

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN
DE HARINA CRUDA DE CEMENTO,
DE LA LÍNEA 1 PARA LA PLANTA DE CEMENTO PACASMAYO**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
PABLO ALFONSO TASAYCO LOARTE**

**PROMOCIÓN
2006-I**

**LIMA-PERÚ
2011**

**AUTOMATIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HARINA CRUDA DE CEMENTO,
DE LA LÍNEA 1 PARA LA PLANTA DE CEMENTO PACASMAYO**

A mi familia
A mis condiscípulos y amigos
A mi Alma Mater

SUMARIO

En el presente trabajo se desarrolla el diseño e implementación de la automatización de la producción de harina cruda de cemento, de la línea 1 para la planta de cemento Pacasmayo, en el cual participé como jefe de proyecto.

Este proyecto era necesario por cuanto, para esta línea de producción, las fallas eran más frecuentes y era difícil de precisar el origen de las mismas, lo cual causaba demoras en la reparación y consecuente recuperación del servicio de producción de harina cruda de cemento.

El problema expuesto era consecuencia de la falta de automatización en la etapa de "Molienda de Crudo" en la Línea 1, y de no estar integrado un sistema de monitoreo a la totalidad de planta de cemento. Por ello, es que el objetivo del proyecto en sí es la automatización de esta línea de producción, lo cual se desarrolla en el presente Informe de Competencia Profesional. El proyecto contempla:

- El análisis de la lógica funcional de los procesos del Molino de Crudo 1.
- El reemplazo de equipos de protección y maniobra para motores.
- La adaptación de señales de campo.
- La programación e integración a PLC y SCADA.

También se explican los protocolos de pruebas, y los aspectos logísticos del proyecto (Estructura de costos y cronograma de trabajos). Además, para la comprensión de la problemática, se hace una descripción de la planta y la situación previa de la Línea 1.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CEMENTO PACASMAYO	4
1.1 Procesos de producción de cemento	4
1.1.1 Procesos generales de toda planta de cemento	4
1.1.2 Características de la planta Pacasmayo	10
1.2 Aspectos técnicos del caso de estudio: Molino de Crudo 1	25
1.2.1 Infraestructura.....	25
1.2.2 Aspectos funcionales.....	32
CAPÍTULO II	
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO MOLIENDA DE CRUDO 1	34
2.1 Planteamiento de la solución.....	34
2.1.1 Análisis situacional	34
2.1.2 Requerimientos del sistema	37
2.1.3 Dimensionamiento de la solución.....	39
2.2 Solución del problema	42
2.2.1 Esquema general.....	42
2.2.2 El sistema del controlador lógico programable (PLC)	43
2.2.3 Sistema SCADA, filosofía funcional y la red de comunicaciones	52
2.3 Protocolos de pruebas.....	64
2.3.1 Pruebas de señales de campo PLC	64
2.3.2 Pruebas funcionales y de visualización.....	66
CAPÍTULO III	
ASPECTOS LOGÍSTICOS DEL PROYECTO	70
3.1 Estructura de costos.....	70
3.1.1 Hardware y software.....	70
3.1.2 Recursos humanos.....	71
3.1.3 Otros costos.....	75
3.2 Cronograma de trabajos	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
ANEXO A	
EJEMPLO DE RUTINAS EN LENGUAJE LADDER	80

ANEXO B	
EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN DE TAGS	89
ANEXO C	
PROTOCOLO DE PRUEBA DE SEÑALES	98
ANEXO D	
PROTOCOLO DE PRUEBA DE MOTORES	117
ANEXO E	
DETALLE DE COSTOS DE MATERIALES Y EQUIPOS	120
ANEXO F	
ANÁLISIS DE DIPONIBILIDAD DEL SISTEMA	120
ANEXO G	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	123
BIBLIOGRAFÍA	125

INTRODUCCIÓN

El proyecto de “Automatización de la Producción de Harina Cruda de Cemento, de la Línea 1” para la Planta de Cemento Pacasmayo surge por la necesidad de eliminar los problemas de fallas y tiempo de recuperación del servicio, además de la necesidad de optimizar los procesos relacionados, e integrar el sistema de monitoreo existente para al resto de la planta.

La empresa, dado que parte de la planta ya se encontraba automatizada, decidió que los trabajos de automatización sean realizados por personal de la planta del área de mantenimiento, quedando los trabajos de análisis, dimensionamiento y diseño de la solución, a cargo de un profesional de la especialidad de electrónica, en calidad de jefe de proyecto, quien se hacía responsable de certificar y documentar los trabajos.

Las opciones para lograr el objetivo trazado se basa en la tecnología existente en la planta; PLC, SCADA y comunicaciones industriales disponibles. Básicamente los requerimientos se enfocan en la automatización de todos los motores de la Línea 1, lo que implica cambiar el sistema de arranque eléctrico por un sistema de arranque de motores a través de un SCADA.

Los motores referidos que no se encuentran automatizados y poseen un sistema de arranque eléctrico son un total de 33. No se consideran en el proyecto de automatización las balanzas, debido a que los motores vinculados ya se encontraban automatizados previamente al proyecto.

Los motores se encuentran agrupados en:

- Grupo Llenado de tolvas
- Grupo Salida Finos
- Grupo Auxiliares del Molino
- Grupo Molino
- Grupo Alimentación

Además se consideró monitorear las señales provenientes de: Faja, Elevador, Gusano, Ventilador, Separador, Zaranda y adicionalmente del Filtro, los que podrían consistir de los siguientes estados: Paro de emergencia, No listo, Dentro, Movimiento, Corriente y Atoro.

Para el caso del motor principal del molino se hace un tratamiento especial, ya que por su importancia se determina incorporarle protecciones adicionales, como:

- Señales de temperatura de devanado de los motores.
- Señales de temperatura aceite de los reductores.
- Señales de vibración de los reductores.

Para algunos motores se considera una protección adicional de movimiento, el cual se genera a través del uso de sensores de proximidad de tipo inductivo. Adicionalmente se plantea la incorporación de sensores de corriente, para monitorear la corriente en algunos motores.

El análisis para el dimensionamiento de la solución concluye que las señales a integrar son en total: 200 entradas digitales, 60 salidas digitales, 60 entradas análogas y 5 salidas análogas.

El Informe de Competencia Profesional está organizado en tres capítulos principales: Capítulo I "Descripción de la Planta de Cemento Pacasmayo"; Capítulo II "Automatización del Proceso Molienda De Crudo 1", y Capítulo III "Aspectos Logísticos del Proyecto".

El capítulo I se compone de dos secciones:

- Procesos de producción de cemento.- En el cual se desarrollan dos aspectos: el Primero explica los procesos generales de toda planta de cemento, el Segundo describe las características de las líneas de producción de la Planta Pacasmayo, la cual contendrá la descripción de cada bloque tipo.
- Aspectos técnicos del caso de estudio: Molino de crudo 1.- En esta sección desarrollan dos temas: Primero la infraestructura previa a la solución, en donde se describe el estado de sus componentes (actuadores/sensores/PLC/SCADA/Red). Segundo se explica la filosofía funcional, tanto el funcionamiento interno como relacionado con las demás líneas de producción.

El capítulo II se compone de tres secciones:

- Planteamiento de la solución.- El cual a su vez se divide en tres temas. El Primero es el análisis situacional (o de la problemática) en donde se colocarán los aspectos relacionados a la necesidad (problema) y evaluación del problema y justificación del proyecto. El Segundo se refiere a los requerimientos que debe cumplir la automatización, y en el Tercero el dimensionamiento de la solución, es decir la evaluación de alternativas y determinación de cómo se implementa dicha solución planteada.
- Solución del problema.- La solución se describe en tres secciones. Primero se mostrará el esquema general con los elementos añadidos y su funcionalidad individual y general para la solución; en segundo lugar lo relacionado al PLC (incluyendo el algoritmo/hardware), y finalmente como tercer punto del SCADA, la filosofía funcional y la red de comunicaciones.

- Protocolos de Prueba.- Explicada en dos secciones: Primero, las pruebas de señales de campo a PLC y segundo, las Pruebas Funcionales y de Visualización SCADA

El capítulo III consta de dos secciones:

- Estructura de Costos.- Consta de tres subsecciones (1-Hardware y software; 2- Recursos humanos y 3- Otros costos). En cada uno se explican los costos relacionados
- Cronograma de trabajos.- En esta sección se desarrollará el diagrama de Gantt respectivo.

El desarrollo del presente Informe de Competencia Profesional ha sido posible gracias a la autorización de la Empresa Cementos Pacasmayo S.A.A, bajo el cumplimiento de ciertas normas de confidencialidad.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CEMENTO PACASMAYO

En este capítulo tiene como objetivo explicar los procesos de producción de cemento relacionados a toda planta, y además describir la estructura de la planta de cemento Pacasmayo, haciendo énfasis en describir al caso de estudio: Molino de Crudo 1.

1.1 Procesos de producción de cemento

En esta sección se desarrollan dos aspectos:

- El primero explica los procesos generales de toda planta de cemento,
- El segundo describe las características de las líneas de producción de la planta de cemento Pacasmayo, la cual contendrá la descripción de cada bloque tipo.

1.1.1 Procesos generales de toda planta de cemento

El proceso de producción de cemento cuenta con las fases que listadas a continuación [1]:

- Explotación de Materias Primas y trituración:
- Pre Homogenización
- Molienda de crudo
- Homogenización de crudo
- Precalentamiento/Precalcinación
- Producción de clinker
- Combustión
- Enfriamiento
- Molienda de cemento
- Despacho de cemento

Estas fases son explicadas a continuación

a. Explotación de Materias Primas y trituración:

La materia prima de la cantera (calizas, arcillas, hierro, etc.) son extraídas por medio de perforaciones y voladuras, antes de ser transportadas a la estación de trituración.

Esta materia es transportada a la planta de trituración, usando maquinaria pesada como son los cargadores frontales y camiones, especiales equipos de extracción y/o bandas transportadoras, luego son trituradas para reducir las piedras de 1.5 m a piedras de entre 30 a 100 mm.

La Figura 1.1 ilustra este proceso.

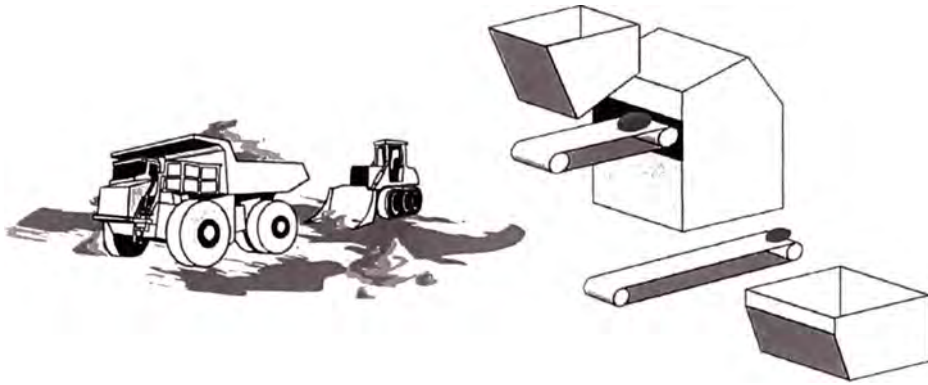


Figura 1.1 Explotación y trituración (Fuente: Referencia [2])

b. Pre Homogenización

Se usa para reducir la variabilidad química de los materiales. El proceso consiste en apilar el material en patios longitudinales o circulares de manera tal que el material sea mezclado (Figura 1.2).

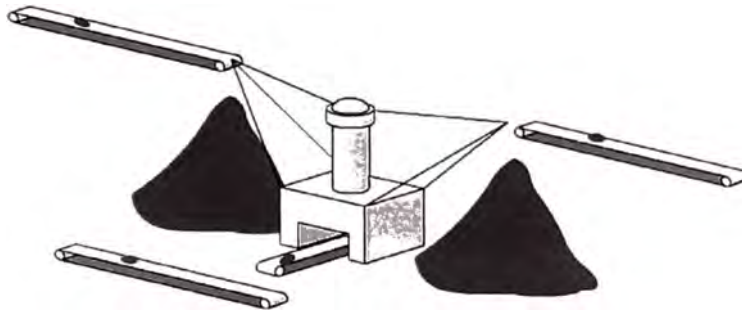


Figura 1.2 Prehomogenización (Fuente: ibídem)

c. Molienda de crudo

Las materias primas dosificadas son trituradas hasta convertirlos en finos que configuran lo que se denomina crudo. (Figura 1.3)

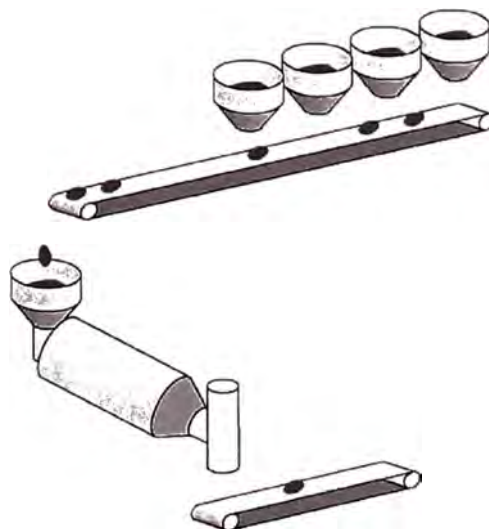


Figura 1.3 Molienda de crudo (Fuente: ibídem)

Los procesos de molienda y secado se pueden llevar a cabo en molino verticales o de rodillos y en molinos de bolas (Figura 1.4).

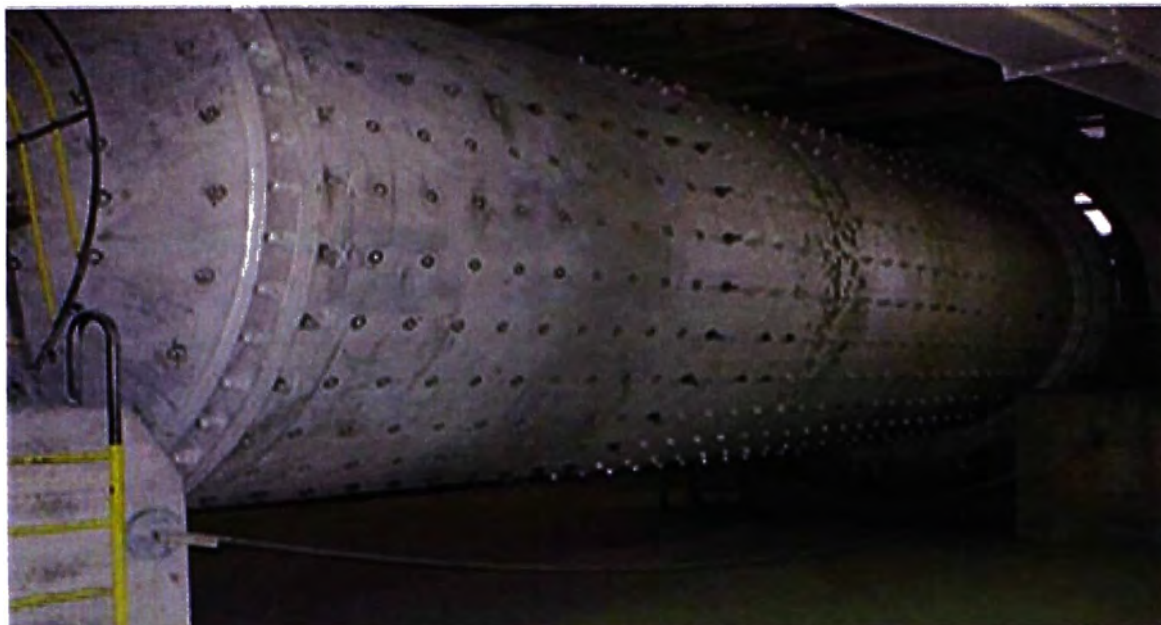
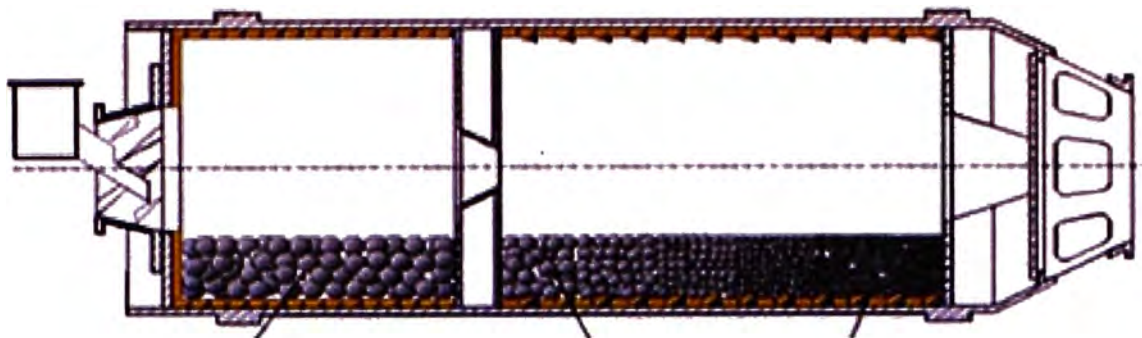


Figura 1.4 Molino de bolas (Fuente: Referencia [1])

La finura correcta del material y contenido de humedad son importantes para asegurar el transporte hacia el silo, donde será homogenizado y facilitara las reacciones químicas en el horno.

El crudo se produce a partir de la molienda de caliza, arcilla, hierro y agregados, dosificados de manera tal que cumple los parámetros de calidad para su correcto quemado en el horno.

d. Homogenización de crudo

El crudo de alimentación al horno es homogenizado por la forma en que es añadido y/o extraído del silo, así como también a través de un proceso de aireación por ciclos dentro del silo.

e. Precaentamiento/Precalcinación

Estos procesos se llevan a cabo en la torre del intercambiador. En cerca de 30 segundos, el crudo es calentado desde 60°C hasta aproximadamente 870°C.

En el caso del precalcinator el material se calcina hasta un 5% (disociación de CO₂). En la Figura 1.5 se muestra las temperaturas correspondientes a cada etapa del intercambiador de calor.

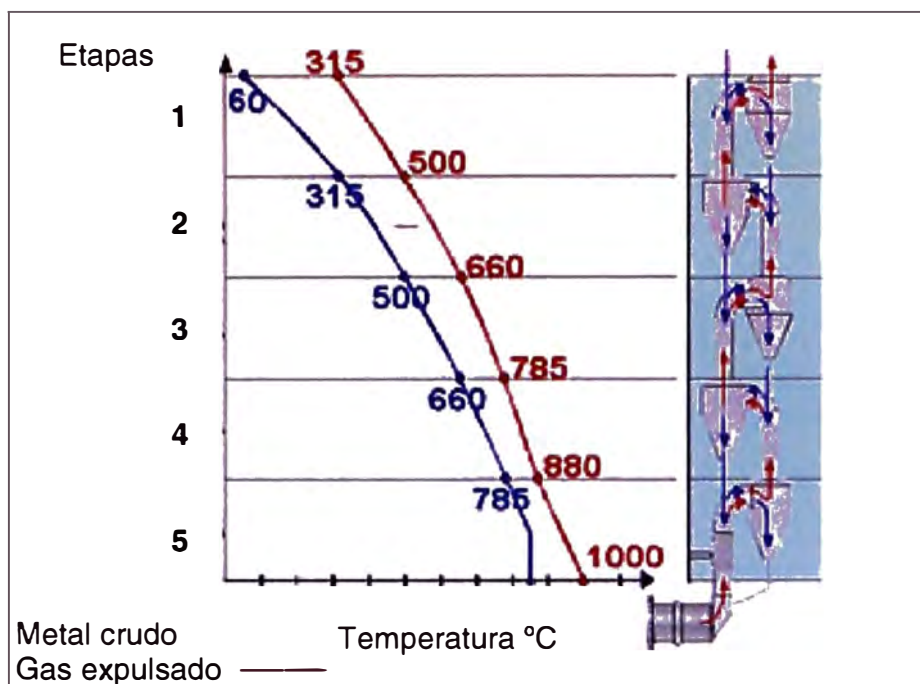


Figura 1.5 Temperaturas por etapas del intercambiador de calor (Fuente: Referencia [1])

f. Producción de Clinker

El clinker es principal componente del cemento portland (Figura 1.6), se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1350 y 1450 °C.



