero reset fallos para verificar que el fallo fue corregido y después arranque auto, así el sistema enciende desde la parte donde ocurrió el fallo hacia atrás.

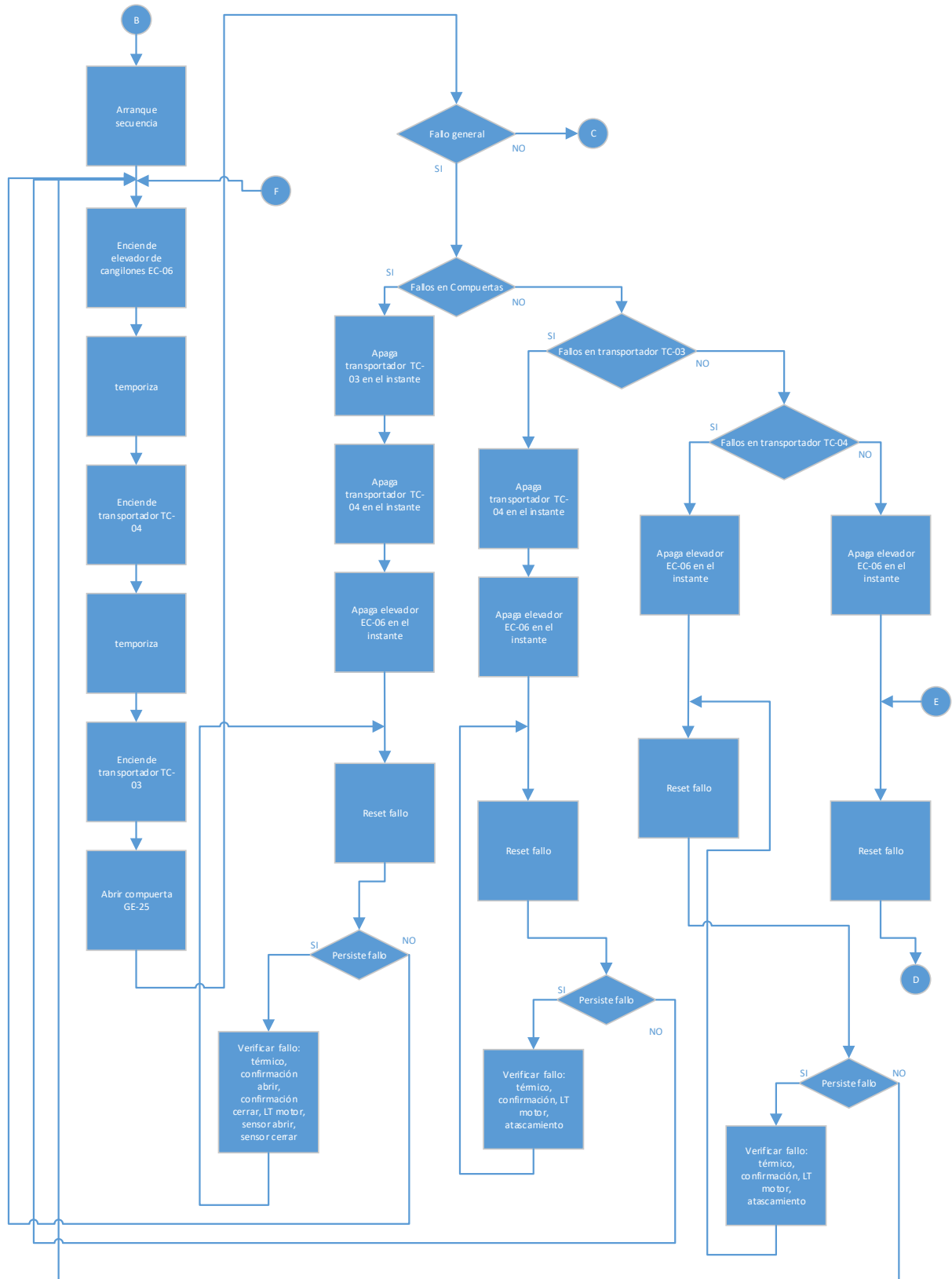
Cuando se presenta algún inconveniente y se requiere Parar la ruta totalmente, se presiona el paro de emergencia y la línea se apaga completamente.

