

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y
CARGA DE MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE
BALDOSAS CERÁMICAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

JOSÉ LUIS GALLARDO CHINCHAY

PROMOCIÓN

2004 - I

LIMA – PERÚ

2010

**CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y CARGA DE MATERIA
PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres
y hermanos quienes en todo
momento me apoyaron.

SUMARIO

Este trabajo describe la implementación de la automatización con PLC (Controlador lógico programable) del sistema de transporte y carga de materia prima de una fábrica de cerámica, la cual comprende el reemplazo del sistema con lógica cableada existente como parte del proceso de fabricación de baldosas cerámicas; es decir, el control y supervisión simultáneo de estos dos sistemas empleando PLC para el control y una pantalla HMI (Interfaz hombre máquina) para la supervisión.

El resultado de la automatización busca ser un prototipo técnico - económico que sirva como proyecto base a ser copiado, implementándose en las nuevas líneas de producción que se construirán en la fábrica de cerámica.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Objetivos del trabajo.....	2
1.3 Evaluación del problema.....	2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1 Antecedentes del problema.....	7
2.2 Bases teóricas.....	7
2.3 Definición de términos.....	8

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	12
3.1 Alternativas de solución	12
3.2 Solución del problema.....	18
3.3 Recursos humanos.....	28

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	29
4.1 Análisis de resultados obtenidos.....	29
4.2 Presupuestos y tiempos de ejecución	29
4.3 Análisis de costos.....	34

CONCLUSIONES	36
---------------------	-----------

ANEXO A.

Planos del cableado.....	38
--------------------------	----

ANEXO B.

Programa del PLC.....	46
-----------------------	----

ANEXO C.

Pantallas del HMI.....	72
------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	77
---------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

La industria de fabricación de baldosas cerámicas está dividida en cinco partes: transporte y carga de materia prima, Prensado y cocción, transporte de salida del producto, decoración y empaclado.

Una de las etapas importantes en la fabricación de baldosas cerámicas es la cocción, esta se realiza en hornos especiales. Empresas dedicadas a la industria de la cerámica como CELIMA, ROCA, TREBOL, SAN LORENZO compran estos hornos a fabricantes extranjeros ya que no se elaboran en el Perú, esto es debido al tratamiento especial de cocción que requieren los materiales que intervienen en la fabricación de baldosas cerámicas. Los hornos necesitan material en su interior para “cocinar”, por tanto la alimentación de materia prima de las Prensas que alimentan de cerámicos “crudos” a los hornos debe ser constante, esto se realiza a través de los sistemas de transporte y carga de materia prima a las Prensas.

Como parte de la modernización y ampliación del proceso para la fabricación de baldosas cerámicas, la empresa CERAMICA LIMA S.A. Adquirió un horno moderno para reemplazar el que tenía y solicitó la evaluación e implementación de un sistema automatizado con PLC para reemplazar el sistema de control de lógica cableada; precisando del diseño de un sistema de control y supervisión, moderno y eficiente para el transporte y carga de materia prima, que alimentara a las Prensas y que esta a su vez, alimentara al horno, el cual sería construido en su Planta N°1.

Se desarrolló un estudio con la finalidad de establecer las fallas que se producen durante las operaciones normales que se llevan a cabo en el sistema con lógica cableada, y así de esta forma, establecer las posibles soluciones.

Se plantearon dos alternativas de solución, de las cuales se seleccionó, en coordinación con el fabricante de baldosas cerámicas, aquella que presenta las mayores ventajas técnicas y económicas, para luego de 12 semanas de trabajo llegar a concluirse.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema.

El sistema de transporte y carga de materia prima de la fábrica de cerámica está automatizada con lógica cableada, este control se realiza a través de la conexión de los contactos de los diferentes elementos involucrados, ejecutándose secuencias de activación y desactivación de los diferentes elementos que permiten realizar el manejo del sistema.

Este sistema, implementado hace más de 20 años, no tiene la posibilidad de integración a las nuevas líneas de producción automatizadas con PLC de la fábrica. Si se produjera una falla en el funcionamiento del sistema, el operador no tiene la información necesaria que le permita identificarla de forma rápida y oportuna. Por otro lado, el sistema está diseñado de tal forma que siempre funciona en un determinado “estado fijo”, este “estado fijo” no permite un incremento de la producción cuando el proceso así lo requiera.

Se observa además en el sistema de lógica cableada que la falta de precisión en el momento de efectuar el llenado de “materia prima” a las Prensas origina derrames, ocasionando pérdidas en la producción y por lo tanto pérdidas en horas hombre.

1.2 Objetivos del trabajo.

Se plantean los siguientes objetivos:

- a) Incrementar la producción de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- b) Hacer más flexible el sistema de control, y tener un centro de supervisión centralizado donde se puedan realizar diferentes cambios al proceso y monitorear la variable del proceso (nivel), facilitando así el trabajo de los operadores.
- c) Tener un reporte de históricos y eventos de fallas del proceso el cual permitirá optimizar aún más la producción para simplificar el mantenimiento.
- d) Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

1.3 Evaluación del problema.

El sistema que se describe en este trabajo está compuesto por 2 etapas:

La primera (etapa 1) es la etapa de transporte de materia prima desde los silos hasta las Prensas, y la segunda (etapa 2) es la etapa de carga de materia prima a las Prensas.

Estas dos etapas se muestran en la Figura 1.1.

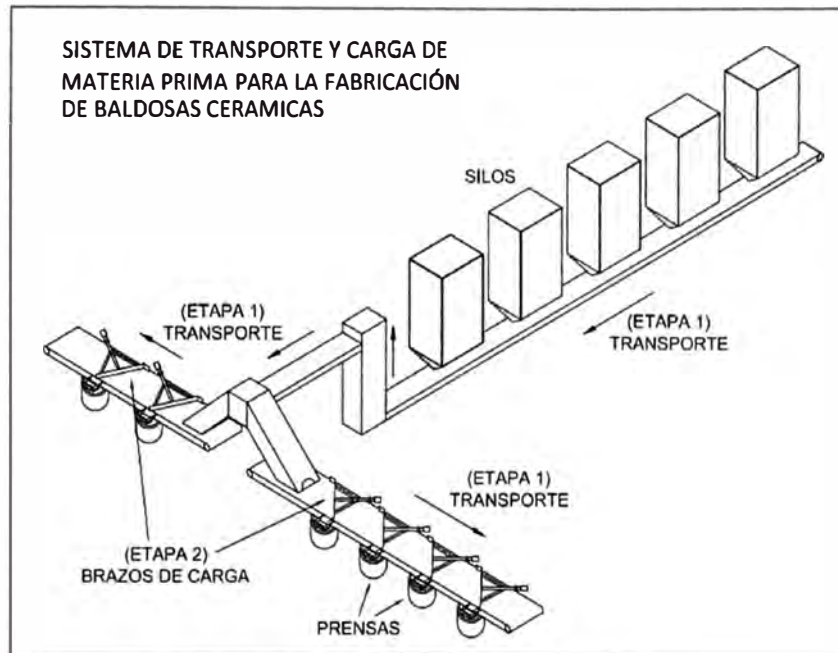


Figura 1.1 Etapas del sistema de transporte y carga de materia prima.

Cada una de estas dos etapas está compuesta por las siguientes partes:

Las partes que conforman la etapa 1 son: Faja N°1, Faja N°2 (elevador de canchales), vibrador (Motor N°3), Faja N°4, Faja N°5 y Faja N°6, tal como se muestra en la Figura 1.2.

De la misma manera la etapa 2 esta compuesta por: dos brazos neumáticos que trabajan con la Faja N°5 y cuatro brazos neumáticos que trabajan con la Faja N°6.

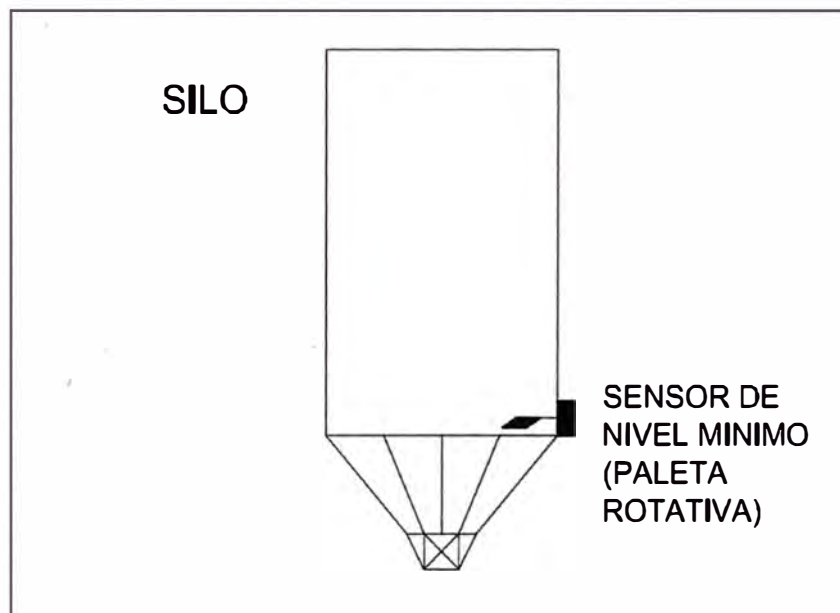
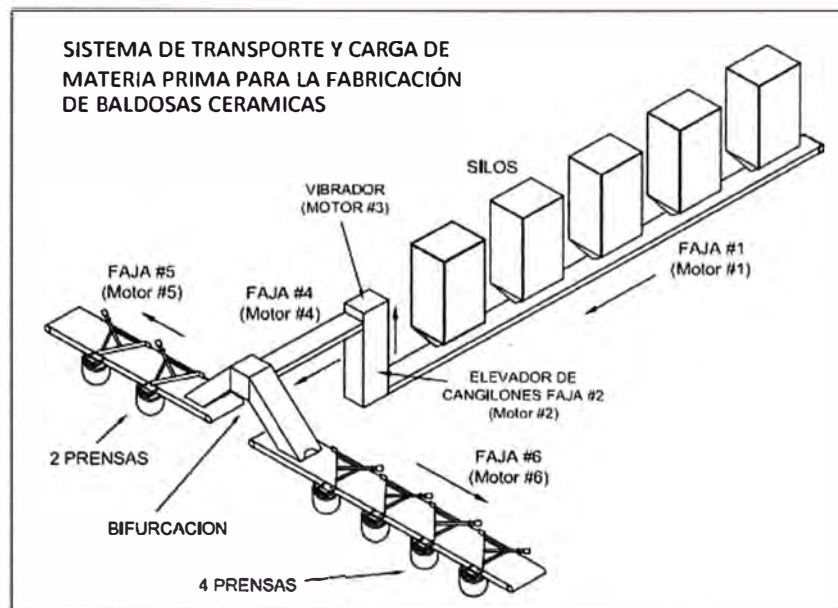
En la Figura 1.2 se muestra estas dos etapas y las partes que la componen.

1.3.1 Etapa 1.- Transporte de materia prima desde los silos hasta las Prensas.

Se tiene cinco silos los cuales son cargados con materia prima constantemente, cada silo tiene instalado un sensor en la parte inferior como se indica en la Figura 1.3, la función de este sensor es indicar el nivel mínimo. Estos silos son constantemente cargados con materia prima por medio de una faja de canchales (esta carga o llenado de materia prima de los silos se realiza por otro sistema que no es parte de este proyecto).

Estos silos tienen una “válvula” instalada en la parte inferior (boca del silo) que es accionada manualmente por el operario, con la finalidad de permitir la descarga de materia prima sobre la faja que se ubica justamente debajo de los silos. Es decir el operador selecciona que silo va a trabajar y abre la válvula mecánica manualmente, y si un silo no va a trabajar simplemente cierra la válvula mecánica manualmente.

Tomando en cuenta lo anterior, consideramos que se deben reemplazar las válvulas mecánicas e implementar un sistema con válvulas automáticas que permita el accionamiento de estas válvulas mediante un controlador, y que también permita la selección de los silos que van a trabajar a través de un panel de operador para que sólo los que estén seleccionados trabajen. Adicional a ello se



deben instalar sensores en la parte superior de cada silo para complementar a los sensores que se tienen instalados (para determinar el nivel máximo y nivel mínimo de materia prima), o en su defecto retirar el único sensor que se tiene instalado e instalar un sensor proporcional en la parte superior de los silos para tener la información del nivel de materia prima en los silos de forma continua.

Por otro lado, la faja que se ubica debajo de los silos (Faja N°1) transporta la materia prima hacia un elevador de canchales (Faja N°2), a su vez este elevador descarga la materia prima sobre un tamiz o vibrador (la función de este vibrador es evitar la formación de brumos), el que a su vez la

descarga sobre otra faja (Faja N°4). Esta última faja conduce la materia prima a una bifurcación que la distribuye a dos fajas, Faja N°5 y Faja N°6.

La Faja N°5 transporta materia prima para cargar mediante los brazos neumáticos a dos Prensas, en tanto que la Faja N°6 transporta materia prima para cargar a cuatro Prensas mediante los brazos neumáticos. Esto se muestra en la Figura 1.4.

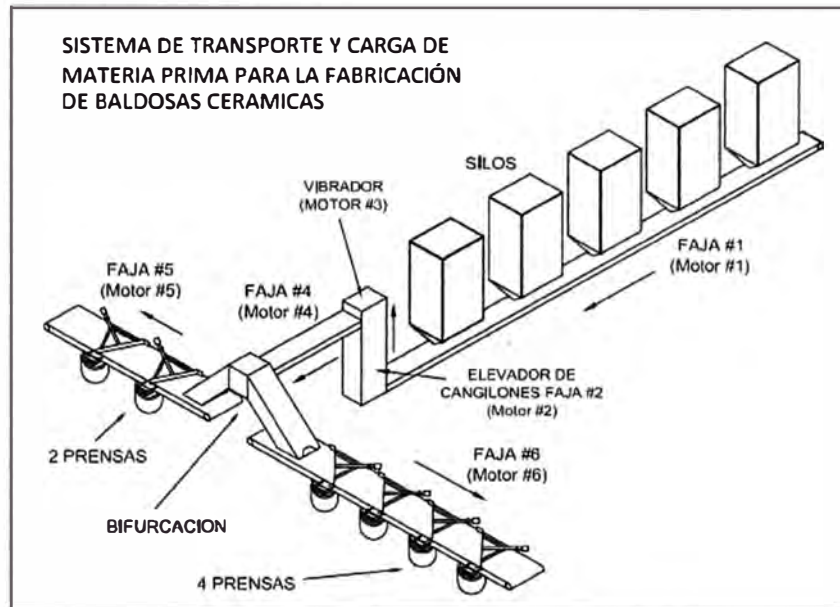


Figura 1.4.

Se observa en esta etapa (etapa 1), que es importante considerar en la implementación del sistema, la detección de eventuales roturas de fajas, con la finalidad de detener el funcionamiento del sistema (Las fajas por estar en continuo movimiento pueden romperse en cualquier momento); así mismo, se debe instalar pulsadores de emergencia en todo el recorrido de las fajas con el fin de parar el sistema ante una emergencia o falla de los sensores de rotura de faja, o ante un mal funcionamiento del sistema.

1.3.2 Etapa 2.- Carga de materia prima a las Prensas.

Luego de que la bifurcación distribuya la materia prima en las dos fajas (la Faja N°5 transporta materia prima para cargar dos Prensas y la Faja N°6 transporta materia prima para cargar 4 Prensas); la forma en que se realiza el llenado de la materia prima hacia las Prensas es como sigue:

Cada Prensa que se ubica por debajo de la faja transportadora tiene un Brazo Neumático en la parte superior, si una de las Prensas (cualquiera que sea) está en nivel mínimo, entonces activará el Brazo Neumático haciendo que este se ponga en contacto con la faja de forma perpendicular, provocando que la materia prima se desvíe hacia la Prensa correspondiente, el Brazo Neumático permanecerá en esa posición hasta que la materia prima llegue a un nivel máximo haciendo que el brazo retorne a la posición inicial.

Este proceso de llenado es idéntico en ambas fajas (Faja N°5 y Faja N°6).

En la figura 1.5 se muestran 2 brazos neumáticos que corresponden a la Faja N°6.



Figura 1.5 Brazos neumáticos (Faja N°6)

Se deben corregir en esta etapa algunos problemas recurrentes en el sistema antiguo como son:

En el momento que se realiza el llenado de materia prima a las Prensas se presentan derrames (ocasionando pérdidas del material), esto debido a que en la lógica del funcionamiento no se consideró una entrada que posibilite el cambio y ajuste de los tiempos para el control de los brazos que son los encargados de llenar las Prensas (a este tiempo se le denomina tiempo de lavado de faja entre Prensas).

Por otro lado, cuando una Prensa se malogra o simplemente requiere mantenimiento, el sistema debe tener la opción de excluirla del proceso y así las Prensas restantes siguen trabajando. A falta de ésta opción el sistema antiguo ocasiona problemas y paradas no programadas.

Además el sistema antiguo no contempla un aumento en la producción debido a que su diseño fue realizado para una determinada cantidad de material constante por tanto cualquier variación o incremento de la producción origina derrames de materia prima al momento del llenado de las Prensas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes del problema.

El sistema anterior con lógica cableada es un proceso con más de 20 años de antigüedad y no es flexible al crecimiento o ampliación del proceso.

Se identificaron proyectos coincidentes con el tema propuesto en otras áreas de la compañía, donde se encontraron oportunidades para mejorar el control de los procesos desarrollando sistemas de automatización en las líneas de producción; como ejemplo se cita el caso de la filial planta “CELIMA 2”, en donde sus líneas están automatizadas con PLC desde la carga de materia prima hasta el llenado de las Prensas pasando por los hornos hasta llegar al área de empaclado.

Este mejoramiento continuo focalizado en tecnología utilizando la automatización dio los siguientes resultados: Incremento en la confiabilidad de la fábrica en un 30%, aumento en la eficiencia operativa de las líneas de empaque en un 36%, aumento en el indicador adherencia al programa de producción en un 35%. (CELIMA PLANTA 2, 2008).

2.2 Bases teóricas.

Los conceptos a desarrollar, para la construcción del cuerpo teórico de este trabajo, se enmarcan en los conceptos de optimizar los costos de producción realizando la modernización y automatización de la línea de transporte y llenado de materia prima con PLC.

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas en la realización de automatismos. Los equipos utilizados para este fin son los ordenadores y los autómatas programables, la creciente demanda por los automatismos programables ha generado una baja en los precios de los autómatas programables y ha contribuido a desarrollar nuevas tecnologías tanto en software como hardware teniendo a disposición una solución para cada proyecto a desarrollar.

2.2.1. El ordenador. Como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones del proceso. Pero, al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para un entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

2.2.2. Autómata programable industrial. Es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador. Considerando todas las bondades que permite explotar la flexibilidad de los autómatas programables y con el software

de programación se puede implementar fácilmente la secuencia lógica del funcionamiento del proceso.

Además los autómatas programables nos permiten tener una fácil comunicación con los HMI (interfaz hombre máquina) con el cual la parte de supervisión estaría presente con todas las características que el operador desee tanto en diseño visual como en programación. Permittiéndonos tener el registro histórico de fallas y eventos, el cual nos permite optimizar aún más la producción. En la Tabla2.1 se muestra la comparativa entre la automatización con PLC y lógica cableada.

Tabla2.1 Comparación entre lógica cableada y PLC

Característica	Sistema cableado	PLC
Flexibilidad de adaptación al proceso	baja	alta
Hardware estándar para distintas aplicaciones	no	si
Posibilidad de ampliación	bajas	altas
Interconexión y cableado exterior	mucho	poco
Tiempo de desarrollo del proyecto	largo	corto
Posibilidades de modificación	difícil	fácil
Mantenimiento	difícil	fácil
Herramientas para prueba	no	si
Stocks de mantenimiento	medios	bajos
Modificaciones "on line"	no	si
Estructuración de bloques independientes	difícil	fácil

El uso de los controladores lógico programable nos permite tener flexibilidad a la hora de integrar los sistemas de la planta, ya sea con protocolos de comunicación, redes industriales, servidores OPC, Sistemas de supervisión SCADA, etc. Y esto es complementado con el uso del HMI (Interface hombre máquina), que tiene la capacidad de trabajar en ambientes industriales exigentes y que debido a su gran avance tecnológico se conecta fácilmente a cualquier tipo de red directamente o a través de los PLC's.

2.2.3 Sensor Inductivo. Para este proyecto se ha utilizado un sensor inductivo con el objetivo de identificar una eventual rotura de faja en el sistema de transporte. Los sensores inductivos tienen la capacidad de trabajar sin sufrir desgaste y debido al grado de protección IP67 (protección contra polvo y líquidos) pueden trabajar en ambientes adversos, con aceites, polvo, etc.

2.3 Definición de términos.

2.3.1 Costos de Producción. Hargadon – Múnera (1996) define que en una empresa industrial podemos distinguir tres funciones básicas: producción, ventas y administración. Para llevar a cabo cada una de estas tres funciones, la empresa tiene que efectuar ciertos desembolsos por pago de salarios, arrendamientos, servicios públicos, materiales, etc. Estas erogaciones reciben respectivamente el nombre de costos de producción, gastos de administración y gastos de ventas, según la función a que pertenezcan.

Los costos de producción se transfieren (capitalizan) al inventario de productos fabricados. En otras palabras, el costo de los productos fabricados está dado por los costos de producción que fue necesario incurrir para su fabricación. Por esta razón a los desembolsos relacionados con la producción es mejor llamarlos costos y no gastos, puesto que se incorporan en los bienes producidos y quedan por lo tanto capitalizados en los inventarios hasta tanto se vendan los productos. Los gastos de administración y ventas, por el contrario, no se capitalizan sino que, como su nombre lo indica, se gastan en el período en el cual se incurren y aparecen como tales en el Estado de Rentas y Gastos.

Los elementos del costo de un producto o sus componentes integrales son los materiales directos, la mano de obra directa y los costos de fabricación, como se ilustra en la Figura 2.1.

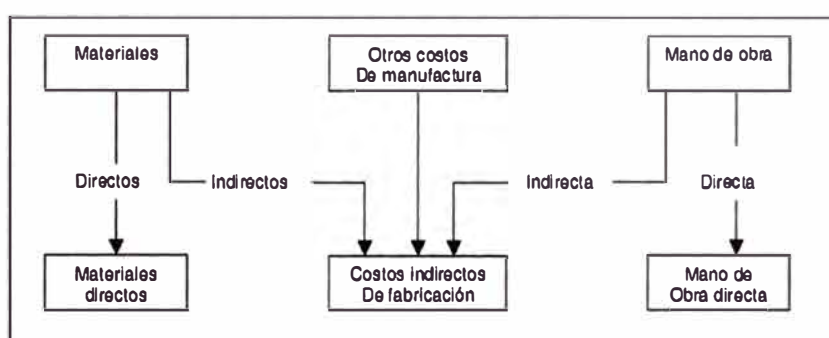


Figura 2.1.

Esta clasificación proporciona a la gerencia la información necesaria para la medición del ingreso y la fijación de precios del producto.

2.3.2 Materia prima. Son los principales bienes que se usan en la producción y que se transforman en artículos terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines. En la industria cerámica tradicional las materias primas se suelen utilizar, por lo general, tal y como se extraen de la mina o cantera, o después de someterlas a un mínimo tratamiento. Su procedencia natural exige, en la mayoría de los casos, una homogenización previa que asegure la continuidad de sus características.

2.3.3 PLC. Un autómata programable (AP) es una máquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial (hostil), que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario. Para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencias, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos (IEC 61131).

2.3.4 HMI. Una interfaz Hombre-Máquina o Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

La industria de HMI surgió de la necesidad de estandarizar el monitoreo y control de sistemas a distancia, PLCs y otros mecanismos de control.

Desde fines de la década de los '90, la gran mayoría de los productores de sistemas PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA y muchos de ellos utilizan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios, que han permitido masificar este tipo de sistemas y ponerlos al alcance de las pequeñas empresas.

2.3.5 Prensas (Sistema de Prensado). El procedimiento predominante de conformación de las piezas es el Prensado en seco (5-7% de humedad), mediante el uso de Prensas hidráulicas. Este procedimiento de formación de pieza opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos más económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

El sistema de Prensado se basa en Prensas oleodinámicas que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de características como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo del ciclo de Prensado establecido.

Las Prensas se han desarrollado mucho en los últimos años y son equipos con automatismos muy sofisticados fácilmente regulables y muy versátiles.

En la Figura 2.2 se muestra la Prensa usada para este proyecto.



Figura 2.2 Prensa Hidráulica.

2.3.6 Silos de descarga. Es una estructura diseñada para almacenar granos u otra materia a granel, los más habituales tienen forma cilíndrica semejándose a una torre.

2.3.7 Tiempos de Lavado. Son los tiempos que se emplean para dejar limpio de materia prima la porción de faja entre dos brazos neumáticos que cargan de materia prima a sus respectivas Prensas.

2.3.8 Elevador de canjilones. Un elevador de canjilones es un mecanismo que se emplea para el acarreo o manejo de materiales a granel verticalmente (sería el equivalente vertical de fajas transportadora).

2.3.9 Baldosas cerámicas. Una baldosa cerámica es una pieza manufacturada, normalmente horneada, las baldosas son generalmente usadas para cubrir pisos y paredes u otros objetos tales como mesas, estas pueden ser pintadas y esmaltadas.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Alternativas de solución.

Para llevar a cabo la modernización y automatización del sistema de carga y transporte de materia prima se diseñaron en conjunto con la fábrica de cerámica dos alternativas de solución. A continuación se describen ambas:

3.1.1 Solución 1.

A fin de modernizar y mejorar el sistema de transporte y carga de materia prima, se plantea lo siguiente:

Es necesario que los silos de descarga tengan un control de nivel, que estaría conformado por un sensor de nivel continuo (4-20mA) y una válvula (ON/OFF) instalada en la boca de salida de cada silo tal como se muestra en la Figura 3.1.