Figura 1.6 Clinker (Fuente: Referencia [3])

El proceso de “clinkerización” se realiza generalmente en hornos rotatorios (Figura 1.7), los cuales tienen la forma de tubos metálicos circulares de entre 40-230 m de largo y 2.5-7.5 m. de diámetro. Dicho tubo se encuentra protegido interiormente por materiales refractarios (resistentes al calor). El horno debe tener una inclinación entre 2-3° para poder permitir el flujo de material (Figura 1.8).

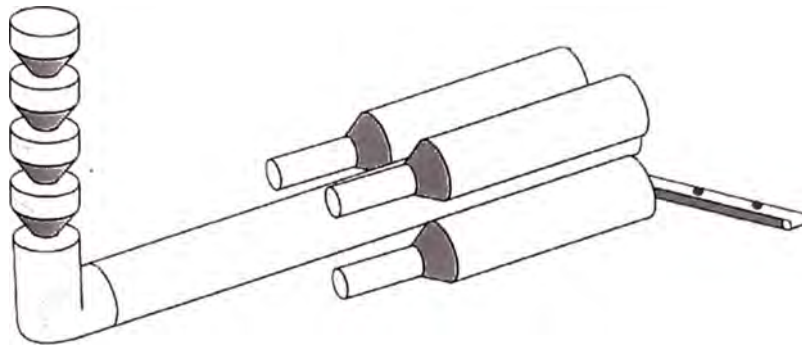


Figura 1.7 Hornos rotatorios (Fuente: Referencia [2])

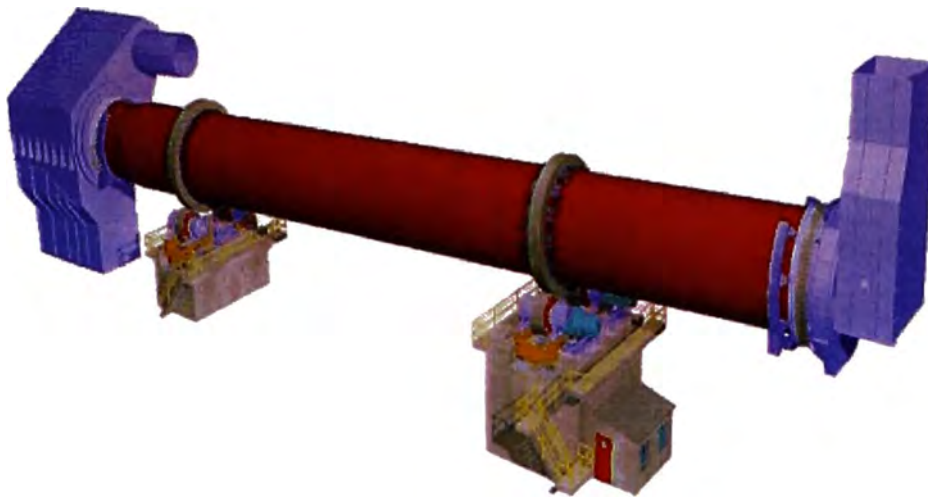


Figura 1.8 Ejemplo de horno rotatorio (Fuente: Referencia [1])

g. Combustión

Complejos quemadores (Figura 1.9) son usados para mezclar diferentes combustibles con aire y luego entregarlos a la zona de quema del horno para su combustión completa.

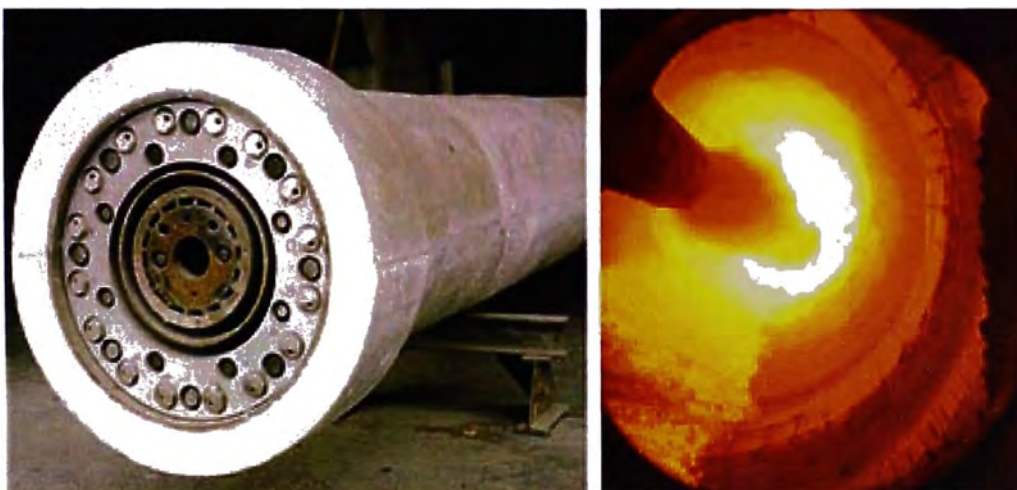


Figura 1.9 Quemador del horno (Fuente: Referencia [1])

h. Enfriamiento

La Figura 1.10 ilustra este proceso. El clinker sale del horno a una temperatura aproximada de 1200°C (1) y se descarga en el enfriador (3) y forma un lecho, que es atravesado por volúmenes de aire (2) para enfriarlo hasta unos 150°C (4).

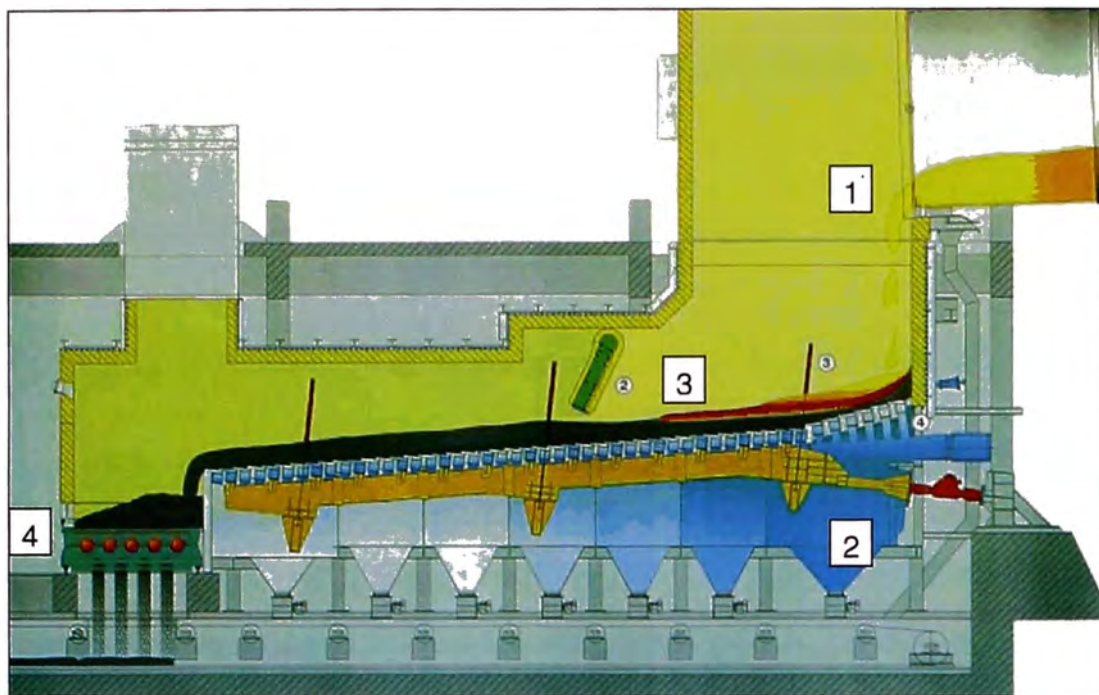


Figura 1.10 Proceso de enfriamiento (Fuente: Referencia [1])

i. Molienda de Cemento

Al igual que la molienda de crudo, la de cemento se puede llevar a cabo en molinos verticales (Figura 1.11) y en molinos de bolas.

La producción de cemento consiste en la molienda de clinker, yeso y adiciones como cenizas volantes, escorias y puzolanas, en porcentajes que varían de acuerdo al tipo de cemento que se está produciendo.



Figura 1.11 Ejemplo de molinos verticales (Fuente: Referencia [4])

j. Despacho de cemento

Consiste de sistemas automáticos de aplicación de sacos y máquinas de llenado de sacos. En las plantas modernas se pueden incluir equipos de paletización (armado de bolsas de cemento y situadas en una parihuela) y empaclado en sellado plástico (Figura 1.12). El cemento también es despachado a granel a través de camiones.

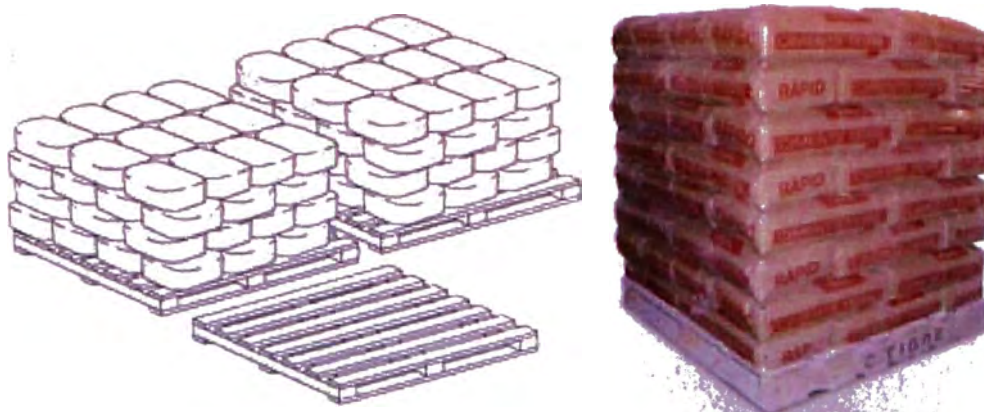


Figura 1.12 Pallets (parihuelas) con bolsas de cemento (Fuente: Ref. [2] [5])

En la Figura 1.13 se muestra uno de estos sistemas de empaque o embolsado de cemento.



Figura 1.13 Sistema automático de empackado (Fuente: Referencia [6])

1.1.2 Características de la planta

En esta parte se explica las características de líneas de producción de la planta Pacasmayo y su integración a nivel de red y de SCADA

a. Líneas de producción

La Figura 1.14 muestra el esquema de las líneas de producción. En ella se pueden ver a la etapa de molinos de crudo, la de homogenización, la de los hornos, la de los molinos de cementos y la de las embolsadoras.

Los ratios presentados son en promedio, se debe tener en cuenta que toda la planta se encuentra automatizada a excepción del molino de crudo 1 y las embolsaduras 2 y 3.

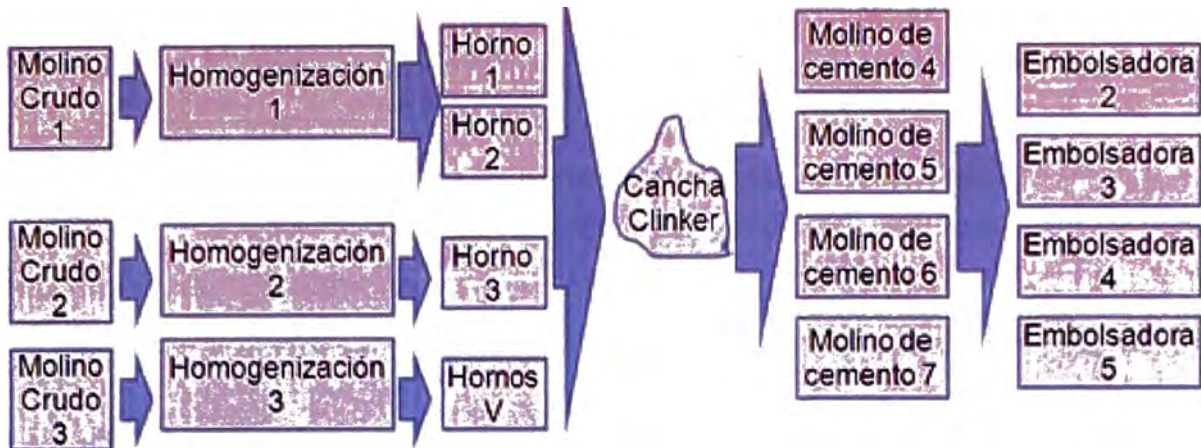


Figura 1.14 Esquema de líneas de producción (Fuente: Elaboración propia)

Según se puede ver en la Figura 1.14, el molino de crudo 1 alimenta a la línea de homogenización 1 y éste a los hornos 1 y 2. El molino de crudo 2 alimenta sólo a la línea de homogenización 2 y éste al horno 3. El molino de crudo 3 alimenta a la línea de homogenización 3 y éste al conjunto de hornos verticales. Todos los hornos depositan su producto en la cancha de clinker (espacio destinado a acumular el producto). De la cancha de clinker se alimenta a los molinos de cemento (4, 5, 6 y 7) y de allí, indistintamente a las embolsadoras (2, 3, 4 y 5).

a.1 Molinos

- Molino Crudo 1: Molino de bolas, produce crudo a razón de 80 ton/h, para ser almacenado y homogenizado en el silo de Homogenización 1, para luego alimentar a los Hornos 1 y 2. El molino también puede producir crudo para el silo de Homogenización 2, en casos de que se haya completado el stock del silo de Homogenización 1.
- Molino Crudo 2: Molino de bolas, produce crudo a razón de 180 ton/h, para ser almacenado y homogenizado en el silo de Homogenización 2, el cual alimenta al Horno 3.
- Molino Crudo Negro 3: Molino de bolas, se le llama crudo negro debido a que entre las materias primas se encuentra el carbón, este es un crudo especial para que sea quemado en un horno de tipo vertical, una variante para el proceso de quemado. Produce crudo negro hacia el silo de Homogenización 3 a razón de 80 ton/h

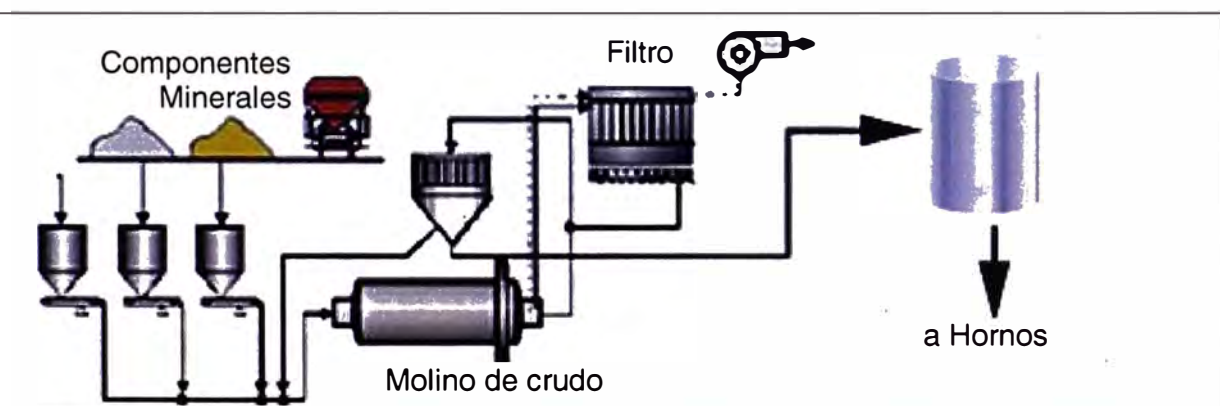


Figura 1.15 Esquema de molinos de crudo y homogenización (Fuente: Elab. Prop.)

a.2 Hornos

- Horno 1: Horno rotatorio sin precalentador el cual es alimentado con crudo del silo de Homogenización 1 a una razón promedio de 35 ton/h.
 - Horno 2: Horno rotatorio con precalentador de 4 etapas el cual es alimentado con crudo del silo de Homogenización 1 a una razón promedio de 50 ton/h.
 - Horno 3: Horno rotatorio con precalentador de 5 etapas y precalcinator el cual es alimentado con crudo del silo de Homogenización 2 a una razón promedio de 180 ton/h.
 - Hornos Verticales: son hornos de tecnología china los cuales no son rotatorios, ni cuenta con quemadores el proceso de clinkerización se basa en el auto quemado del crudo negro, gracias a la presencia de carbón en el crudo. Se alimenta del silo de Homogenización 3 a razón de 20 ton/h, se cuenta con 4 de estos hornos en planta.
- El clinker producido por todos los hornos es depositado en una cancha para su posterior dosificación en la molienda de cemento.

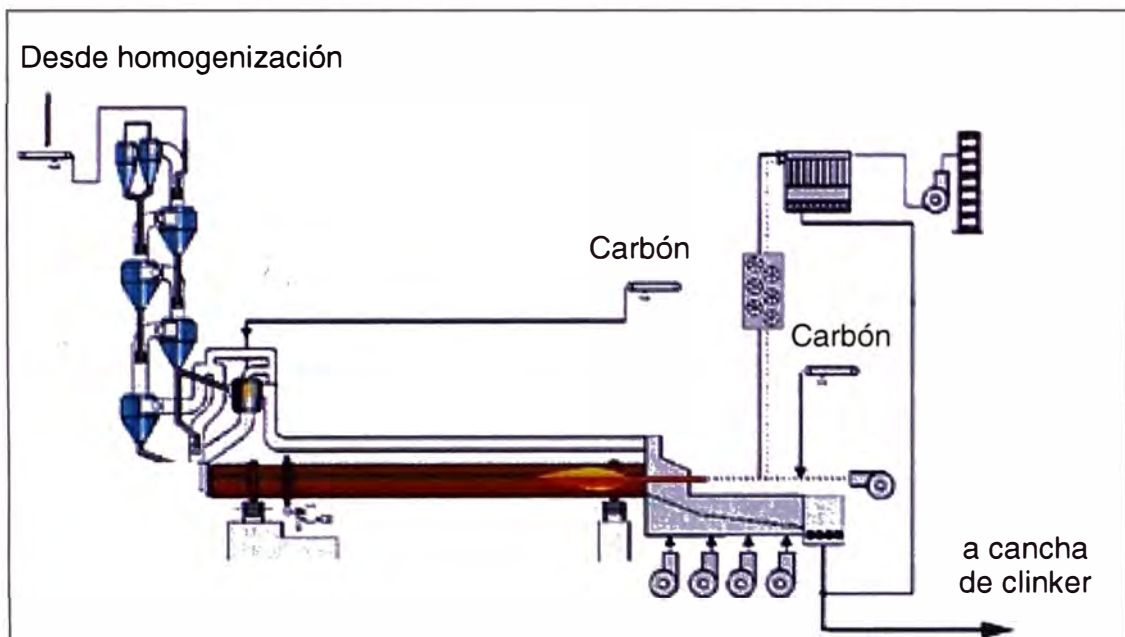


Figura 1.16 Esquema de hornos horizontales (Fuente: Elab. Prop.)