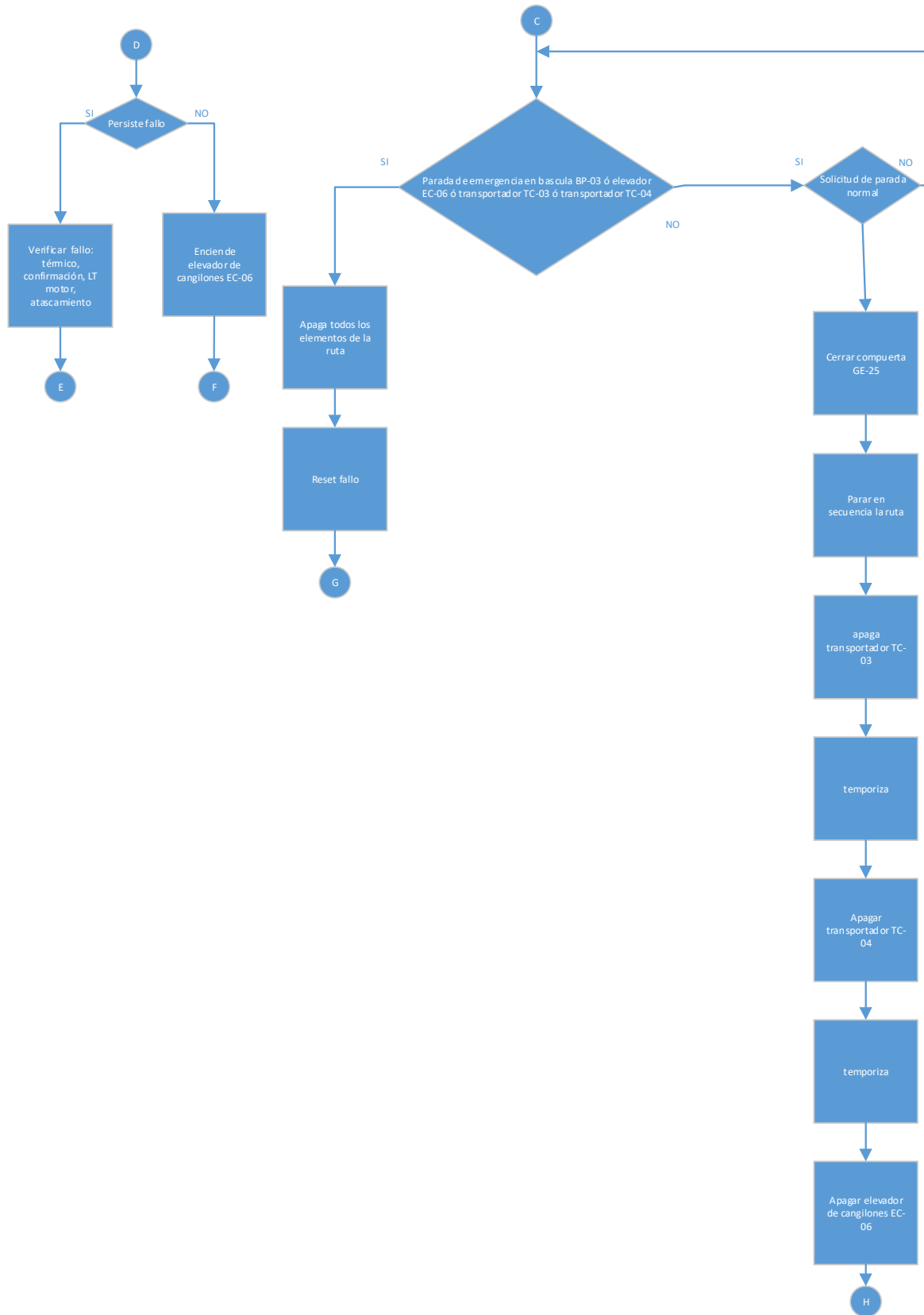
Si se quiere apagar la ruta de forma normal, primero se comienza cerrando compuerta GE-25, después se presiona paro auto y comienza a apagar equipo por equipo en forma inversa al encendido. Esto quiere decir que comienza apagando el transportador de cadena TC-03 y un tiempo después el transportador de cadena TC-04, un tiempo más tarde el elevador de cangilones EC-06 (ver Ilustración 26).