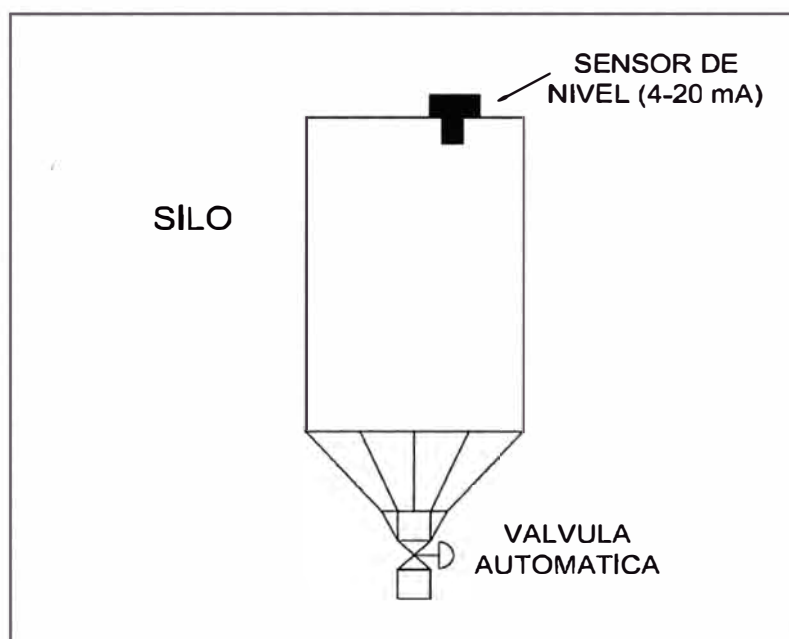


Figura 3.1 Silo con sensor de nivel instalado en la parte superior

Este sensor de nivel nos permitirá tener la información del nivel de manera continua y esta información se mostrará en un HMI con la finalidad de que el operador sepa que silos están con el suficiente nivel de materia prima y a su vez le permitirá la selección de silos que trabajarían. Esta selección activaría la válvula automática para realizar la descarga de materia prima a la faja transportadora.

Considerando que la descarga de materia prima de los silos se realiza en la faja que se ubica justamente debajo de los mismos y que esta faja se une con otras fajas para realizar el transporte de materia prima hasta las Prensas, es importante identificar y detectar una eventual rotura de estas fajas para así detener el sistema y evitar un derrame de materia prima, por tanto se considera sensores de rotura para cada faja.

Para llevar a cabo esta detección de rotura de faja se diseñó un pequeño sistema compuesto por un sensor inductivo y una lamina metálica. Tal como se muestra en la Figura 3.2.

Al girar el motor, la lámina metálica gira junto con él, y el sensor inductivo detecta constantemente la lámina metálica por tanto detecta el giro y el movimiento de la faja. En una eventual rotura de faja este cilindro se detendría, la lámina metálica dejaría de rotar y el sensor ya no detectaría la lámina enviando una señal de alerta o alarma al PLC.

Este sistema sensor de rotura de faja se muestra en la Figura 3.2.

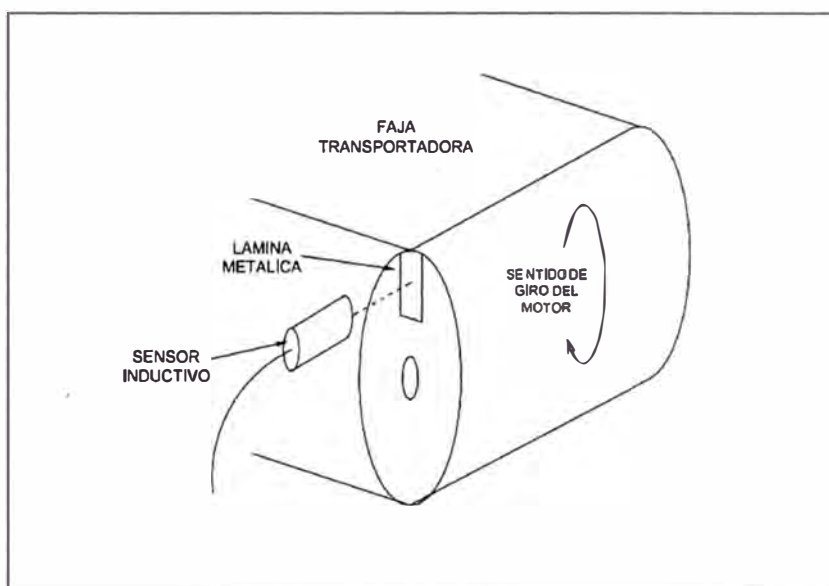


Figura 3.2: Sistema detector de rotura de faja.

Estas fajas son movidas por motores que se encuentran instalados en los extremos de las fajas y por tanto es necesario detectar las fallas de estos instalando interruptores térmicos para informar al controlador que motor o motores estarían en falla.

Las fajas que transportan la materia prima tienen como objetivo llevar dicho material hasta las Prensas, estas Prensas son cargadas de materia prima a través de unos brazos neumáticos de simple efecto (ON/OFF) que se activan cuando las Prensas llegan a un nivel mínimo y se desactivan cuando llegan a un nivel máximo.

Por tanto es necesario un control del nivel de llenado de las Prensas para lo cual se propone instalar un sensor de nivel continuo (4-20mA) en cada Prensa que en conjunto con los brazos se encargarán del control del nivel de llenado.

Adicional a esto, en cada terminación de las fajas y en el gabinete principal se montarán pulsadores de parada de emergencia; esto con la finalidad de que, ante cualquier imprevisto, se pueda parar de forma inmediata el sistema.

A continuación se muestran en la Tabla3.3 el listado de las señales requeridas para este proyecto, con la finalidad de seleccionar el controlador que más se ajuste al sistema.

Tabla3.3

Gabinete N°1	Grupo	Equipo	DI	DO	AI
1	Silos de carga	Sensor de nivel			5
		Electroválvula	5	5	
1	Fajas de transporte	Motores		6	
		Sensor de rotura de faja	5		
		Interruptores Térmicos	6		
1	Prensas	Sensores de nivel			6
		Brazos neumáticos		6	
1	Parada de emergencia	Pulsadores	6		
1	Indicadores y alarmas	Sirena		1	
		Luz roja		1	
		Luz naranja		1	

Resumiendo la Tabla3.3 y considerando una reserva del 20% mostramos la Tabla3.4.

Tabla3.4

Característica		Cantidad	Reserva 20%	Total
entradas	digital	22	4.4	26
	análoga	11	2.2	13
salidas	digital	20	4	24
	análoga	0	0	0

Teniendo en cuenta la Tabla anterior se precisa entonces de un controlador programable PLC modular para albergar todas las señales y que tenga capacidad de conexión con un HMI y soporte de red Ethernet para la futura conexión con el SCADA.

Por lo tanto el PLC queda dimensionado según como se indica en la Figura 3.3

El uso del HMI está determinado para mostrar al operador todas las fallas presentes en el sistema así como los niveles de los silos y Prensas, como la posición de los brazos neumáticos y además de que el operador pueda introducir los tiempos de trabajo del sistema de brazos como también la selección de los silos y Prensas que van a trabajar.

Cabe mencionar que en mercado existen PLCs modulares con Rack de montaje y PLCs modulares con acoples laterales.

Fuente de alimentación para el PLC	CPU del PLC	Modulo de 16 entradas digital	Modulo de 16 entradas digital	Modulo de 16 salidas digital	Modulo de 08 salidas digital	Modulo de 08 entradas analogo	Modulo de 08 entradas analogo
------------------------------------	-------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Figura 3.3

3.1.2 Solución 2.

Esta segunda solución está básicamente relacionada con el uso de controladores de nivel (ON/OFF) visto el gran costo que implica el uso de sensores de nivel continuo de la solución anterior, se plantea lo siguiente:

Es necesario que los silos de descarga tengan un control de nivel, que estaría conformado por dos sensores de nivel (ON/OFF) que se instalarán uno en la parte superior (indicación de nivel máximo) y otro en la parte inferior (indicación de nivel mínimo) y una válvula (ON/OFF) instalada en la boca de salida de cada silo tal como se muestra en la Figura 3.4.

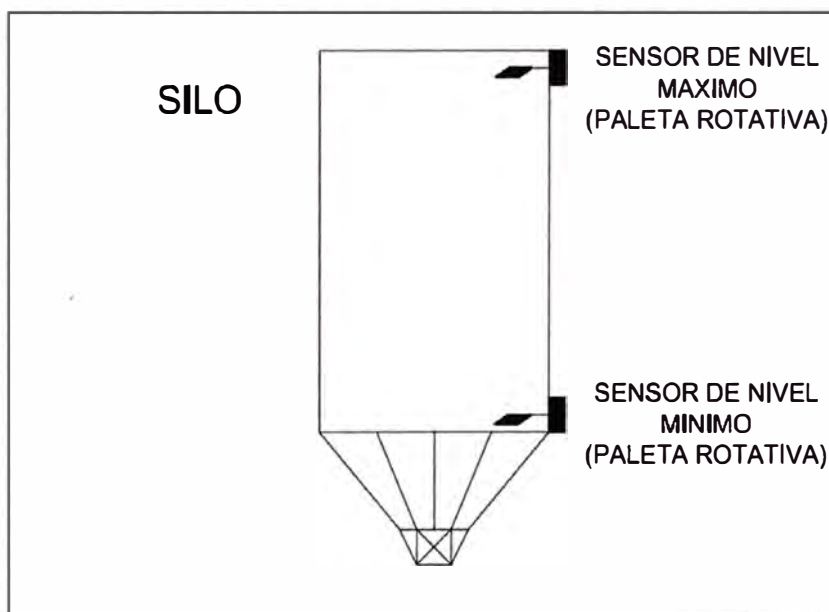


Figura 3.4 Silo con dos sensores de nivel instalados

Considerando que la descarga de materia prima de los silos se realiza en la faja que se ubica justamente debajo de los mismos y que esta faja se une con otras fajas para realizar el transporte de materia prima hasta las Prensas, es importante identificar y detectar una eventual rotura de estas fajas para así detener el sistema y evitar un derrame de materia prima, por tanto se considera sensores de rotura para cada faja.

Este sensor de rotura se muestra en la Figura 3.2. (Este sistema de detección de rotura de faja es la misma planteada en la solución 1)

Estas fajas son movidas por motores que se encuentran instalados en los extremos de las fajas y por tanto es necesario detectar las fallas de estos instalando interruptores térmicos para informar al controlador (PLC) que motor o motores estarían en falla.

Las fajas transportadoras tienen como objetivo llevar la materia prima hasta las Prensas, estas Prensas son cargadas de materia prima a través de unos brazos neumáticos de simple efecto (ON/OFF) que se activa cuando las Prensas llegan a un nivel mínimo y se desactiva cuando llega a un nivel máximo.

Por tanto es necesario controlar el nivel de llenado de las Prensas, para lo cual se instalará 2 sensores de nivel (ON/OFF) en cada Prensa: uno en la parte inferior de la Prensa que indicará “nivel mínimo”, y el otro en la parte superior de la Prensa que indicará “nivel máximo”, que en conjunto con los brazos se encargarán del control del nivel de llenado.

Adicional a esto, en cada terminación de las fajas y en el gabinete principal se montarán pulsadores de parada de emergencia; esto con la finalidad de que, ante cualquier imprevisto, se pueda parar de forma inmediata el sistema.

A continuación se muestran en la Tabla3.5 el listado de las señales requeridas para este proyecto. Con la finalidad de seleccionar y dimensionar el controlador que más se adecue.

Tabla3.5

Gabinete N°1	Grupo	Equipo	DI	DO	AI
1	Silos de carga	Sensor de nivel	10		0
		Electroválvula	5	5	
1	Fajas de transporte	Motores		6	
		Sensor de rotura de faja	5		
		Guarda motor	6		
1	Prensas	Sensores de nivel	12		0
		Brazos neumáticos		6	
1	Parada de emergencia	Pulsadores	6		
1	Indicadores y alarmas	Sirena		1	
		Luz roja		1	
		Luz ámbar		1	

Resumiendo la Tabla3.5 y considerando un 20% de reserva mostramos la Tabla3.6.

Tabla3.6

	característica	cantidad	Reserva 20%	total
entradas	digital	44	8.8	53
	análoga	0	0	0
salidas	digital	20	4	24
	análoga	0	0	0

Teniendo en cuenta la Tabla anterior se precisa entonces de un controlador programable PLC modular para albergar todas las señales y que tenga capacidad de conexión con un HMI y soporte de red Ethernet para la futura conexión con el SCADA.

Por lo tanto el PLC queda dimensionado según como se indica en la Figura 3.7.

El uso del HMI está determinado para mostrar al operador todas las fallas presentes en el sistema así como los niveles de los silos y Prensas, la posición de los brazos neumáticos, la selección de los silos y Prensas que van a trabajar, además de que permite al operador introducir los tiempos de trabajo del sistema de brazos.

Fuente de alimentación para el PLC	CPU del PLC	Modulo de 16 entradas digital	Modulo de 16 entradas digital	Modulo de 16 entradas digital	Modulo de 08 entradas digital	Modulo de 16 salidas digital	Modulo de 16 salidas digital
------------------------------------	-------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------

Figura 3.7

La elección del CPU para este PLC modular se determinó tomando en cuenta las siguientes razones:

- El CPU tiene que soportar comunicación abierta ETHERNET/IP, ya que a futuro toda la planta se integrará a un SCADA a través de este tipo de red.
- Tiene que tener comunicación con un HMI, es decir el CPU tiene que contar con un puerto de comunicación que le permita tener conexión con un HMI local.

El uso del HMI para este proyecto es importante, ya que es a través de este equipo el operador fijará los parámetros para la producción permitiéndole monitorear constantemente el funcionamiento del sistema e identificar fácilmente las fallas.

En la Tabla3.7 se muestra la comparación entre las dos alternativas de soluciones descritas.

Tabla3.7

PARAMETROS	SOLUCION 1	SOLUCION 2
COSTOS USS (incluye IGV.)	28929.10	19074.80
TIEMPO DE EJECUCION	4 meses	4 meses
COMPLEJIDAD DE USO	Media	Fácil

Las hojas de los costos de los equipos mencionados se detallan en el capítulo 4. El tiempo de ejecución y la complejidad de uso esta calculada en base a proyectos similares desarrollados y a la experiencia de las personas que son parte de este proyecto.

3.2 Solución del problema.

De acuerdo a la Tabla 3.7 seleccionamos la solución 2. Principalmente por razones económicas.

Por otro lado se opta por usar un controlador lógico programable (PLC) modular porque nos permite albergar todas las señales de entrada y salida que son parte de este proceso, además de que la modularidad del PLC nos permite tener a futuro más ampliaciones en caso de ser requeridas ya que este proyecto es solo un prototipo.

Considerando que la fábrica está en un proceso de integración, el PLC nos da la facilidad de poder integrarlo fácilmente a la red, debido a que maneja protocolos de comunicación abiertos como son Devicenet, Profibus, Modbus y Ethernet/IP, resaltando este último ya que es el más difundido actualmente en la empresa.

De acuerdo a las características del proceso no se requiere un control de nivel continuo en las Prensas y silos es por ello que solo se consideran sensores de nivel ON/OFF para el control de nivel.

Cabe mencionar que el arranque y parada del sistema será exclusivamente desde el panel de operador (HMI), contando solo con los pulsadores de emergencia externo para la parada, en caso de que este HMI se dañara se considera importante tener un programa de respaldo (HMI Run-Time con el programa cargado) hasta conseguir su reemplazo.

A continuación se describe el funcionamiento del sistema de transporte y carga de materia prima con la solución seleccionada:

El sistema inicia su funcionamiento, realizando una previa selección de los silos y Prensas que van a trabajar, esta previa selección la hace el operador de turno a través del HMI según la Figura 3.8.

Esta selección se basa únicamente en la cantidad de producción, y se realiza en el HMI que se ubica en la puerta del gabinete.

Una vez seleccionado los silos y Prensas que van a trabajar el operador inicia el arranque del sistema presionando el selector on/off que se muestra en la pantalla del HMI, esto se ve gráficamente en la Figura 3.9

Una vez que el sistema empieza su funcionamiento, las válvulas de los silos antes seleccionados, se abren para empezar la descarga de materia prima sobre las fajas, y arrancan los motores de las fajas en forma secuencial, con un intervalo de tiempo de 2 segundos, esto se hace con el fin de no generar una sobre carga en el sistema de fuerza. La secuencia de arranque se desarrolla en estricto orden y es como sigue: Motor N°6 (Faja N°6), Motor N°5 (Faja N°5), Motor N°4 (Faja N°4), Motor N°3 (Vibrador), Motor N°2 (Elevador) y finalmente el Motor N°1 (Faja N°1).

Estas fajas transportarán la materia prima a las Prensas, según la secuencia indicada anteriormente. En la Figura 3.10 se observa al sistema trabajando y dos silos en plena descarga (flechas color verde).



Figura 3.8 pantalla de selección de Prensas y Tolvas

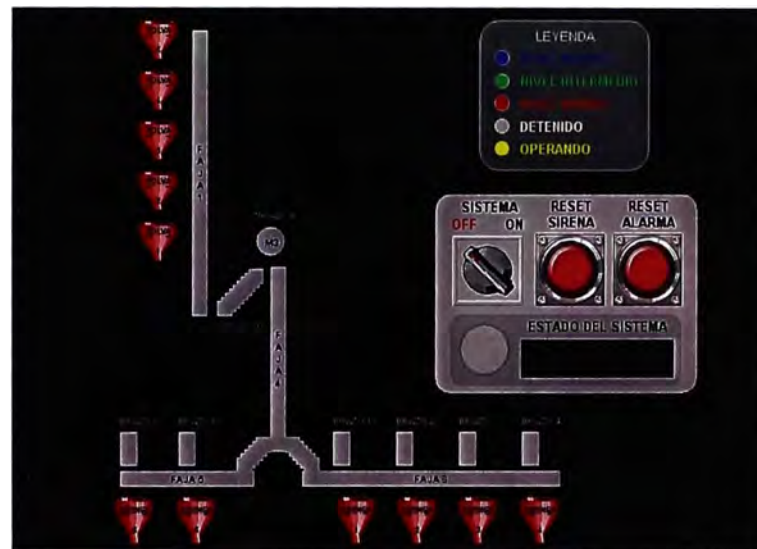


Figura 3.9 Pantalla del proceso

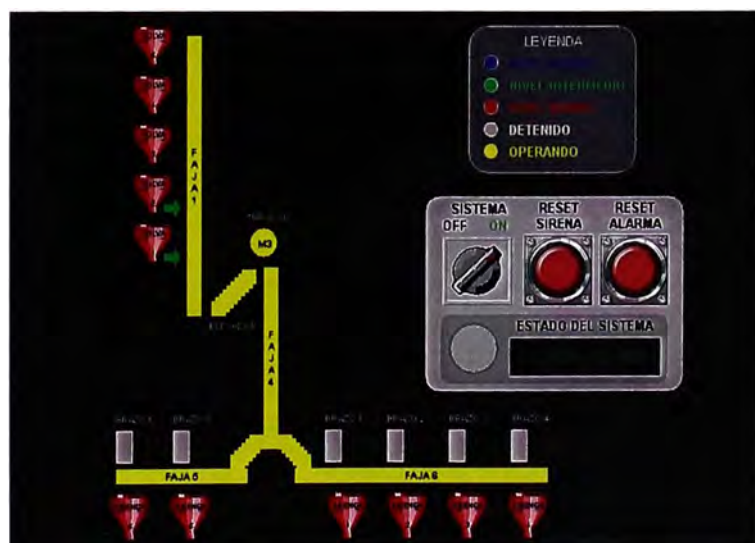


Figura 3.10 Sistema operando

Como se puede notar, el arranque secuencial de los motores se inicia con el Motor N°6 y termina en el Motor N°1. Esta secuencia de arranque hacia atrás tiene como objetivo evitar que la materia prima obstruya los enlaces entre fajas y evitar que se produzcan derrames.

Una vez que todas las fajas están en funcionamiento se hace posible el transporte de materia prima desde las tolvas hasta las Prensas.

Es decir, la Faja N°1 transporta la materia prima hasta el elevador (Motor N°2), el elevador lo transporta hasta la Faja N°4 a través del vibrador (Motor N°3), la Faja N°4 transporta la materia prima y entrega la carga a las fajas N°5 y N°6; esta entrega de carga se realiza a través de una bifurcación que se encuentra al final del recorrido de la Faja N°4 tal como indica la Figura 3.11. Cabe mencionar que el uso del Motor N°3 (vibrador) es para evitar la formación de “brumos” en la materia prima.

Una vez que la materia prima llega a las fajas N°5 y N°6 el llenado de las Prensas es como sigue:

Para la Faja N°6, el Brazo Neumático N°4 permanece abajo permitiendo el llenado de la Prensa N°4 como muestra la Figura 3.12. Luego de un tiempo establecido de 310 segundos el Brazo N°3 baja, pero el Brazo N°4 permanecerá abajo el tiempo de 70 segundos que permita que toda la materia prima que queda en la faja, entre el Brazo N°3 y el Brazo N°4, se haya depositado en la Prensa N°4. A este tiempo se le llama tiempo de lavado entre los Brazos N° 3 y N°4 y es regulado por el operador desde el panel de supervisión (HMI).

Esto se muestra en Figura 3.14.



Figura 3.11 Extremo de la bifurcación

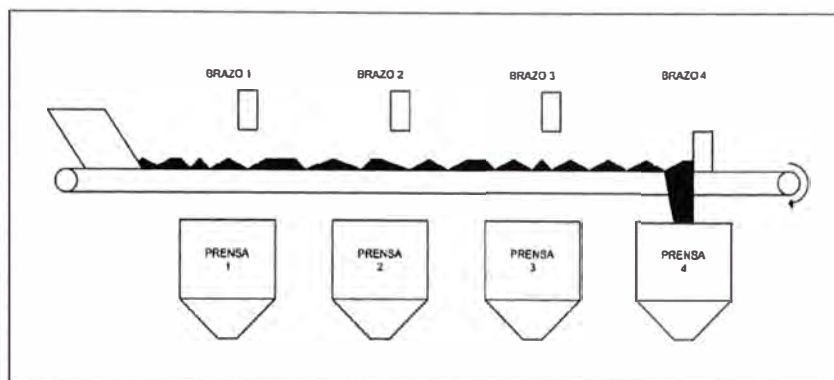


Figura 3.12 Llenado de la Prensa 4

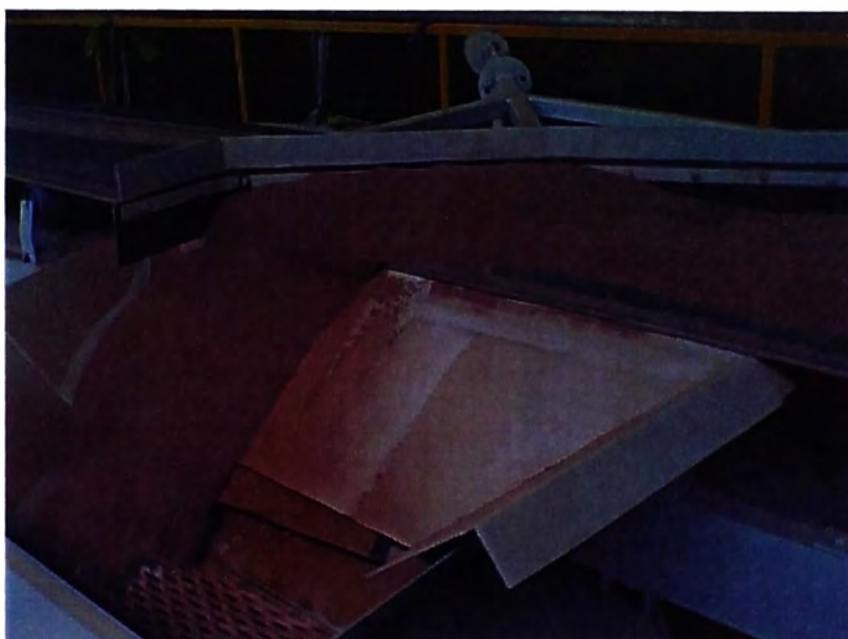


Figura 3.13 Llenado de una Prensa

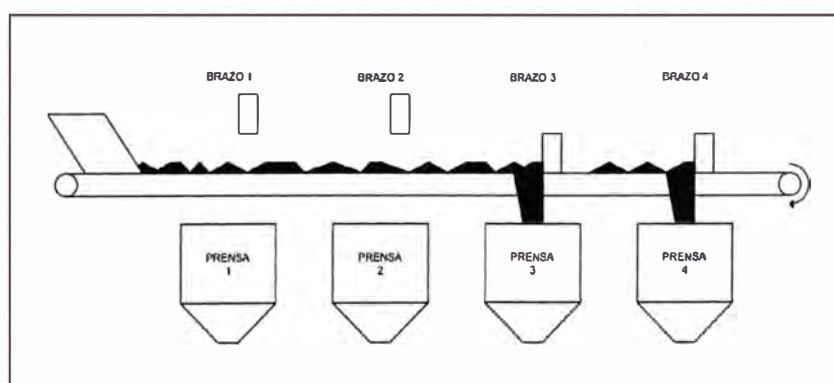


Figura 3.14 Tiempo de lavado Prensa N°4

Una vez cumplido el tiempo de lavado entre el Brazo N°3 y N°4, el Brazo N°4 se levanta según como muestra la Figura 3.15.

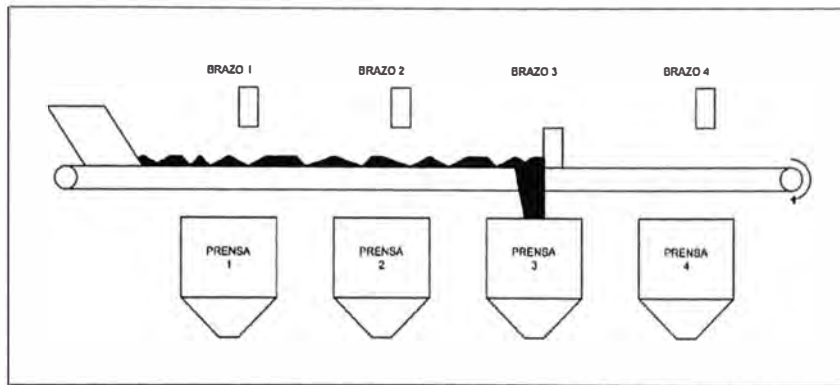


Figura 3.15 Llenado de la Prensa N°3

Luego de un tiempo determinado de 310 segundos el Brazo N°2 baja para iniciar el llenado de la Prensa N°2, pero el Brazo N°3 permanece abajo un tiempo de 70 segundos (Tiempo de lavado de faja entre el Brazo N°2 y el Brazo N°3), con la finalidad de impedir que la materia prima se derrame. Esto se muestra en la Figura 3.16.