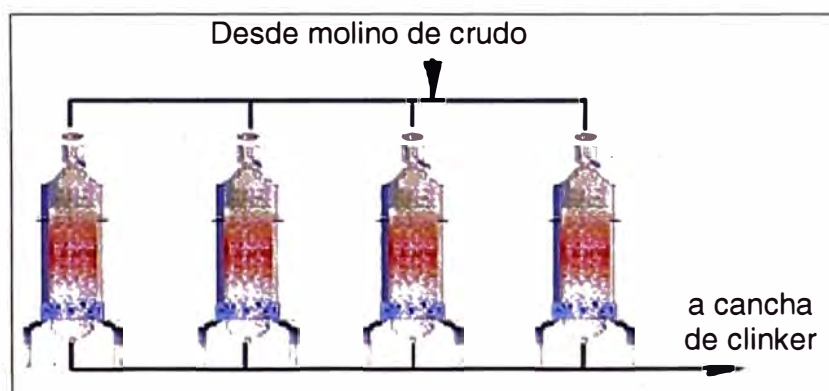


Figura 1.17 Esquema de hornos verticales (Fuente: Elab. Prop.)

a.3 Molinos de cemento

- Molino Cemento 4: Molino de bolas, produce cemento a razón de 135 ton/h.
- Molino Cemento 5: Molino de bolas, produce cemento a razón de 35 ton/h.
- Molino Cemento 6: Molino vertical, produce cemento a razón de 180 ton/h.
- Molino Cemento 7: Molino vertical, produce cemento a razón de 180 ton/h.

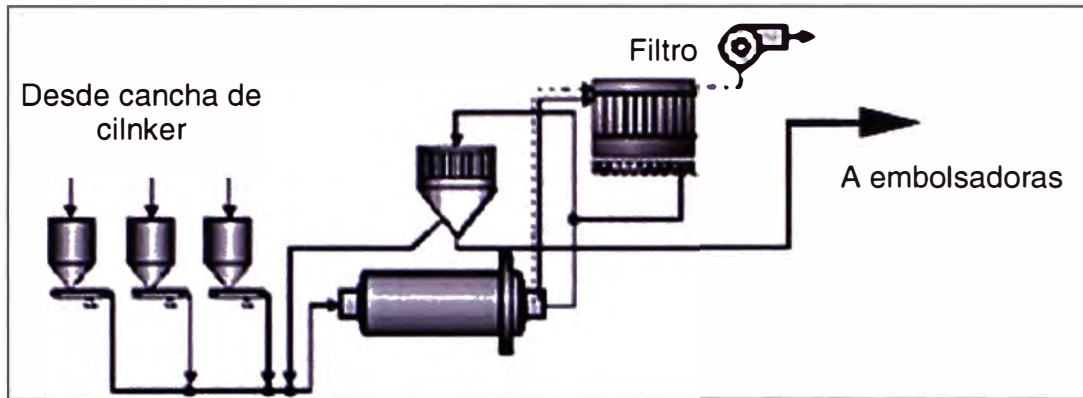


Figura 1.18 Esquema de molinos de cementos (Fuente: Elab. Prop.)

a.4 Embolsaduras

- Embolsadura 2: Embolsa cemento a razón de 1900 bolsas/h
- Embolsadura 3: Embolsa cemento a razón de 1900 bolsas/h
- Embolsadura 4: Embolsa cemento a razón de 2900 bolsas/h
- Embolsadura 5: Embolsa cemento a razón de 2900 bolsas/h

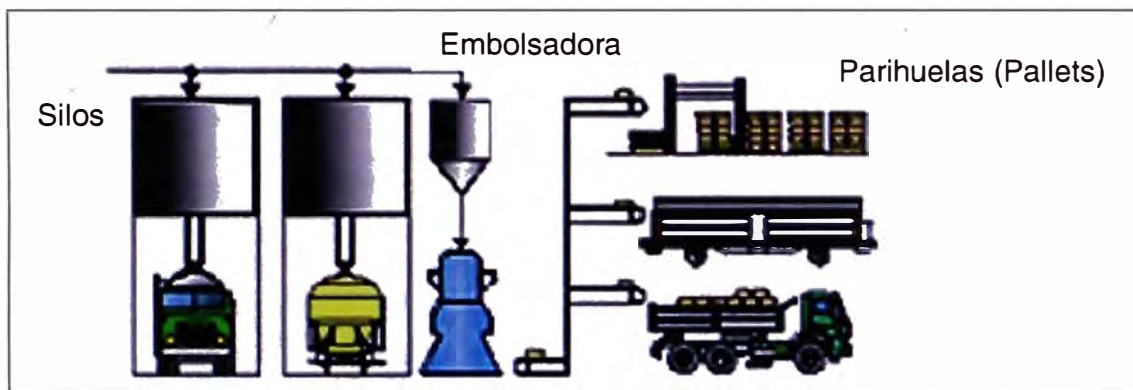


Figura 1.19 Transporte y embolsado de cemento

A continuación se muestran fotografías de algunas de las líneas de producción de la planta Pacasmayo:

- Molino de crudo 1 y 2 (Figuras 1.20 y 1.21).
- Silo de Homogenización (Figura 1.22).
- La cancha clinker (Figura 1.23).
- Horno horizontal (Figura 1.24).
- Hornos verticales (Figura 1.25).
- Molino de cemento vertical 6 y 7 (Figuras 1.26).
- Transporte y embolsado de cemento (Figuras 1.27 a 1.30).



Figura 1.20 Molino de crudo 1 (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.21 Molino de crudo 2 (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.22 Silo Homogenización (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.23 Cancha clinker (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.24 Horno horizontal (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.25 Hornos verticales (Fuente: Cementos Pacasmayo)

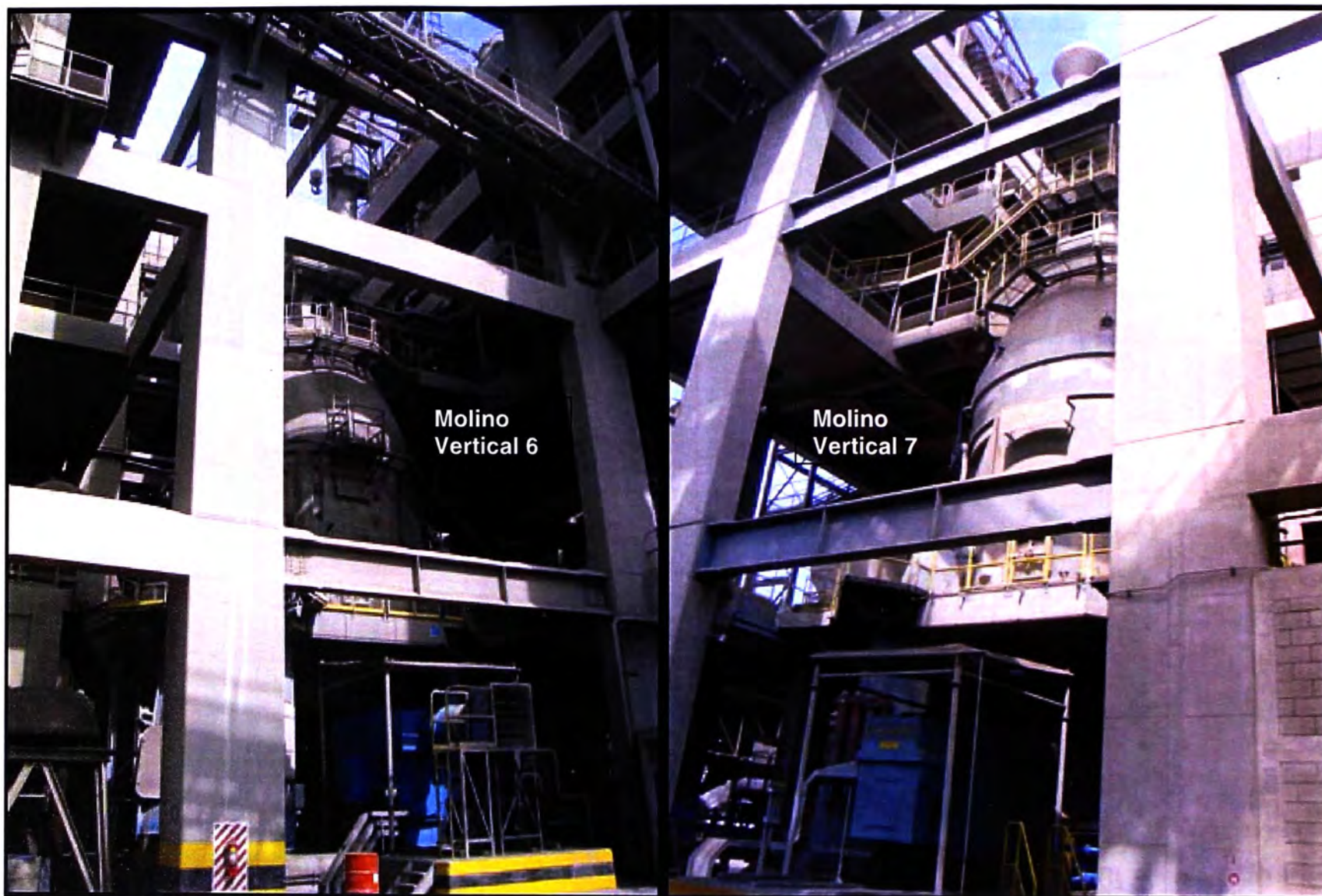


Figura 1.26 Molino Vertical 6 y 7 (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.27 Aplicador de sacos automático (Fuente: Cementos Pacasmayo)

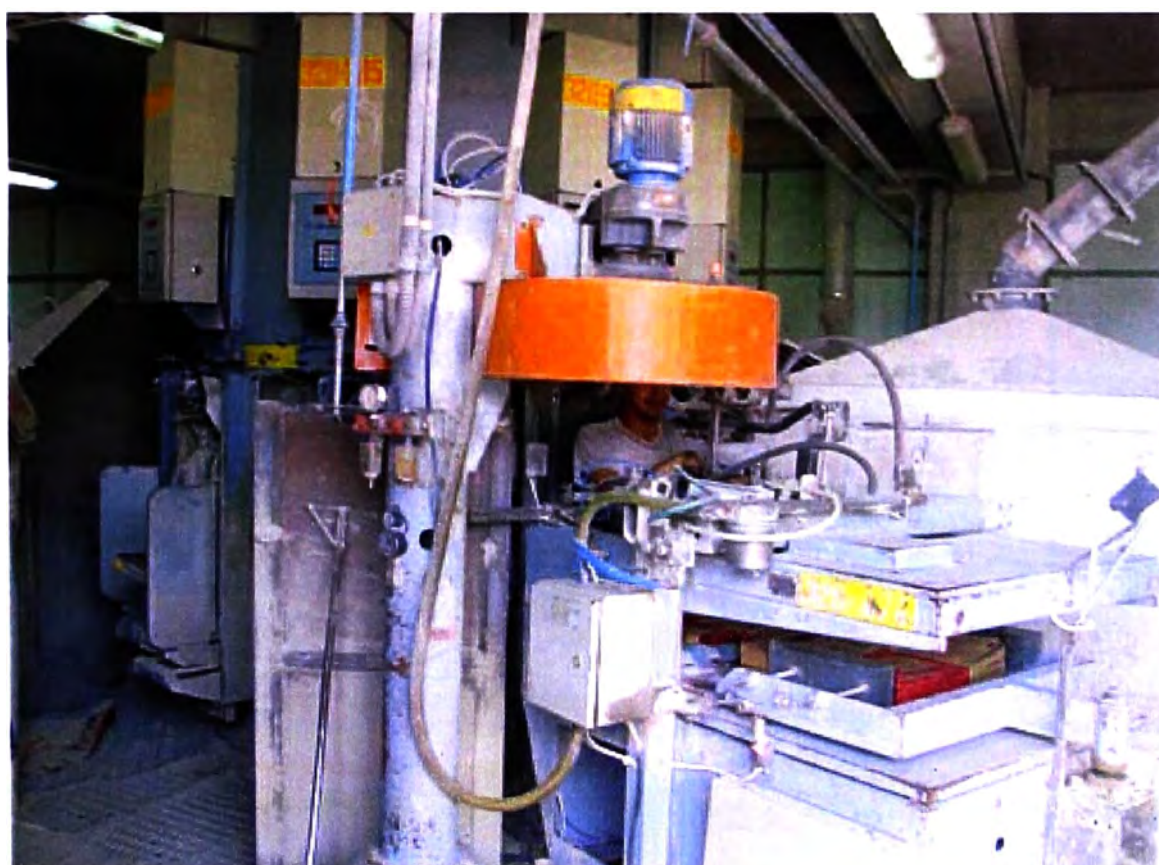


Figura 1.28 Balanzas (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.29 Sistema de transporte de sacos a camiones (Fuente: Cementos Pacasmayo)



Figura 1.30 Despacho a granel (Fuente: Cementos Pacasmayo)

b. Integración de planta a nivel de red y de SCADA

La red de la CPSAA se encuentra conformada por una serie de controladores PLC-5 y ControlLogix los cuales se comunican sobre un mismo protocolo Ethernet, esto a nivel de controladores. La comunicación entre los procesadores y los módulos de entradas/salidas remotas se realizan a través de protocolos de comunicación industrial, de acuerdo al tipo de controlador.

Para el caso de los PLC-5, el protocolo usado para comunicar el procesador con los módulos de entradas/salidas remotas es el RI/O. En la Figura 1.31 se muestra el esquema de referencia de arquitectura con PLC5.

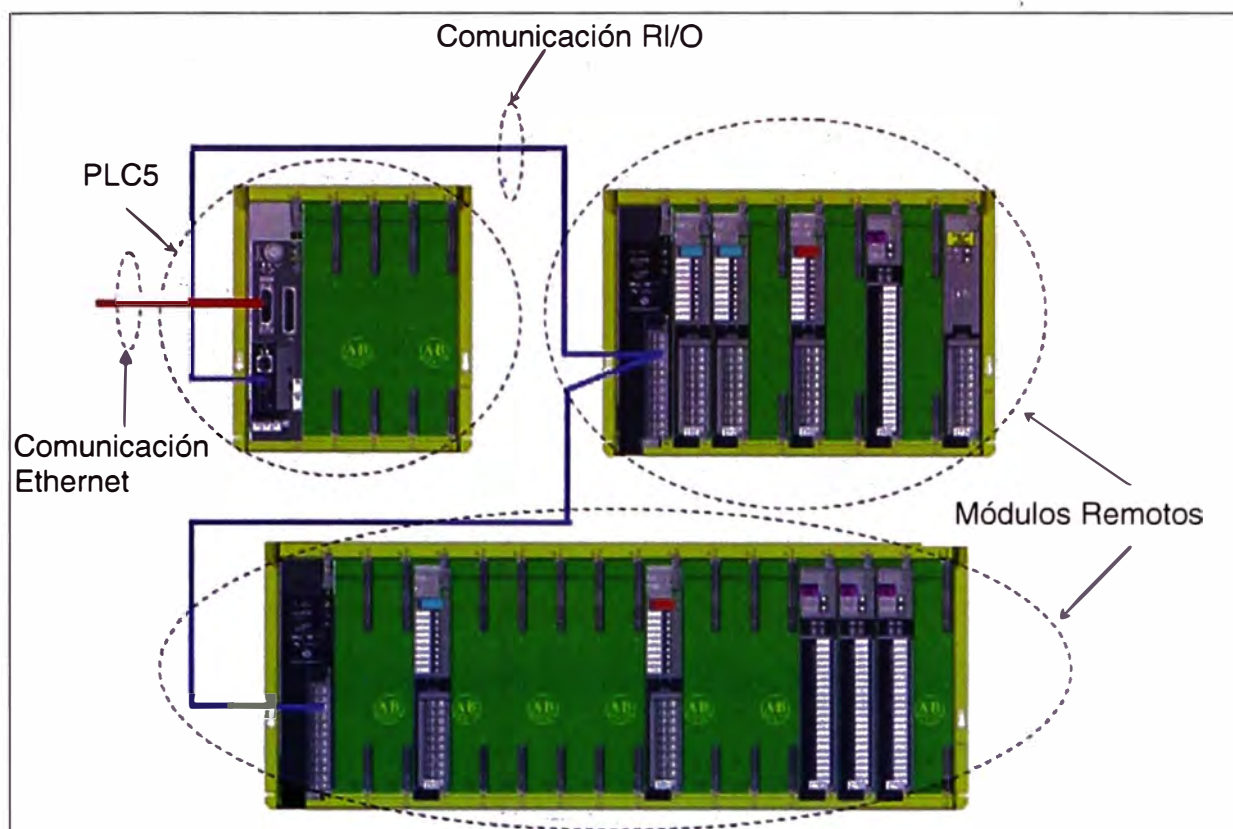


Figura 1.31 Esquema referencia de arquitectura con PLC5 (Fuente: Allen Bradley)

Para el caso de los ControlLogix se manejan hasta 2 protocolos diferentes de comunicación, entre los cuales se tienen ControlNet y DeviceNet. De acuerdo a esto se tiene una arquitectura planteada según se muestra en la Figura 1.32.

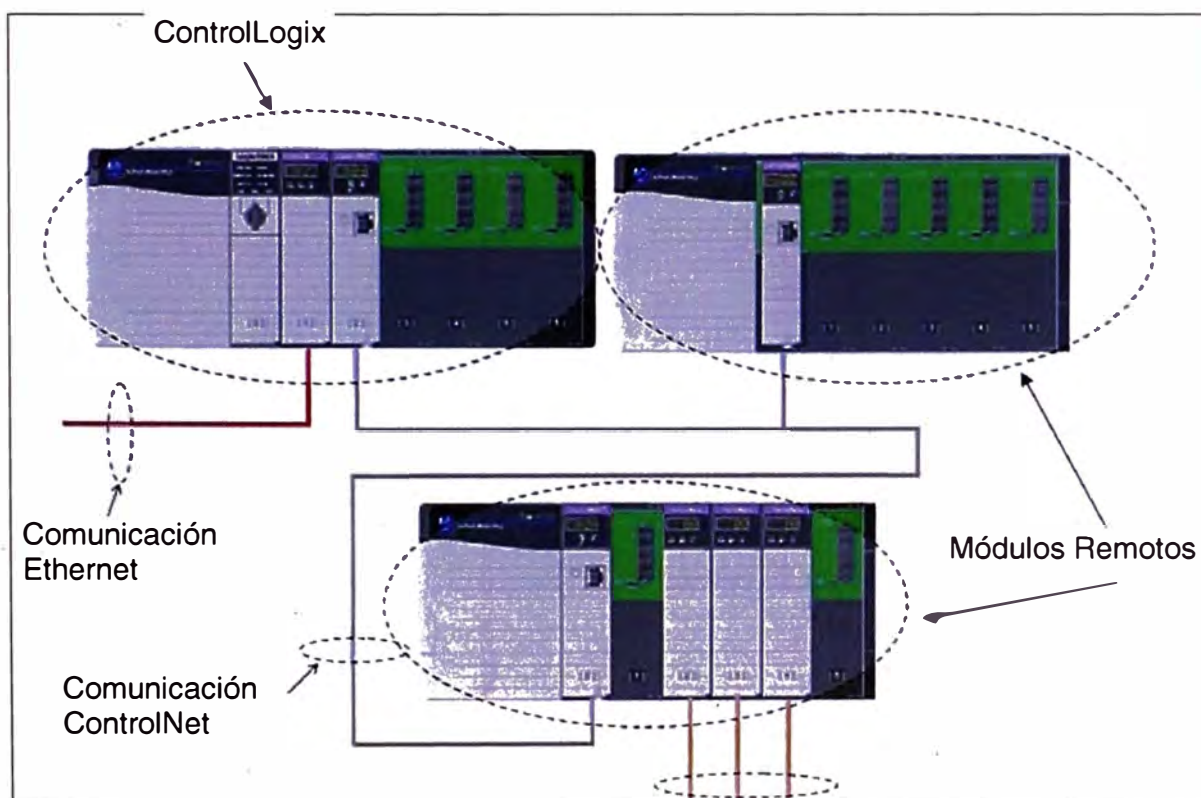


Figura 1.32 Plano referencia de arquitectura con ControlLogix (Fuente: Allen Bradley)

El sistema SCADA de la CPSAA es un software propietario de la empresa FLSmith Automation (FLSA) llamado ECS/Opstation el cual ofrece las mismas características que un HMI (Interfaz Hombre-Máquina) basado en sistema de distribuido y una flexibilidad que permite la conexión directa a una variedad de diferentes marcas de PLC.