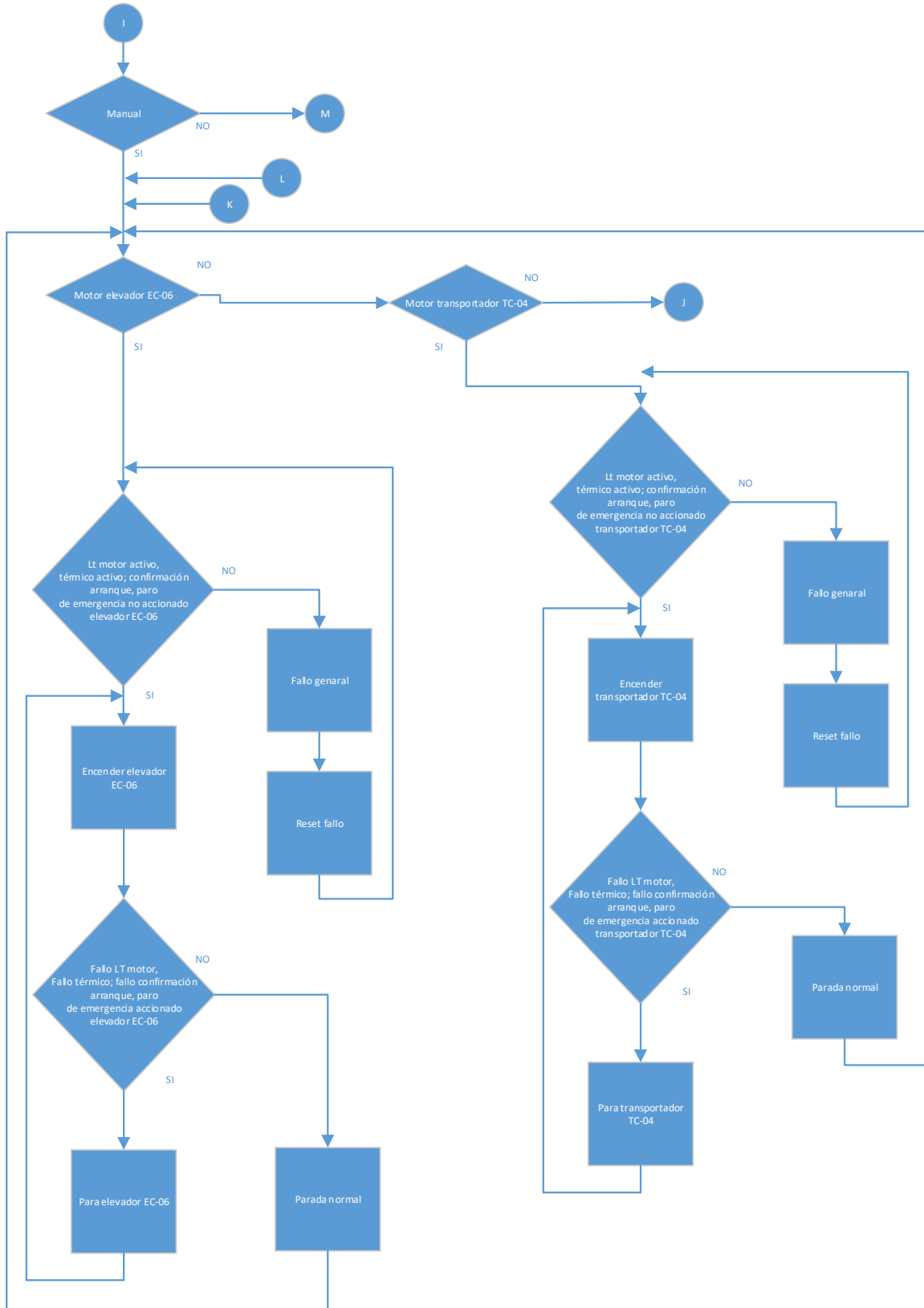
Para operar en modo manual se deben de cumplir las condiciones iniciales citadas en la parte superior de la ruta y encender y apagar el equipo que se desea trabajar.