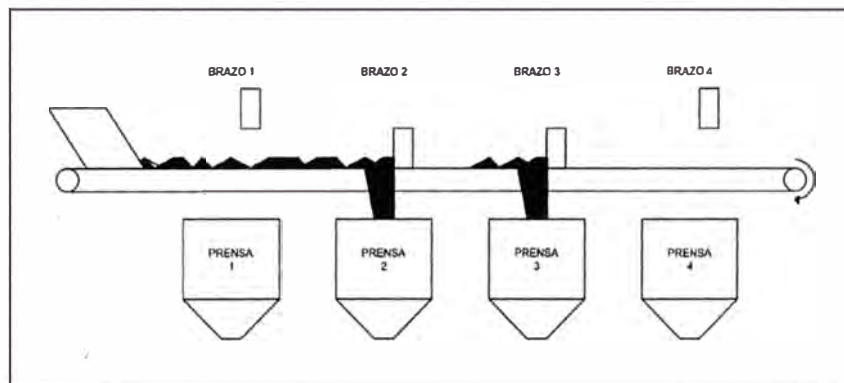


Figura 3.16 Tiempo de lavado Prensa 3

Luego de cumplido el tiempo de lavado el Brazo N°3 se levanta, quedando libre de materia prima el tramo de faja entre el Brazo N°2 y el Brazo N°3 (Figura 3.17).

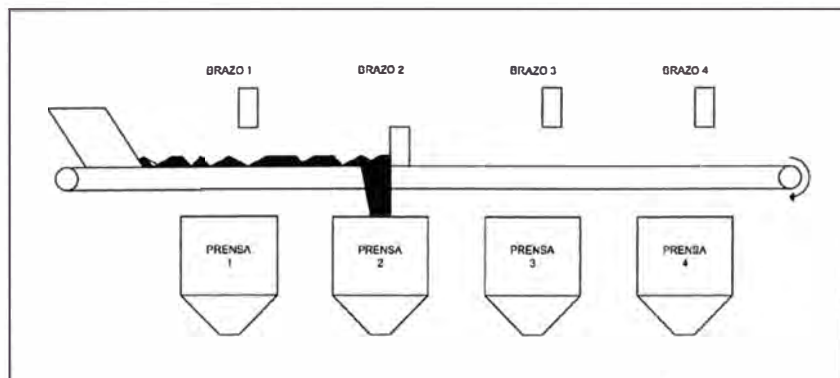


Figura 3.17 Llenado de Prensa 2

Luego de un tiempo determinado de 310 segundos el Brazo N°1 baja, mientras el Brazo N°2 permanece abajo por un tiempo de 70 segundos (tiempo de lavado entre los brazos N°1 y N°2), tal como muestra la Figura 3.18.

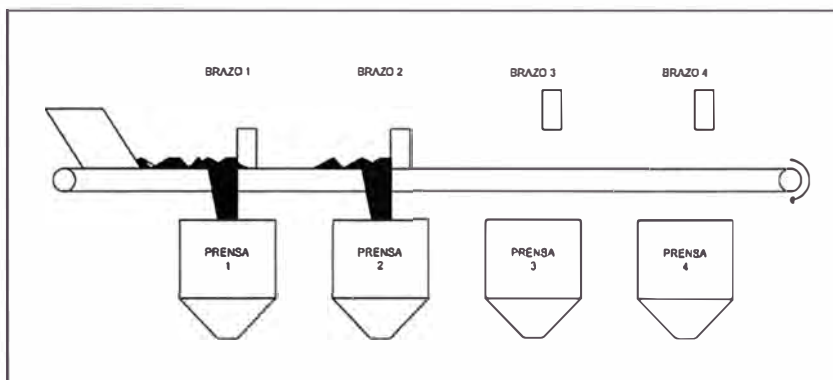


Figura 3.18 Tiempo de lavado Prensa N°2

Luego el Brazo N°2 se levanta quedando solo el Brazo N°1 abajo como se observa en la Figura 3.19.

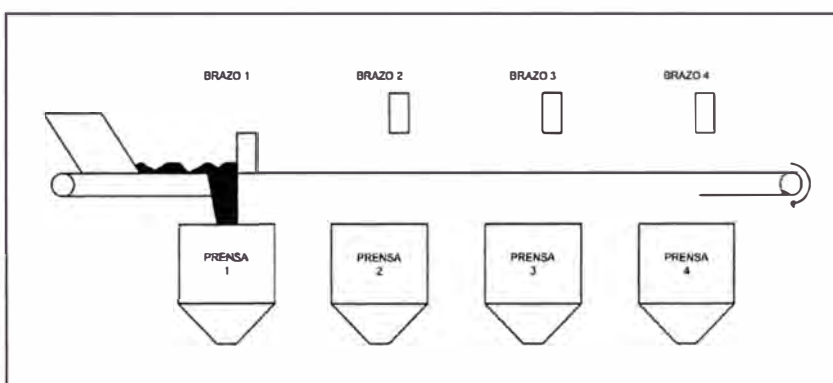


Figura 3.19 Llenado Prensa N°1

Luego de un tiempo determinado de 310 segundos el Brazo N°1 se levanta y simultáneamente el Brazo N°4 baja para realizar el llenado de la Prensa N°4 y repetir el proceso. Esto se muestra en la Figura 3.20.

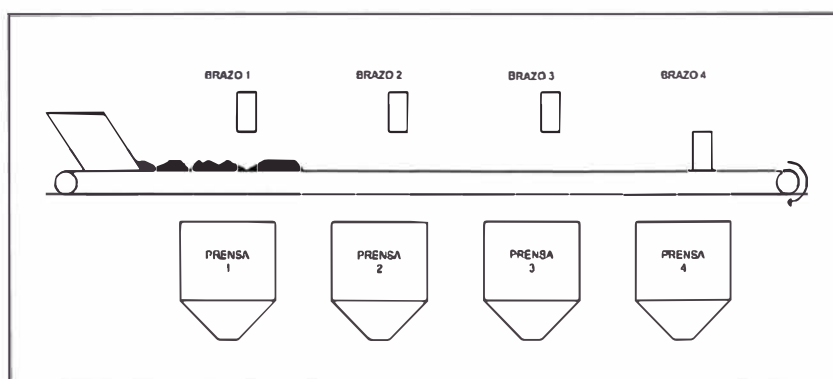


Figura 3.20 Inicio de carga

Del mismo modo en la Faja N°5 se realiza el llenado como se indica a continuación:

El Brazo N°6 baja para llenar la Prensa N°6 y permanece abajo un tiempo determinado de 310 segundos. Ver Figura 3.21.

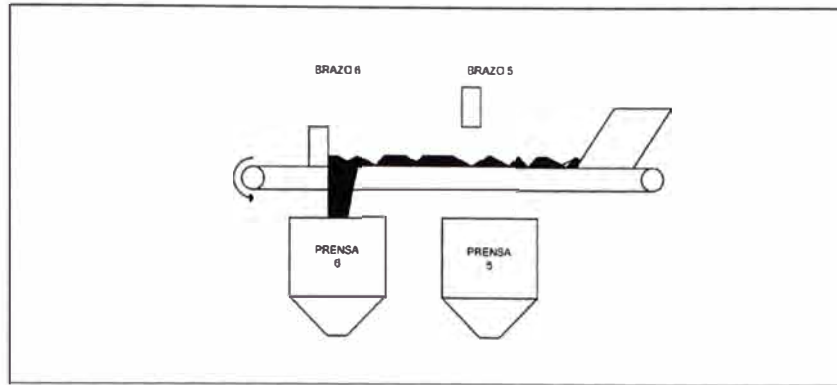


Figura 3.21 Llenado de la Prensa N°6

Luego el Brazo N°5 baja para cargar la Prensa N°5 y el Brazo N°6 permanece abajo un tiempo de 70 segundos (tiempo de lavado). Ver Figura 3.22.

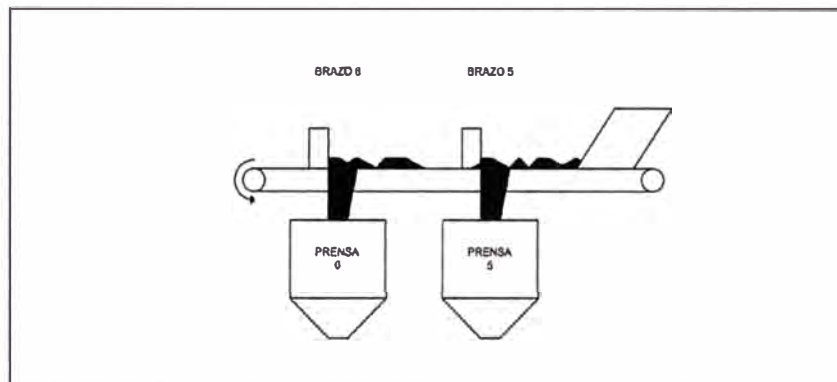


Figura 3.22 Tiempo de lavado Prensa N°6

Luego de transcurrido el tiempo de lavado el Brazo N°6 se levanta y el Brazo N°5 permanece abajo por un tiempo de 310 segundos. Ver Figura 3.23.

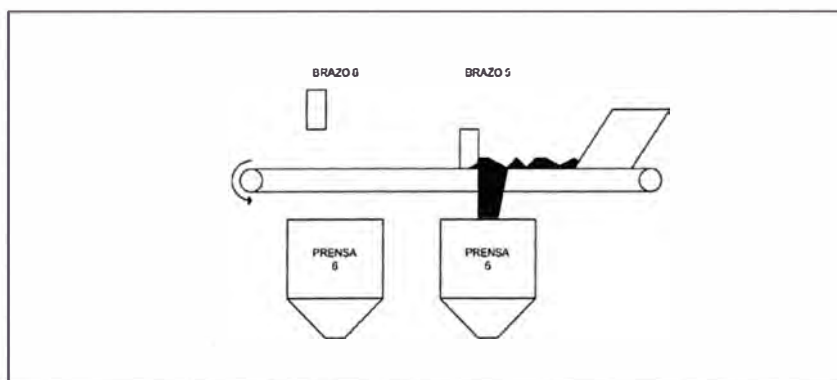


Figura 3.23 Llenado Prensa N°5

Luego el Brazo N°6 baja y simultáneamente el Brazo N°5 se levanta y se vuelve a repetir el proceso. Ver Figura 3.24.

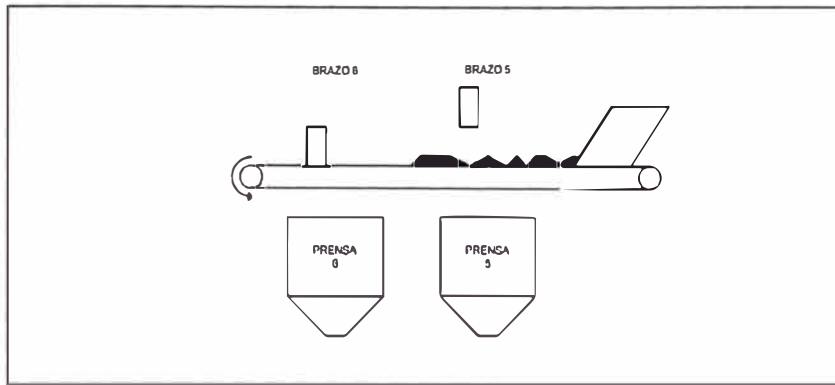


Figura 3.24 Inicio de llenado

Los tiempos antes mencionados como tiempo de juego de los brazos y tiempo de lavado son introducidos al PLC a través del HMI según la pantalla de la Figura 3.25.



Figura 3.25 Pantalla introducción de tiempos para el proceso

En cada Prensa se ha instalado 2 sensores como se muestra en la Figura 3.26.

El sensor N°1 corresponde a una indicación de nivel máximo, el sensor N°2 corresponde a una indicación de nivel mínimo.

Las condiciones de funcionamiento para los sensores en el sistema son:

El sensor N°2 es utilizado para arrancar el sistema de forma automática, si antes se ha parado por las condiciones de nivel máximo (Cuando todas las Prensas llegan al nivel máximo).

El sensor N°1 es utilizado para detener la carga cuando una Prensa está en el máximo nivel, esto hace que la Prensa quede momentáneamente excluida, hasta que el nivel de materia prima llegue al nivel mínimo y nuevamente esta Prensa se incorpora al proceso. Eso significa que si en algún momento todas las Prensas llegan al nivel máximo el sistema se detendrá.

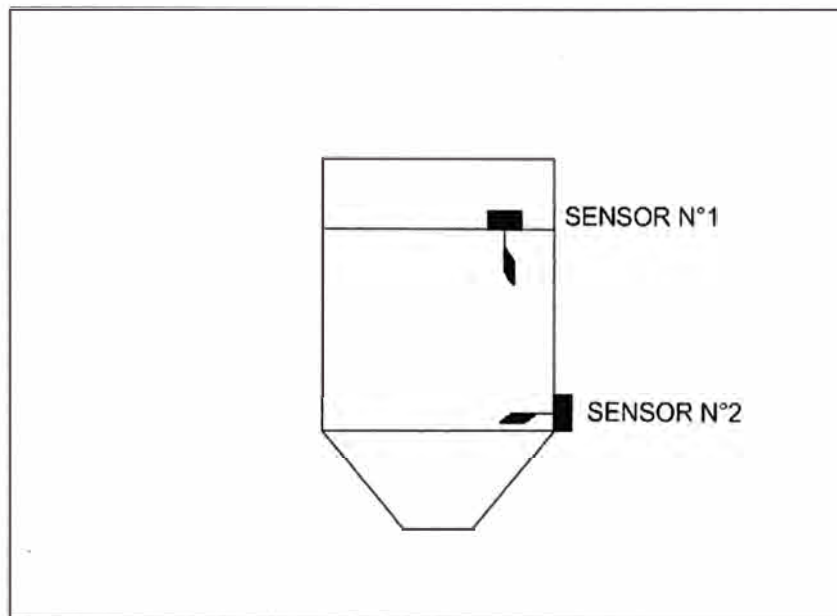


Figura 3.26: Sensores de nivel para las Prensas

El sistema permanecerá detenido hasta que el nivel, en cualquiera de las Prensas, llegue al mínimo. Estando en mínimo el nivel, en cualquiera de las Prensas, el sistema arrancará automáticamente.

Para diferenciar una parada en condiciones de nivel máximo de una parada en condiciones de rotura de faja, se realizó una secuencia lógica que se establece en el programa del PLC como se muestra en el anexo B.

Condiciones de parada:

- a) Parada por rotura de faja: Para este caso es importante mencionar que el controlador debe diferenciar cuando se realiza una parada normal (funcionamiento del proceso) y cuando una parada por rotura de faja (falla del proceso). Este problema se solucionó con una secuencia LADDER que se realizó en el programa para el PLC (Anexo B línea de secuencia 13 a 27).
- b) Parada por activación de guardamotor: Cuando se realiza una activación de alguno de los 6 guardamotores el sistema se detiene hasta que se solucione el problema y una luz roja parpadeará en el gabinete.
- c) Parada por activación de pulsadores de emergencia: Al presionar el pulsador de emergencia por diversas causas el sistema se detiene activando una sirena y una luz roja parpadeará en el gabinete.
- d) Parada por niveles máximos: Cuando todas las Prensas alcancen un nivel máximo el sistema se detiene y vuelve a funcionar cuando una Prensa llegue a nivel mínimo (cualquiera que sea). En la Figura 3.27 se muestra el diagrama de flujo del proceso.

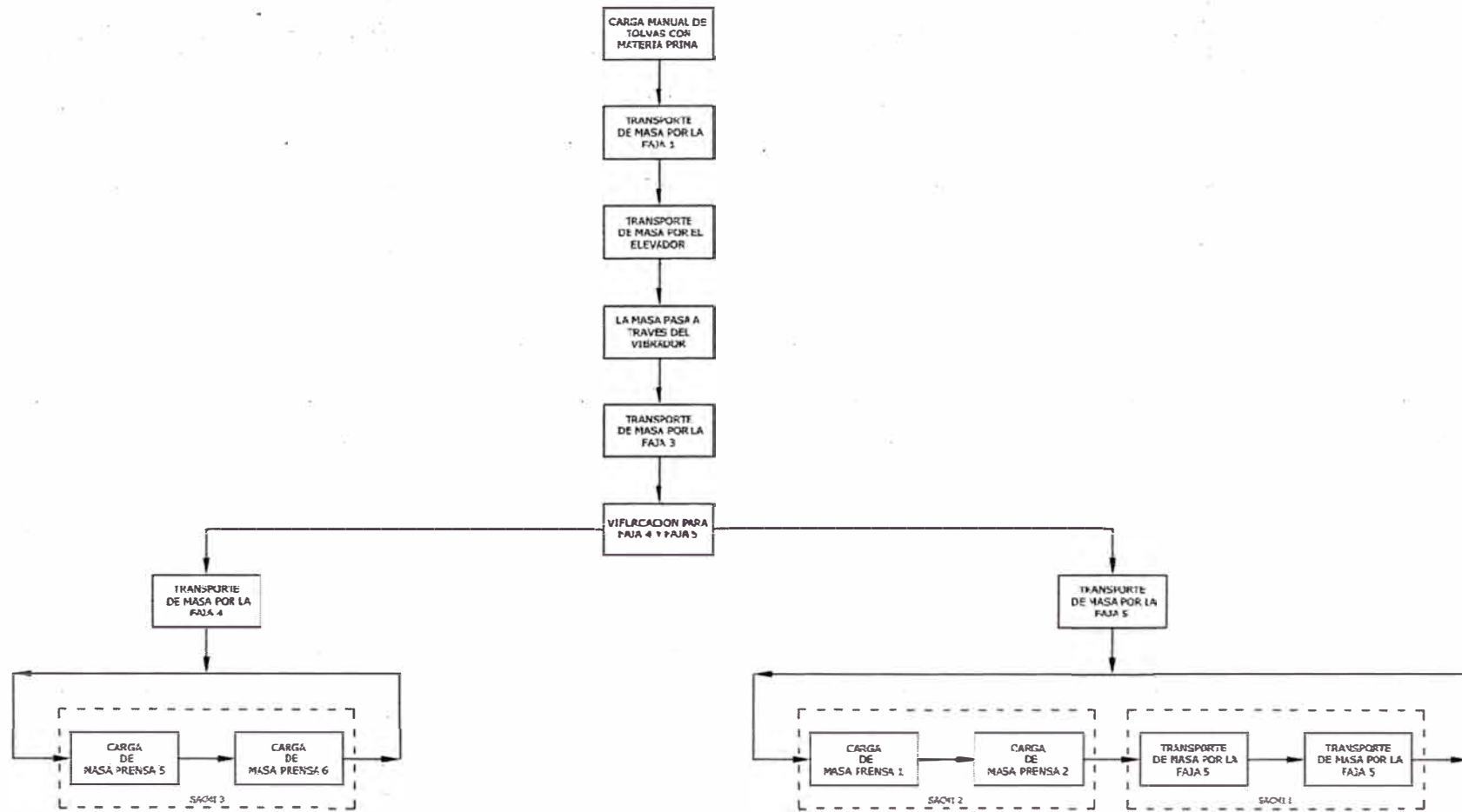


Figura 3.27 Diagrama de flujo del proceso (masa=materia prima)

Con la sustitución de lógica de relés cableados (Figura 3.28) por controlador lógico programable (Figura 3.29), se gana eficiencia debido al bajo consumo de energía, se reducen los espacios del tablero de control, siendo utilizados solo los relés necesarios, minimizándose los riesgos de fallas al ser instalados menos equipos. Además se tiene una interfaz hombre maquina amigable que permite al operario monitorear el proceso así como realizar los cambios que producción solicite.

En el anexo C se muestran imágenes el panel de operador antiguo y su respectivo reemplazo por un panel de operador moderno y altamente flexible.

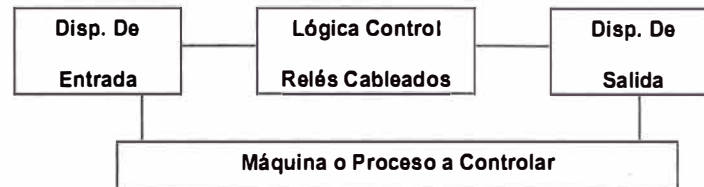


Figura 3.28. Lógica cableada

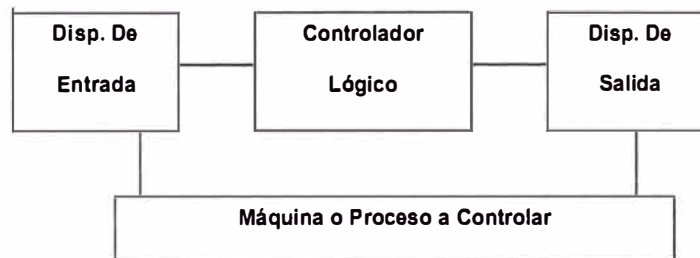


Figura 3.29. Lógica con PLC

3.3. Recursos humanos.

3.3.7 Bachiller.

Es el responsable del proyecto, y tiene a su cargo la elaboración de los planos del cableado del gabinete, la programación del PLC, así como la programación del HMI. Además tiene por función coordinar con el personal técnico la configuración de los equipos del gabinete, el montaje y la puesta en marcha.

3.3.2 Técnico Electricista.

Asistente del proyecto, encargado del montaje, toma de datos, apoyo en el diseño del circuito eléctrico para el tablero de PLC desde el diseño hasta la puesta en marcha.

3.3.3 Técnico Instrumentista.

Asistente del proyecto, encargado del montaje de los sensores en campo y apoyo en la montaje y la interconexión de los equipos en el Tablero de Control con PLC.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados obtenidos.

Este mejoramiento focalizado en tecnología utilizando la automatización con PLC dio los siguientes resultados:

- 1) Incremento en la confiabilidad de la fábrica en un 28%.
- 2) Aumento en el indicador adherencia al programa de producción en un 30%.

La comparación del sistema anterior (Sistema cableado), con el nuevo sistema (sistema con PLC) se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla4.1 Comparación de los sistemas

CARACTERISTICA	SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA ACTUAL
Flexibilidad de adaptación al proceso	Baja	Alta
Hardware estándar para distintas aplicaciones	No	Si
Posibilidades de modificación	Difícil	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Fácil
Modificaciones "On line"	No	Si

4.2 Presupuesto y tiempo de ejecución.

4.2.1 Presupuesto.

Debido a que la fábrica está automatizada en casi el 70% con controladores de una determinada marca, se optó por usar esa marca con la finalidad de estandarizar repuestos y que a futuro toda la planta se integre fácilmente evitando los costos en programaciones y configuraciones de servidores OPC, firmwares, drivers u otra tecnología.

En la Tabla4.2 y 4.3 se muestran los presupuestos para el controlador lógico programable y la interfaz hombre máquina para la solución 1 y solución 2 respectivamente, indicadas líneas arriba, mientras que la Tabla4.4 muestra el presupuesto del gabinete y los componentes que se requieren para la implementación del proyecto.

Tabla4.2 Presupuesto solución 1 (PLC, HMI, software de programación).

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Costo \$US P/U (sin IGV)
Fuente para PLC	OMRON	CJ1W-PA205R	1	192.92
CPU del PLC	OMRON	CJ1M-CPU13	1	665.25
Modulo de entrada digitales	OMRON	CJ1W-ID211	2	209.54
Modulo de entrada análogas	OMRON	CJ1W-AD081	3	824.21
Modulo de salida digitales	OMRON	CJ1W-OD211	1	221.58
Modulo de salida digitales	OMRON	CJ1W-OD201	1	182.95
Interfaz hombre maquina	OMRON	NS12-TV00B	1	3726.57
Cable de comunicación (PLC-HMI)	OMRON	XW2Z-200T	1	128.00
Cable de programación (PLC-HMI)	OMRON	C200HS-CN220	1	153.17
Software de programación	OMRON	CX-ONE-V3	1	Gratuito

Tabla4.3 Presupuesto solución 2 (PLC, HMI, software de programación)

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Costo \$US P/U (sin IGV)
Fuente para PLC	OMRON	CJ1W-PA205R	1	192.92
CPU del PLC	OMRON	CJ1M-CPU13	1	665.25
Modulo de entrada digitales	OMRON	CJ1W-ID211	4	209.54
Modulo de salida digitales	OMRON	CJ1W-OD211	2	221.58
Interfaz hombre maquina	OMRON	NS12	1	3726.57
Software de programación	OMRON	CX-ONE-V3	1	Gratuito
Cable de comunicación (PLC-HMI)	OMRON	XW2Z-200T	1	128.00
Cable de programación (PLC-HMI)	OMRON	C200HS-CN220	1	153.17

En la Tabla4.5 Se muestra los componentes que se reutilizaron en el proyecto.

En la Tabla4.6 y 4.7 se muestran los equipos para el gabinete y el PLC usados para la solución final respectivamente.

Tabla4.4

Descripción	Marca	Cantidad	Costo \$US P/U (sin IGV)
Sensor inductivo	Omron	5	63
Pulsadores color rojo NC	Legrand	8	9.10
Sirena electromecánica	Sirena	1	74.24
Lámparas rojo y ambar	Legrand	1	71.60
Gabinete 2000x800x600 mm	ABB-ACE	1	852.99
Plancha de montaje metálica	ABB-SACE	1	120
Borneras de dos niveles 4mm ²	Legrand	58	1.1
Fluorescente con difusor de 16watt 220vol	Legrand	1	19.30
Ventilador con rejilla y filtro 242x242mm 160m ³ /hora	Legrand	1	191.60
Canaletas ranuradas de PVC 60 x60 mm	Legrand	3	12
Inter. termomagnético 2P 6A 20KA/220vol	Siemens	1	14.50
Inter. termomagnético 2P 4A 20KA/220vol	Siemens	1	14.50
Interruptor termomagnético 2P 20KA/220vol	Siemens	2	7.33
Tomacorriente IP67	Legrand	1	19.6
Transf. monofásico 3KVA 380/110V, 60Hz	Audax	1	319.15
Fuente de 24 vol. 4.5 amp	Omron	1	30.00
Válvulas	Oregon	5	1000.00
Sensores de nivel analógico	vega	5	1200.00
Programación y puesta en marcha solución 2 (señales discretas)	PCSA	1	2480.00
Programación y puesta en marcha solución 1 (señales discretas y analógicos)	PCSA	1	2746.00

Tabla4.5 Elementos reutilizados en el proyecto

Sensores de paletas rotativas	12
Motores	6
Fajas	5
Guarda motor + contactor	6

Tabla4.6 Equipos utilizados para la solución final adoptada.