Todos los módulos de software FLSA se ejecutan en una PC en una arquitectura cliente/servidor con MS Windows 2003/XP como un sistema operativo reconocido por los sistemas de control industrial. El sistema ECS provee una moderna capacidad de planificación y supervisión para una sala de control central. Toda la funcionalidad del sistema ECS/Opstation ofrece la mayor disponibilidad del sistema y la seguridad de los sistemas involucrados.

Con dos servidores es completamente redundante. Ambos servidores operan simultáneamente y realizan las mismas interacciones con los PLC de la planta, sin embargo, con un servidor es suficiente para operar la planta. La configuración dual permite el apagado de un servidor para fines de servicio. Cuando ambos servidores se encuentran en operación, automáticamente se actualizarán cada vez que cambien los datos en uno de ellos. La Figura 1.33 muestra la arquitectura de comunicaciones entre el SCADA y el PLC.

Previa a la solución se tenía automatizada aproximadamente un 90%, sin embargo no todas las secciones eran supervisadas a través del SCADA principal. Existían áreas donde la supervisión y mando era realizado de manera local a través de paneles de operador. Las áreas que se sólo se encontraban automatizadas por el SCADA principal de fábrica (ECS/OpStation) eran las siguientes (es el caso de estudio Crudo 1 el que se incorpora posteriormente a este SCADA):

- Recepción de caliza, Homogenización 2.
- Crudo 2.
- Horno 1, 2 y 3.
- Cemento 4, 5, 6, y 7.

Existe un SCADA secundario el cual manejaba el área de los hornos verticales, este software es el Factory Talk View SE, las áreas manejadas desde dicho SCADA son:

- Crudo 3
- Homogenización 3
- Horno Vertical 1, 2, 3 y 4

Las áreas manejadas localmente son: Embolsadura 2, 3, 4 y 5. Estas no son consideradas dentro de ninguno de los SCADA disponibles.

La Figura 1.34 muestra una de las vistas del SCADA principal (correspondiente al Horno Rotatorio 3). La Figura 1.35 es del SCADA secundario (vista Horno Vertical 1).

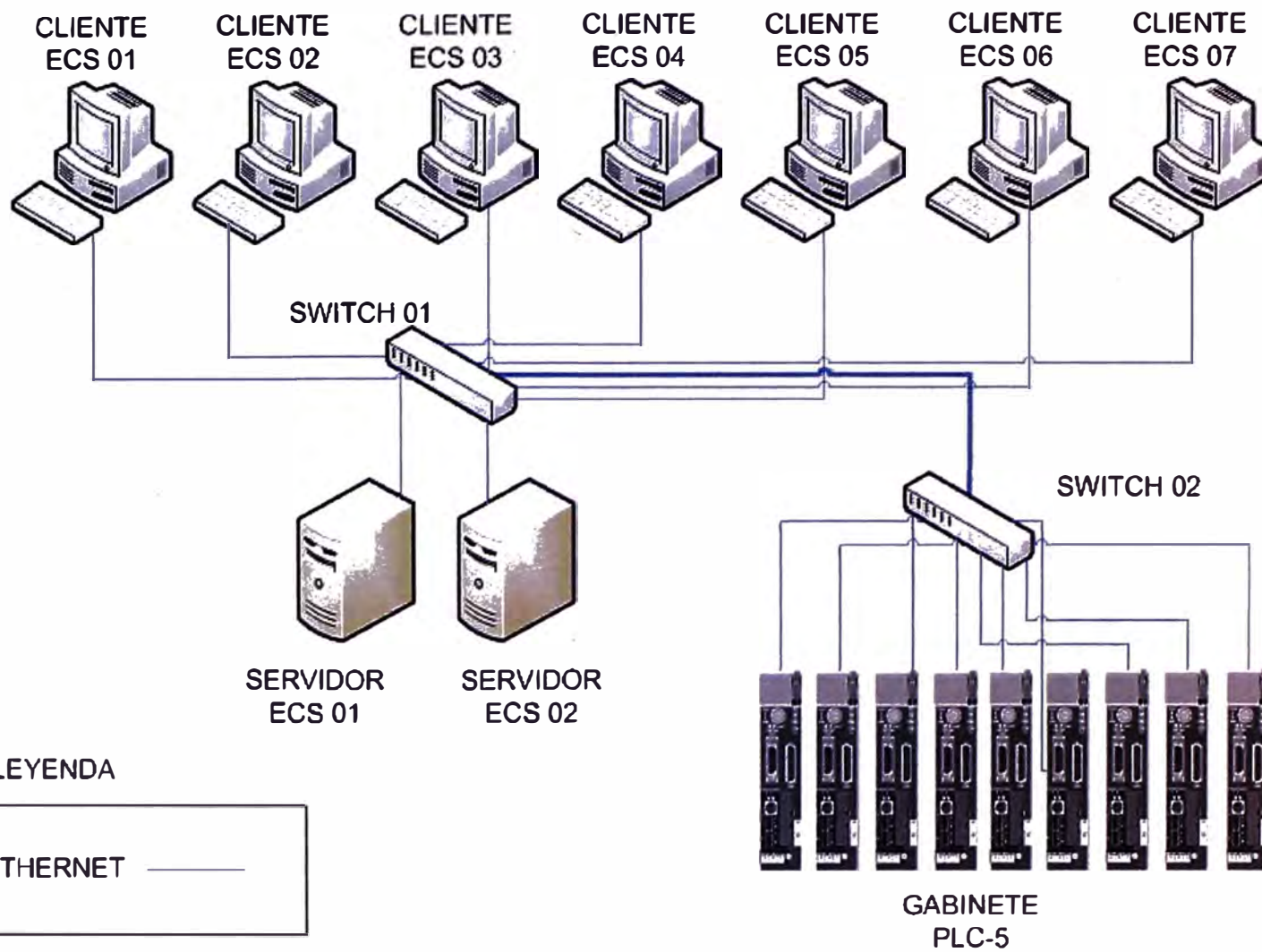


Figura 1.33 La arquitectura de comunicaciones entre el SCADA y el PLC (Fuente: Elaboración propia)

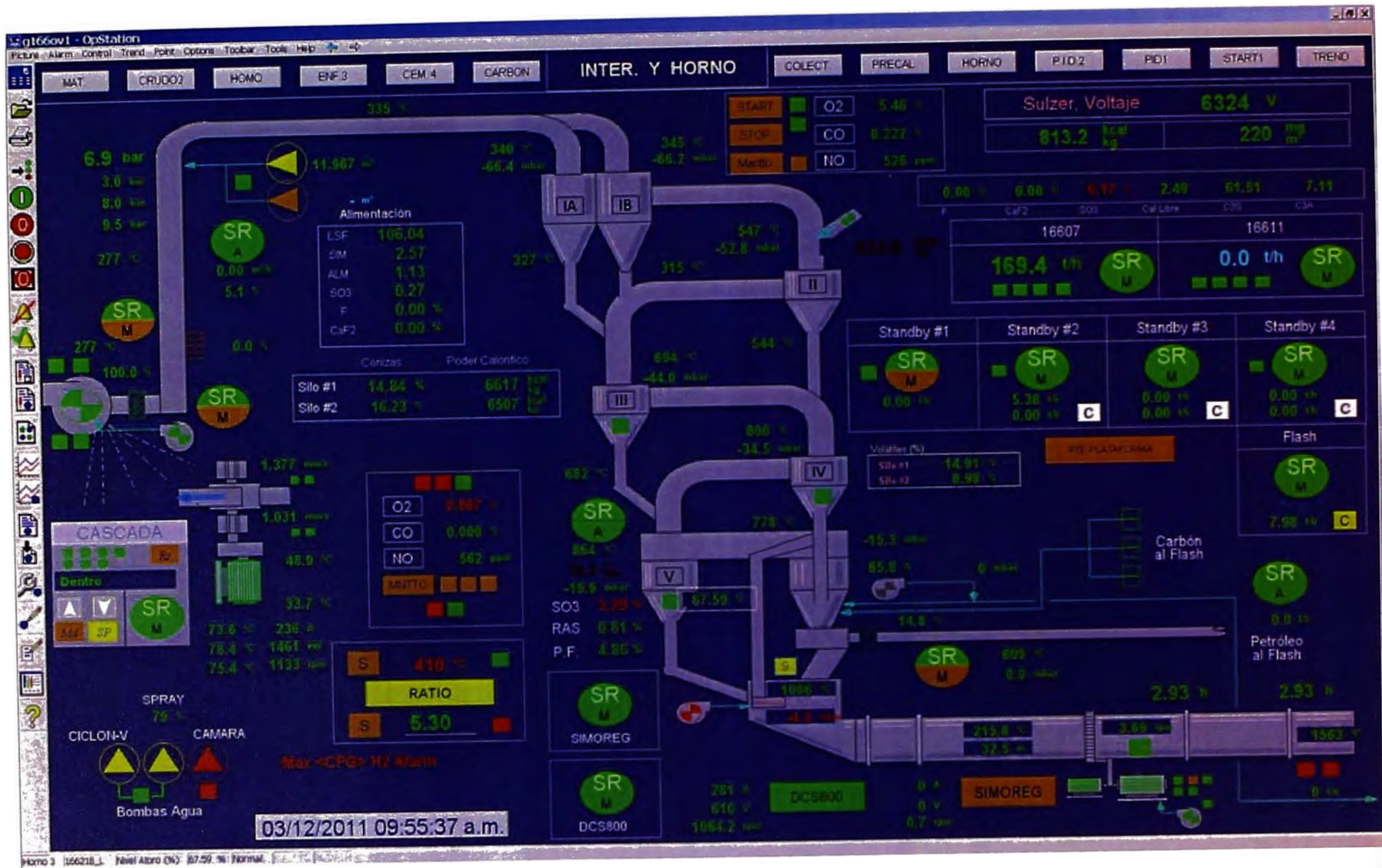


Figura 1.34 SCADA Principal ECS/OpStation, Horno rotatorio (Fuente: SCADA Cementos Pacasmayo)

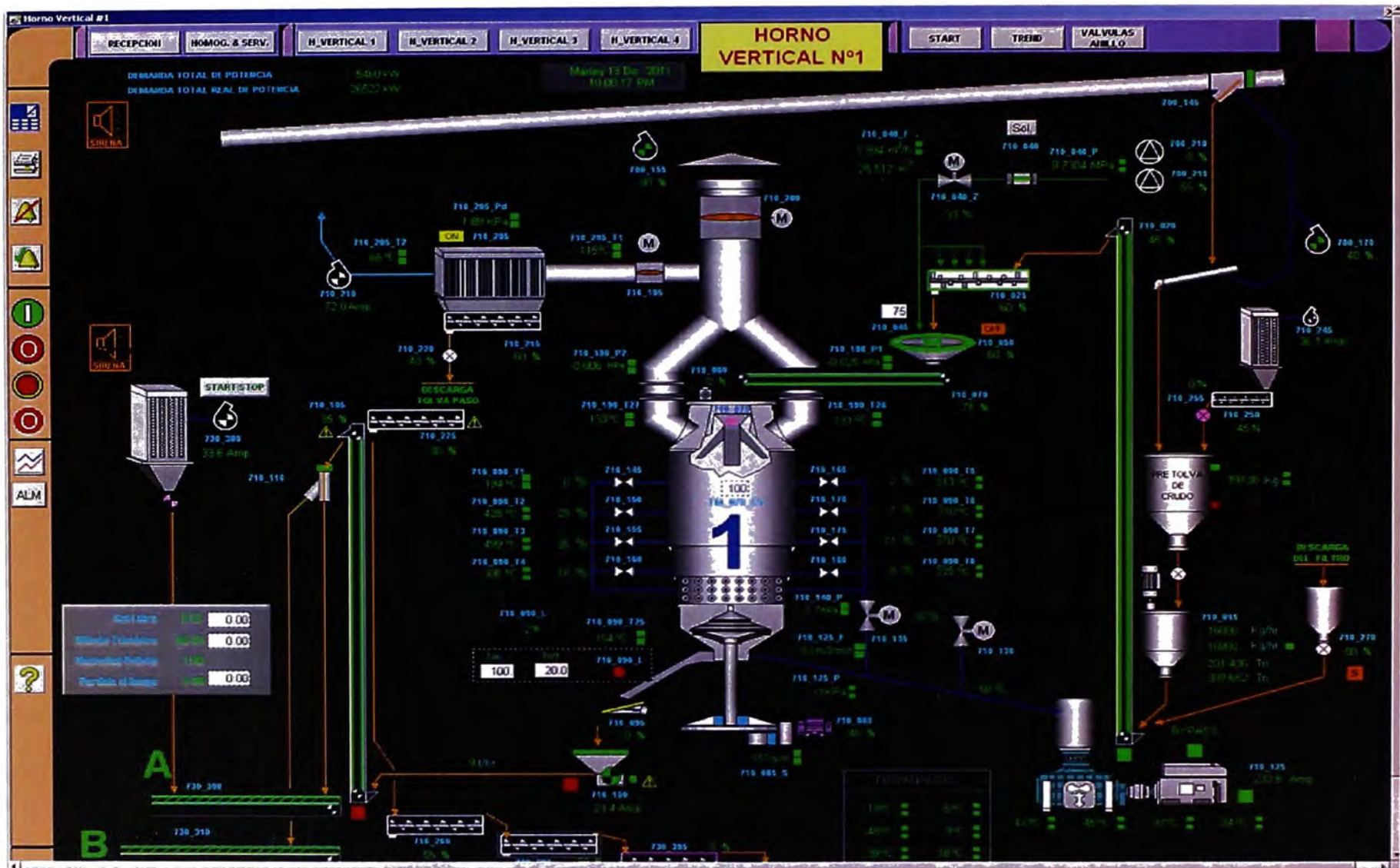


Figura 1.35 SCADA Secundario Factory Talk, Horno vertical 1 (Fuente: SCADA Cementos Pacasmayo)

1.2 Aspectos técnicos del caso de estudio: Molino de Crudo 1

En esta sección desarrollan dos temas:

- La infraestructura previa a la solución, en donde se describe a los componentes principales del Molino de Crudo 1 así como de sus demás elementos.
- Los aspectos funcionales, tanto el funcionamiento interno como relacionado con las demás líneas de producción.

1.2.1 Infraestructura

En la Figura 1.36 se muestra el esquema de flujo de la esta línea de producción. En ella se destacan los principales componentes (aspectos funcionales se ven en 1.2.2).

- Tolvas de recepción.- Proveniente de la cancha de materias primas, a través de una grúa puente, los materiales son colocados en las tolvas respectivas (Hierro, arena y arcilla). La caliza fina proviene de una tolva de caliza gruesa, la cual es previamente molida mediante la chancadora de martillo y llevada a la tolva de caliza fina mediante un elevador.

- Área de balanzas.- Conformada por 4 balanzas dosificadoras de tipo banda, las cuales dosificarán las materias primas para su molienda en el interior del molino, dicha dosificación es realizada por el área de laboratorio quien horariamente recalcula los porcentajes de dosificación de cada materia prima para poder cumplir con los parámetros de calidad del crudo obtenido.

- Zarandas Vibratorias.- Conformada por 2 zarandas iguales las cuales se encargan de separar las materias primas de acuerdo a un diámetro mínimo del material, es decir los elementos grandes pasan directamente al molino para su molienda, mientras que los materiales pequeños pasan a los separadores para una nueva separación de acuerdo a su finura.

- Separadores dinámicos.- Conformado por 2 separadores de iguales características, los cuales se encargan de separar el material pequeño proveniente de las zarandas, de acuerdo a parámetros de finura, es decir se separa el material de fino del material grueso. Se puede notar que para las zarandas y separadores existen 2 equipos de cada uno, formando independientemente 2 subsistemas iguales, lo cual permite que se pueda trabajar con un solo separador y una zaranda, pero a una menor carga

- Separador estático.- su función es la misma que los separadores, la diferencia se basa en que este no tiene accionamiento eléctrico y usan el flujo de aire para la separación del material, es decir el material fino es succionado por la parte superior por el flujo de aire mientras que el material grueso por su mismo peso es desechado por la parte inferior, en este caso el material grueso retorna al circuito de molienda mientras que el material fino es recogido a través del filtro de mangas como producto final.

- Filtro de Mangas.- Su función principal es recoger todo el material fino producido en todo el sistema para así evitar la polución por polvo del área.

- Molino.- Es el elemento más importante del sistema de molienda, el cual se encarga de la molienda misma del material. En su interior contiene elementos de trituración de diferentes tamaños (bolas), el molino cuenta con 2 cámaras en las cuales las bolas de mayor tamaño se ubican en la primera cámara, en la cual se trituran los elementos más gruesos, mientras que las bolas más pequeñas se encuentran en la segunda cámara las cuales trituraran elementos más finos ya triturados en la primera cámara.

Entre otros elementos se pueden mencionar a:

- Motores principales.- son los encargados de hacer girar al molino en un trabajo normal, según diseño este molino cuenta con 2 motores eléctricos, los cuales se arrancan a través de un mismo arrancador de tipo electrolítico.

- Motor de giro lento.- el motor de giro lento o motor auxiliar, es usado para poder ubicar el molino en alguna ubicación deseada ya sea para destapar el molino, carguío de bolas, limpieza de catalina, etc.

- Lubricadores de reductores.- Uno de los elementos mecánicos más importantes del molino ya que son los encargados de lubricar los reductores de los motores principales, y así evitar daños en los reductores lo cual implicaría una parada de toda la línea.

- Sopladores.- en general los sopladores se usan para el transporte del material a través de canaletas.

Nota: Los números entre paréntesis de la Figura 1.36 serán usados para indicar los aspectos funcionales los cuales son descritos en la sección siguiente (1.2.2)

La sección “Molino de Crudo 1” era comandada desde un tablero netamente eléctrico, el constaba de pulsadores de arranque, luces indicadoras de estado, así como también las lecturas de las corrientes de los motores principales del molino a través de indicadores de tipo aguja (Figura 1.37 y 1.38).

A nivel de SCADA, todo lo concerniente a la dosificación de materias primas al molino (balanzas) era realizada a través de un PLC (ya existente), esto por ser un factor importante el correcto porcentaje de dosificación de las materias primas para el proceso y así cumplir con las especificaciones de calidad de dosificación. La Figura 1.39 muestra el SCADA principal previo a la solución.

El PLC usado es Allen Bradley de la familia PLC-5, el cual ya se encuentra integrado a la red de PLC y SCADA de la planta a través de comunicación Ethernet.