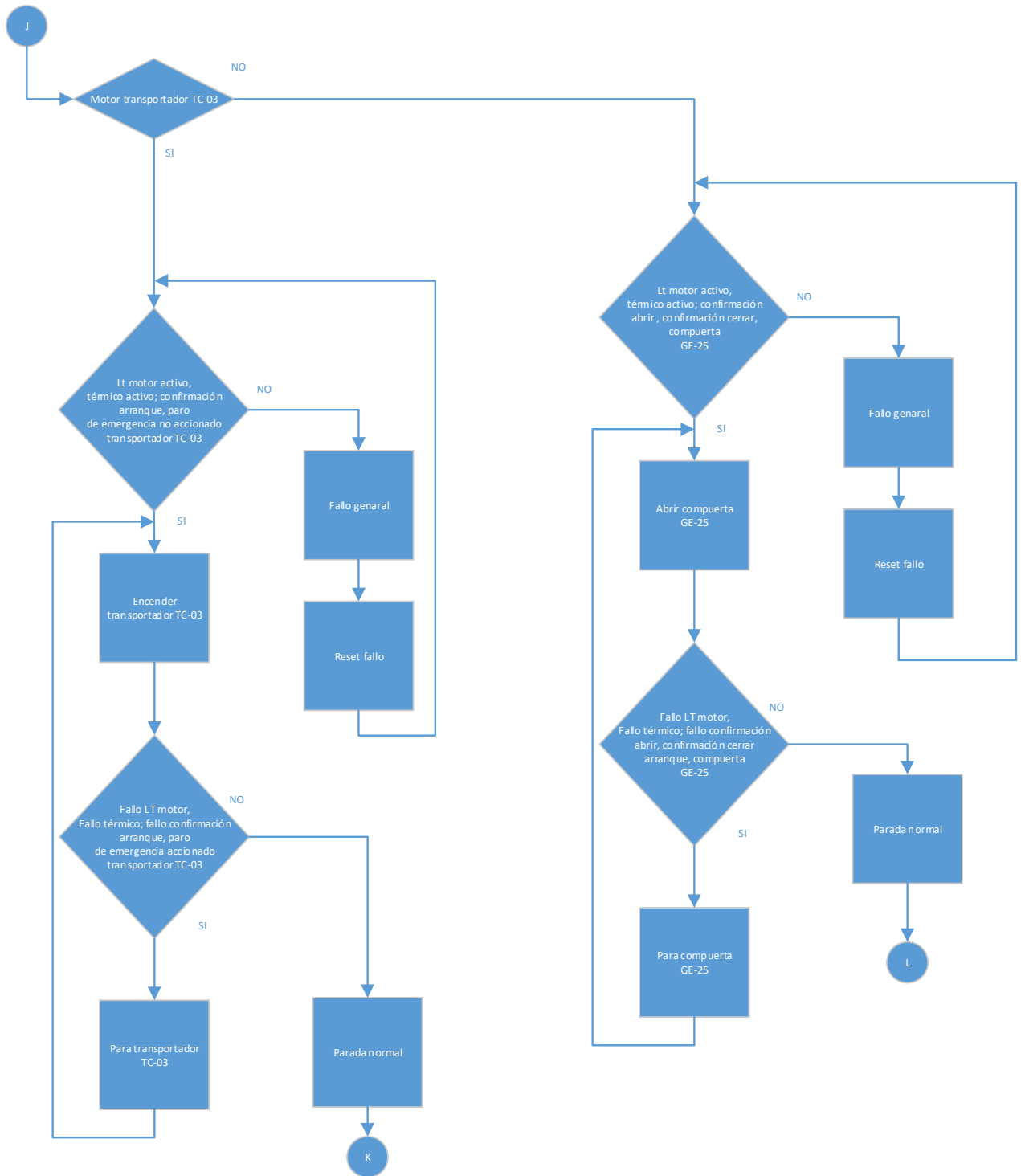


Ilustración 26 Diagrama de flujo ruta descargue silo

15.8 Etapa E8.

GRAF CET completo de segundo nivel

La etapa E8 del Graf cet de segundo nivel, está incluida con la etapa E10 Graf cet de tercer nivel, debido que el software (STEP 7) utilizado para programar el PLC utiliza en el bloque de Graf cet integrar las dos etapas ver anexo 2.

15.9 Etapa E9.

Escoger la tecnología de control: número de autómatas programables tipos de entrada salidas, bus de comunicación.

15.9.1 Selección de PLC

El PLC seleccionado para esta aplicación fue un PLC S7 300, un PLC de tipo modular que permite implementar configuraciones centralizadas en un solo rack y descentralizadas mediante los módulos de interfaz ET200 y los buses de campo PROFIBUS DP o PROFINET (Ilustración 27).

Este PLC posee una CPU 315-2 PN/DP, CPU con 384Kbyte de memoria central, primera interface MPI/DP, dos interfaces Ethernet Profinet, requiere de Micro Memory Card, 5 módulos de 32 entradas digitales a 24VDC ref. 321-1BL00-0AA0 y 3 módulos de 32 salida digital a 24VDC ref. 322-1BL00-0AA0 (ver Tabla 8 Tabla 8 Módulos y direcciones de la estación central.).

Tabla 8 Módulos y direcciones de la estación central.

CCM 1 -- RACK PLC				
SLOT	REFERENCIA EXACTA	DESCRIPCION DEL MODULO	DIRECCIONES ENTRADAS (BYTE)	DIRECCIONES SALIDAS (BYTE)
3	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	0..3	
4	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	4..7	
5	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	8..11	
6	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	12..15	
7	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	16..19	
8	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		0..3
9	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		4..7
10	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		8..11

Generalmente una periferia descentralizada ET200, que es un dispositivo de periferia modular con grado de protección IP20 (Protección contra objetos sólidos con \varnothing de 15,5

mm y superior), esta presenta la técnica de montaje del sistema de automatización s7 300 y se compone del IM153-4 HF y módulos periféricos de entrada y salidas (ver Ilustración 27).