Descripción	Marca	Cantidad	Costo \$US P/U (sin) IGV
Sensor inductivo	Omron	5	63
Pulsadores color rojo NC	Legrand	8	9.10
Sirena electromecánica	Sirena	1	74.24
Lámparas rojo y ámbar	Legrand	1	71.60
Gabinete 2000x800x600 mm	ABB-SACE	1	852.99
Plancha de montaje metálica	ABB-SACE	1	120
Borneras de dos niveles 4mm ²	Legrand	58	1.1
Fluorescente con difusor de 16watt 220vol	Legrand	1	19.30
Ventilador con rejilla y filtro 242x242mm 160m ³ /hora	Legrand	1	191.60
Canaletas ranuradas de PVC 60 x60 mm	Legrand	3	12
Inter. termomagnético 2P 6A 20KA/220vol	Siemens	1	14.50
Inter. termomagnético 2P 4A 20KA/220vol	Siemens	1	14.50
Interruptor termomagnético 2P 20KA/220vol	Siemens	2	7.33
Tomacorriente IP67	Legrand	1	19.6
Transf. monofásico 3KVA 380/110V, 60Hz	Audax	1	319.15
Fuente de 24 vol. 4.5 amp	Omron	1	30.00
Programación y puesta en marcha	PCSA	1	2480.00
Válvulas	Oregon	5	1000.00
Accesorios	Cantidad	Costo \$US P/U (Incluye IGV)	
Cable 18 AWG (rollo 100M)	3	20	
Cable 14 AWG (rollo 100M)	3	35	
Cintillos, terminales, etc.	1	40	

Tabla4.7 PLC y HMI utilizados para la solución final adoptada.

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Costo \$US P/U (sin IGV)
Fuente para PLC	OMRON	CJ1W-PA205R	1	192.92
CPU del PLC	OMRON	CJ1M-CPU13	1	665.25
Modulo de entrada digitales	OMRON	CJ1W-ID201	4	209.54
Modulo de salida digitales	OMRON	CJ1W-OD211	2	221.58
Interfaz hombre maquina	OMRON	NS12	1	3726.57
Software de programación	OMRON	CX-ONE-V3	1	Gratis
Cable de comunicación (PLC-HMI)	OMRON	C200H-CN320	1	128.00
Cable de programación (PLC-HMI)	OMRON	C200HS-CN220	1	153.17

4.2.2 Tiempo de ejecución.

En la Tabla4.8 se muestra el cronograma de tareas programadas para el desarrollo de este proyecto considerándose un periodo de 12 semanas, desde la evaluación y el diseño hasta la puesta en marcha. Este cronograma tuvo retrasos por parte del montaje de la estructura y del horno, pero fue compensado con la simulación previa del programa, reduciendo así el tiempo de pruebas y correcciones en campo, quedando pendiente solo la tarea de configuración de los tiempos del proceso (Tiempos de lavado, tiempo de juego de brazos, etc.).

Tabla 4.8 Tiempo de ejecución

DIAGRAMA DE TIEMPO													
TAREAS	SEMANA	MES 1				MES 2				MES 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ANALISIS Y EVALUACION DEL PROBLEMA	PROGRAMADO	X	X										
	REALIZADO	X	X	X									
APROBACION DE LA SOLUCION VIABLE	PROGRAMADO			X									
	REALIZADO			X	X								
PREPARACION MECANICA DE LA MAQUINA	PROGRAMADO				X	X	X	X					
	REALIZADO						X	X	X	X			
CABLEADO ELECTRICO	PROGRAMADO						X	X	X	X	X		
	REALIZADO							X	X	X	X	X	
DESARROLLO DEL PROGRAMA DEL PLC	PROGRAMADO				X	X	X	X					
	REALIZADO				X	X	X	X	X	X			
REALIZACION DE PRUEBAS	PROGRAMADO											X	
	REALIZADO											X	X
ENTREGA DEL TRABAJO	PROGRAMADO												X
	REALIZADO												X

4.3 Análisis de costos.

El precio de la implementación de un nuevo sistema de automatización para el sistema de carga de materia prima que contempla el reemplazo de todos los componentes como son motores, fajas, cables, rodillos, brazos neumáticos y estructura metálicas está en el rango de 120 mil dólares a 150 mil dólares.

Con el reutilización de los mismos equipos mecánicos que ya se tenían instalados, valorizado en aproximadamente 60 mil dólares y adicionándole los 19074.80 dólares para el reemplazo de la lógica cableada por PLC se alcanza en suma un costo de casi 60% del valor total.

En la Tabla4.9 se muestra el costo para el reemplazo de la “lógica cableada” por el sistema automatizado con PLC, el cual no requiere de operador permanente.

Considerando que la fábrica está automatizada con controladores programables de una determina marca, se opto por utilizar la misma, con la finalidad de que se pueda integrar fácilmente al sistema SCADA y de no incrementar el costo del proyecto por la compra de software extras y Gateway's adicionales.

Tabla4.9 Costo final

PARAMETROS	Monto (US\$)
COSTOS (incluye IGV.)	19074.80
TIEMPO DE EJECUCION	4 meses
COMPLEJIDAD DE USO	Fácil

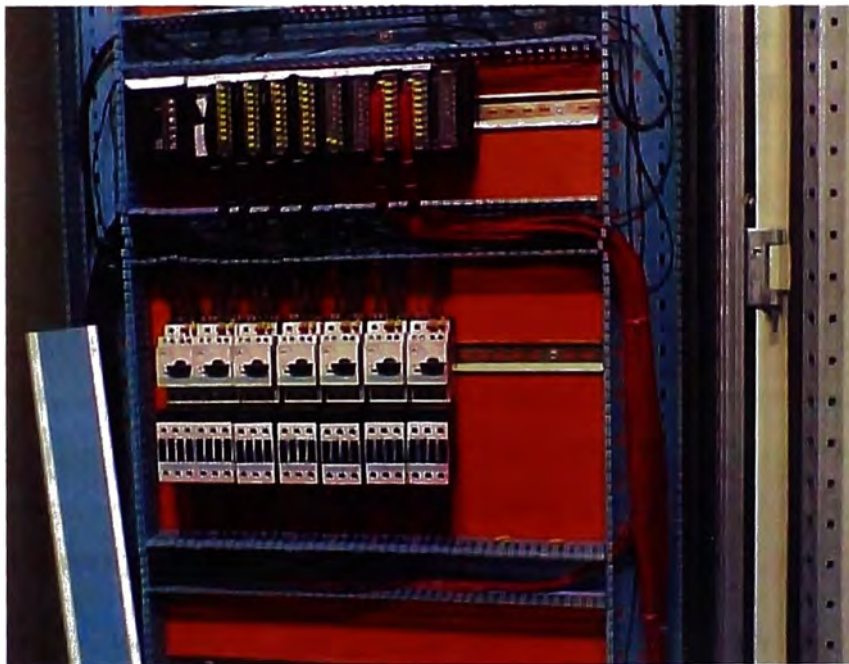


Figura 4.8 Interior del gabinete

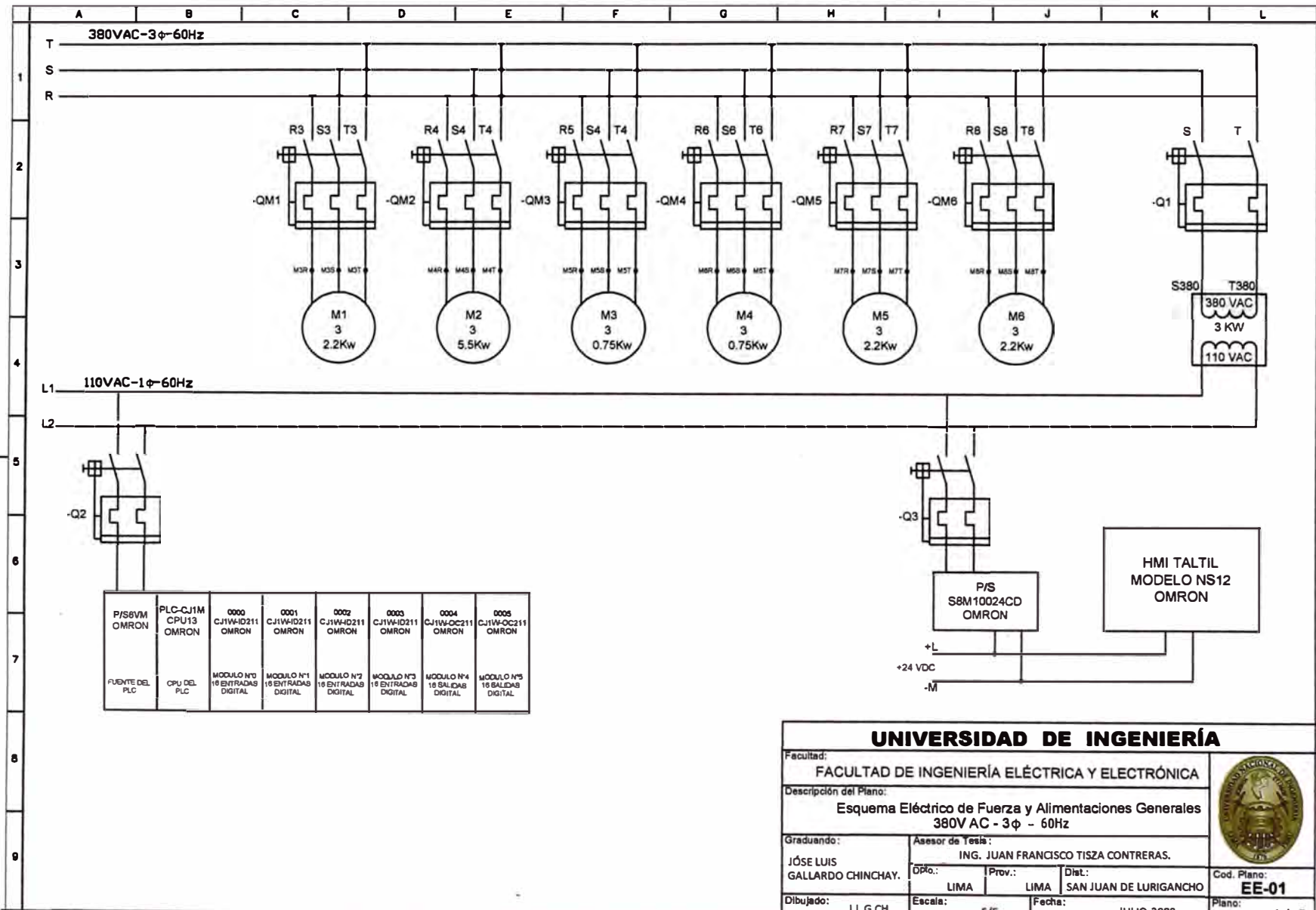
CONCLUSIONES

1. Con este proyecto se visualizan las oportunidades que tiene la compañía en acrecentar la ventaja competitiva a nivel de costos, reduciendo los costos de los factores de producción a nivel de Recursos Humanos, Recursos físicos y Tecnología combinando de una manera lógica y que vaya de acuerdo con la actualidad o estrategia de la empresa.
2. Este mejoramiento continuo focalizado en tecnología utilizando la automatización dio los siguientes resultados: Incremento en la confiabilidad de la fábrica en un 28%, aumento en el indicador adherencia al programa de producción en un 30%.
3. Con estas consideraciones se obtuvo una reducción en los costos de producción que puede apoyar a que la compañía siga siendo competitiva en el área de manufactura aumentando el valor del producto tangible mediante la reducción de los costos en esta línea de producción tan importante para la compañía.
4. Para la selección de maquinaria se escogió una firma conocida por la compañía a nivel mundial llamada SACMI, que es concedora y especialista en baldosas cerámicas, debido a que SACMI utiliza la marca OMRON como estándar para la automatización y control de sus hornos y sistema de empaque. Se optó por usar la marca OMRON para automatizar el sistema de carga de materia prima con la finalidad de integrar a futuro este sistema de control al SCADA de SACMI sin requerir el uso de un OPC y evitar programaciones complejas. Lógicamente esto no es camisa de fuerza para la elección de la máquina.
5. Con la sustitución de lógica de relés cableados por PLC, se gana en eficiencia debido al bajo consumo de energía, se reducen los espacios en el tablero de control, siendo utilizados sólo los relés necesarios, a la vez que se reducen los riesgos de fallas al ser instalados menos equipos.
6. El creciente mercado de la automatización en el Perú hace necesario que tengamos que adelantarnos a los problemas desarrollando soluciones flexibles, prácticas y económicas.
7. Actualmente los softwares que se utilizan para programar los PLC vienen con simuladores que permiten probar la secuencia del programa antes de ponerla en marcha, y además tienen la

opción de edición “en línea”; esta opción nos permitió poner en marcha el sistema mucho más rápido ya que hace posible la corrección de la secuencia del programa directamente.

8. De acuerdo a los resultados obtenidos actualmente ya se vienen implementado la automatización de todas las demás líneas de producción de la fábrica.

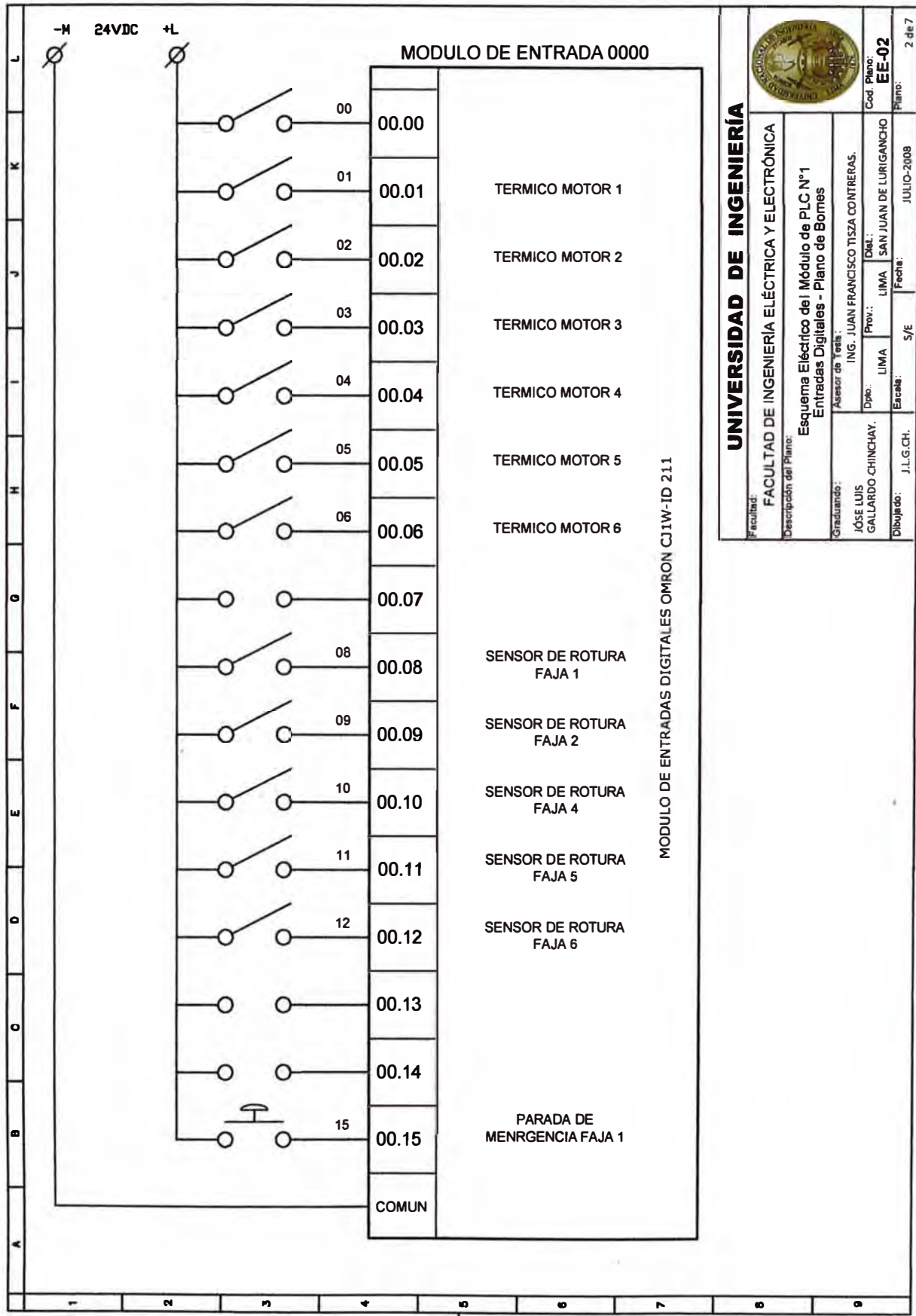
ANEXO A
PLANOS DEL CABLEADO



UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA

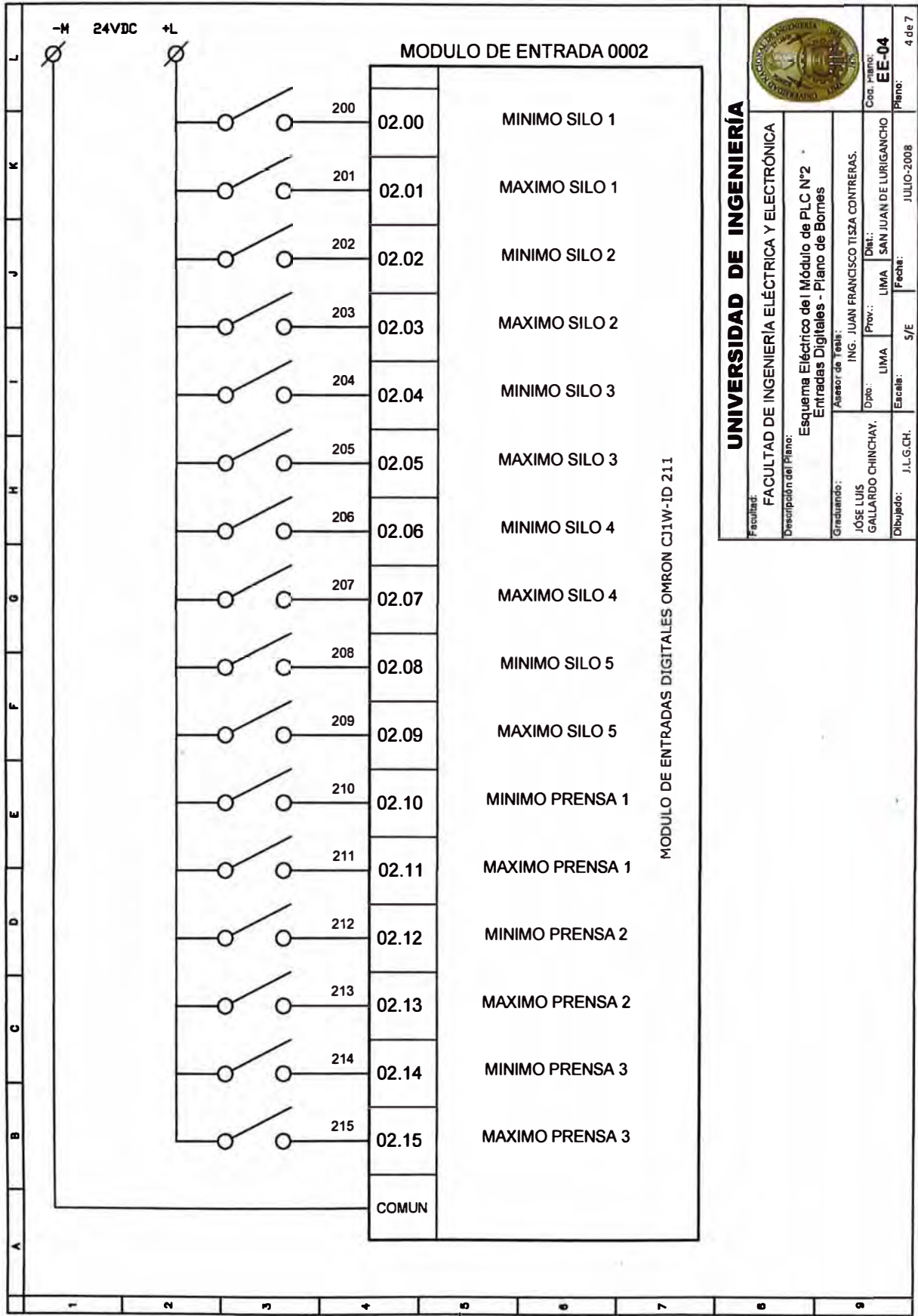
Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
Descripción del Plano: Esquema Eléctrico de Fuerza y Alimentaciones Generales 380V AC - 3φ - 60Hz			
Graduando: JÓSE LUIS GALLARDO CHINCHAY.	Asesor de Tesis: ING. JUAN FRANCISCO TISZA CONTRERAS.		
Dpto.: LIMA	Prov.: LIMA	Dist.: SAN JUAN DE LURIGANCHO	
Dibujado: J.L.G.CH.	Escala: S/E	Fecha: JULIO-2008	Cod. Plano: EE-01
			Plano: 1 de 7





UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	
Descripción del Plano: Esquema Eléctrico de l Módulo de PLC N°1 Entradas Digitales - Plano de Borne	
Graduando: JÓSE LUIS GALLARDO CHINCHAY	Asesor de Tesis: ING. JUAN FRANCISCO TISZA CONTRERAS.
Dpto.: LIMA	Prov.: LIMA
Dibujado: J.L.G.CH.	Diel.: SAN JUAN DE LURIGANCHO
Escala: S/E	Fecha: JULIO-2008
Cod. Plano: EE-02	
Plano: 2 de 7	



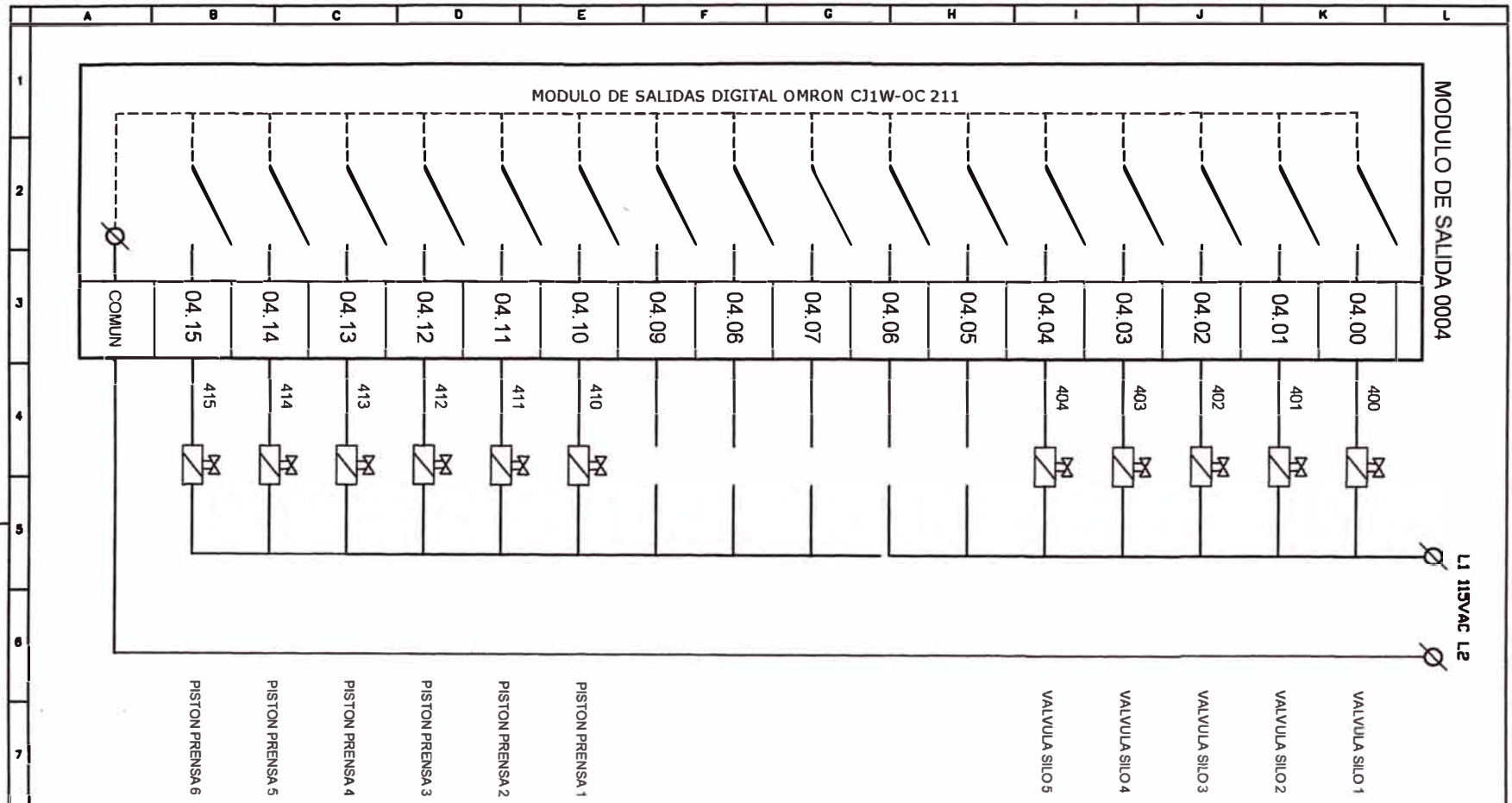
UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Descripción del Plano:
Esquema Eléctrico de l Módulo de PLC N°2
Entradas Digitales - Plano de Borne