En la Figura 1.40 se muestra al PLC del Molino Crudo 1 (modelo PLC-5/40E identificado como RM1) entre otros PLC de la planta. La separación de estos en AB_ETH1 y AB_ETHIP1 se refiere a los drivers de comunicación usados por el programa RSLinx de la estación de trabajo (exclusiva para PLC y SCADA). Este PLC será el que se

utilizará como controlador principal dentro de la modernización del molino.

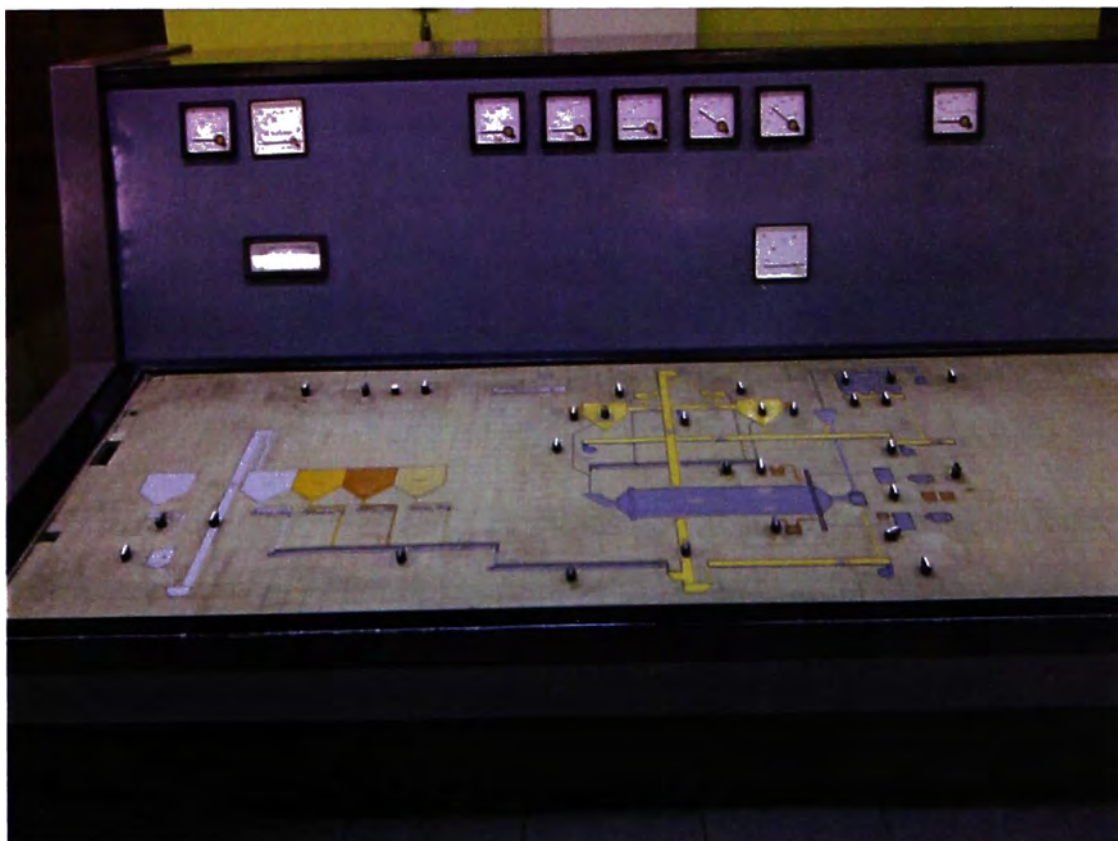


Figura 1.37 Tablero control Molino Crudo 1 con medidores de aguja (Fuente: CPSAA)

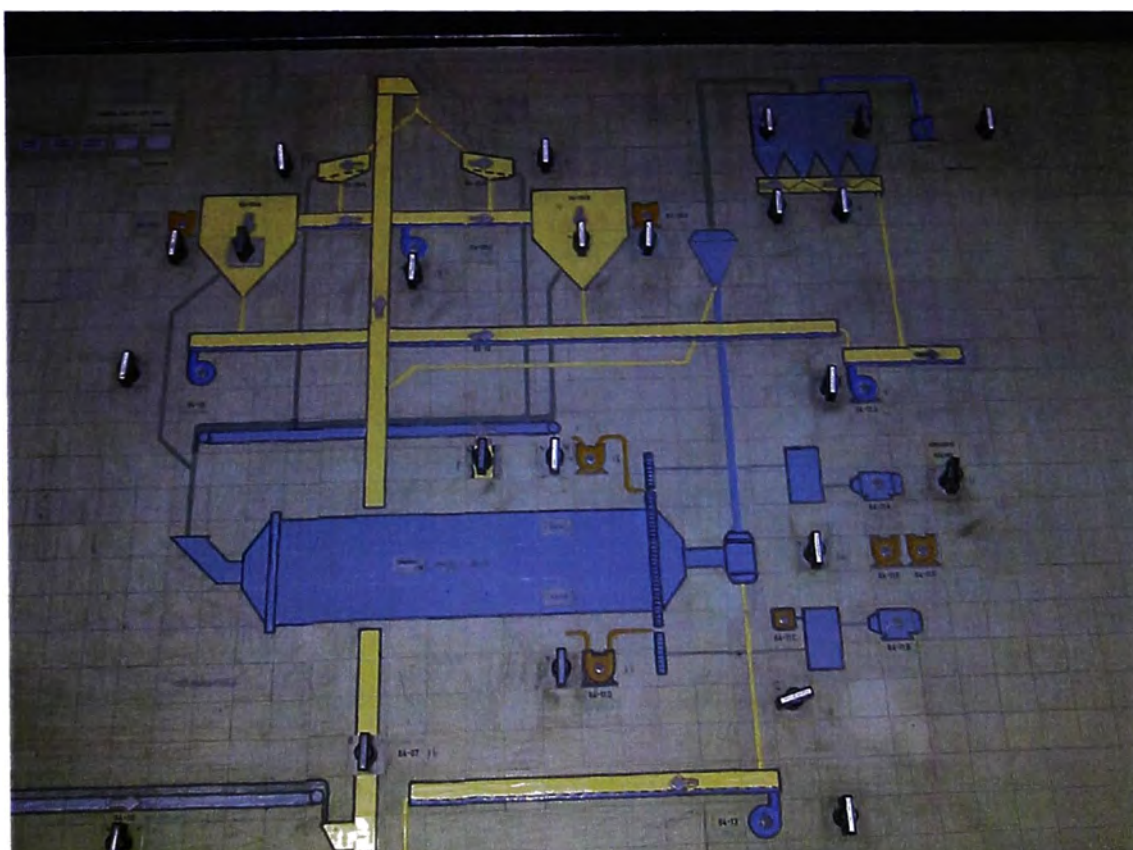


Figura 1.38 Arranque Molino Crudo mediante pulsadores (Fuente: CPSAA)



Figura 1.39 Pantalla de monitores balanzas de dosificación al Molino (Fuente: SCADA Pacasmayo)

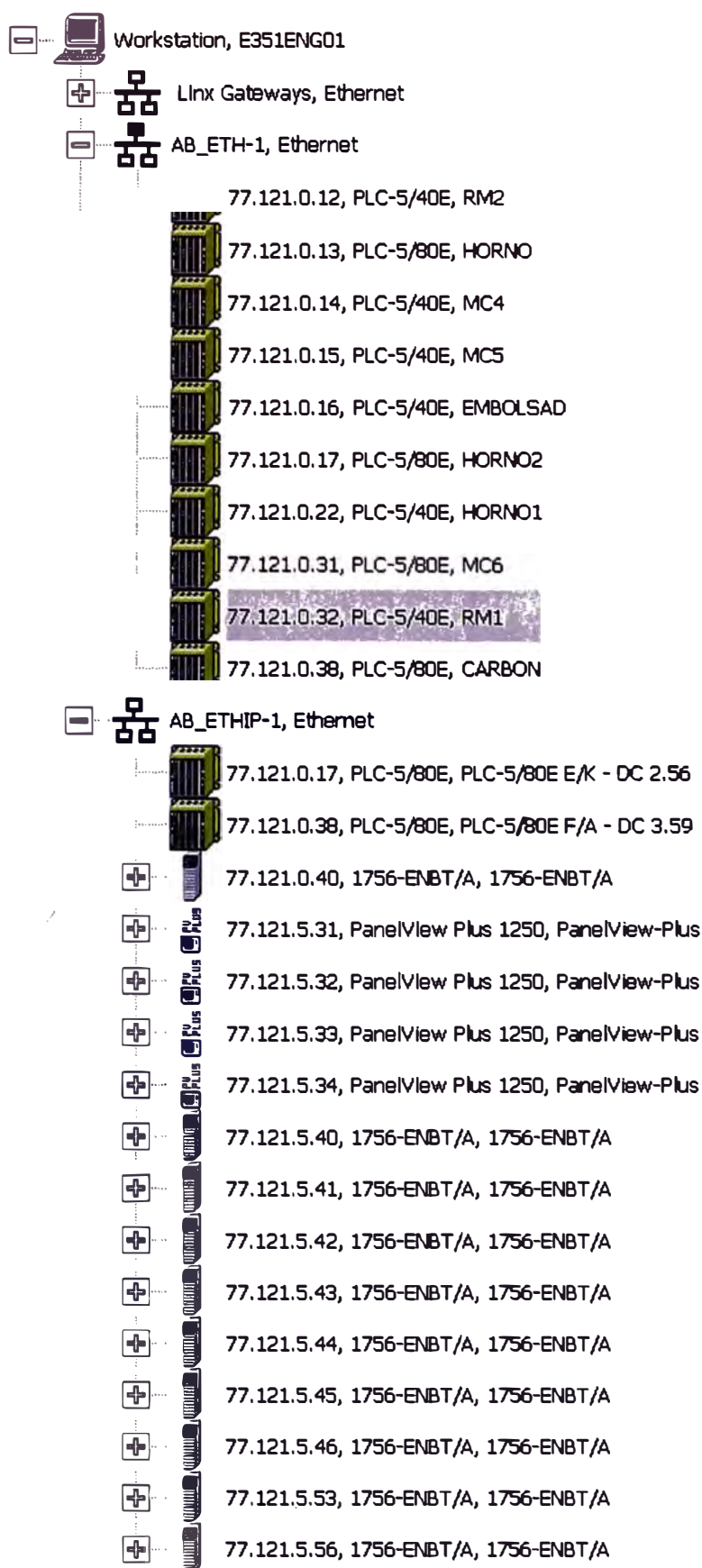


Figura 1.40 PLC Molino Crudo 1 y los demás controladores de planta (Fuente: RSLINX)

La arquitectura de esta red ya existente es la siguiente (Las figuras muestran las configuraciones de sus componentes):

- 1 PLC-5/40E (Figura 1.41)
- 1 chasis remoto de 8 slots (Figura 1.42): el cual solo contaba con 5 módulos de entradas/salidas, las cuales eran usadas para el manejo de los parámetros de las balanzas antes ya mencionadas.
- 1 chasis remoto de 16 slots (1.43): este chasis fue acondicionada para una automatización a largo plazo que no se llevó a cabo, es por eso que solo se instalaron 5 módulos básicos que previa a la solución implementada estaban totalmente libres y están siendo usados como reserva.

I/O Configuration - Chassis Table											
<input checked="" type="checkbox"/> Show Non-I/O Rows											
NAME	I/O Channel	Chassis Type	Adapter	Inh	Res	Rack Addressing	ControlNet Node	Rack	Group	Span	Complementary
Chassis_1	Local 0 - <DF1> 1A - <DH+>	1771-A1B (4 slots)	PLC-5/40E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Slot		0	0	0/0 - 0/3	--
Chassis_2	1B - <I/O Scanner>	1771-A2B (8 slots)	1771-ASB Series B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Slot		1	0	1/0 - 1/7	NO
Chassis_3	1B - <I/O Scanner> 2 - <Ethernet>	1771-A4B (16 slots)	1771-ASB Series B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 Slot		2	0	2/0 - 3/7	NO

Figura 1.39 Arquitectura de Red PLC Molino Crudo 1 (Fuente: RSLOGIX5)

Chassis Chassis_2, Rack 1, Group 0					
Attached to Channel 1B of PLC RM1					
Slot	R/G/S/C	Module Type	I/O Points	Description	
0	1/0/0/0	1771-ID16	16	120v AC 16pt Isolated Input	
1	1/1/0/0	1771-ID16	16	120v AC 16pt Isolated Input	
2	1/2/0/0				
3	1/3/0/0	1771-OD16	16	120v AC 16pt Isolated Output	
4	1/4/0/0				
5	1/5/0/0	1771-IFE	16	12 Bit Analog Input	
6	1/6/0/0				
7	1/7/0/0	1771-OFE	4	12 Bit Analog Output	

Figura 1.40 Configuración Chasis 1 PLC Molino Crudo 1 (Fuente: RSLOGIX5)

Chassis Chassis_3, Rack 2, Group 0					
Slot	R/G/S/C	Module Type	I/O Points	Description	
0	2/0/0/0				
1	2/1/0/0				
2	2/2/0/0	1771-ID16	16	120v AC 16pt Isolated Input	
3	2/3/0/0				
4	2/4/0/0				
5	2/5/0/0				
6	2/6/0/0				
7	2/7/0/0				
8	3/0/0/0	1771-OAD	16	120v AC 16pt Output	
9	3/1/0/0				
10	3/2/0/0				
11	3/3/0/0				
12	3/4/0/0	1771-IFE	16	12 Bit Analog Input (or IFE/A)	
13	3/5/0/0	1771-IFE	16	12 Bit Analog Input	
14	3/6/0/0	1771-IFE/C	16	12 Bit Analog Input. Series:C	
15	3/7/0/0				

Figura 1.41 Configuración Chasis 2 PLC Molino Crudo 1 (Fuente: RSLOGIX5)

Solo los accionamientos principales contaban con protecciones adicionales tales como monitoreo de temperaturas (Figura 1.42), para el molino de crudo 1 se tenían sensores de temperaturas de tipo PT100 en los bobinados de los motores principales y reductores del molino, esto por ser elementos críticos en el proceso, dicha protección no era implementada a través de un PLC sino a través de monitores de temperatura, los cuales eran configurados para leer una cantidad de temperaturas y de acuerdo a los niveles establecidos activaba una salida tipo relé la cual era llevada al circuito eléctrico del motor del molino. Para este caso en especial se usaban los monitores de temperatura de la marca Monarch y modelo DataChart 3600.



Figura 1.42 Monitores de temperatura (Fuente: Monarch)

En lo que respecta a los elementos de maniobra se tenía la siguiente estructura:

- 1 contactor de control con bobina de 60Vac (d1)
- 1 contactor de potencia con bobina de 440Vac (c1)
- 1 relé térmico (c1)

1.2.2 Aspectos funcionales

Para la explicación de los aspectos funcionales del Molino Crudo 1, se recurrirá a la Figura 1.36 de la anterior sección (1.2.1). Los números entre paréntesis usados a continuación corresponden a los de la Figura 1.36. El sistema de molienda del crudo 1 trabaja de la siguiente manera:

La tolva de caliza gruesa es llenada con material proveniente de la cancha de caliza (1), luego de almacenar la caliza, ésta es descargada a través de un moto-vibrador hacia la chancadora de martillos donde la caliza es triturada y convertida en caliza fina (2), para luego a través del elevador ser almacenada en la tolva de caliza fina (3).

En el área de las balanzas se observan, además de la tolva de caliza fina, otras tolvas de adiciones, las cuales son necesarias para la producción de la harina cruda, dentro de estas se tienen: hierro, arena y arcilla como principales adiciones.

Estas tolvas alimentan con material a las balanzas dosificadoras, las cuales ajustan su dosificación cada hora para poder cumplir con los parámetros químicos, físicos y de

calidad. Una vez dosificados los materiales, estos pasan al sistema de molienda a través de las fajas alimentadoras y el elevador (4).

Para hacer más eficiente la molienda es necesario separar el material fino del grueso, esto para no desperdiciar energía en la molienda de material fino, que de por sí ya cumple con las condiciones de granulometría necesarias para ser harina cruda, es por eso que se procura que el material que entra al molino sea solo material grueso, mientras que el material fino pasa directamente como producto final del proceso.

Es por eso que una vez elevado el material proveniente de las balanzas (5), este pasa por un sistema de separación a través de zarandas y separadores dinámicos. El diseño de este sistema considera dos sistemas de separación idénticos los cuales son llamados Sistema A y Sistema B (2 zarandas y 2 separadores) dicha configuración permite trabajar con un solo sistema de separación pero con una tasa de producción mucho menor que la capacidad del molino, aproximadamente el 50% de su capacidad total.

Dentro de cada sistema de separación el material pasa primero por las zarandas las cuales cumplen la función de realizar una primera separación del material grueso del fino, en este caso el material grueso pasa directamente al molino (6) para su molienda mientras que los materiales finos separados por la zaranda pasan por un segundo proceso de separación en los separadores dinámicos (7).

En los separadores dinámicos el material es separado de acuerdo a su granulometría, de acuerdo a la velocidad en el interior del separador. El material fino grueso obtenido en este proceso es enviado al molino (8) para su molienda mientras que el material fino es enviado directamente como producto final (9) a través de las canaletas transportadoras (14).

Luego de que el material es molido en el interior del molino, el material obtenido a la salida es succionado a través del flujo de aire generado por el filtro de mangas, haciendo que solo el material fino sea succionado hacia el filtro (10) mientras que el material grueso, que por su propio peso no puede ser elevado por el flujo de aire, es retornado al sistema para que sea molido nuevamente (11).

El material succionado por el filtro pasa por un proceso de separación adicional en el separador estático (12) en el cual el material fino continua su paso hacia el filtro, mientras que el material grueso es regresado al sistema de molienda.

A través del filtro (13) se obtiene todo el material fino que es recogido a través del flujo de aire generado por el filtro de mangas, dicho material fino sale del sistema como producto final (14), la función principal del filtro es succionar toda la polución a causa de material fino que se pueda generar en el sistema.

CAPÍTULO II

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE MOLINO DE CRUDO 1

En este capítulo se compone de tres secciones: Planteamiento de la solución, Descripción de la Solución, y Protocolos de Prueba.

2.1 Planteamiento de la solución

En esta sección se desarrollan tres aspectos:

- Análisis situacional (problemática).
- Requerimientos del sistema que debe cumplir la automatización.
- Dimensionamiento de la solución.

2.1.1 Análisis situacional

En esta sección primeramente se hará el análisis situacional análisis situacional (o de la problemática) en donde se colocarán los aspectos relacionados a la necesidad (problema) y evaluación del problema y justificación del proyecto.

a. Descripción del problema

El problema que se experimenta era la falta de automatización para el proceso de fabricación de cemento en la etapa de “Molienda de Crudo” en la Línea 1, además de la inexistencia del respectivo sistema de monitoreo integrado a la planta de cemento.

Esta condición afectaba la disponibilidad de este proceso en la Línea 1 y la consecuente producción de la planta debido a que las fallas eran más frecuentes y además era difícil de precisar que componente era el que causaba la falla, dilatando el tiempo de reparación.

b. Objetivos del trabajo

El objetivo es aumentar la disponibilidad de la etapa de producción denominada “Molienda de Crudo”, en la línea 1 de la Planta de Cemento Pacasmayo (Empresa Cementos Pacasmayo S.A.A), mediante su adecuada automatización.

c. Evaluación del problema

Cementos Pacasmayo S.A.A. es una empresa privada perteneciente al sector industrial y minero, cuya finalidad es la producción y comercialización de cementos, cal, bloques, concreto y agregados.

Las operaciones se realizan en el norte y oriente del país. Cuenta con una planta de Cemento en Pacasmayo, una planta de Cemento en Rioja y Plantas de Premezclados de concreto en Chimbote, Trujillo, Chiclayo, Piura y Cajamarca.