Ilustración 27 Composición de estación descentralizada ET-200

La primera estación descentralizada está compuesta por:

La primera estación descentralizada ET-200, compuesta por un IM153-4 HF, 5 módulos de 32 entradas digitales a 24VDC ref. 321-1BL00-0AA0 y 1 módulos de 32 salida digital a 24VDC ref. 322-1BL00-0AA0 como muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 1

CCM 1 -- ET200 EXTERNA (1)				
SLOT	REFERENCIA EXACTA	DESCRIPCION DEL MODULO	DIRECCIONES ENTRADAS (BYTE)	DIRECCIONES SALIDAS (BYTE)
3	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	20..23	
4	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	24..27	
5	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	28..31	
6	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	32..35	
7	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	36..39	
8	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		12..15

La estación descentralizada 2, al igual que la primera tiene una ET200 compuesta por un IM153-4 HF y módulos periféricos de entrada y salidas, 4 módulos de 32 entradas digitales a 24VDC ref. 321-1BL00-0AA0 y 1 módulos de 32 salida digital a 24VDC ref. 322-1BL00-0AA0 (ver Tabla 10).

Tabla 10 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 2

CCM 2 -- ET200 INTERNA (2)				
SLOT	REFERENCIA EXACTA	DESCRIPCION DEL MODULO	DIRECCIONES ENTRADAS (BYTE)	DIRECCIONES SALIDAS (BYTE)
3	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	70..73	
4	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	74..77	
5	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	78..81	
6	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	82..85	
7	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		50..53

La estación descentralizada 3, está compuesta por una ET-200, al igual que las estaciones anteriores, IM153-4 HF y módulos periféricos de entrada y salidas, 2 módulos de 32 entradas digitales a 24VDC ref. 321-1BL00-0AA0 y 1 módulos de 32 salida digital a 24VDC ref. 322-1BL00-0AA0 (ver Tabla 11).

Tabla 11 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 3

CCM 3 -- ET200 INTERNA (3)				
SLOT	REFERENCIA EXACTA	DESCRIPCION DEL MODULO	DIRECCIONES ENTRADAS (BYTE)	DIRECCIONES SALIDAS (BYTE)
3	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	40..43	
4	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	44..47	
5	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		16..19

La estación descentralizada 4, está compuesta por una ET-200, al igual que las estaciones anteriores, IM153-4 HF y módulos periféricos de entrada y salidas, 2 módulos de 32 entradas digitales a 24VDC ref. 321-1BL00-0AA0 y 1 módulos de 32 salida digital a 24VDC ref. 322-1BL00-0AA0 (ver Tabla 12).

Tabla 12 Módulos y direcciones de la estación descentralizada 4

CCM 3 -- ET200 EXTERNA (4)				
SLOT	REFERENCIA EXACTA	DESCRIPCION DEL MODULO	DIRECCIONES ENTRADAS (BYTE)	DIRECCIONES SALIDAS (BYTE)
3	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	48..51	
4	321-1BL00-0AA0	SM 321 DI32xDC24V	52..55	
5	322-1BL00-0AA0	SM 322 DO32xDC24V/0.5A		20..23

15.9.2 Selección de sistema de comunicación

Para la selección del sistema de comunicación se tuvo en cuenta que la red ofrezca una capacidad de tener I/O distribuidas, que integre toda la tecnología de Ethernet ya conocida para el medio industrial, pero aplicada a control: arquitecturas de redes versátiles con el uso de Switches, diagnóstico y monitoreo por medio de protocolos estándar como SNMP, integración directa al mundo informático [34].

Actualmente Profinet es la red con mayor auge y que cumple con las características requeridas, debido a que se basa en el estándar Ethernet, pero con mejoras en sus capacidades para satisfacer las condiciones mucho más exigentes que se encuentra típicamente en este proceso.

En Profinet se ha hecho una optimización de la transmisión a nivel de capa 2 para los telegramas de control, tarea que se ejecuta en el microprocesador del dispositivo proveedor y consumidor; así se puede configurar la prioridad de esos datos y permitirles convivir con los telegramas de protocolos informáticos como TCP/IP, manteniendo la misma conexión y permitiendo lograr determinismo en el manejo de la información crítica para el proceso.

El diseño de la red de comunicación comprende dos aspectos importantes:

1. Determinación de la arquitectura de red y componentes físicos.
2. Parametrización pruebas y puesta a punto de la red.

15.9.3 La arquitectura del sistema

Teniendo en cuenta que los componentes, tanto de almacenamiento, como de transporte de grano se encuentran distribuidos en un área geográfica importante, se hace conveniente la utilización de periféricas descentralizadas para ser ubicadas estratégicamente de tal forma que queden lo más cerca posible a los elementos de fuerza y control y de esta forma poder reducir la cantidad de cable de fuerza y control, por lo tanto, el sistema de automatización se seleccionó como se describe a continuación.