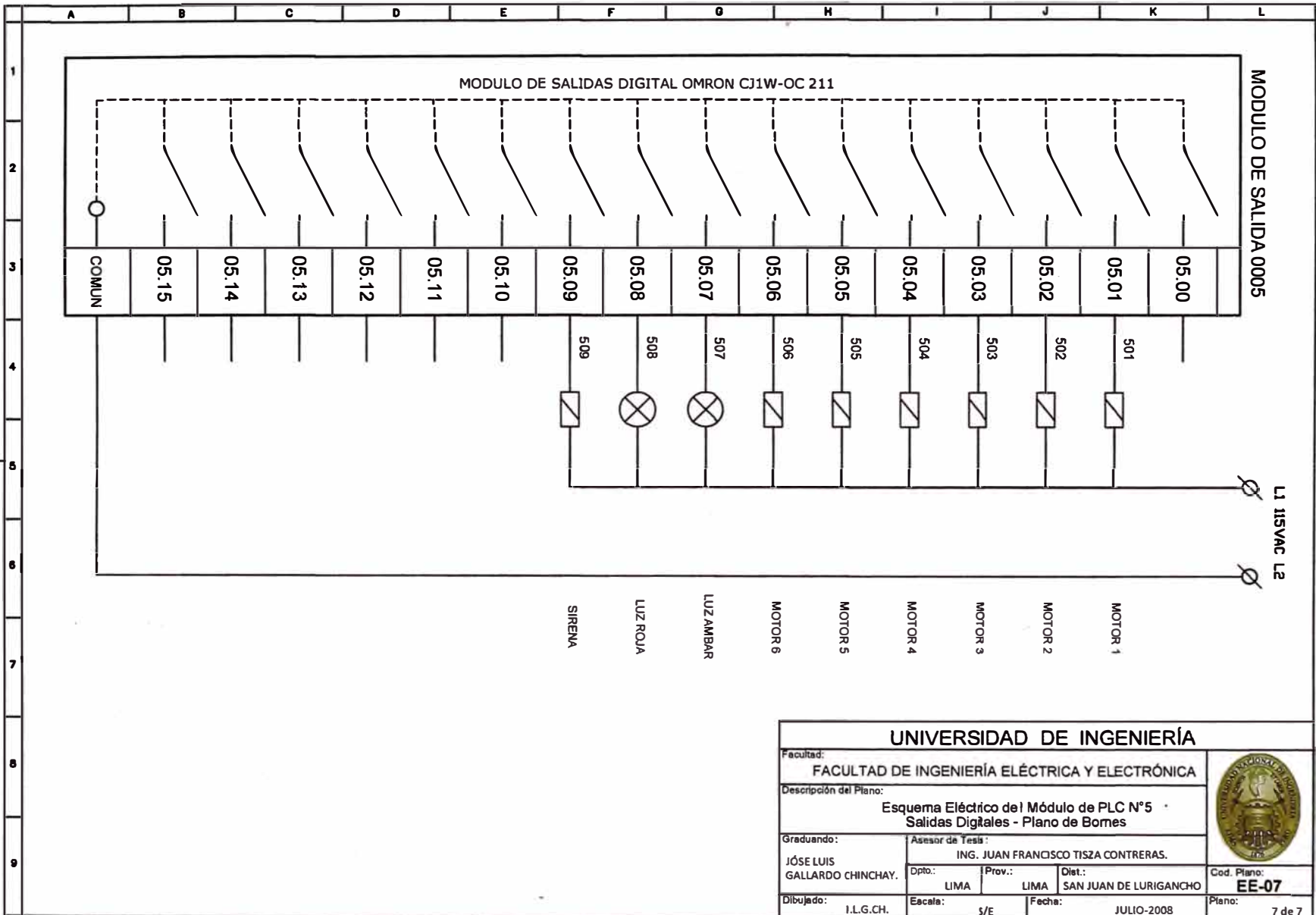
Asesor de Tesis: ING. JUAN FRANCISCO TISZA CONTRERAS.	Diat.:	Coa. Plano: EE-04
Dpto.: LIMA	Prov.:	SAN JUAN DE LURIGANCHO
Dibujado: J.L.G.CH.	Escala: S/E	Fecha: JULIO-2008

Plano: 4 de 7




UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA			
Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
Descripción del Plano: Esquema Eléctrico de I Módulo de PLC N°4 - Salidas Digitales - Plano de Bomes			
Graduando: JÓSE LUIS GALLARDO CHINCHAY.		Asesor de Tesis: ING. JUAN FRANCISCO TISZA CONTRERAS.	
Dpto.: LIMA	Prov.: LIMA	Dist.: SAN JUAN DE LURIGANCHO	Cod. Plano: EE-06
Dibujado: J.L.G.CH.	Escala: S/E	Fecha: JULIO-2008	Plano: 6 de 7

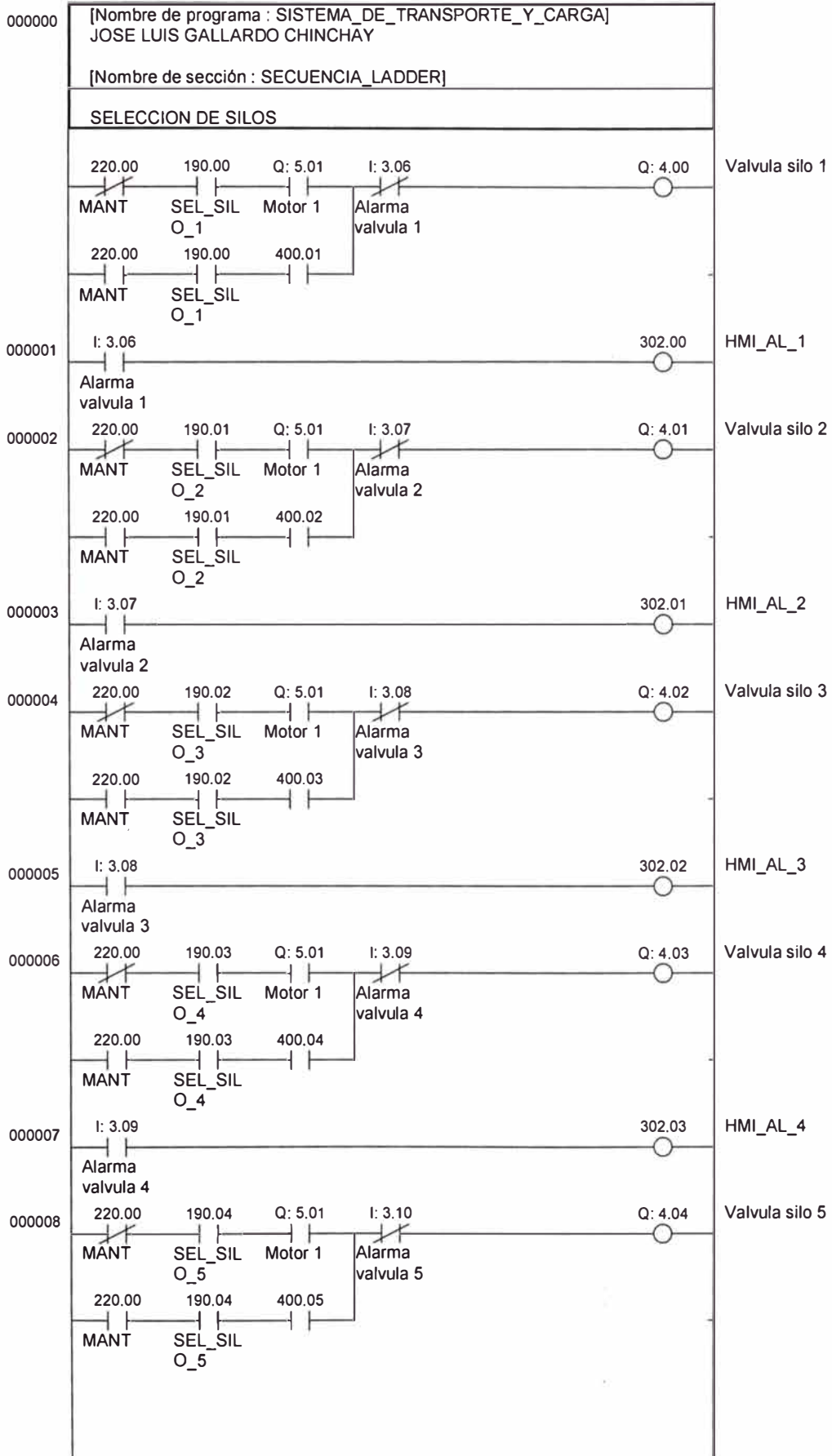


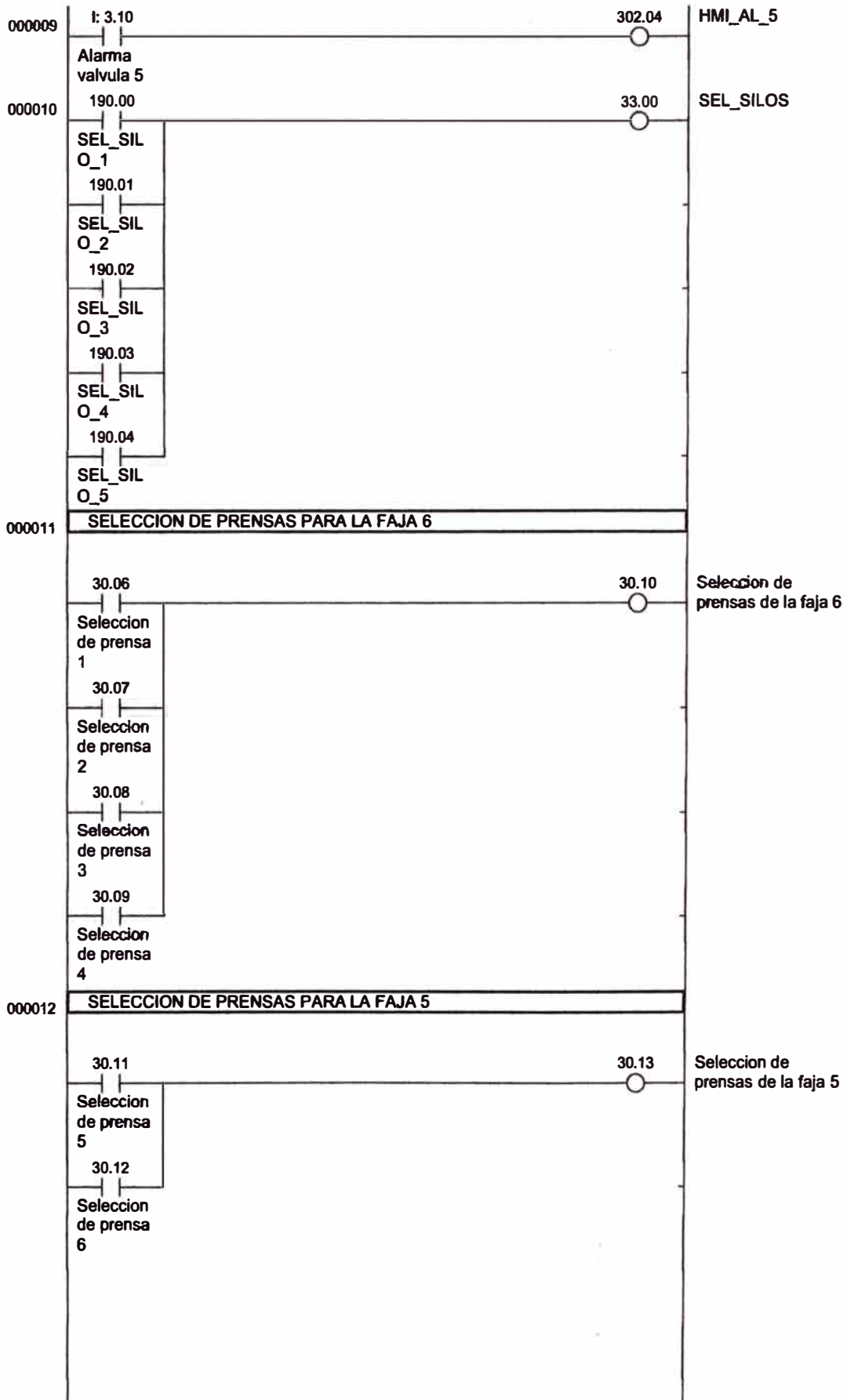


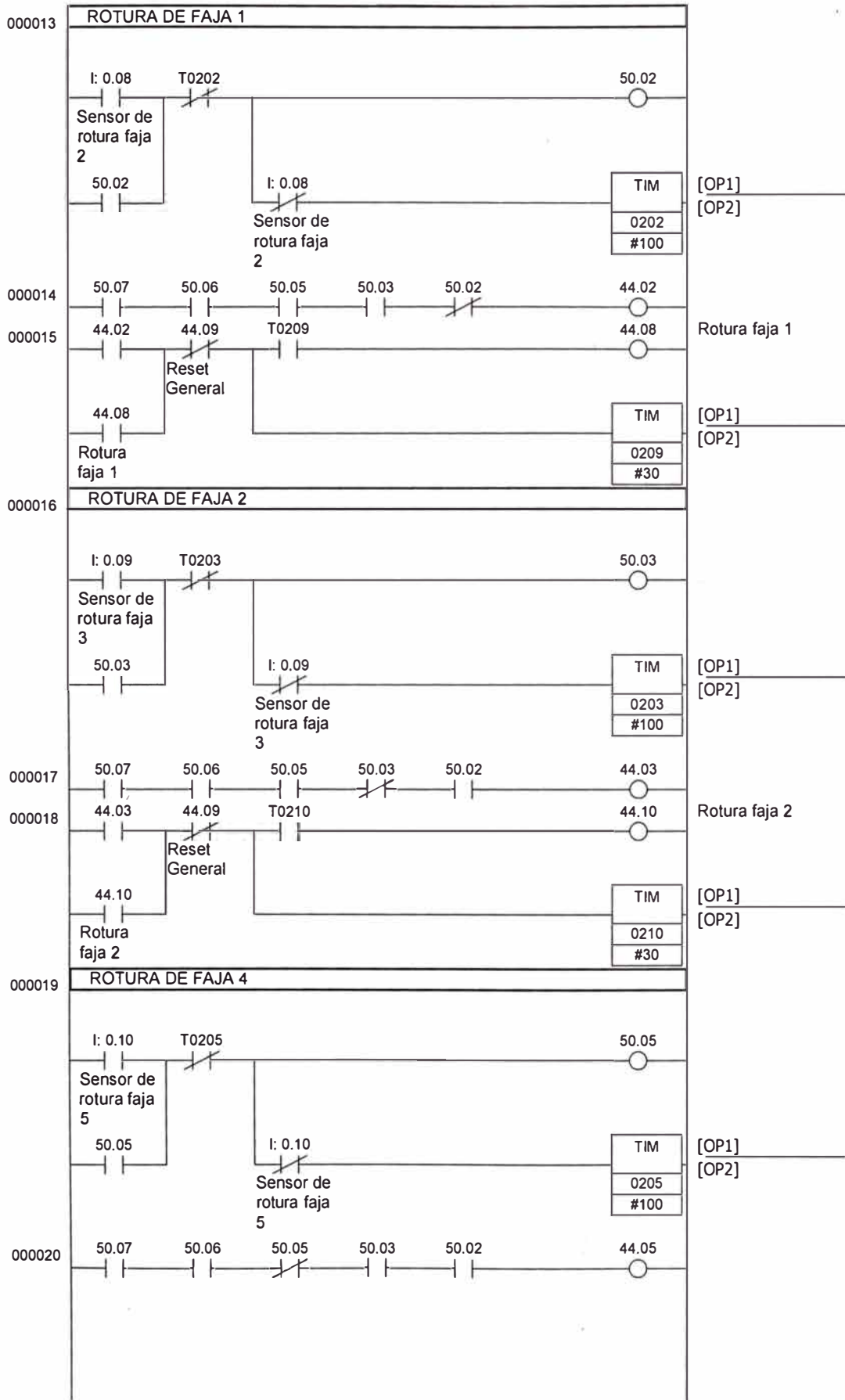
UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA			
Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
Descripción del Plano: Esquema Eléctrico del Módulo de PLC N°5 Salidas Digitales - Plano de Bomes			
Graduando: JÓSE LUIS GALLARDO CHINCHAY.		Asesor de Tesis: ING. JUAN FRANCISCO TISZA CONTRERAS.	
Dpto.: LIMA	Prov.: LIMA	Dist.: SAN JUAN DE LURIGANCHO	Cod. Plano: EE-07
Dibujado: I.L.G.CH.	Escala: S/E	Fecha: JULIO-2008	Plano: 7 de 7