Las actividades comerciales se realizan a través de una empresa subsidiaria comercial DINO que cuenta con una amplia red de distribuidores asociados en toda la región.

La principal planta de la empresa se encuentra ubicada en Pacasmayo a 95 km al norte de la ciudad de Trujillo (Figura 2.1). La empresa Cementos Pacasmayo abarca aproximadamente el 19% de las ventas totales de cemento del mercado nacional [7] (Figura 2.2).

Como se mencionó en el capítulo anterior, la planta cuenta con varias líneas de producción, entre ellas 3 molinos de crudo, 3 hornos horizontales, 4 hornos verticales, 4 molinos de cemento y 4 embolsadoras.



Figura 2.1 Ubicación de la Planta Pacasmayo (zona sombreada),(Fuente Google Earth)

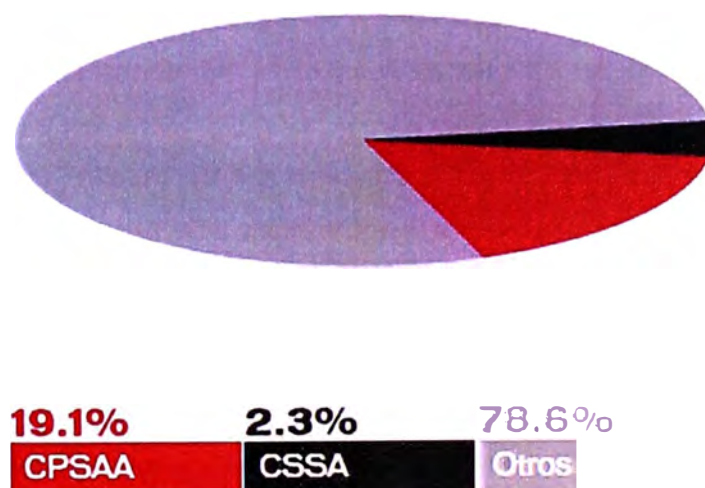


Figura 2.2 Participación en el mercado de despachos de CPSAA (Fuente: Referencia [7])

La producción de la planta se caracteriza para la gran variedad de tipos de cemento que produce, hasta 5 tipos diferentes cada uno de ellos con diferentes propiedades y beneficios de acuerdo a cada necesidad.

- Cemento Tipo I
- Cemento Tipo Ico
- Cemento Tipo MS
- Cemento Tipo V
- Cemento Tipo HS

En los últimos 10 años la producción de cemento se ha venido incrementando en más del 50%, siendo necesaria que las diferentes empresas del mercado se vean en la necesidad de invertir en nuevas líneas de producción, poner en marcha líneas inoperativas, modernizar y/o ampliar líneas de producción ya existentes. La Figura 2.3 muestra la producción de cemento de la empresa (Ibídem).

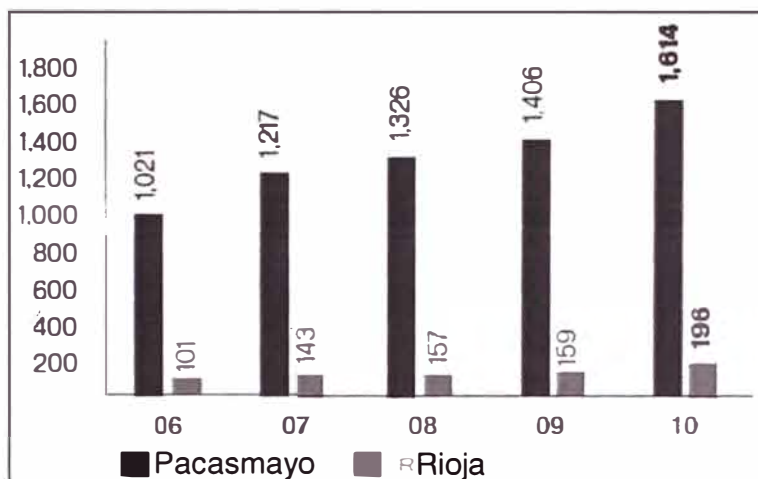


Figura 2.3 Producción de cemento en miles de toneladas (TM) (Fuente: Ibídem)

Es dentro de este marco donde la empresa ve la necesidad de modernizar las líneas de producción o automatizar aquellas que no lo eran con el propósito de tener mayor disponibilidad de los equipos disminuyendo así los tiempos de paradas, ya sean por falta de mantenimiento, mala operación y por mala calidad de los materiales. Para esto es necesario monitorear no solo la operación de los equipos sino los parámetros de producción tales como la finura del material, la dosificación, producción total, etc.

Para poder tener un adecuado manejo sobre todas estas variables es que se plantea automatizar la línea de producción llamada "Molino de Crudo 1".

La empresa considera que los trabajos sean desarrollados por el personal disponible de planta, estando a cargo del análisis, dimensionamiento y diseño de la automatización, y en calidad de jefe de proyecto, a un ingeniero del área de mantenimiento de la planta.

Es necesario recalcar que el molino es uno de los más antiguos de la planta el cual

estuvo trabajando con su diseño original, a través de un tablero eléctrico el cual no permitía monitorear las variables de producción y operación, ni plantear lógicas funcionales que puedan minimizar las paradas y/o optimizar la producción.

d. Alcance del trabajo

El presente Informe de Competencia se enfoca en explicar el diseño de la solución, lo que incluye:

- Análisis de la lógica funcional de los procesos del Molino de Crudo 1.
- Reemplazo de equipos de protección y maniobra para motores.
- Adaptación de señales de campo.
- Programación e integración a PLC y SCADA.

2.1.2 Requerimientos del sistema

El sistema diseñado deberá considerar la automatización de todos los motores de la sección, es decir llevar el sistema de arranque eléctrico a un sistema de arranque de motores a través de un SCADA.

La sección cuenta con 33 equipos que no se encuentran automatizados y tienen un sistema de arranque totalmente eléctrico.

Tabla 2.1 Relación de equipos (Fuente: Elab. Propia)

Código Equipo	Descripción
180015	Vibrador
180020	Chancadora de martillos
180020 ^a	Arrancador de la chancadora de martillos
180025	Elevador de cangilones para caliza fina
180100	Faja reversible de recepción de balanzas
180105	Faja de alimentación a elevador de cangilones
180110	Elevador de cangilones
180110A	Arrancador del elevador Cangilones
180125	Zaranda A
180130	Zaranda B
180145	Ventilador de canaleta salida de zarandas
180150	Separador A
180150 ^a	Arrancador Separador A
180155	Bomba lubricación reductor separador A
180170	Separador B
180170 ^a	Arrancador Separador B
180175	Bomba lubricación reductor separador B
180200	Ventilador de canaletas salida separadores
180205	Faja de retorno de material grueso a molino
180210	Motores principales del molino de bolas
180210 ^a	Arrancador electrolítico molino
180235	Bomba aceite de lubricación reductor A
180240	Bomba aceite de lubricación reductor B
180250	Motor auxiliar molino de bolas para giro lento
180295	Ventilador de canaleta salida del molino
180320	Sistema golpeador de limpieza del filtro A

180325	Sistema golpeador de limpieza del filtro B
180330	Gusano filtro A
180335	Gusano filtro B
180350	Ventilador extractor de filtro
180350 ^a	Arrancador del ventilador
180360	Ventilador de canaletas salida material fino
180370	Ventilador de canaleta hacia sección Homogenización 1

No se están considerando la automatización de las balanzas, ya que como se ha mencionado en el capítulo anterior, estos motores ya se encontraban automatizados previamente al proyecto.

Estos motores deberán ser programados en el SCADA de tal manera que sean separados en grupos de motores para que sean programados de acuerdo a las subrutinas ya implementadas en las demás secciones de la planta.

Los grupos de arranque y de los motores que son incluidos en cada grupo de arranque, fueron seleccionados en conjunto con el área de operaciones. De esta manera se definió la filosofía funcional deseada para este sistema, así como las protecciones necesarias para cada equipo. Se definieron los siguientes grupos de arranque (los códigos corresponden a los mostrados en la Tabla 2.1):

- 1) **Grupo Llenado de tolvas:** 180025, 180020, 180020A, 180015.
- 2) **Grupo Salida Finos:** 180370, 180360, 180200, 180330, 180335, 180320, 180325, 180350, 180350A.
- 3) **Grupo Auxiliares del Molino:** 180205, 180178, 180155, 180150, 180125, 180175, 180170, 180130, 180110, 180110A, 180145, 180295.
- 4) **Grupo Molino:** 180235, 180240, 180210, 180210A, 180250.
- 5) **Grupo Alimentación:** 180105, 180100_F, 180100_R, 180075, 180080, 180085, 180090.

De acuerdo al tipo de cada motor se definió monitorear de las señales mostradas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Señales a monitorear (Fuente: Elab. Propia)

Faja	Eleador	Gusano	Ventilador	Separador y Zanja
Paro Emergencia	Paro Emergencia	Paro Emergencia	Paro Emergencia	Paro Emergencia
No Listo	No Listo	No Listo	No Listo	No Listo
Dentro	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro
Movimiento	Movimiento	Movimiento	--	Corriente
Corriente	Corriente	--	--	--
--	Atoro	--	--	--

Adicionalmente se consideró monitorear la corriente del motor del Ventilador del Filtro

(180350), debido a su potencia. Este parámetro permitiría detectar obstrucciones de material en el filtro.

Para el caso del motor principal del molino se hace un tratamiento especial, ya que por su importancia se han agregado protecciones adicionales. En este caso se han agregado las señales de temperatura de devanado de los motores, señales de temperatura aceite de los reductores y señales de vibración de los reductores.

2.1.3 Dimensionamiento de la solución

Para evitar incurrir gastos adicionales y mantener el procesador existente (de acuerdo al capítulo anterior) para este proyecto se plantea que los equipos adicionales sean de la marca Allen Bradley (módulos entradas/salidas y chasis).

Ya que se debía integrar nuevos equipos y señales al PLC existente, era necesario agregar nuevos módulos de entradas y salidas, en los chasis existentes.

De acuerdo al cronograma planteado por la gerencia (ver cronograma capítulo siguiente) solo se tendría disponibilidad de la sección por 11 días, esto durante la parada anual de la sección por mantenimiento, por lo cual se debía procurar tener todo el sistema listo mucho antes del inicio de la parada, dejando solo lo necesario para la parada anual.

Esta situación obligaba que, a pesar de contar con slots libres en los chasis existentes para agregar nuevos módulos, se considere un nuevo chasis, ya que al usar los chasis existentes se tendría que esperar a la parada anual para poder conectar y configurar los nuevos módulos saturando aún más los trabajos a realizar durante la parada, es por eso la necesidad de un nuevo chasis, el cual se dejaría totalmente conectado y configurado, dejando para la parada solo su integración a través de software.

De acuerdo con la base de datos, inicialmente era necesaria la siguiente cantidad de señales (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Señales a integrar (Fuente: Elab. Propia)

Entradas Digitales	Salidas Digitales	Entradas Análogas	Salidas Análogas
200	60	60	5

De acuerdo a la tabla 2.3 y considerando la cantidad de señales que se pueden obtener por módulo (entre 4 y 16 señales por módulo) se plantea la cantidad de módulos de entradas/salidas mostradas en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Módulos (Fuente: Elab. Propia)

Entradas Digitales	Salidas Digitales	Entradas Análogas	Salidas Análogas
13	4	4	2

Tabla 2.5 Lista de elementos de maniobra (Fuente: Elab. propia)

ITEM	MAQUINARIA - EQUIPO	Código	Interruptor	Contacto	Contac aux	Señalizador	Contacto	Modulo Unión	
1	Vibrador Haver & Beacker	180015	3RV10 21-0KA1	3RT10 23-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
2	Trituradora Hazemang #2	180020	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	Ya tiene
3	Trituradora Hazemang #2 Arrancador	180020A	XXXXX	3RA13 15-8XB30-1AF0	XXXXX	XXXXX	3RH19 11-1FA11	XXXXX	
4	Elevador de caliza fina	180025	XXXXX	3RT12 6-6	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	Ya tiene
5	Faja transp. a la salida de bzas.	180100	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
6	Faja transportadora	180105	3RV10 21-1HA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
7	Elevador Mollers, Motor	180110	Térmico	3RT10 46-1AF00	XXXXX	XXXXX	Ya tiene	XXXXX	
8	Elevador Mollers, Arrancador	180110A	XXXXX	3RA13 15-8XB30-1AF0	XXXXX	XXXXX	3RH19 11-1FA11	XXXXX	
9	Zaranda Niágara A	180125	3RV10 21-1JA1	3RT10 25-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
10	Zaranda Niágara B	180130	3RV10 21-1JA1	3RT10 25-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
11	Ventilador de canaletas 6408C y 6408D	180145	3RV10 21-1DA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
12	Separador Krupp A, Motor	180150	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	Ya tiene
13	Separador Krupp A, Arrancador	180150A	XXXXX	3RA13 15-8XB30-1AF0	XXXXX	XXXXX	3RH19 11-1FA11	XXXXX	
14	Bomba lubric. del reductor del 6409A	180155	3RV10 21-1AA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
15	Separador Krupp B, Motor	180170	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	Ya tiene
16	Separador Krupp B, Arrancador	180170A	XXXXX	3RA13 15-8XB30-1AF0	XXXXX	XXXXX	3RH19 11-1FA11	XXXXX	
17	Bomba lubric. del reductor del 6409B	180175	3RV10 21-1AA1	3RT10 23-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
18	Ventilador de Canaleta 6409	180200	3RV10 21-1HA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
19	Faja transp. retorno de gruesos al molino	180205	3RV10 21-1FA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
20	Arrancador motor principal	180210A	XXXXX	3RA13 15-8XB30-1AF0	XXXXX	XXXXX	3RH19 11-1FA11	XXXXX	
21	Bomba lubric. reductores principales E	180235	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
22	Bomba lubric. reductores principales F	180240	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
23	Accionamiento auxiliar Krupp (motor-reductor)	180250	3RV10 31-4GA10	3RT10 36-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
24	Ventilador de Canaleta 6412	180295	3RV10 21-1HA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
25	Sistema golpeador A del filtro	180320	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
26	Sistema golpeador B del filtro	180325	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
27	Rosca transp. del filtro 6418A	180330	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
28	Rosca transp. del filtro 6418B	180335	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
29	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	180350	XXXXX	XXXXX	XXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	Ya tiene
30	Arrancador motor	180350A	XXXXX	3RA13 15-8XB30-1AF0	XXXX	XXXXX	3RH19 11-1FA11	XXXXX	
31	Ventilador de la canaleta 6415	180360	3RV10 21-1HA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	
32	Ventilador de la canaleta 6415A	180370	3RV10 21-1GA1	3RT10 24-1AF00	3RV19 01-1E	3RV19 21-1M	3RH19 21-1DA11	3RA19 21-1A	

Según la Tabla 2

.4, se tendrían en total 23 módulos. Teniendo en cuenta que cada chasis permite hasta 16 módulos, se plantea entonces usar 2 chasis adicionales para esta automatización.

Para el caso de los elementos de maniobras de acuerdo a la potencia de los equipos se consideran los elementos mostrados en la Tabla 2.5. En este caso se plantea que todos los elementos sean de la marca Siemens, debido a que todos los elementos de maniobra y protección en planta son de esta marca, lográndose además mantener un estándar y poder así manejar un único stock de contingencia para toda la planta.

En lo que respecta a las protecciones de los motores principales, dicho elementos ya contaban con los sensores de temperaturas instalados de fábrica, los cuales se integraran al sistema de supervisión a través de transmisores de temperaturas los cuales convertirán las señales de los sensores, en este caso todos del tipo PT-100, a una señal de 4-20mA, la cual puede ser fácilmente leída por el PLC. En planta se usan diferentes marcas con el único requisito que dichos transmisores sean de tipo cabezal, los cuales son montados en la misma funda del sensor.



Figura 2.4 Sensor y transmisor de temperatura (Fuente: Referencias [8] y [9])

De acuerdo con la sección 2.1.2 (requerimientos del sistema), para algunos motores se considera una protección adicional de movimiento, el cual se genera a través del uso de sensores de proximidad de tipo inductivo, la familia seleccionada en este caso es 871L de la marca Allen Bradley, este dispositivo está diseñado para detectar la presencia de objetos metálicos (ferrosos y no ferrosos) sin necesidad de tocarlos. Son de tipo estado sólido.



Figura 2.5 Sensor de movimiento (Fuente: Referencia [10])

Adicionalmente se plantea agregar sensores de corriente, para monitorear la corriente en algunos motores. Los equipos seleccionados son transformadores de núcleo partido que además incluyen el acondicionador de señal a 4-20mA de la marca DYWER series CT40/CT50, los cuales presentan la facilidad poder ser instalados y desmontados sin necesidad de abrir el circuito de potencia. Estos sensores son aplicados en los motores más importantes donde la visualización de la corriente es importante para la producción, tales como fajas transportadoras y gusanos transportadores (Figura 2.6).



Figura 2.6 Transmisor de corriente (Fuente: Referencia [11])

2.2 Solución del problema

La solución se describe en tres subsecciones. Primero se mostrará el esquema general con los elementos añadidos y su funcionalidad individual y general para la solución, y a continuación lo relacionado al PLC (incluyendo el algoritmo/hardware), seguido del SCADA y la red de comunicaciones.

2.2.1 Esquema general

A continuación, en la Figura 2.5 se muestra el esquema de la solución. Este consta de (Figura 2.5 a) la situación previa a la solución, (Figura 2.5 b) el sistema propuesto e implementado, así como (Figura 2.5 c) el esquema general de la solución aplicable a todos los motores de la sección.

a. Situación previa a la solución

De acuerdo a lo ya mencionado anteriormente, el sistema utilizado previo a la automatización, era un sistema totalmente eléctrico el cual era arrancado a través de pulsadores y botones de manera manual. En la Figura 2.5 a, se presenta un plano general que se aplica a la gran mayoría de los motores, en esta caso se puede ver el circuito utilizado para dar mando al contactor "K", se pueden ver los pulsadores de arranque y parada (Start-Stop), también se aprecian las protecciones eléctricas y la parada de emergencia.

Adicionalmente se puede ver los enclavamientos de otros equipos, en general esta condición es variable para cada equipo, el cual pueden ser una serie de contactos que darán las condiciones de seguridad operacional para que el equipo pueda trabajar sin

problemas. Esta serie de condiciones eléctricas de arranque provenientes de diferentes equipos eran las que originaban la mayor cantidad de fallas en dicho sistema, ya que ante algún falso contacto en algunas de las condiciones, su detección era muy complicada y tomaba mucho tiempo en detectar el origen de la falla.

b. Sistema propuesto e implementado

El sistema implementado presenta una arquitectura de PLC y SCADA (Figura 2.5 b), los cuales se comunican a través del protocolo Ethernet.

A nivel de sistema eléctrico se planteó eliminar el circuito de mando eléctrico por uno automatizado en donde las señales llegan y salen directamente del PLC sin necesidad de realizar algún enclavamiento eléctrico, minimizando así las fallas por algún falso contacto, a diferencia del sistema antiguo todos los enclavamientos y/o condiciones de arranque provenientes de otros equipos se realizaran lógicamente a través de la programación respectiva en el PLC.