Un PLC principal con cuatro periféricas descentralizadas para el procesamiento, y para la interfaz hombre máquina un servidor con tres clientes (ver Ilustración 28).

Un PLC principal, y cuatro estaciones descentralizadas (estaciones que permiten tener módulos de entradas y salidas, enviar (entradas) y traer (salidas) información desde el PLC central), estas estaciones se utilizan para recoger la señal del elemento de campo más cercana para ahorrar cable y reducir la cantidad los sistemas de conducción y son enviadas al PLC por medio de la red de comunicación ver (Ilustración 28).

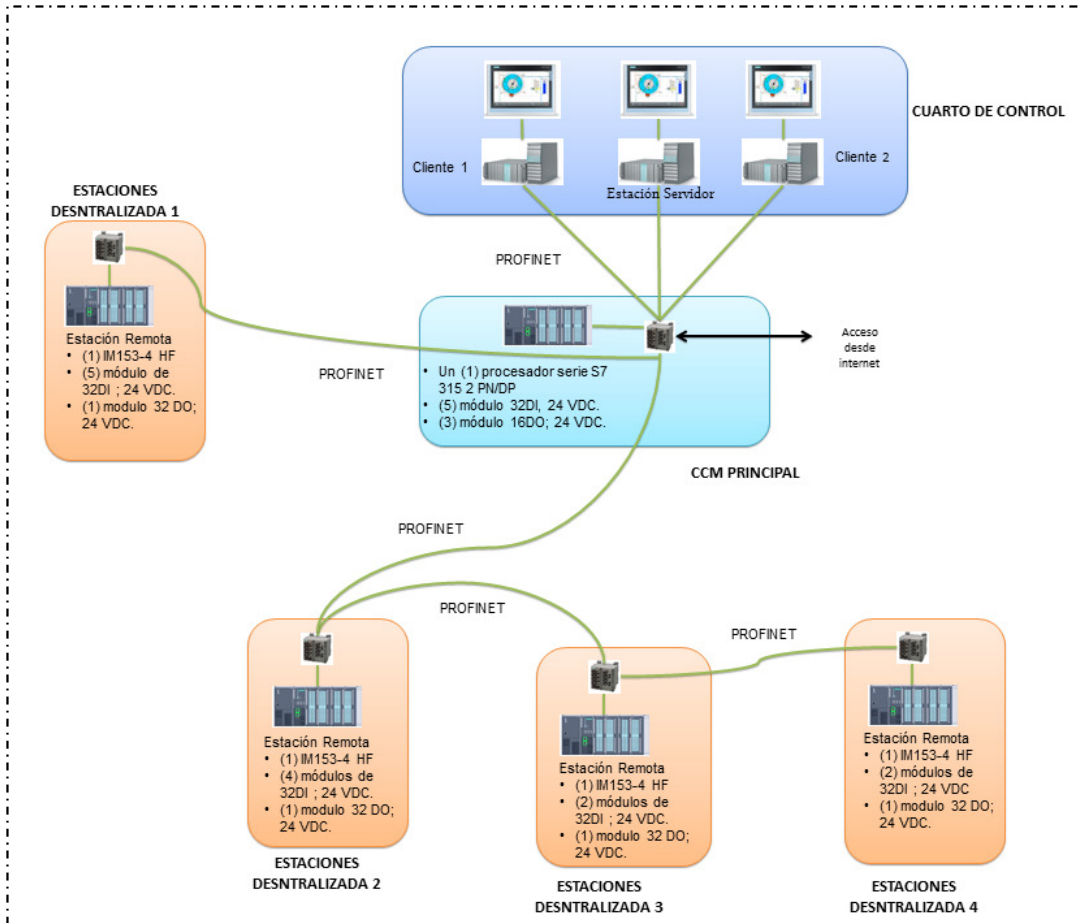


Ilustración 28 Arquitectura de comunicación

15.10 Etapa E10.

Representar el GRAFCET de tercer nivel concreto (nivel de autómatas)

Para la realización del programa la párate automática (secuencia) se maneja en cuatro bloques, las cuales son:

1. Cargue de bodegas
2. Descargue de bodegas
3. Cargue silos
4. Descargue silos

Cada bloque es un FB basado en el lenguaje GRAFCET, y dentro de cada uno de ellos hay varias cadenas (varios GRAFCET), donde el primer GRAFCET se encarga del arranque automático, y de acuerdo a la ruta que se seleccione se activan determinados elementos de la cadena.