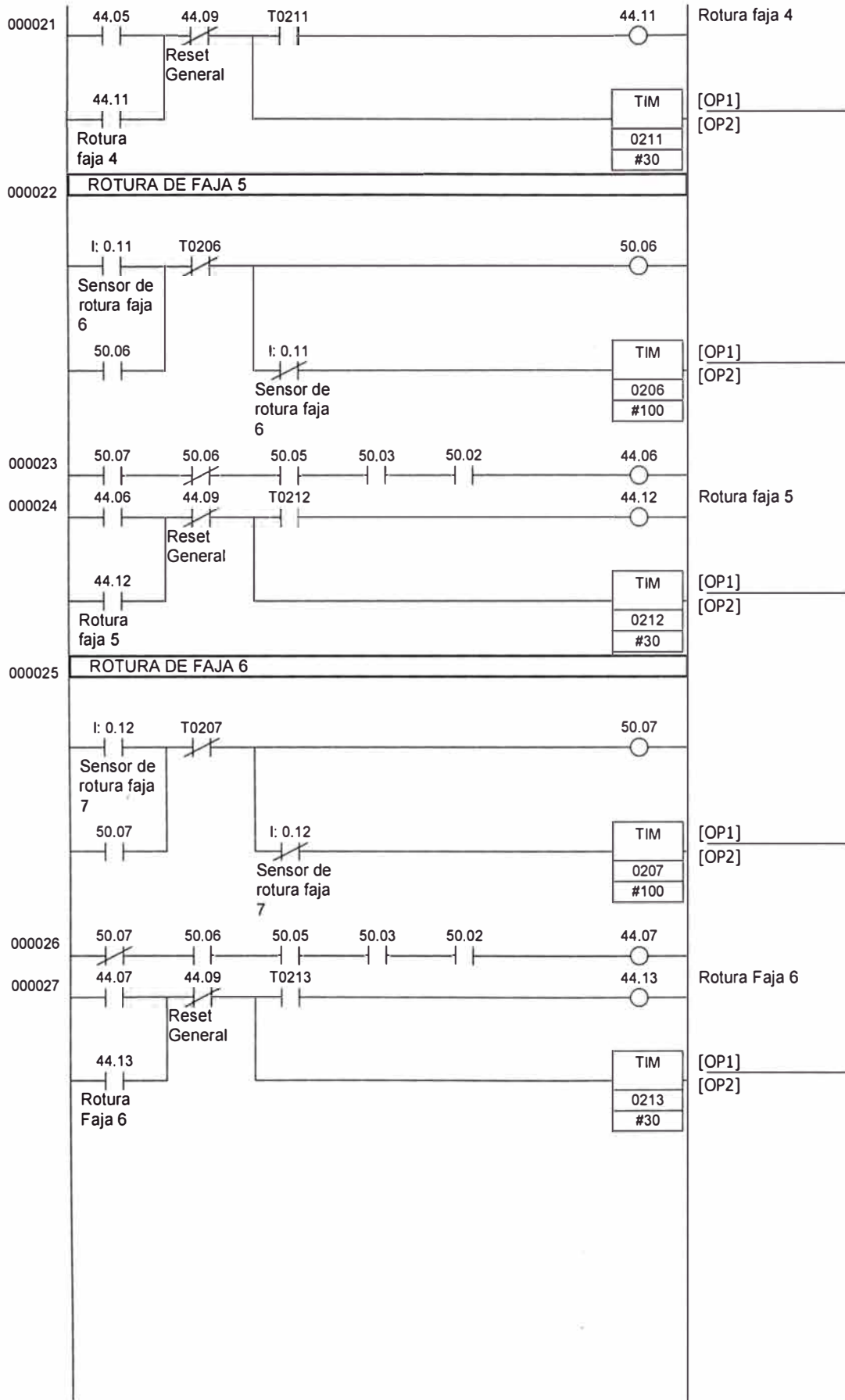


ANEXO B
SECUENCIA LÓGICA DEL PLC



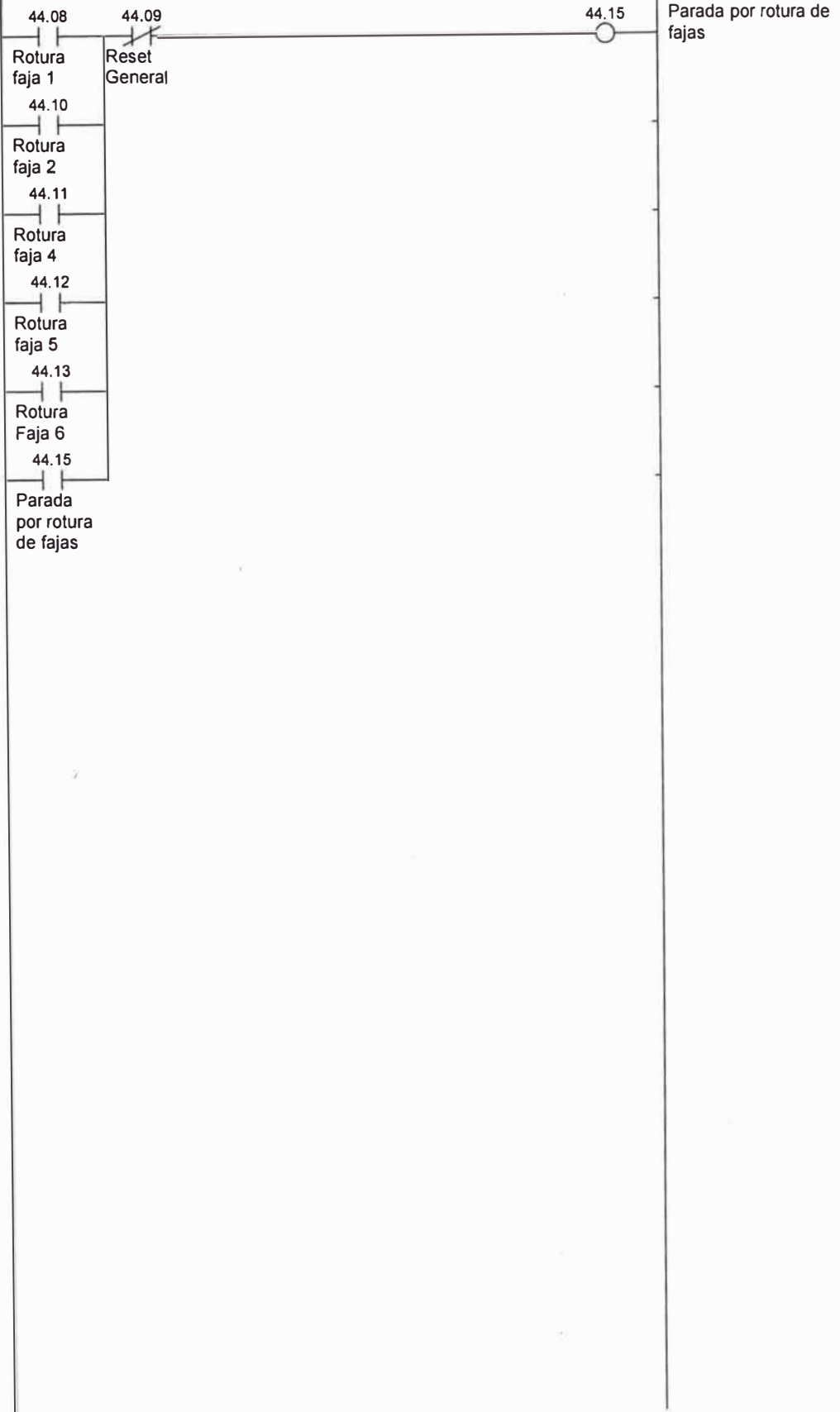






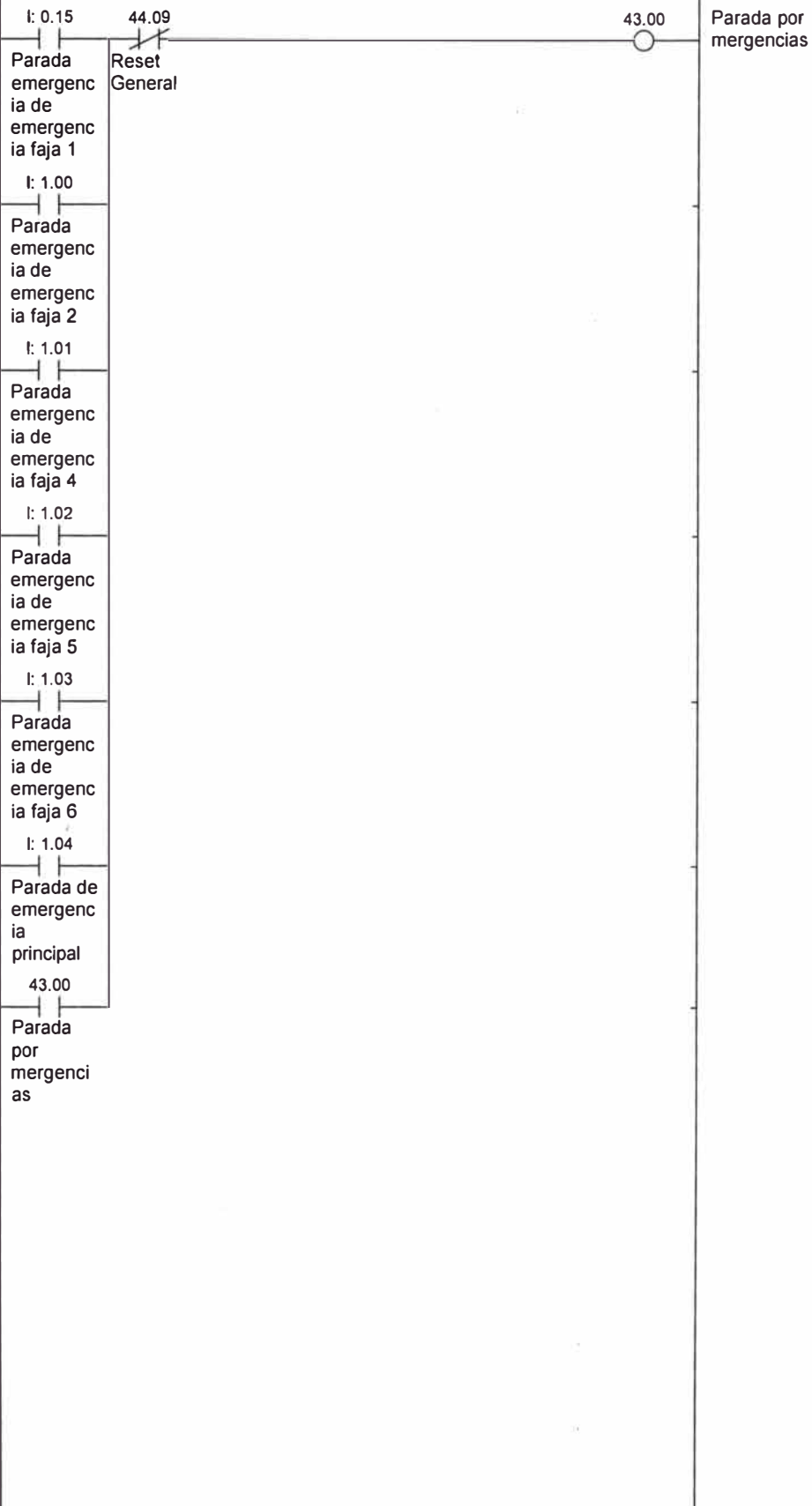
000028

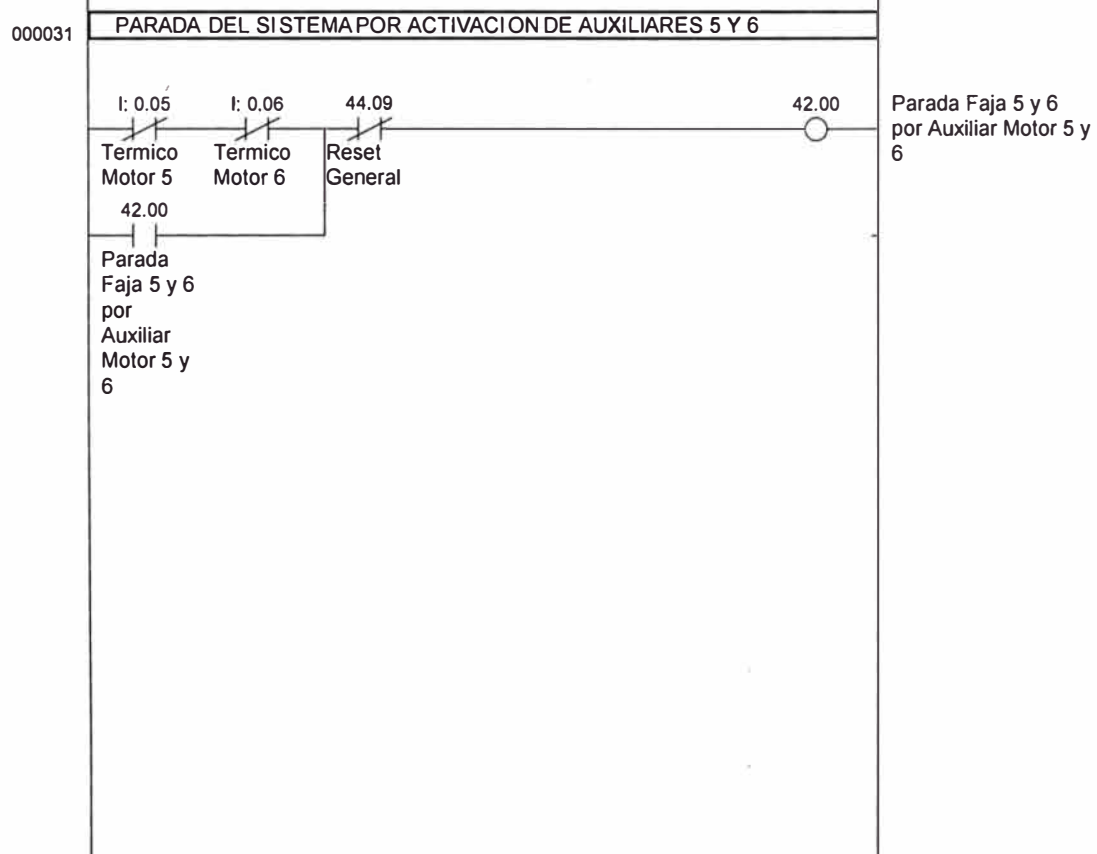
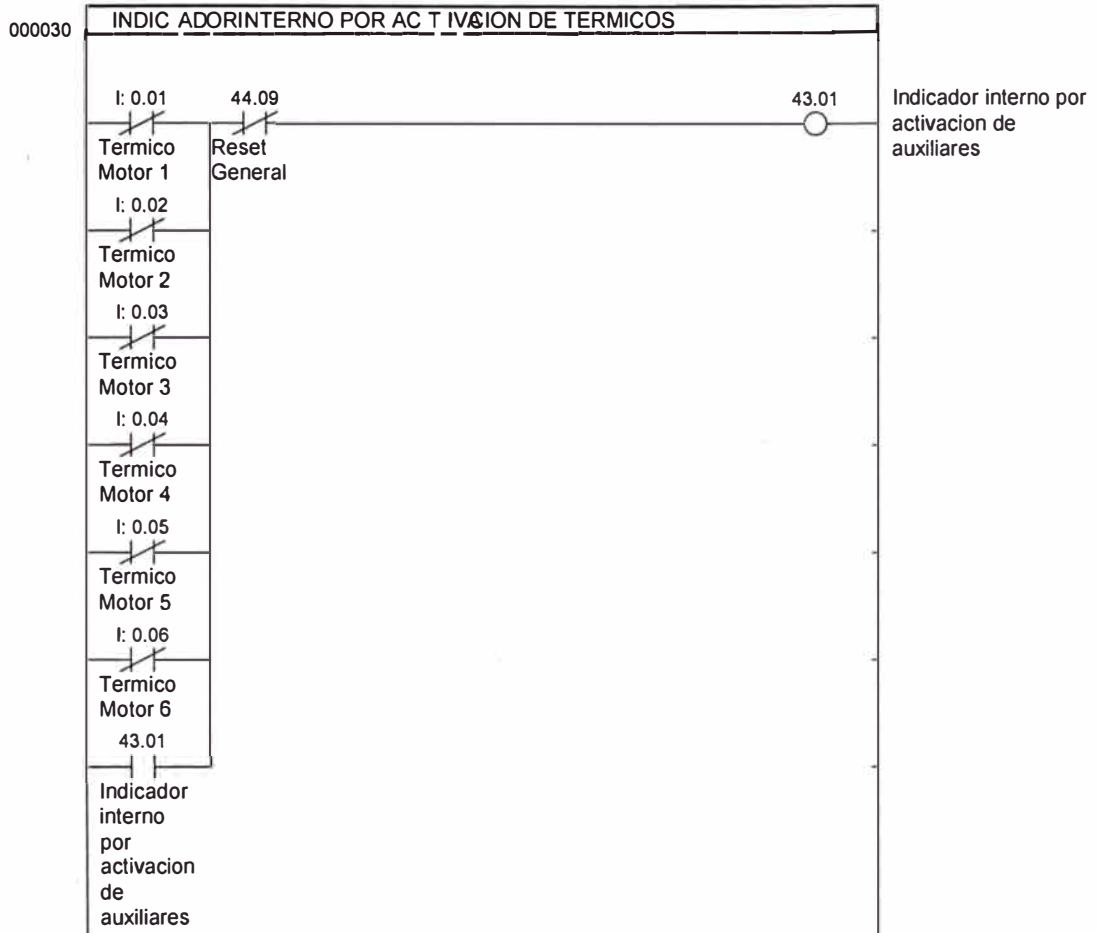
PARADA DEL SISTEMA POR ROTURA DE FAJAS

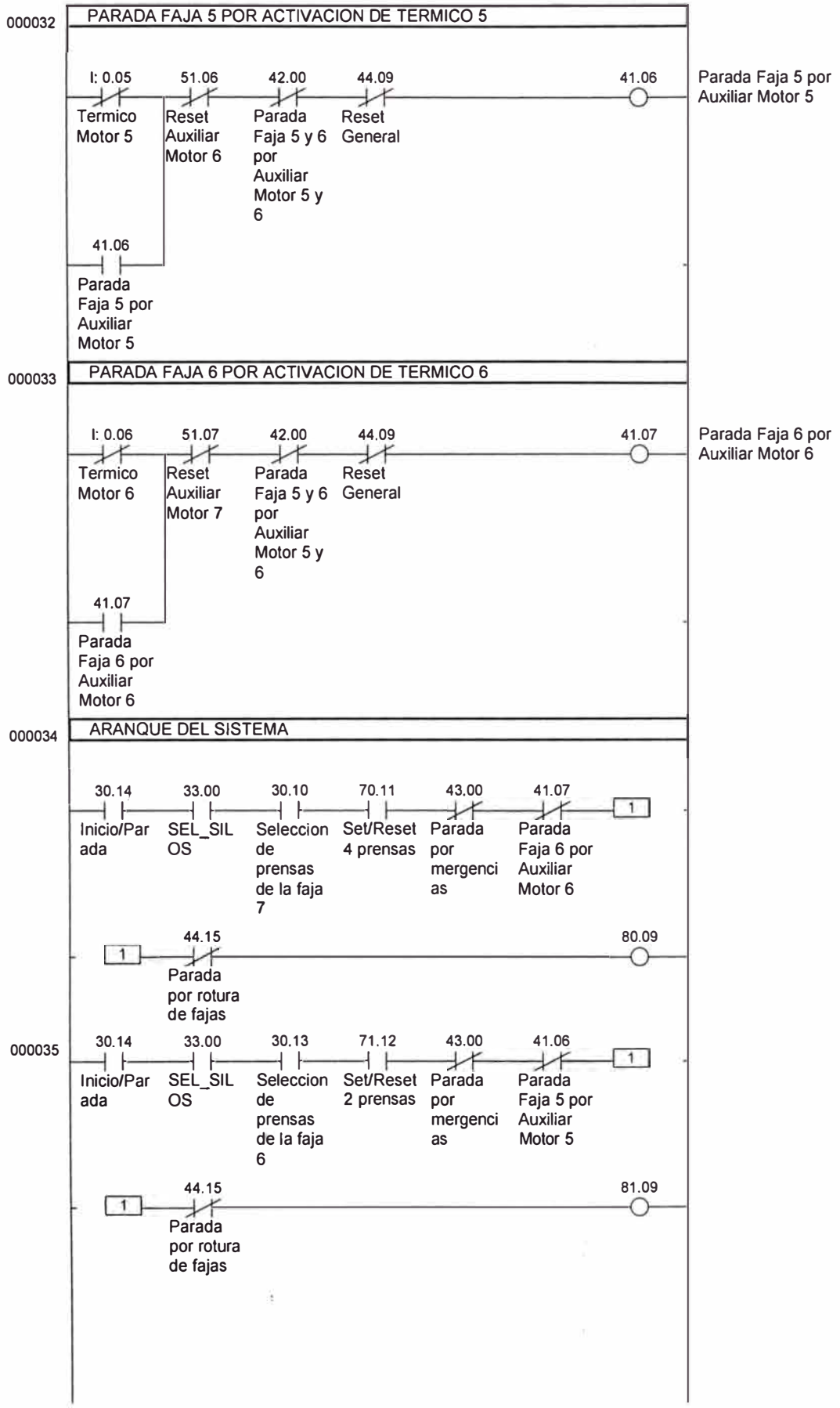


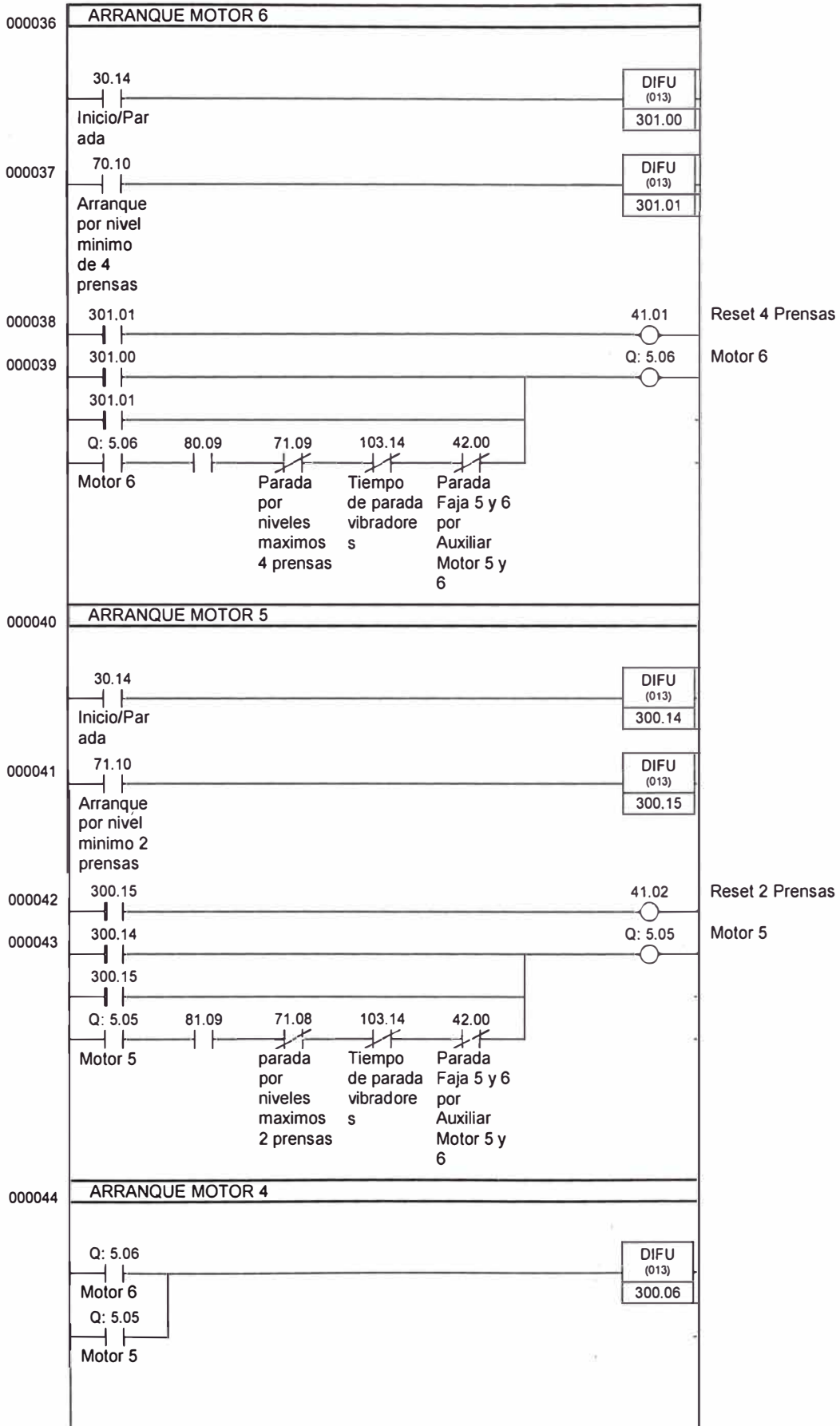
000029

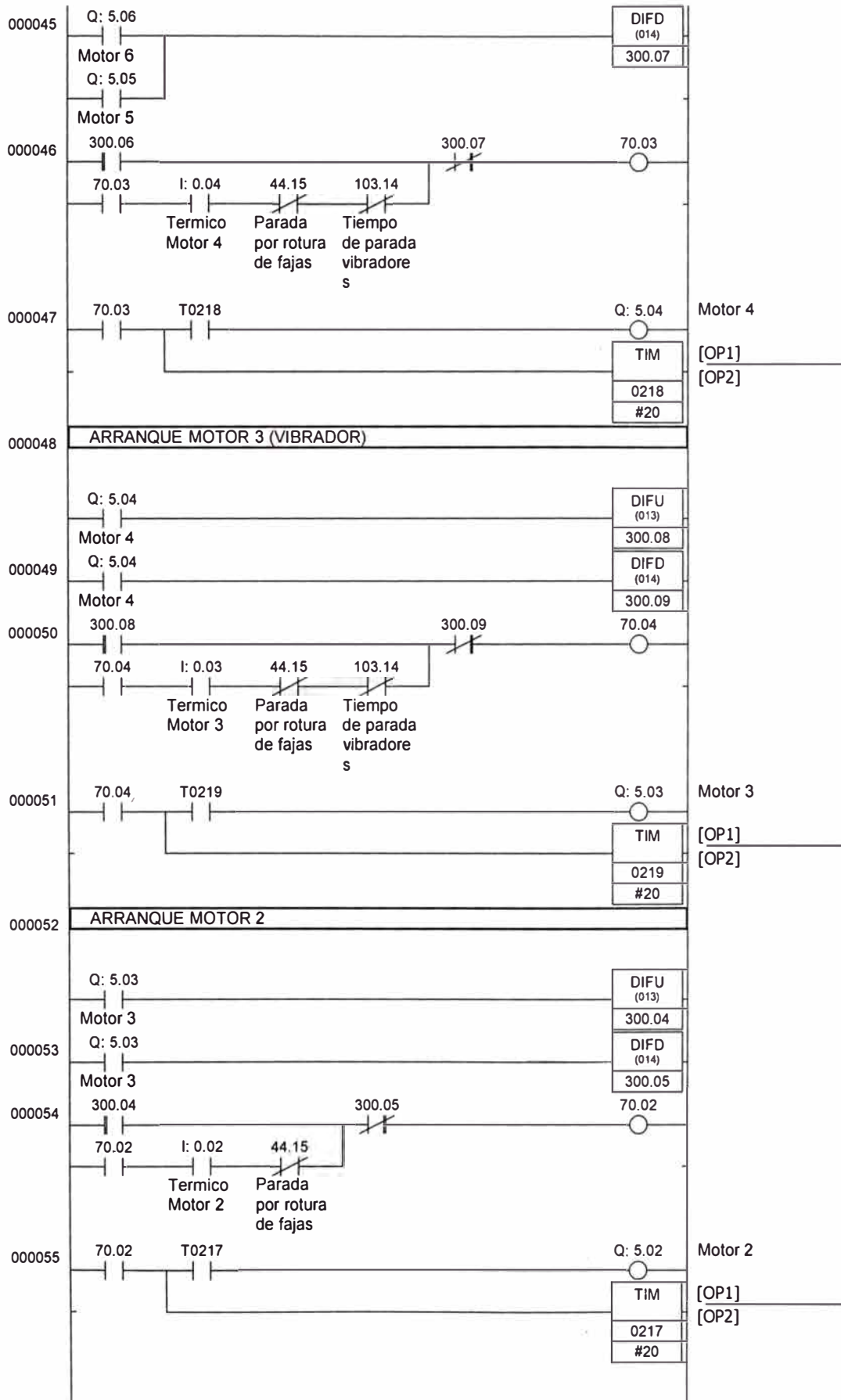
PARADA DEL SISTEMA POR ACTIVACION DE EMERGENCIAS