Por norma de seguridad el único enclavamiento eléctrico que se procura mantener es el de Paro de Emergencia, en este caso es analizado el esquema planteado. Se puede ver que el Paro de Emergencia se comporta como un interruptor que alimenta de tensión a todo el circuito de mando, es por eso que al ser accionado este interrumpe la alimentación a todo el sistema impidiendo que la bobina del contactor “K” sea energizada. Al ser un enclavamiento eléctrico no importa que condición tenga el PLC, sea cual sea al accionarlo no permitirá que el motor arranque.

c. Solución aplicable a todos los motores de la sección

En la Figura 2.5 c se muestra un diagrama general que fue generalizado para todos los motores, en la cual básicamente se cambiaron los elementos de maniobra por unos nuevos, para que los niveles de tensión se puedan fácilmente acoplar a los niveles de tensión manejados por el controlador propuesto, pero siguiendo siempre la misma estructura, fusibles, contactor (K) y protección eléctrica por sobrecorriente (OL); en algunos casos, tal como los motores pequeños, se eliminan los fusibles y se mantiene una sola protección eléctrica de tipo guardamotor, el cual integra las protecciones por sobrecorriente y cortocircuito en un solo equipo, a la vez que sirve de interruptor general para el equipo.

Para el caso de motores de potencia alta se considera adicionalmente los arrancadores de tipo electrolíticos, los cuales son tratados con una lógica distinta a la de los motores pero que fácilmente se integran al sistema planteado.

2.2.2 El sistema del controlador lógico programable (PLC)

El controlador utilizado es un PLC-5, el cual permite una programación en lenguaje escalera (“ladder”), para mantener el estándar de programación de toda la planta.

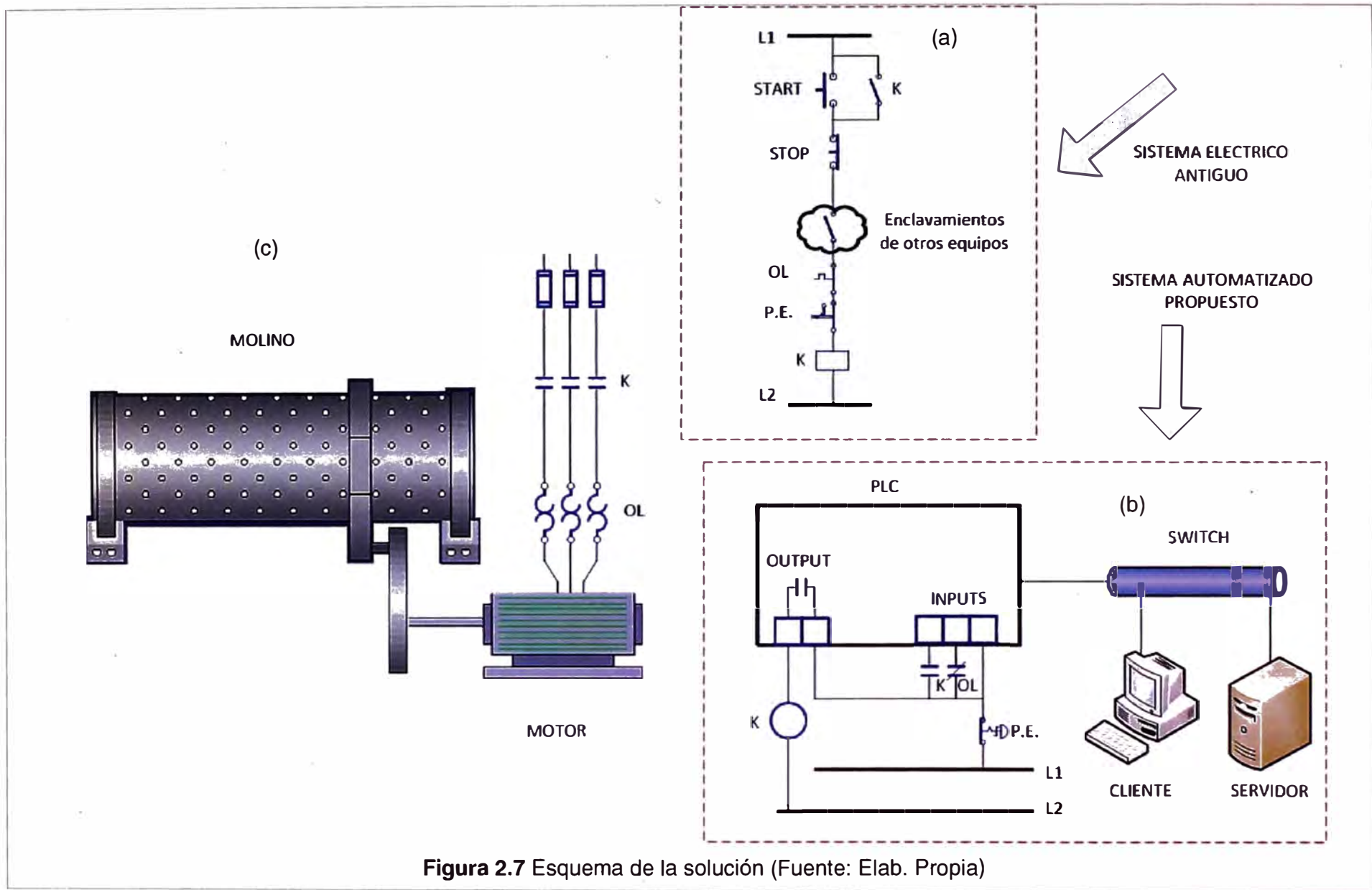


Figura 2.7 Esquema de la solución (Fuente: Elab. Propia)

La lógica utilizada para programar este nuevo sistema son las rutinas de FLSmith Automation, dichas rutinas están diseñadas para una fácil integración con el SCADA, el cual es del mismo proveedor en mención.

En este caso existen las siguientes rutinas (ver ejemplos en Anexo A):

- Motor: será usado para programar todos los motores.
- Compuerta: en este caso se usará para programar los arrancadores, los cuales tienen un comportamiento similar a una compuerta.
- Grupo: en el cual se programarán todos los motores pertenecientes al mismo grupo ya definido en el capítulo anterior.
- Alarmas: con la cual se programaran todas las alarmas necesarias.
- Selectores: rutina para enlazar los selectores y/o botones de selección del SCADA con el PLC.

Todas las señales, equipos, alarmas, etc. deberán adecuarse a estas rutinas para poder integrar sin problemas el PLC con el SCADA.

De acuerdo a la estructura del PLC, en la memoria de datos de este, se consideran palabras de tipo entero de 16 bits, en este caso en el PLC se han creado registros especiales para cada tipo de rutina, teniendo en cuenta que dichos registros serán de uso exclusivo de cada subrutina.

Tabla 2.6 Descripciones de archivos usados por subrutina (Fuente: Elab. Propia)

Alarms	Groups	Motors	Gates	Descripción
		T130		Timers
T111	T121	T131		Timers
T112	T122	T132	T142	Timers
N113	N123	N133	N143	New input status
N114	N124	N134		Old input status
	N125	N135	N145	Output status
N117	N127	N137		Time-stamp to ECS
N118	N128	N138	N148	Masked status to ECS

Adicionalmente se crean los siguientes archivos para los respectivos sub-programas del sistema, en las cuales se programarán las subrutinas necesarias, las cuales son mostradas en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Descripciones de Sub-Programas del PLC (Fuente: Elab. Propia)

Nombre	Archivo	Descripción de sub-programa:
SYSTEM	0	[SYSTEM DATA STORAGE HEADER]
	2	MAIN PROGRAM
MAIN_PROG	102	MAIN PROGRAM. CO-ORDINATION OF PROGRAM CALLS
GROUPJUMPS	103	CO-ORDINATION OF JUMPS TO MOTOR- GROUPS
SDRCONTROL	104	SUBR: COMMON CONTROL FROM ECS
ALARM_SUB	110	SUBR: ALARM HANDLING
GROUP_SUB	111	SUBR: MOTOR GROUP SELECTION
MOTOR_SUB	112	SUBR: ORDINARY MOTOR

P1GATE_SUB	114	SUBR: PNEUMATIC GATE
P2GATE_SUB	115	SUBR: PNEUMATIC GATE WITH LOCAL, READY& RETURN
MGATE_SUB	116	SUBR: GATE WITH REVERSIBLE MOTOR
RACKFAULT	117	TREATMENT OF RACKFAULTS AND OTHERS PLC-FAULTS
PLC_INIT	118	INITIALISING OF PLC-PROGRAM
EVENT_INI	119	DUMMY FILE TO SET LENGTH OF EVENT FILES
POSITIONER_SUB	170	SUBROUTINE FOR POSITIONER WITH REVERSIBLE MOTOR
ALARM_DEF	299	SUBROUTINE FOR ALARM DEFINITION
SELECT	300	FILE FOR EXECUTING SELECTS
GROUP_01	301	MOTOR GROUP 01
GROUP_02	302	MOTOR GROUP 02
:	:	
GROUP_60	360	MOTOR GROUP 60

Como se indicó el sistema SCADA de la planta es un software propietario de la empresa FLSmith Automation (FLSA) llamado ECS/Opstation. Ahora se explicará brevemente el funcionamiento de cada sub-rutina.

a. Alarmas

La Figura 2.8 muestra una descripción general de la sub-rutina.

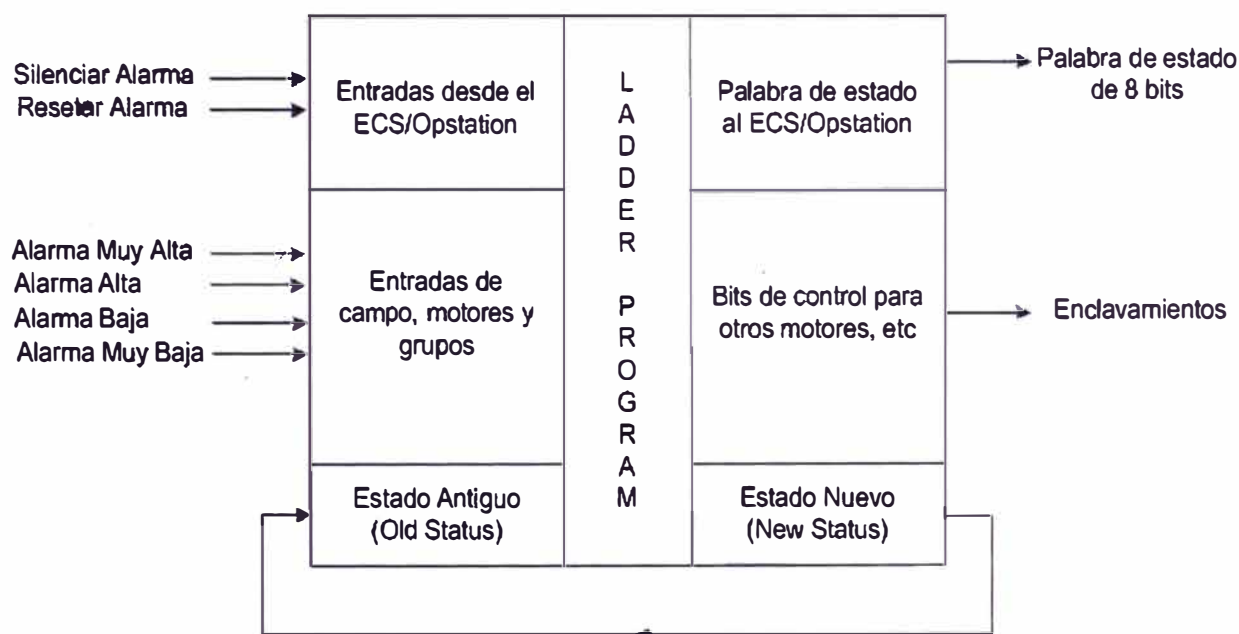


Figura 2.8 Descripción Sub-rutina Alarma (Fuente: Referencia [12])

De acuerdo al estándar que se plantea en estas subrutinas se debe tener en cuenta que para todas las señales se considera como un estado normal al nivel lógico "1", mientras que un estado anormal o de alarma le corresponde un nivel lógico "0".

Teniendo en cuenta este criterio procedemos a explicar la subrutina Alarma. En el diagrama se muestran 3 bloques uno de entrada, otro de procesamiento (Ladder program) y uno de salida. En el bloque de entradas se subdivide otros bloques de entradas. Primero se tiene las que provienen del SCADA en este caso solo son 2 entradas las cuales son manipuladas por el operador a través del SCADA, al aparecer una alarma esta será notificada de manera sonora al operador hasta que este habilite

Silenciar Alarma, sin embargo el estado de alarma se mantendrá hasta que el operador habilite *Resetar Alarma*, esto siempre y cuando la entrada de campo haiga retornado a su estado normal ("1").

Otro bloque de entradas que se muestran en esta subrutina son las de campo, motores y grupos. Estas entradas son las que van a generar la alarma en si, estas pueden venir de los sensores de campo, de alguna falla en otro motor, etc. Como se ve en la figura anterior pueden existir hasta 4 tipos de estas entradas, es decir se pueden generar hasta 4 tipos de alarmas en una misma subrutina, teniendo en cuenta que las 4 entradas deben estar asociadas al mismo sensor o motor, esto para mantener un orden.

En el bloque de salidas, se tienen 2 bloques principales, una es la palabra de estado hacia el SCADA, la cual ya está procesada y contiene toda la información necesaria de la alarma, y otra es la salida de bits de control para otros motores, etc.; estas salidas son las que se usaran para impedir el arranque de otros equipos, evitar que una compuerta cambie de posición, etc. Como se puede ver las alarmas básicamente se usan para notificar que algo está en un estado anormal, pero depende de cómo se use el bloque de salida de bits de control para poder o no arrancar otros equipos.

b. Grupos

La Figura 2.9 muestra una descripción general de la sub-rutina.

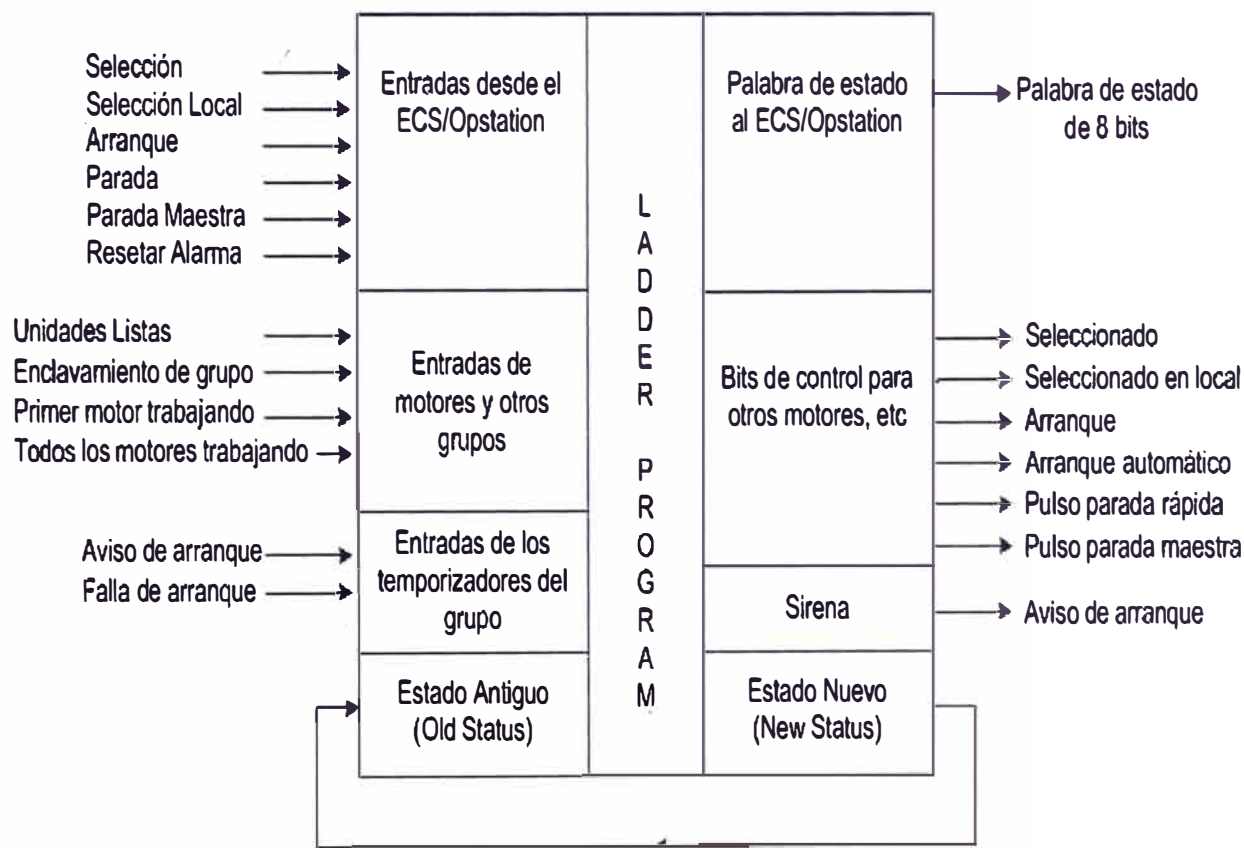


Figura 2.9 Descripción Sub-rutina Grupo (Fuente: Referencia [12])

Los Grupos, son el conjunto de equipos que pertenecen a una misma sección dentro

de un proceso, cuando se habilita este modo de trabajo los motores no se pueden arrancar independientemente, en este modo solo se pueden arrancar todos los equipos del grupo de acuerdo a la secuencia programada en el PLC.

De acuerdo a la figura anterior se tienen varias entradas desde el SCADA, de los grupos etc., a continuación se explica el proceso de arranque de un grupo. A través del SCADA se debe primero seleccionar el grupo (con la entrada "Selección"), también existe la entrada "Selección Local" en este caso el grupo se deshabilita y se pueden arrancar los equipos independientemente con limitaciones de seguridad, este modo es usado solo para pruebas de equipos por lo que no se debe utilizar durante el proceso. Se debe tener en cuenta que si todos los motores no están listos (entrada Unidades listas) y existen enclavamientos de grupo (entrada Enclavamiento de grupo), este no se podrá arrancar.

Una vez seleccionado el grupo se le da arranque al grupo (con la entrada "Arranque") a partir de ese momento se empieza a contabilizar el tiempo de aviso de arranque o sirena (entrada "Aviso de Arranque"), una vez pasado este tiempo los motores comenzarán a trabajar de acuerdo a la secuencia programada. Si es que durante el tiempo total de arranque definido en el grupo, todos los motores no han arrancado, se presenta la falla de arranque; esto se puede detectar a través de las entradas "Primer Motor Trabajando" y "Todos los Motores Trabajando".

Para el caso de la parada existen dos tipos de parada: "Parada" y "Parada Maestra". La "Parada" se usa cuando se requieren que todos los equipos paren en seco, a diferencia de la "Parada Maestra" en la que los motores empiezan a parar de acuerdo a una secuencia de parada definida en el grupo.

Respecto a las salidas, la "Palabra de Estado" hacia el SCADA es la que contiene toda la información necesaria para el SCADA para poder representar el grupo sin ningún problema.

Adicionalmente se tienen la siguientes salidas: "Seleccionado", "Seleccionado en Local", "Arranque", "Pulso Parada Maestra", "Aviso de Arranque", las cuales son básicamente reflejo de las entradas, a diferencia de las entradas esta sirven para enviar información del grupo hacia los motores.