Las demás cadenas vigilan elementos por elementos, si estas presentan en fallo apaga los demás elementos hacia atrás

Las demás cadenas vigilan elementos por elementos que se encuentran contenidas en las rutas, si se presenta una falla apaga todos los motores que está implicados en esa ruta hacia atrás. (Ver anexo 2.)

15.11 Etapa E11.

Instalación, implementación y simulación

16 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Para la programación se optimizó la cantidad de TAG tanto en el PLC como en el SCADA utilizando el método de enmascaramiento.
- Minimiza el impacto de las fallas del sistema, debido que si hay una anomalía en la secuencia apaga desde donde se produce el fallo hacia la fuente de donde vienen el producto
- La visualización de las operaciones es muy detallado y completo para que el operario pueda controlar el sistema y visualizar los estados de cada motor por medio de la implementación de ventanas emergentes y pantallas de ayuda para la validación del cumplimiento, o no de las condiciones iniciales para las rutas.
- Como las estaciones descentralizadas se ubicaron cerca al sitio donde se encontraban los instrumentos, lo permite que el cableado que se requiere para llevar las señales hacia el PLC se reduzca, debido a que los datos se envían por comunicación desde la estación hacia el PLC.
- La implementación de la arquitectura cliente servidor permitió la facilidad para controlar varias rutas simultáneamente ya que en cada cliente se puede observar una parte diferente de cada proceso.
- La selección del PLC permitió dar confiabilidad al puerto debido que es un equipo muy robusto tanto en capacidad de procesamiento como en comunicación.

17 CONCLUSIONES

- Se seleccionaron los componentes de fuerza, instrumentación y control que permiten realizar una operación y monitoreo eficiente del sistema debido a que se realiza un manejo del puerto vigilando todas las condiciones de seguridad y operación adecuada del sistema para optimizar los tiempos de operación y minimizar los tiempos muertos.
- Se identificaron todas las etapas del sistema portuario, las cuales se tuvieron en cuenta dentro del control para que este realice una operación muy eficiente del puerto, vigilando todos los posibles fallos que afecten la disponibilidad del puerto y bajo ciertas circunstancias, permitiendo un funcionamiento a pesar de algunas anomalías que se puedan presentar en el proceso.
- Se diseñaron los módulos de marcha, producción y seguridad de control con base a la guía GEMMA. Para el módulo de marcha se crearon bloques de programa que se en cargan de vigilar todas las condiciones de seguridad de cada motor, debido a que desde el punto de vista lógico muchos motores eran similares por lo tanto estos módulos se crearon en forma de plantilla, las cuales una vez realizada se llamaban y se le asignaban los parámetros específicos de cada motor, permitiendo el ahorro de tiempo a la hora de programar. Para el módulo de producción se empleó el Grafset para toda la parte secuencial y operativa del sistema; como el software de programación del PLC permite emplear el lenguaje SFC, esto facilitó la optimización de tiempo de programación y facilitó la depuración del programa, ya que por ser un lenguaje dinámico-gráfico permite hacer un seguimiento más fácil del sistema.
- El seleccionar la red de comunicación Profinet, esto facilitó la integración entre los componentes del sistema supervisor (servidor-cliente) y el sistema de control (PLC y estaciones descentralizada), dando una buena confiabilidad puesto que no se interrumpe fácilmente la comunicación de datos entre los diferentes componentes de control.
- Se implementaron interfaces que permiten visualizar el estado del sistema, siendo este muy amigable con el usuario, permitiéndole el monitoreo de cada ruta que compone el sistema.