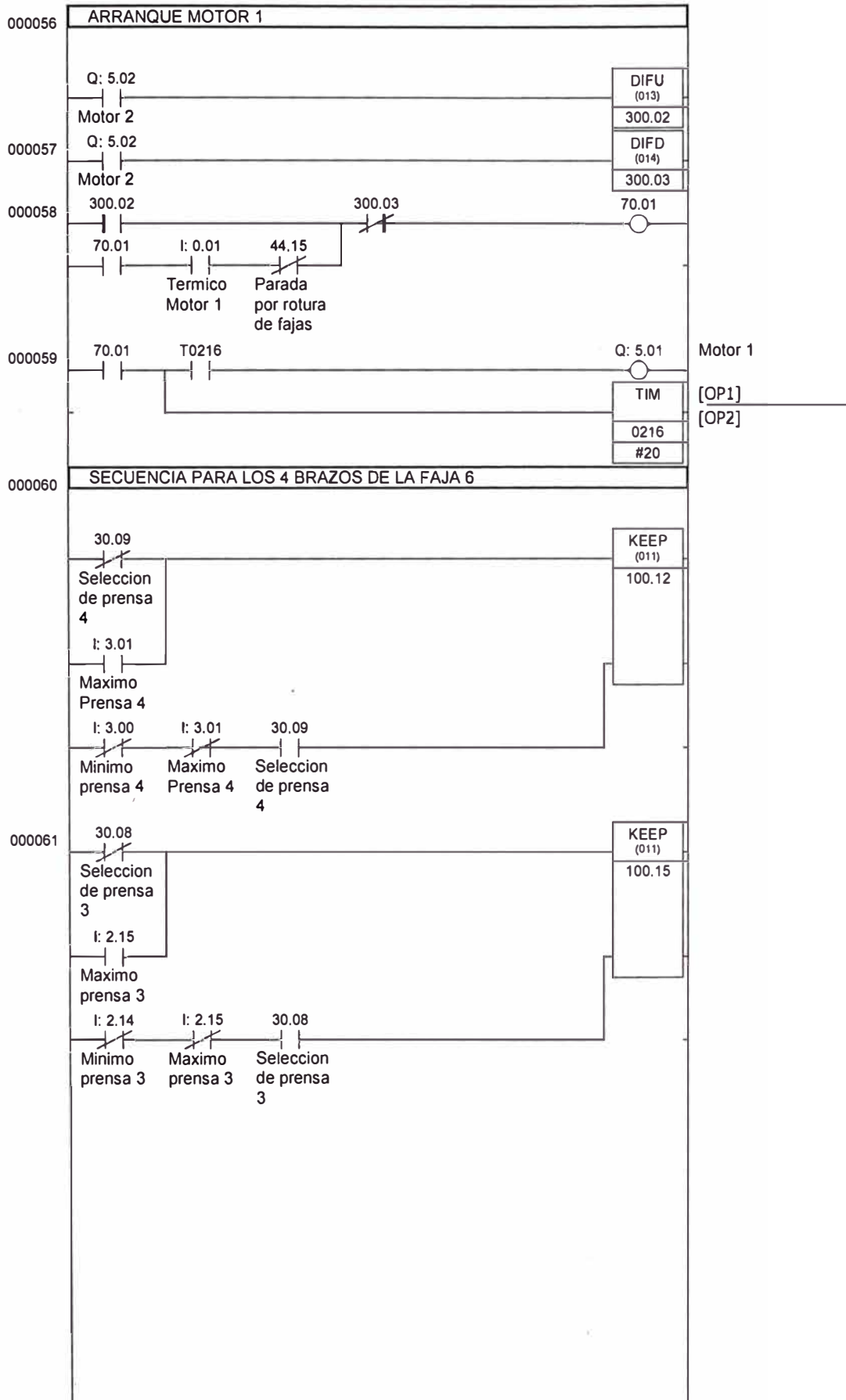


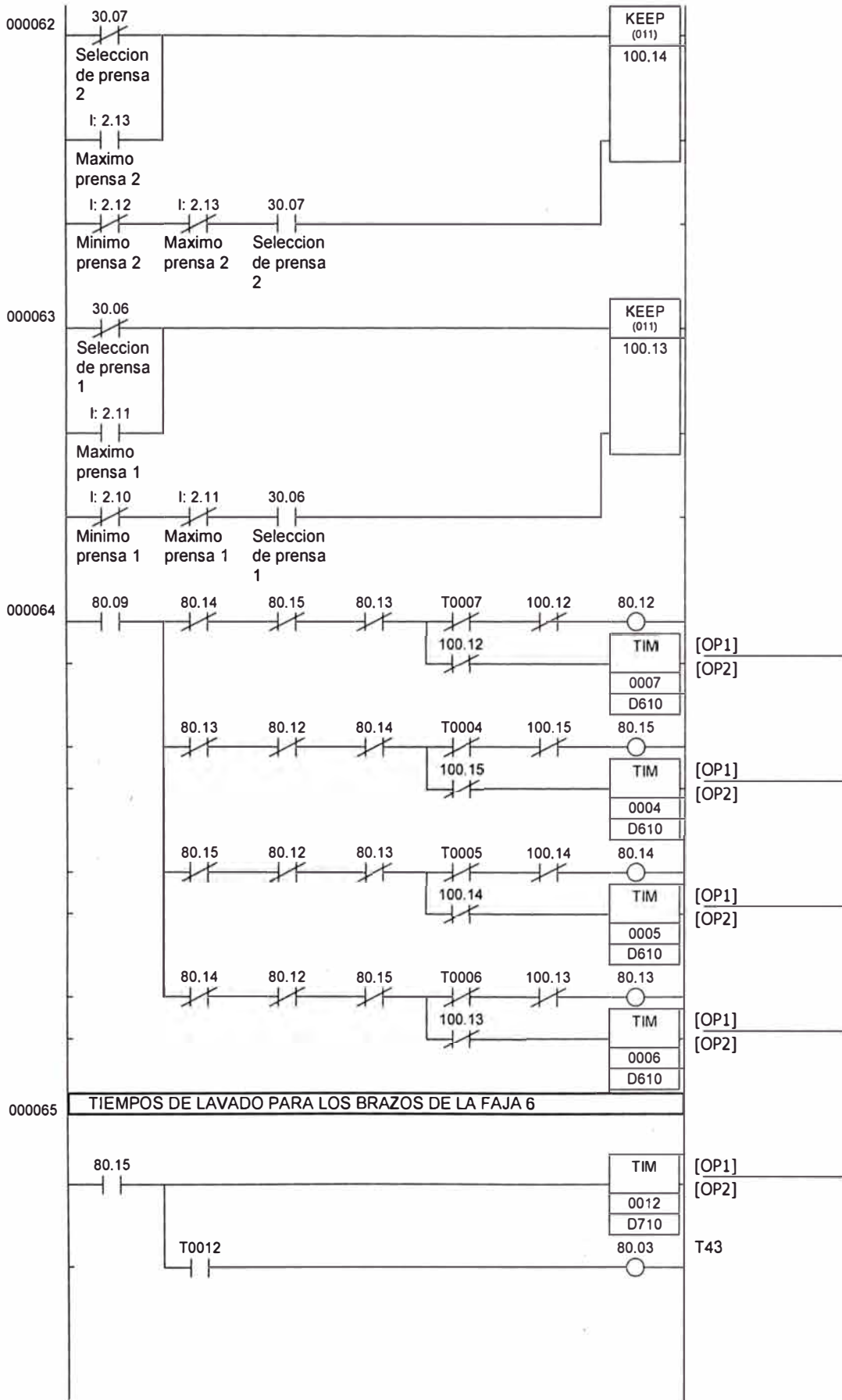


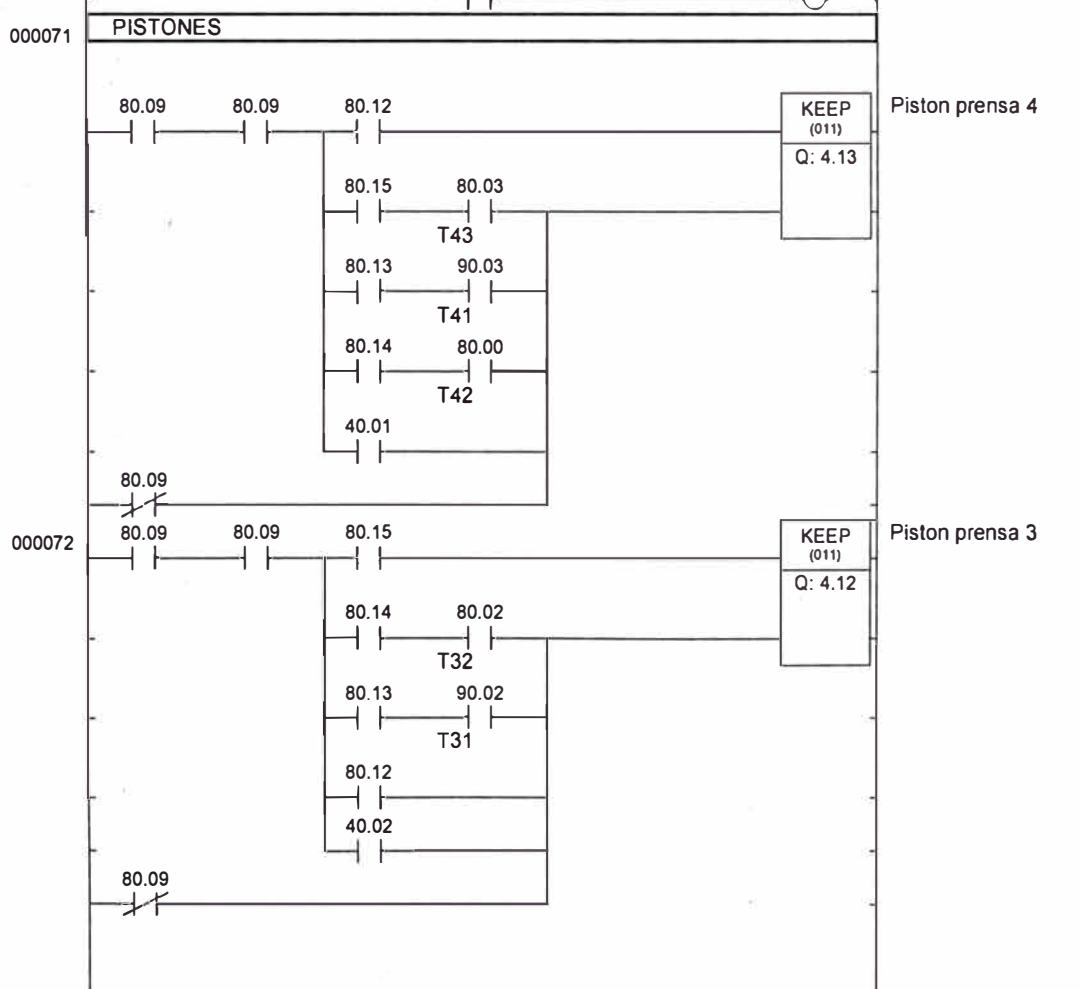
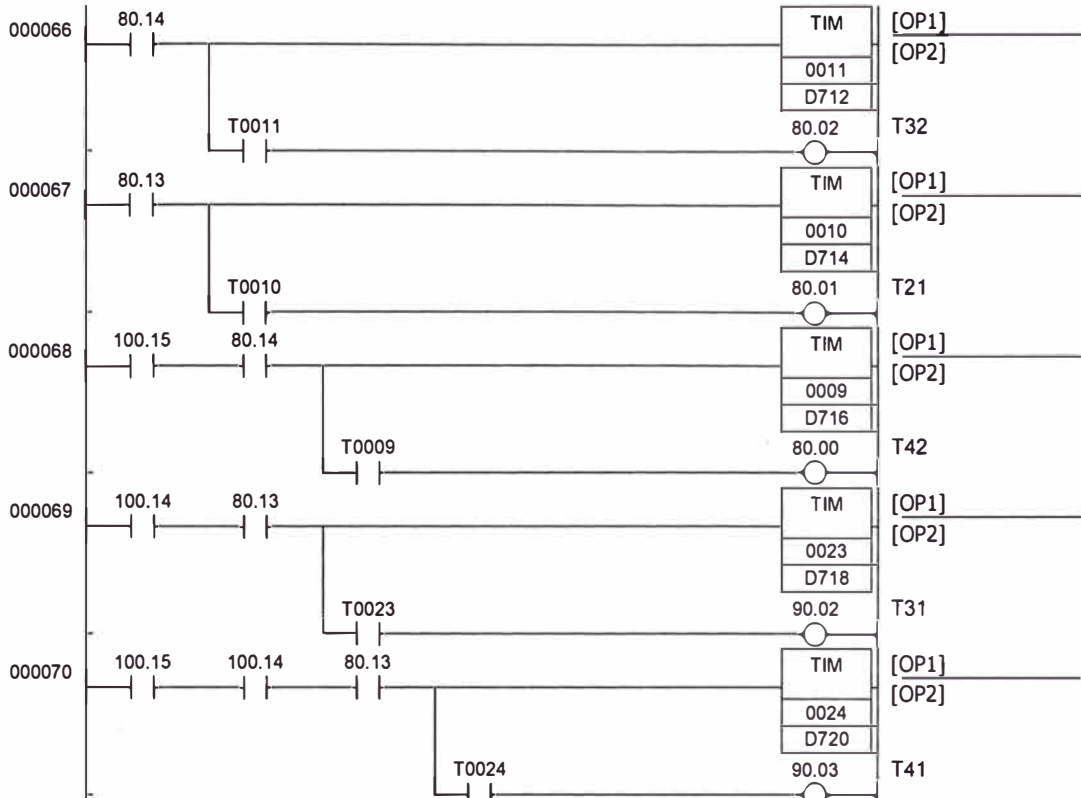


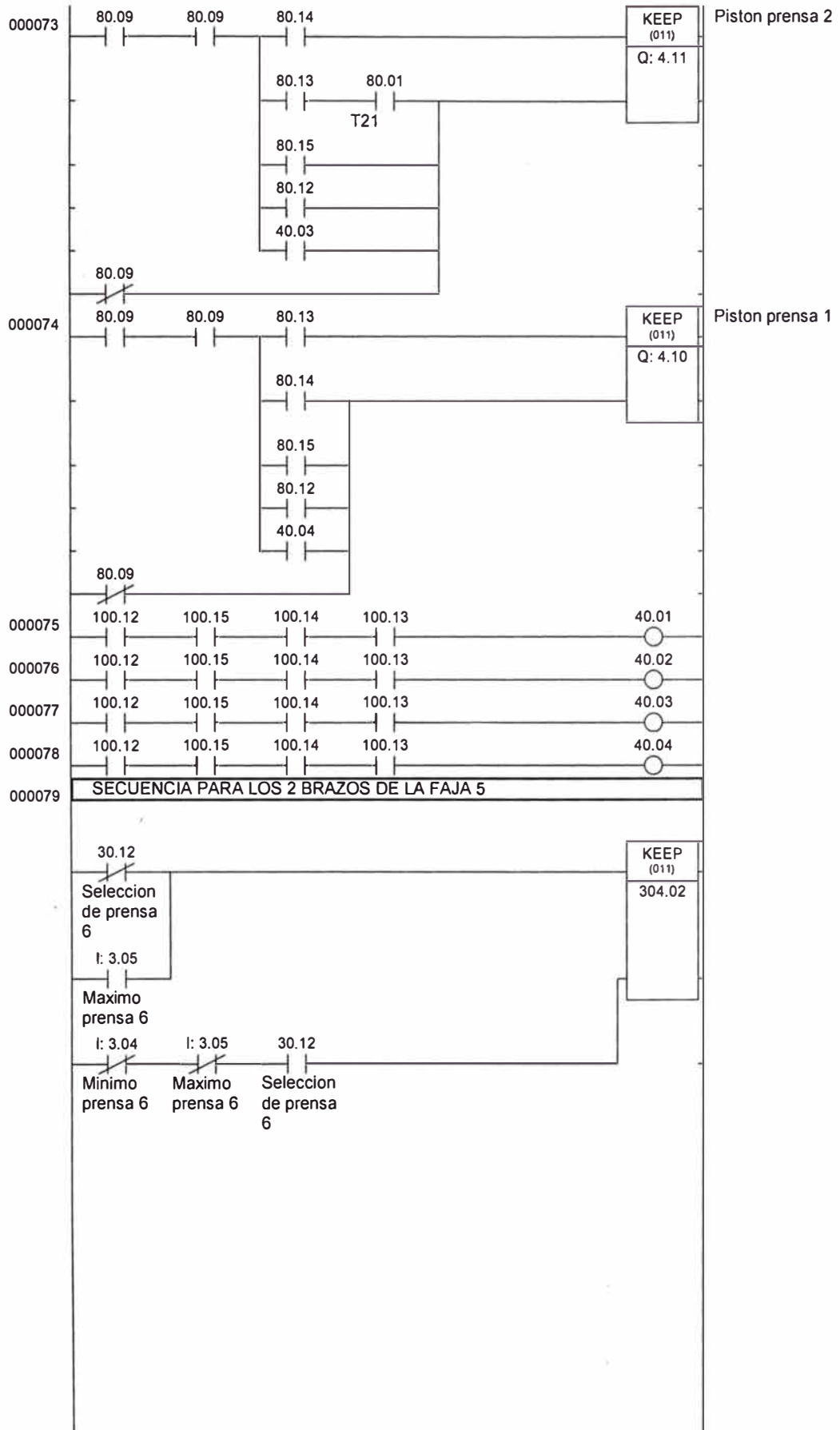


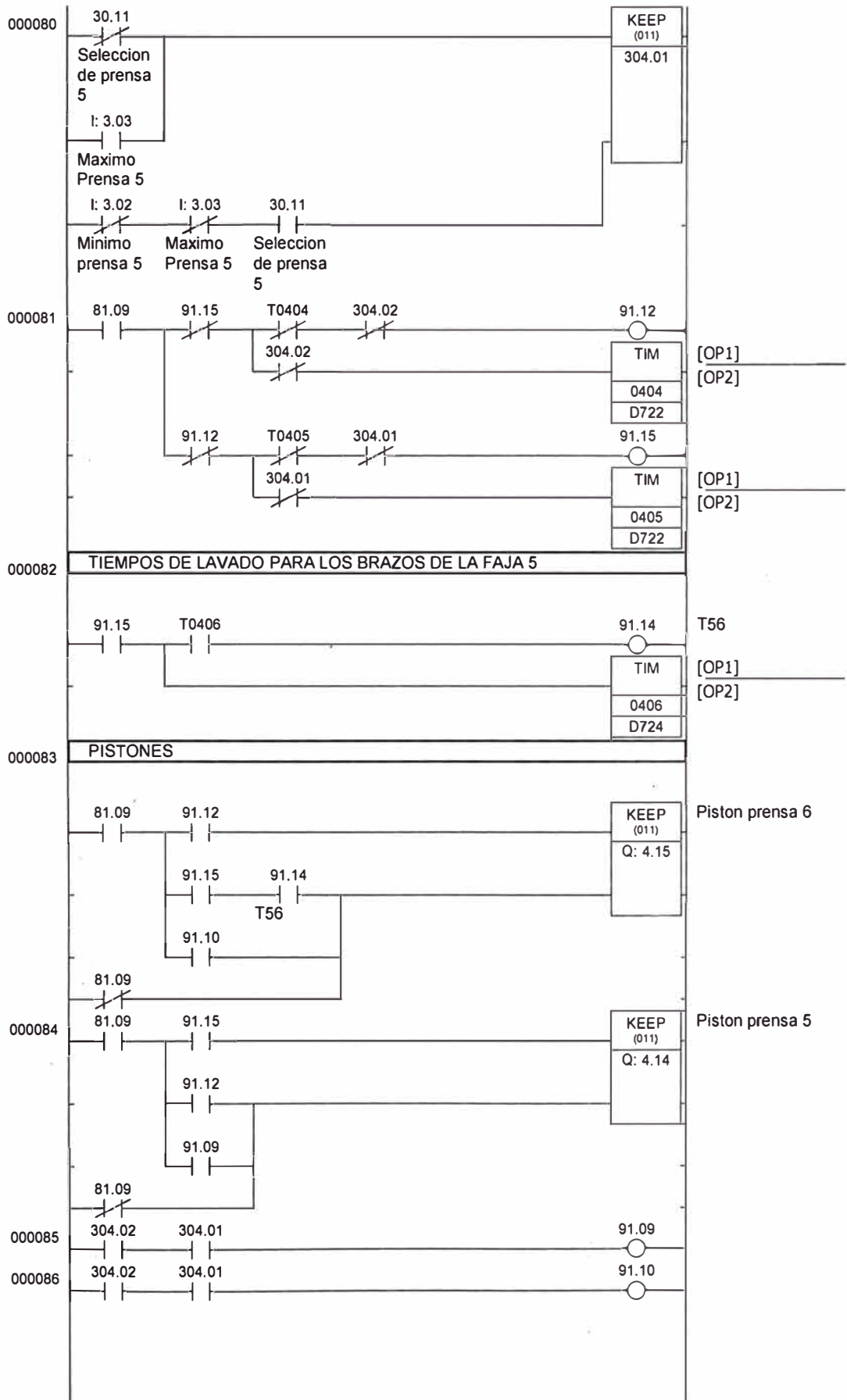






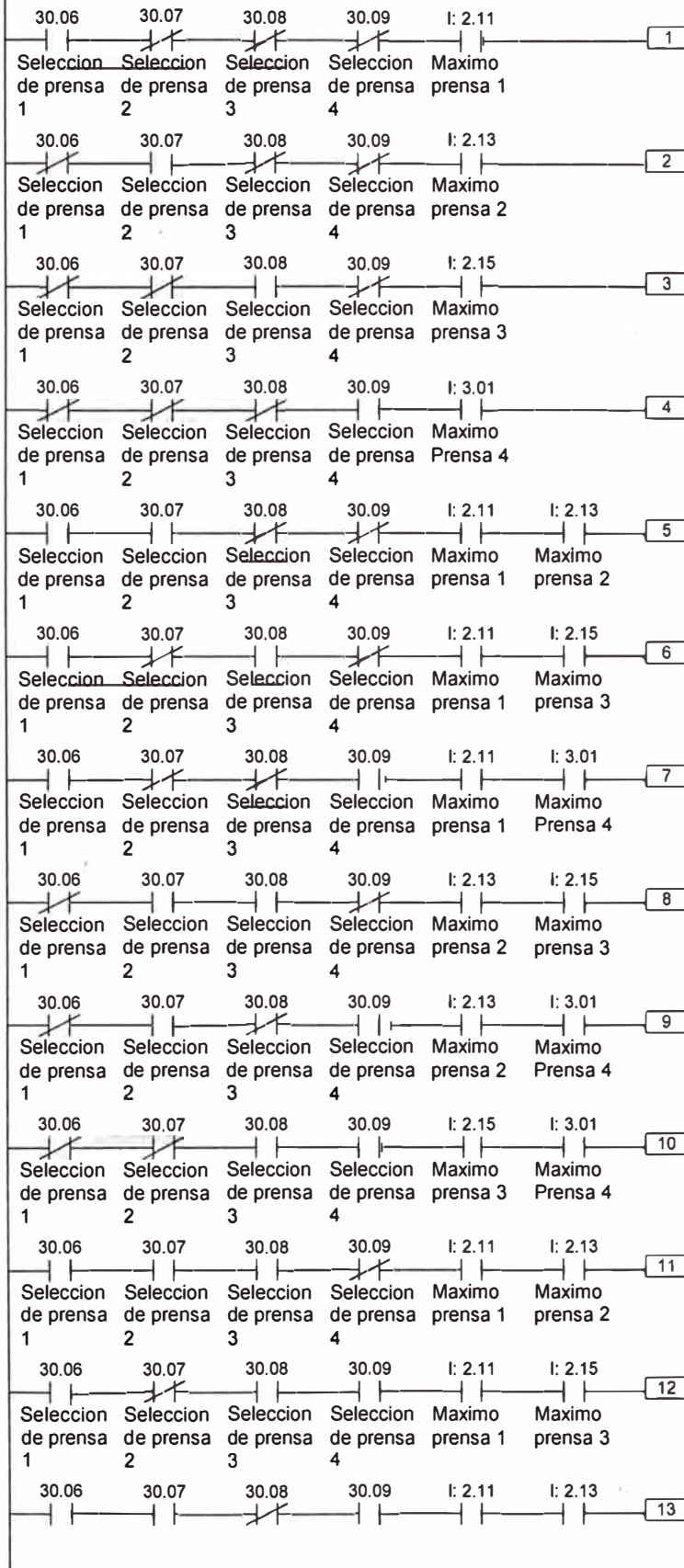


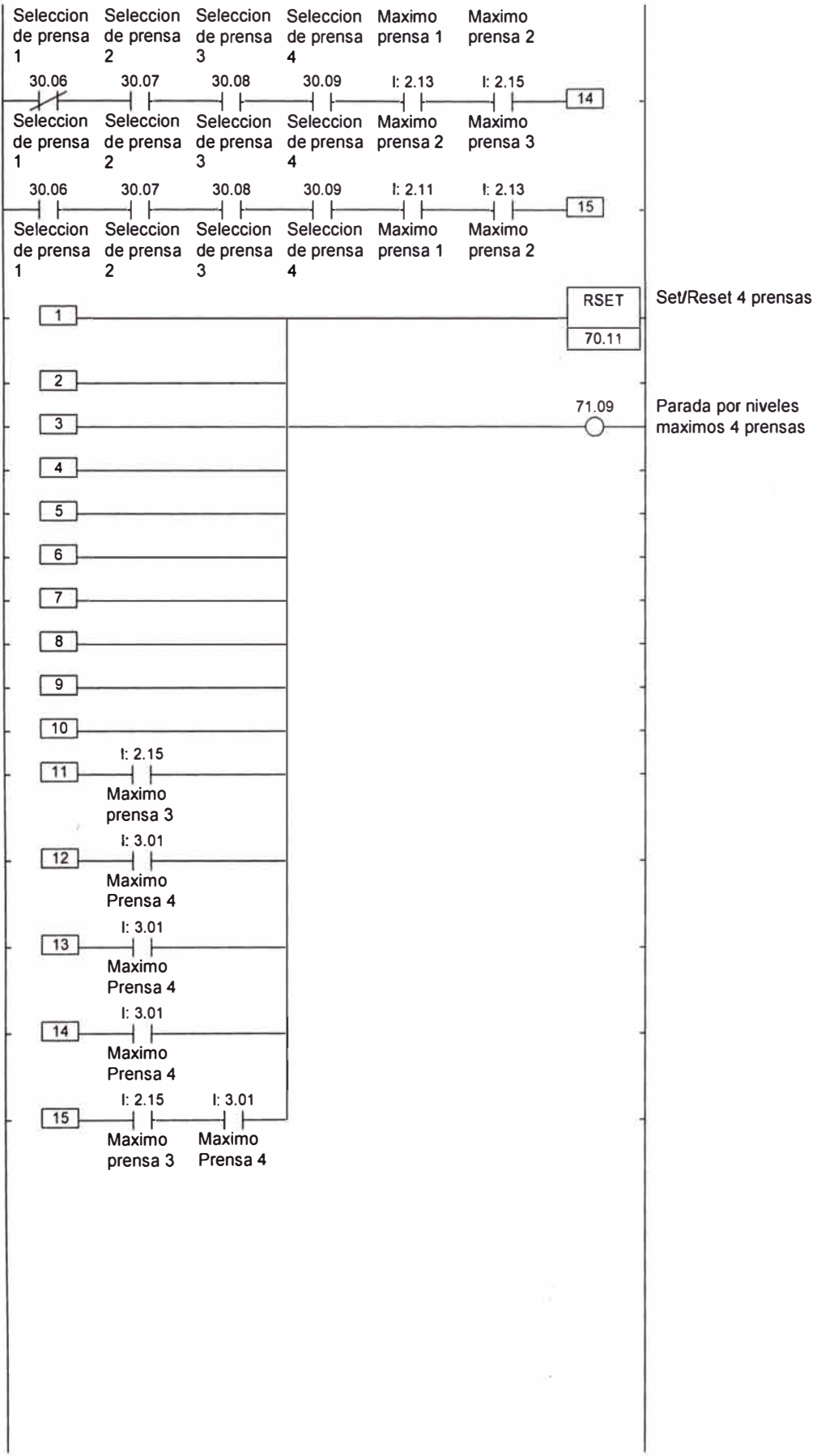


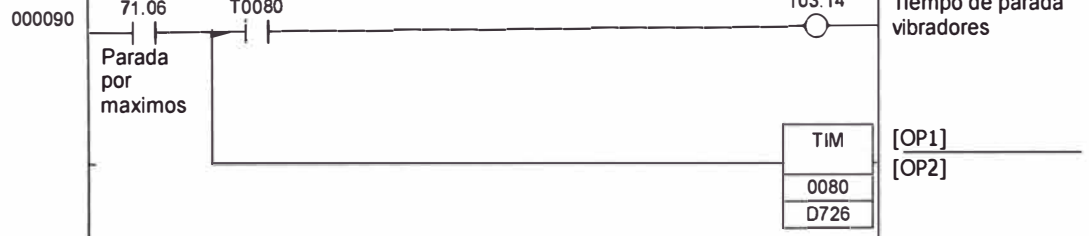
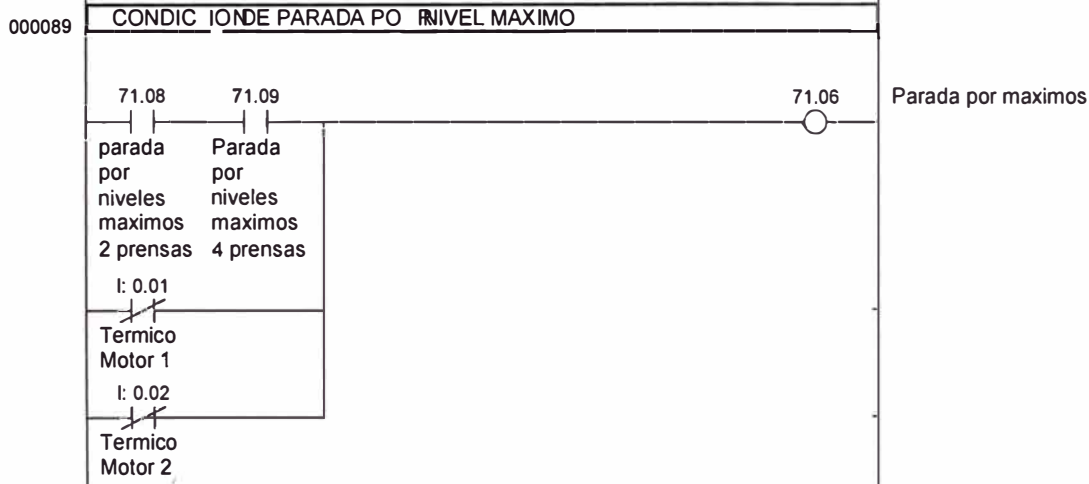
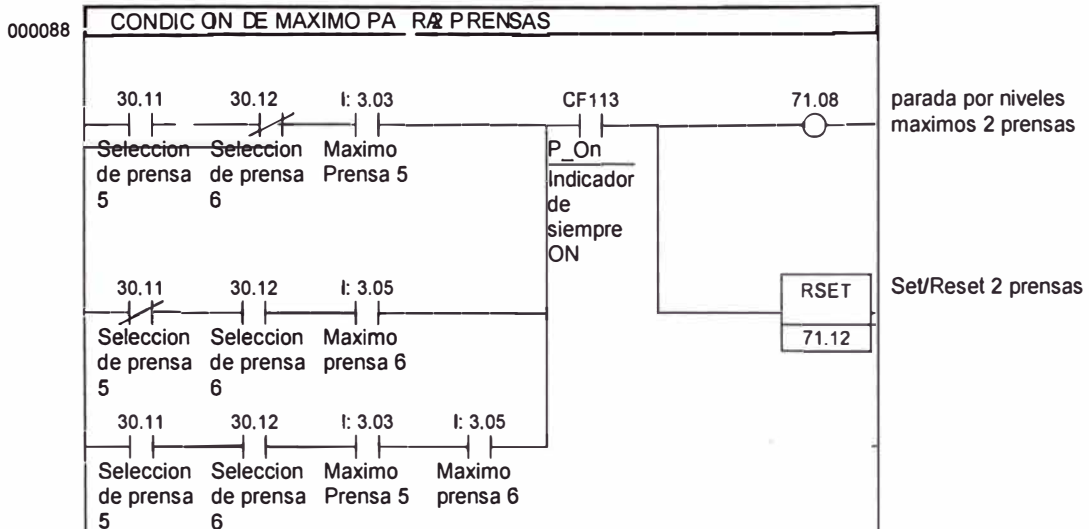


000087

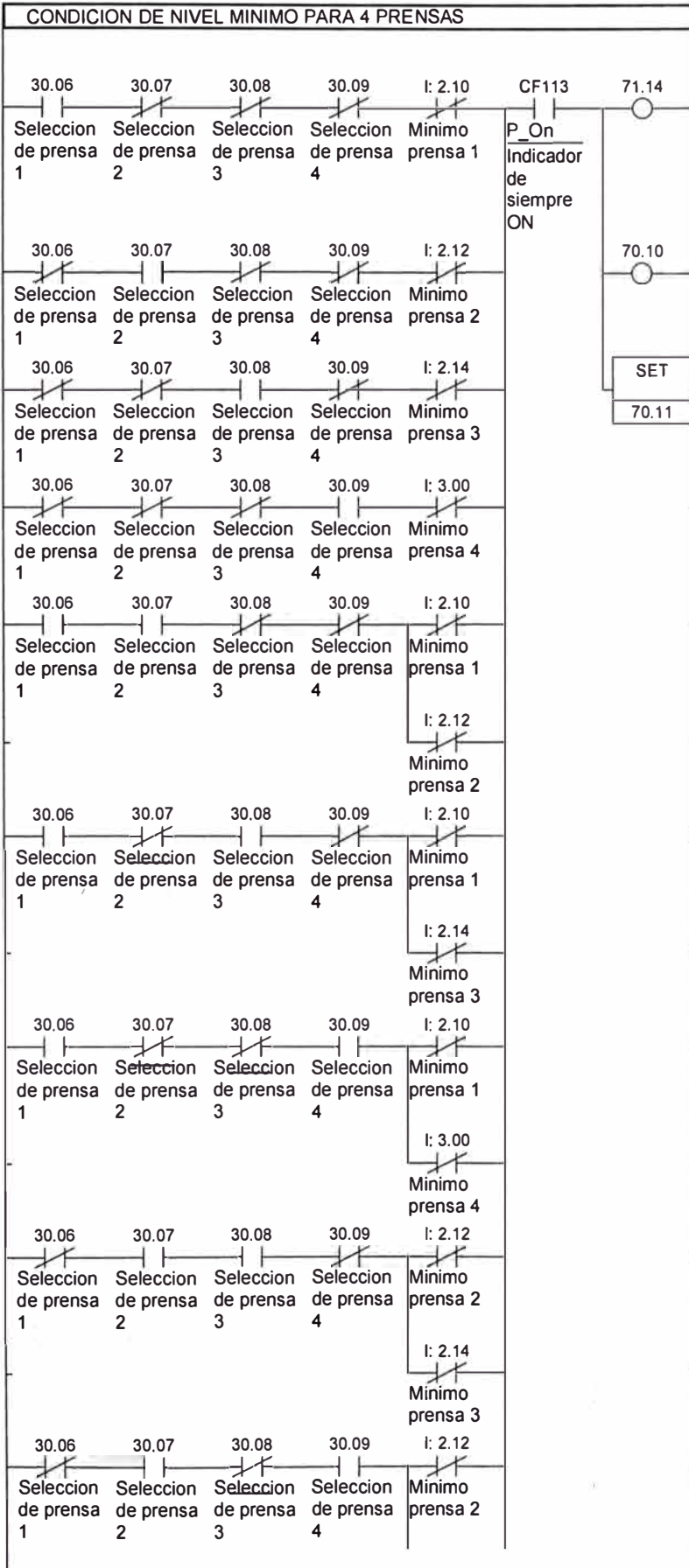
CONDICION DE NIV EL MAXIMO PARA L&4 PRENSAS

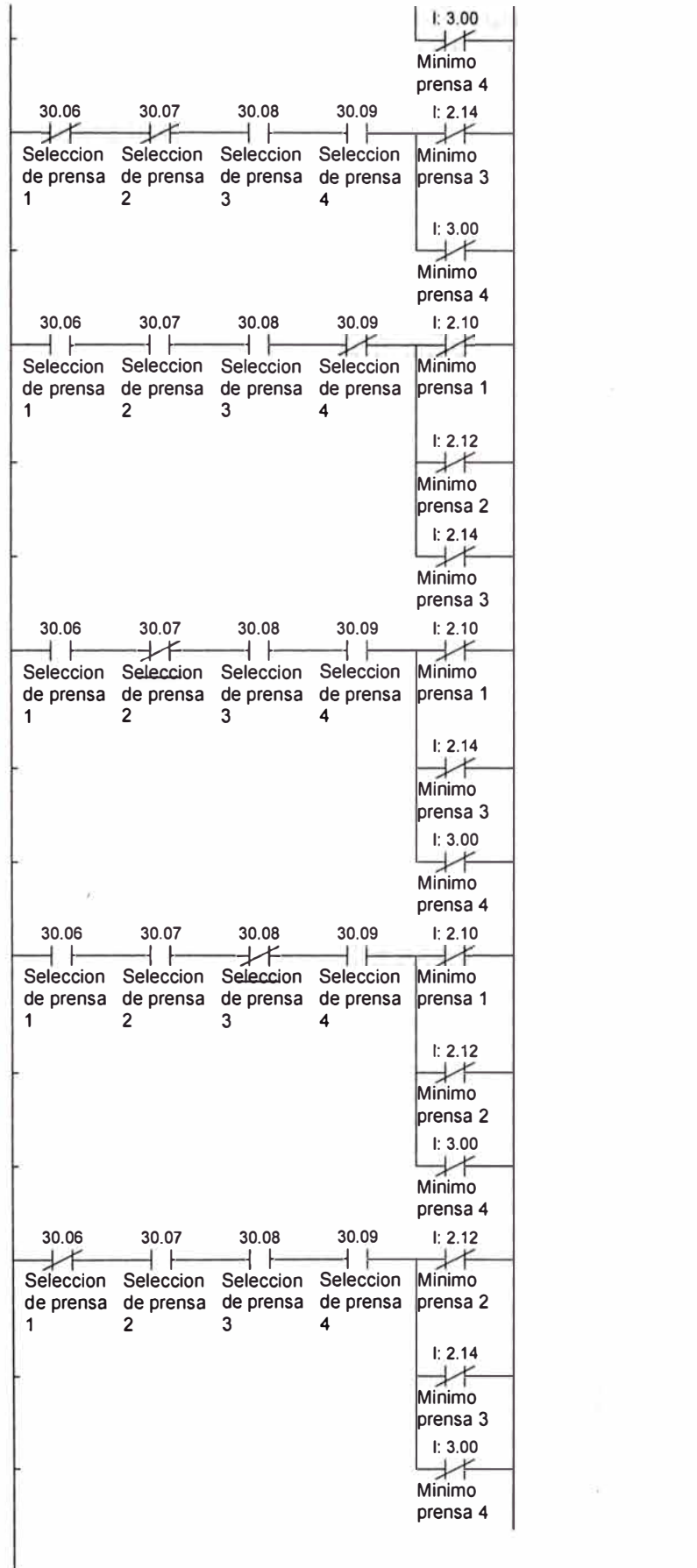


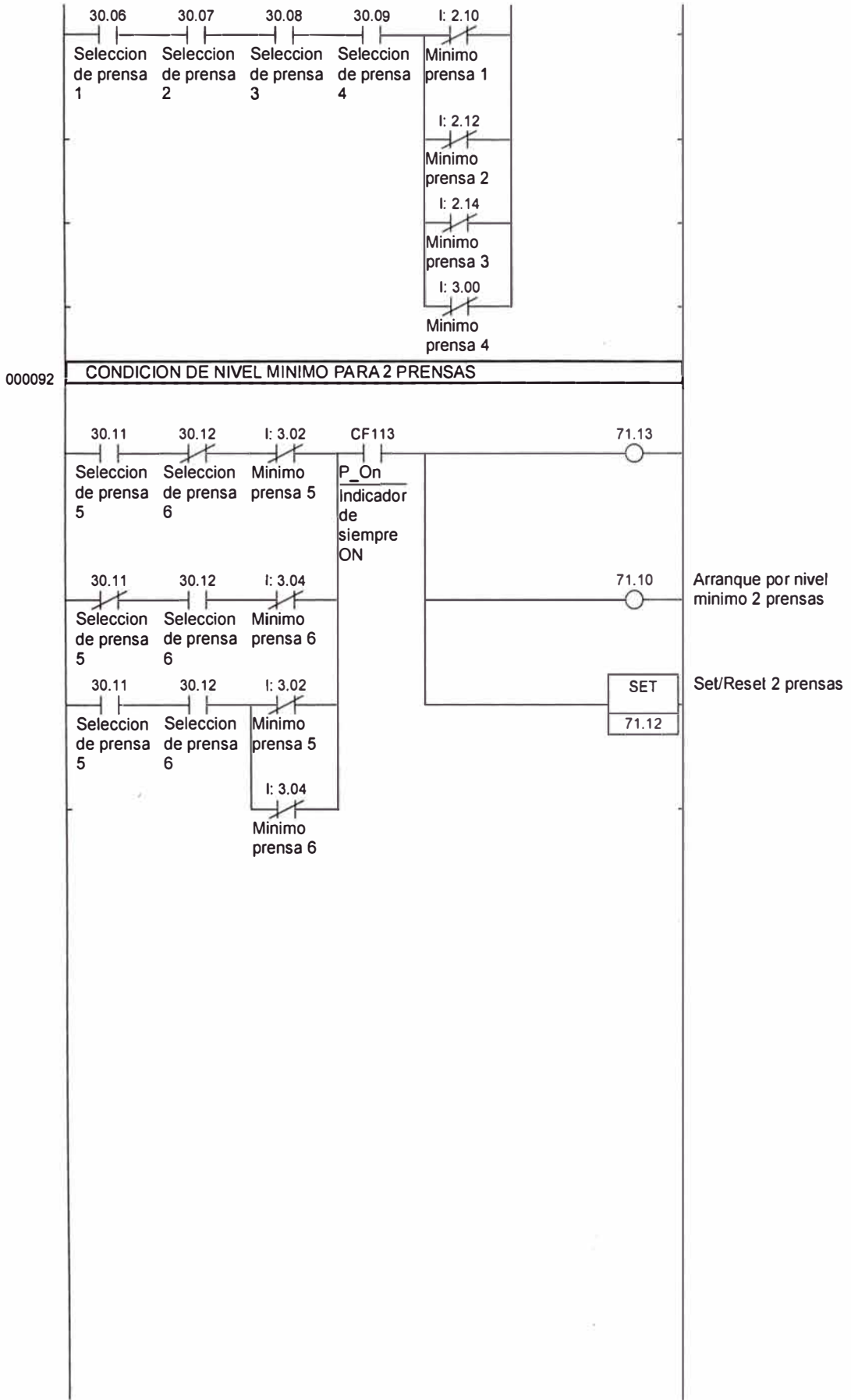


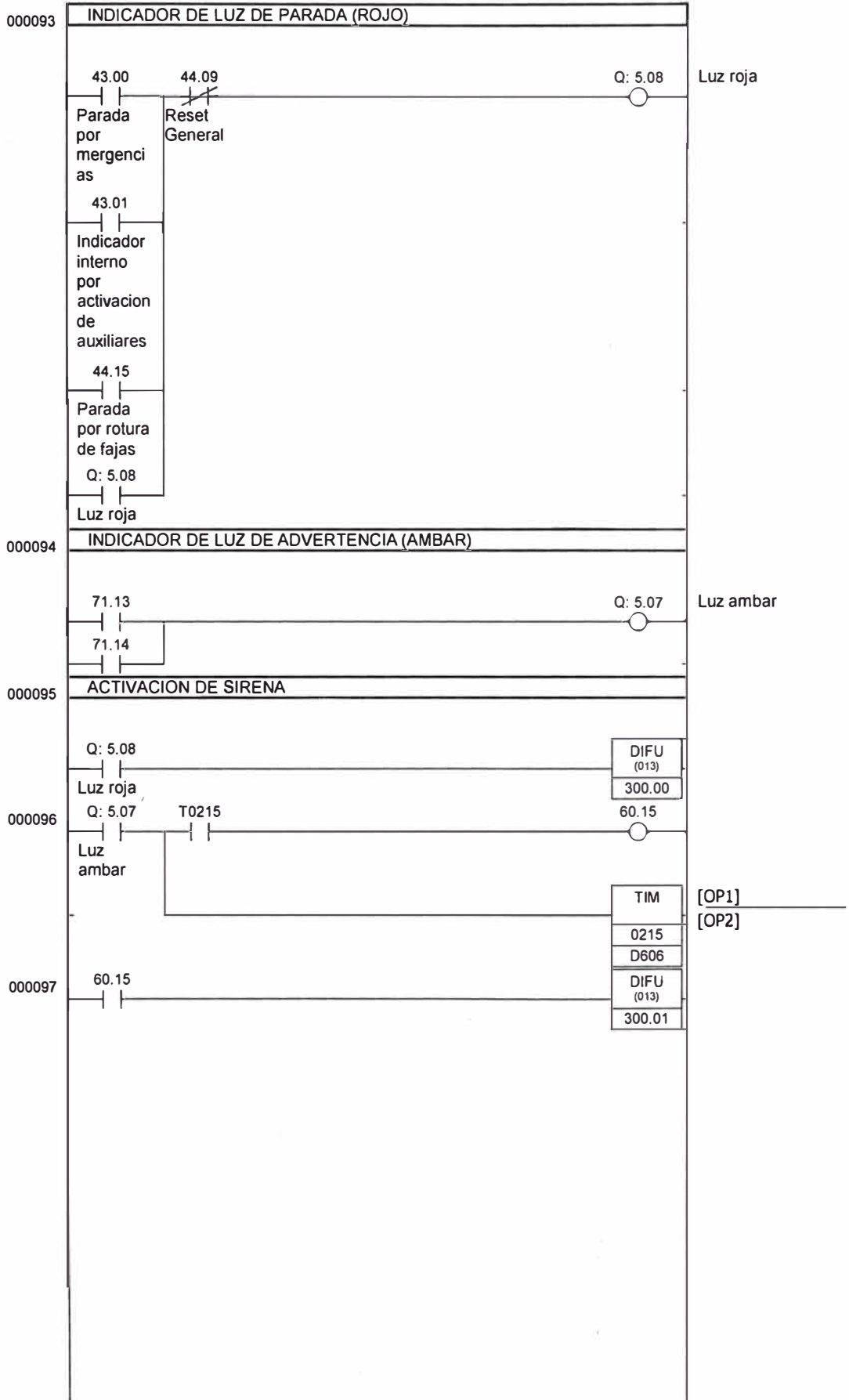


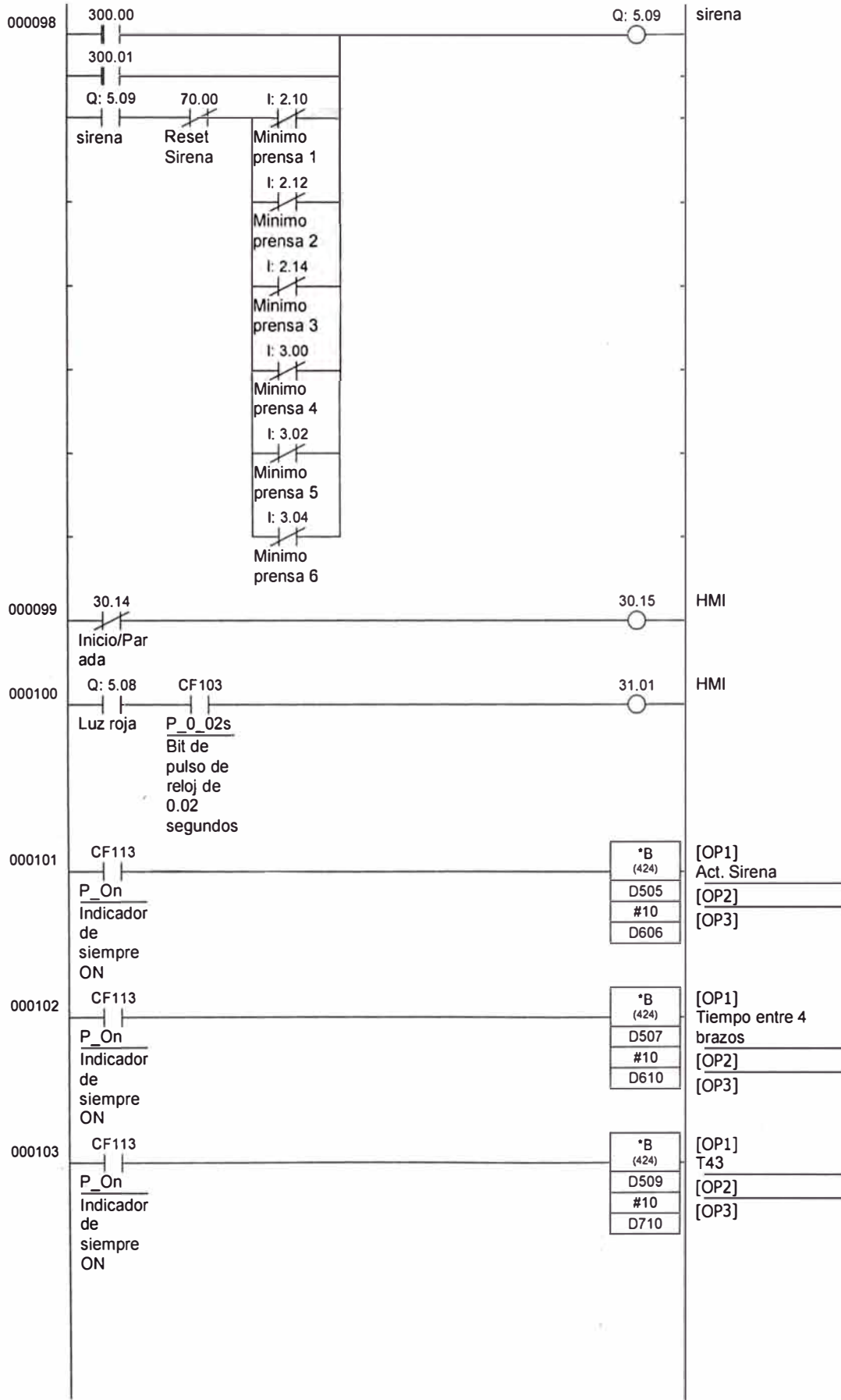
000091











000104	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D511 #10 D712	[OP1] T32 [OP2] [OP3]
000105	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D513 #10 D714	[OP1] T21 [OP2] [OP3]
000106	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D515 #10 D716	[OP1] T42 [OP2] [OP3]
000107	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D517 #10 D718	[OP1] T31 [OP2] [OP3]
000108	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D519 #10 D720	[OP1] T41 [OP2] [OP3]
000109	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D521 #10 D722	[OP1] Tiempo entre 2 brazos [OP2] [OP3]
000110	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D523 #10 D724	[OP1] T56 [OP2] [OP3]
000111	CF113 P_On Indicador de siempre ON	*B (424) D525 #10 D726	[OP1] T vibrador [OP2] [OP3]

[Nombre de programa : SISTEMA_DE_TRANSPORTE_Y_CARGA]
JOSE LUIS GALLARDO CHINCHAY

[Nombre de sección : END]

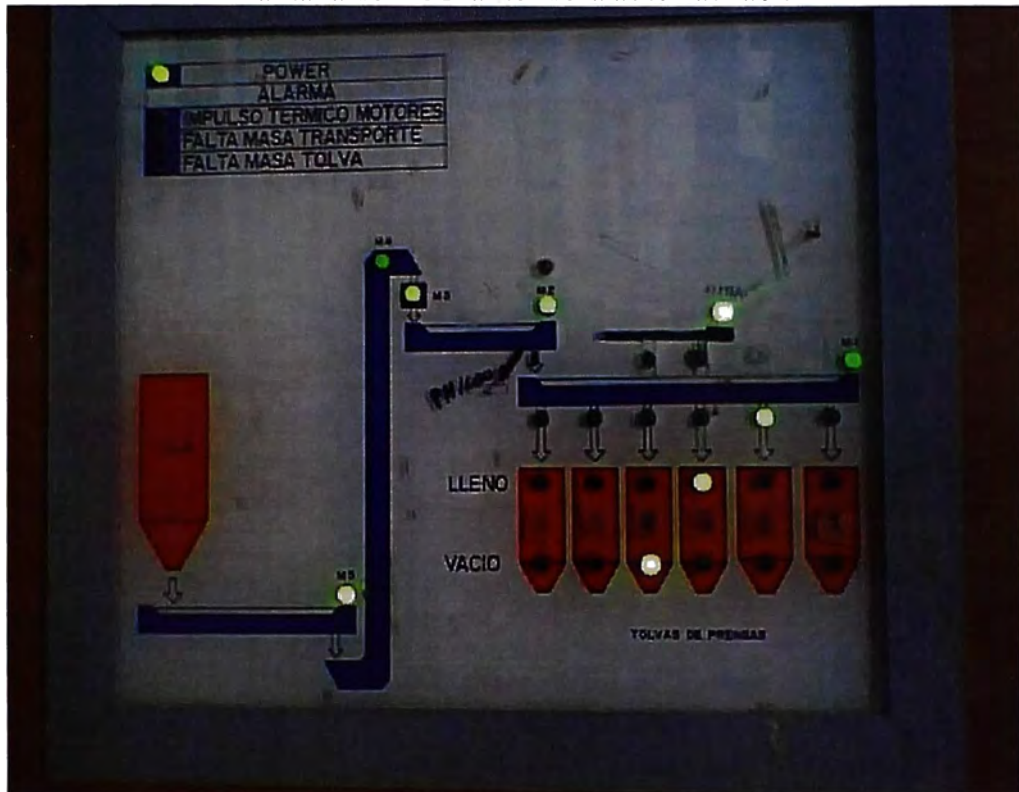
000000

END
(001)

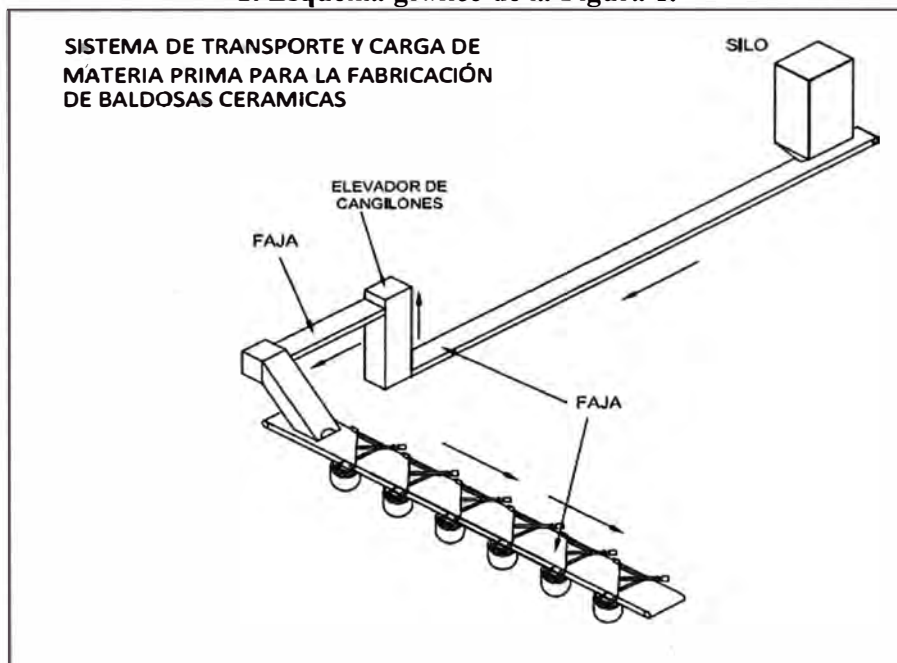
ANEXO C
GRÁFICOS DE LA INTERFACE HOMBRE MÁQUINA

GRÁFICOS DE LA INTERFACE HOMBRE MÁQUINA

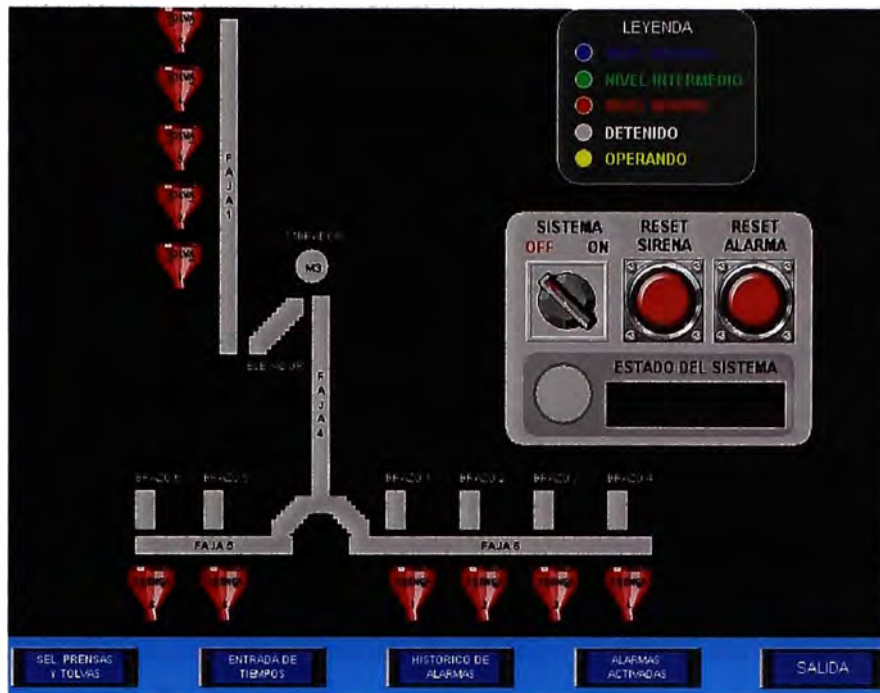
1. Pantalla del HMI antes de la automatización.



2. Esquema gráfico de la Figura 1.



3. Pantalla1 del HMI después de la automatización.



4. Pantalla2 del HMI después de la automatización.



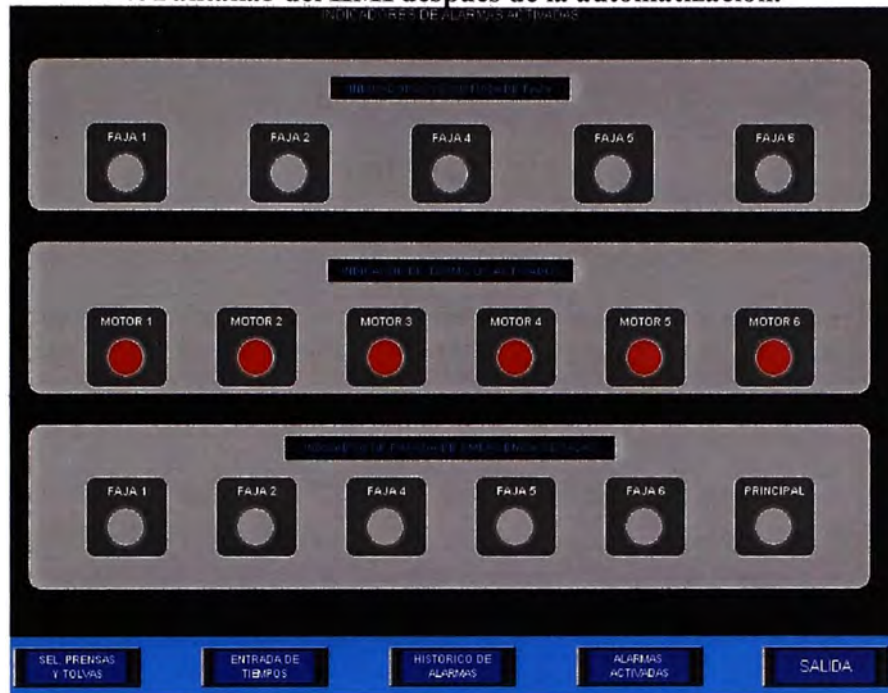
5. Pantalla3 del HMI después de la automatización.



Pantalla4 del HMI después de la automatización.



7. Pantalla5 del HMI después de la automatización.



BIBLIOGRAFÍA

1. Luis Alejandro Peña Cañas “estudio para la reducción de los costos de producción mediante la automatización de los finales de línea de la planta Dressing en la empresa Unilever andina Colombia”,
Universidad del Valle – Colombia-2007
2. Hargadon, Bernard y Munera C., “Principios de Contabilidad. 3ra. Edición”,
Grupo Editorial Norma - 1996.
3. Yimhen Alberto Carrillo Oballos Capítulo III, “Controladores lógico programables”,
Universidad los Andes –Venezuela, 2003.
4. OMRON, “Autómatas Programables - Manual de Programación”,
Cat. No. W394-es2-07 - Japón, junio 2004.
5. OMRON, “ Operation Manual CX-Programmer Ver8.0”,
Cat. No. W446-E1-05 – Japón, Junio 2008.
6. OMRON, “ Programming Manual CX-DESIGNER V3.0”,
Cat. No. V099-E1-09 – Japón, junio 2008.
7. Página web, “www.construmatica.com/construpedia/”
8. Página web, “<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=837&tip=1>”.
9. Página web, Diccionario Web Wikipedia, “<http://es.wikipedia.org/wiki/>”.