18 BIBLIOGRAFIA

- [1] INCOPLAN, «Simco.gov.co,» 15 Febrero 2010. [En línea]. Available: <http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=dgTlfJa/ei4=&tabid=282>. [Último acceso: 7 Marzo 2015].
- [2] A. GONZALES MARTINEZ y A. M. DIEZ SUÁREZ, Seguridad y protección medio ambiental en la gestión y supervisión en el montaje y mantenimiento de sistemas de automatización industrial, Leon: Ediciones Parainfo, S.A, 2014.
- [3] A. RODRIGUEZ PENIN, Sistemas SCADA-Guia Practica, Barcelona: Marcombo S.a, 2007.
- [4] R. MEHRA y V. VIJ, PLCs & SCADA:Theory and Practice, New Delhi: UNIVERSITY SCIENCE PRESS, 2011.
- [5] A. MIRAVETE y E. LARRODÉ, Transportadores y elevadores, Barcelona: REVERTÉ S.A, 1996.
- [6] A. NURIA, Redes de comunicaciones Industriales, Madrid: UNED, 2013.
- [7] G. L. FERNANDO y M. J. FREIRE SEOANE, Tráfico marítimo y economía global, La Coruña: Netbiblo, 2009.
- [8] L. A. ZULETA, «Portafolio.co,» 30 Julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.portafolio.co/opinion/analisis-la-modernizacion-los-puertos-colombia>. [Último acceso: 06 Abril 2015].
- [9] SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO , «Estudios de Mercado Sector Portuario Colombiano e incidencia de las políticas públicas en la SPRBUN,» SIC, Bogotá, 2013.
- [10] COMPAS S.A, «Terminal de Tolú,» Enero 2015. [En línea]. Available: <http://www.compas.com.co/instalaciones/terminaltol%C3%BA.aspx>. [Último acceso: 06 Abril 2015].
- [11] L. TRUJILLO y G. NOMBELA, Organización y Regulación de los Puertos, Gran Canaria: Universidad de las palmas de gran canaria, 1998.
- [12] P. BASTIAN, Electrotenia, Madrid: Ediciones AKAL, 2001.
- [13] R. PALLÁS ARENYS, Adquisición y Distribución de señales, Barcelona: Marcombo, 1993.
- [14] F. PERÉZ MARTÍNEZ, «catedraisdefe.etsit.upm.es,» 2011. [En línea]. Available: <http://catedraisdefe.etsit.upm.es/wp-content/uploads/2011/11/PDF-cuaderno-N%C2%BA-9.pdf>. [Último acceso: 01 05 2015].
- [15] R. MONZÓ, Automatismos Industriales. Conceptos y procedimientos, Valencia: Nau Libres, 2014.
- [16] J. DOMINGO PEÑA, J. GÁMIZ CARO, A. GRAU I SALDES y H. MARTÍNEZ GARCIA, Introducción a los Automatas Programables, Aragón: EditorialUOC, 2003.
- [17] J. HYDE, J. REGUÉ y A. CUDPINERA, Control Electroneumático, Barcelona: Marcombo, 1997.

- [18] J. BALCELLS y J. L. ROMERAL, Automatas programables, Barcelona: Marcombo s.a, 1997.
- [19] F. RODRIGUEZ DIAZ y M. BERENGUEL SORIA, Control y Robótica en agricultura, Almería: Universidad de Almería, 2004.
- [20] IEC, Programmable controllers - Part 3: Programming languages, Ginebra: EUROPEAN STANDARDS, 2013.
- [21] J. M. ACEVEDO, C. FERNANDÉZ SSILVA y J. I. ARMESTO QUIROGA, Automatización programables, Buenos Aires: Cengage Learning, 2008.
- [22] S. GALLARDO VAZQUEZ, Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas, Madrid: Parainfo S.A, 2013.
- [23] J. C. MARTIN y M. P. GARCIA, Automatizmos industriales, Editex, 2009.
- [24] Blog.UTP, «blog.utp.edu.co,» 01 08 2011. [En línea]. Available: <http://blog.utp.edu.co/ricosta/files/2011/08/1.-Ejemplo-Gu%C3%ADa-GEMMA.pdf>. [Último acceso: 02 05 2015].
- [25] P. POSADA y R. VILANOVA, Automatización de Procesos mediante la guía GEMMA, España: Editorial UPC, 2005.
- [26] SCHNEIDER ELECTRIC, «schneider-electric.com.co,» 1999. [En línea]. Available: <http://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>. [Último acceso: 20 04 2015].
- [27] J. VAZQUEZ P, «<http://jaimevp.tripod.com/>,» 1998. [En línea]. Available: http://jaimevp.tripod.com/Electricidad/Arranque_de_motores.htm. [Último acceso: 30 04 2015].
- [28] CEPAL, Las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) y la institucionalidad social, Santiago de Chile: United Nations Publications, 2005.
- [29] H. GUTIERREZ R. y Á. G. MUÑOZ, «Generación de diagramas ladder mediante el uso de redes de Petri difusas,» *Vinculos*, pp. 369-379, 2013.
- [30] SIEMENS, «Profinet,» NURNBERG, 2005.
- [31] SIEMENS, Comunicación industrial Catálogo IK PI, NURNBERG, 2012.
- [32] A. RODRÍGUEZ PENIN, Sistemas SCADAS, Barcelona: Marcombo, 2012.
- [33] R. MONZÓ, Sistemas SCADA, Barcelona: MARCAMBO, ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, 2007.
- [34] A. GORENBERG, «Electro Industria,» Junio 2006. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=510&tip=2>. [Último acceso: 30 Mayo 2015].