Se ha dejado de lado 2 salidas: "Pulso de Parada Rápida" y "Arranque Automático". En este caso la parada rápida es un reflejo de la entrada "Parada", la cual envía la información a los motores para que paren instantáneamente. Para el caso, el "Arranque Automático" se usa cuando es necesario que el grupo arranque sin intermediación del operador, las condiciones para esto se definen dentro de la subrutina.

c. Motores

La Figura 2.10 muestra una descripción general de la sub-rutina. Respecto al bloque

de entradas, en primer lugar se tienen las más usadas eléctricamente: “Paro de Emergencia”, “Protección Eléctrica” (contacto auxiliar del guardamotor o térmico), “Confirmación de arranque” (contacto auxiliar del contactor), “Arranque Local” (pulso de arranque proveniente de campo), “Detéctor de movimiento” (en algunos equipos es necesario colocar este sensor para evitar daños mecánicos, por ejemplo: fajas, tornillos sin fin, alimentadores rotatorios, etc.) Después de este bloque de entradas se tiene el bloque que trae la información del grupo al que pertenece el motor, esto ya se explicó anteriormente.

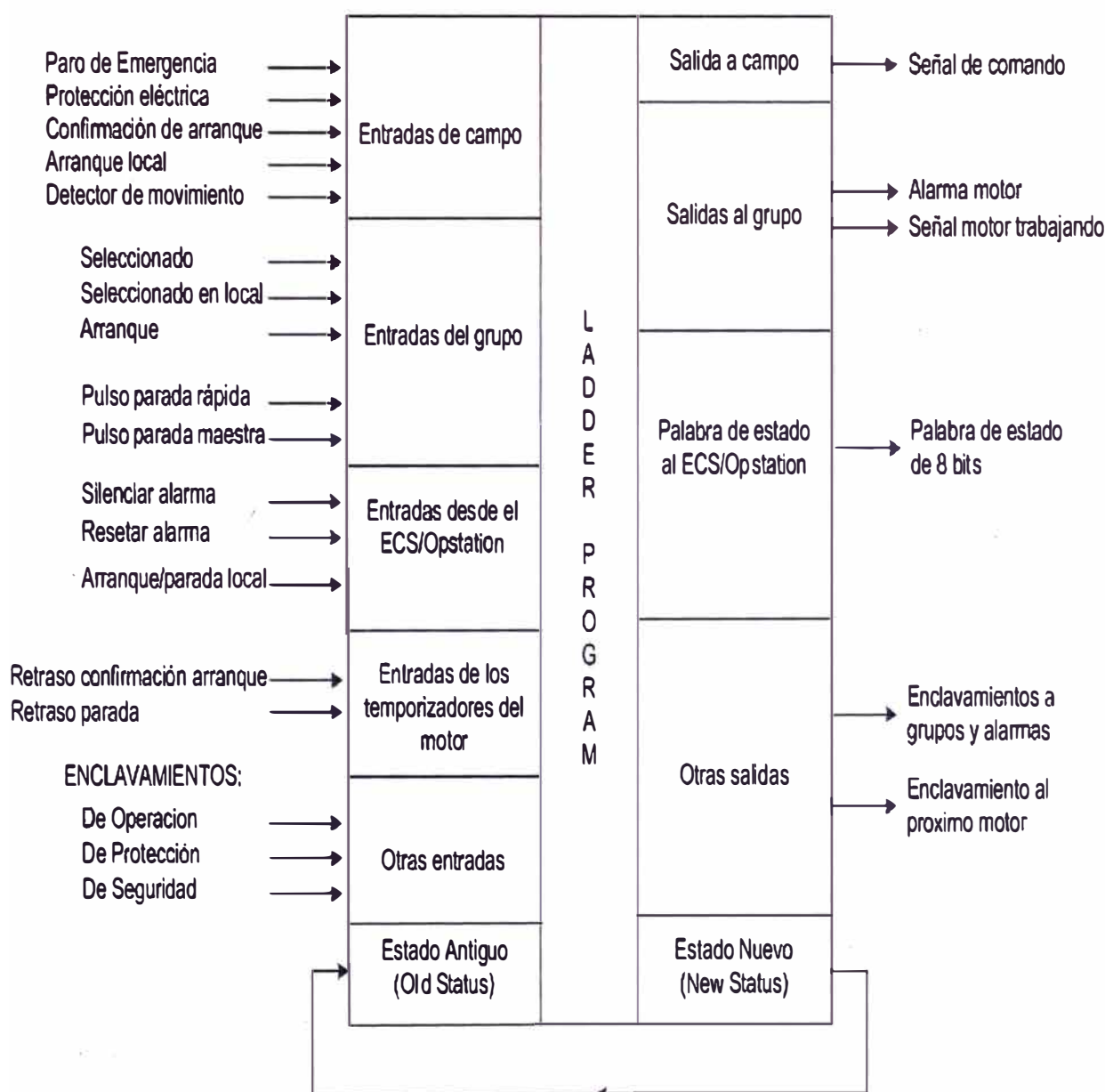


Figura 2.10 Descripción Sub-rutina Motor (Fuente: Referencia [12])

Luego se tiene el grupo que proviene desde el SCADA, en este caso se tiene las entradas “Silenciar” y “Resetar Alarma”, la cuales tienen la misma función que las explicadas en la subrutina “Alarma”, para el caso de “Arranque/Parada” local este modo se habilita cuando el grupo se encuentra “Seleccionado en Local” (deshabilitación del

grupo) en este modo el operador puede arrancar independientemente un solo equipo de todo el grupo, siendo una de sus desventajas que se inhiben las alarmas de detector de movimiento y enclavamientos de operación es por eso que este modo solo se debe usar para realizar pruebas y no durante el proceso.

Adicionalmente se tienen las entradas de los temporizadores: “Retraso de Confirmación de Arranque”, es el tiempo máximo que el motor espera para poder tener la señal de “Confirmación de Arranque” caso contrario para el motor y presenta una alarma, este temporizador también es usado para enclavar a otros motores y poder realizar un arranque en secuencia; Entrada “Retraso Parada”, usado cuando el grupo envía una parada Master, este temporizador retiene este pulso el tiempo que tiene configurado para que una vez terminada la cuenta recién parar el equipo, este temporizador es usado para realizar las paradas en secuencia.

Adicionalmente se tienen los enclavamientos de “Operación”, “Protección” y “Seguridad”, las cuales son seguridades que se le adicionan a los motores impidiendo el arranque o forzando su parada cuando una de estas condiciones no se cumple Se debe recalcar que los enclavamientos de operación no son tomados en cuenta cuando el grupo es seleccionado en local.

Los enclavamientos de operación esta orientados a proteger la correcta operación del proceso, los de protección están orientados a proteger el equipo, y los de seguridad están orientados a proteger otros equipos.

d. Compuertas

La Figura 2.11 muestra una descripción general de la sub-rutina. En este caso se utilizará la subrutina de compuertas de tipo motorizada para programar los arrancadores de tipo electrolítico, ya que su comportamiento es idéntico al de una compuerta, solo que en este caso, en vez de considerar posición 1 o 2, abierto 0 cerrado, etc., se considerará las posiciones como “Resistencia Máxima” y “Resistencia Mínima”, las cuales están ligadas al comportamiento del arrancador.

Se debe tener en cuenta que durante el arranque la posición inicial de un arrancador es la “Resistencia Máxima”, y para llevar el arrancador a “Resistencia mínima” durante el proceso de arranque se utiliza un motor (es por eso que se denomina compuerta de tipo motorizada) el cual trabajará hasta que lleve el arrancador a la posición deseada, en este caso “Resistencia Mínima”. Una vez en la posición deseada este dejará trabajar hasta que durante un proceso de parada el motor invierta su giro y regrese a su posición inicial, es por eso que en la descripción de la subrutina se mencionan dos tipos de comandos “Forward” (Fwd) y “Reverse” (Rev), los cuales de acuerdo al proceso de arranque o parada moverán el motor de la compuerta.

Tal como se ha venido explicando, en esta subrutina también se tienen entradas. De acuerdo al diagrama planteado se tienen las que vienen de campo (Entradas de Campo), tales como los que indican las posiciones de resistencia del arrancador (compuerta), al igual que un motor y con las mismas funciones se tienen las señales de “Paro de Emergencia” y “Protección Eléctrica”. Las señales de Confirmación Fwd y Rev son las señales de retorno de los comandos Fwd y Rev, Arranque local Fwd y Rev son pulsos que provienen de campo (Salidas de campo) las cuales permiten mover manualmente el arrancador de una posición a otra.



Figura 2.11 Descripción Sub-rutina Compuerta (Fuente: Referencia [12])

Al igual que un motor las entradas de grupo y las que provienen del ECS/Opstation tienen la misma función.

El “Tiempo de Espera” es el tiempo máximo por el cual la subrutina espera a que el arrancador cambie de una posición a otra, si es que esto no se cumple se genera una alarma y retirando todos los comandos a la compuerta.

“Posición Deseada” es la que permite el mando de la compuerta cuando esta se

encuentra seleccionada en grupo, de acuerdo al valor de esta entrada la subrutina seleccionara el sentido de giro necesario del motor para poder encontrar la posición deseada.

Para el caso de las señales de salida, se tienen los comandos Fwd y Rev los cuales se activaran de acuerdo a la posición deseada hasta que el arrancador se ubica en dicha posición después de la cual son desactivadas.

Como ya se ha venido viendo en todas las subrutinas también se tiene la palabra de estado que es envía al SCADA.

Entre las demás salidas se tienen “Habilita Temporizador” la cual habilita la cuenta para la entrada “Tiempo de Espera”, esto para poder generar la alarma cuando el arrancador no llega a su posición dentro del tiempo establecido.

“Alarma” esta señal se habilita cuando se genera alguna alarma en la compuerta ya sea por “Tiempo de Espera, “Paro de Emergencia”, Protección eléctrica”, etc.

“Posición Actual” es la salida usada para poder enviar las posiciones del arrancador hacia otros equipos ya sean como enclavamientos o alarmas.

2.2.3 Sistema SCADA, filosofía funcional, y la red de comunicaciones

La integración de planta a nivel de red y de SCADA fue hecha bajo la misma arquitectura existente, la cual fue descrita en la sección 1.1.2.b del capítulo anterior. En conclusión, la comunicación entre los procesadores y los módulos de entradas/salidas remotas se realizan a través de protocolos de comunicación industrial, de acuerdo al tipo de controlador, y para el caso de los PLC-5, el protocolo usado para comunicar el procesador con los módulos de entradas/salidas remotas es el RI/O.

En esta sección se explica lo correspondiente a los algoritmos para animaciones en SCADA, la filosofía funcional, lo cual involucra tanto al SCADA como a los PLCs.

a. Algoritmos para animaciones en SCADA

De acuerdo a lo explicado anteriormente en la descripción de cada una de las subrutinas, se puede ver que cada una de ellas, después de haber procesado las entradas (de campo, ECS/OpStation, Old Status), proporciona una palabra de estado, la cual será utilizada exclusivamente como interfaz hacia el SCADA ECS/Opstation (STATUS WORD TO THE ECS SYSTEM).

De acuerdo al valor de esta palabra de STATUS es que se define los algoritmos para las animaciones respectivas en el SCADA, que a continuación se explican.

Para cada algoritmo se tienen los siguientes campos:

- MSW (Machine Status Word): Es el valor binario de la palabra proveniente de la subrutina respectiva, de acuerdo a este valor se generaran las animaciones en el SCADA.
- Int.: Es el valor entero del MSW.

- No.: Es el identificador (ID) del texto asociado a cada valor del MSW, ya que a cada mensaje en el SCADA se le identifica por un valor (ID) para cualquier sub-rutina la cual de acuerdo al algoritmo dicho texto será llamado por su ID.
- Valor: Es el texto que mostrará el algoritmo de acuerdo al ID llamado.
- Estado: Este valor asociará el estado del algoritmo con la cabecera de alarmas, a través de este campo se podrá definir para que valores del MSW, corresponderá un estado de alarma y para que valores no.
- Color: a través de este campo se define el comportamiento de la animación en la pantalla de acuerdo al valor del MSW, el tipo de color, si es intermitente, etc.

Para el caso de las alarmas se define el algoritmo de acuerdo a la Figura 2.12, en la cual se tienen los siguientes valores de acuerdo a la palabra de estado enviada por la subrutina del PLC.

El valor "Remoto" corresponde a un estado normal sin alarma alguna, mientras que los demás estados mostrados se refieren a un estado de alarma, teniendo en cuenta que los valores "Bajo2", "Bajo1", "Alto1" y "Alto2" corresponden a los valores que fueron configurados como entradas en la subrutina "Muy Bajo", "Bajo", "Alto" y "Muy Alto" respectivamente.

B-point Algorithm Editor, 23: Digital Alarm								
	No.	!	MSWs	Int	No.	Value	State	Color
1	1		0000 0000 0001 1111	31	49	Remoto	Normal	3-Green
2	2		0000 0000 0001 0110	22	65	Alto1	Alarm	33-Flash Re
3	3		0000 0000 0001 0111	23	65	Alto1	Alarm	1-Red
4	4		0000 0000 0000 0110	6	66	Alto2	Alarm	33-Flash Re
5	5		0000 0000 0000 0111	7	66	Alto2	Alarm	1-Red
6	6		0000 0000 0001 1100	28	67	Bajo1	Alarm	33-Flash Re
7	7		0000 0000 0001 1101	29	67	Bajo1	Alarm	1-Red
8	8		0000 0000 0001 1000	24	68	Bajo2	Alarm	33-Flash Re
9	9		0000 0000 0001 1001	25	68	Bajo2	Alarm	1-Red
10	10		0000 0000 0001 0100	20	69	Alto1/Bajo	Alarm	33-Flash Re
11	11		0000 0000 0001 0101	21	69	Alto1/Bajo	Alarm	1-Red
12	12		0000 0000 0001 0000	16	70	Alto1/Bajo	Alarm	33-Flash Re
13	13		0000 0000 0001 0001	17	70	Alto1/Bajo	Alarm	1-Red
14	14		0000 0000 0000 0100	4	71	Alto2/Bajo	Alarm	33-Flash Re
15	15		0000 0000 0000 0101	5	71	Alto2/Bajo	Alarm	1-Red
16	16		0000 0000 0000 0000	0	72	Alto2/Bajo	Alarm	33-Flash Re
17	17		0000 0000 0000 0001	1	72	Alto2/Bajo	Alarm	1-Red

Figura 2.12 Algoritmo en SCADA para Sub-rutina Alarma (Fuente: Configuración ECS)

Para el caso de los grupos, a continuación se explica brevemente el significado de cada estado generado por el algoritmo (Figura 2.13).

B-point Algorithm Editor, 20: Group Status								
	No.	!	MSWs	Int	No.	Value	State	Color
1	1		0000 0000 0000 0100	4	33	Parado	Normal	10-Brown
2	2		0000 0000 0000 0110	6	59	Sel. Parado	Normal	35-Flash Gre
3	3		0000 0000 0010 0000	32	61	Sel. U.Al.	Alarm	1-Red
4	4		0000 0000 0010 0010	34	62	Run, U.Al.	Alarm	1-Red
5	5		0000 0000 0010 0100	36	48	Selecciona	Normal	34-Flash Yel
6	6		0000 0000 0010 0101	37	50	Aceptado	Normal	2-Yellow
7	7		0000 0000 0010 1101	45	63	Arrancando	Normal	4-Cyan
8	8		0000 0000 1010 1101	173	94	Auto Start	Normal	4-Cyan
9	9		0000 0000 1010 0000	160	61	Sel. U.Al.	Alarm	1-Red
10	10		0000 0000 0010 011x		32	Dentro	Normal	3-Green
11	11		0000 0000 010x 0100		43	Local	Local	0-White
12	12		0000 0000 010x 0000		64	Local U.Al	Local	0-White
13	13		0000 0000 00xx x0xx		58	Al. Equipo	Alarm	1-Red
14	14		0000 0000 00x1 01xx		60	Falla Arra	Alarm	1-Red

Figura 2.13 Algoritmo en SCADA para Sub-rutina Grupo (Fuente: Configuración ECS)

- Parado: es cuando el grupo no ha sido seleccionado y ningún motor del grupo esta arrancado.
- Sel. Parado: es cuando el grupo esta trabajando y ha sido deseleccionado y se encuentra a la espera del comando de parada maestra.
- Sel. U. Al.: es cuando el grupo se después de haber sido seleccionado y aun no ha sido arrancado alguno de los equipos dentro del grupo pasa a un estado de alarma.
- Run, U. Al.; es cuando una vez que el grupo se encuentra trabajando alguno de sus equipos entra en estado de alarma, y a pesar de esto los demás equipos continúan trabajando.
- Selecciona: es cuando el grupo ha sido seleccionado y se encuentra a la espera de que se cumplan los enclavamientos necesarios para poder estar apto para ser arrancado.
- Aceptado: Es el estado posterior al descrito anteriormente, es cuando el grupo se encuentra seleccionado y sin ningún enclavamiento para arrancar y se encuentra a la espera del mando de arranque.
- Arrancando: es cuando al grupo ya se le ha dado arranque y se encuentra en dicho proceso este mensaje se mantendrá hasta que se encuentre trabajando el ultimo equipo del grupo.
- Auto Start: es cuando se han cumplido las condiciones necesarias para que el grupo arranque sin necesidad del operador.
- Dentro: es cuando el grupo ya termino el proceso de arranque y todos los equipos pertenecientes a este se encuentran trabajando.
- Local: es cuando se ha deshabilitado el grupo y los equipos se pueden arrancar

independientemente.

- Local U.AI: es cuando el grupo se encuentra en local y alguno de sus elementos se encuentra con algún estado de alarma.

- AI. Equipo: es cuando el grupo se encuentra parado y alguno de sus elementos se encuentra en estado de alarma.

- Falla Arranque: es cuando el tiempo configurado para el arranque de todos los equipos se ha cumplido y aun no se encuentran trabajando todos los equipos.

Para el caso de los motores (Figura 2.14) se explica brevemente el significado de cada estado generado por el algoritmo.

Editor de algoritmo de punto B, 21: Motor Unidireccional							
No.	!	MSW	Int	No.	Valor	Estado	Color
1	1	0000 0000 0011 1111	63	32	Dentro	Normal	3-Green
2	2	0000 0000 0001 1111	31	59	Sel. Parad	Normal	35-Flash Green
3	3	0000 0000 x000 1111		33	Parado	Normal	10-Brown
4	4	0000 0000 x010 1111		48	Selecciona	Normal	2-Yellow
5	5	0000 0000 10x1 1111		84	Espera Par	Normal	35-Flash Green
6	6	0000 0000 x0x0 0000		79	Paro Emerg	Alarma	33-Flash Red
7	7	0000 0000 x0x0 1000		79	Paro Emerg	Alarma	1-Red
8	8	0000 0000 x0x0 0001		78	No Listo	Alarma	33-Flash Red
9	9	0000 0000 x0x0 1001		78	No Listo	Alarma	1-Red
10	10	0000 0000 x0x0 0010		80	Det. Movim	Alarma	33-Flash Red
11	11	0000 0000 x0x0 1010		80	Det. Movim	Alarma	1-Red
12	12	0000 0000 x0x0 0011		41	Alarma	Alarma	33-Flash Red
13	13	0000 0000 x0x0 1011		41	Alarma	Alarma	1-Red
14	14	0000 0000 x001 0011		81	Alarma Arr	Alarma	33-Flash Red
15	15	0000 0000 x001 1011		81	Alarma Arr	Alarma	1-Red
16	16	0000 0000 0011 10xx		81	Alarma Arr	Alarma	1-Red
17	17	0000 0000 0100 1111	79	82	Parada Loc	Local	0-White
18	18	0000 0000 0101 1111	95	83	Arr. Local	Local	32-Flash White
19	19	0000 0000 0100 1100	76	79	Paro Emerg	Local	0-White
20	20	0000 0000 0100 1101	77	78	No Listo	Local	0-White
21	21	0000 0000 0100 1110	78	80	Det. Movim	Local	0-White
22	22	0000 0000 1100 1100	204	86	MCC F+Int.	Local	0-White
23	23	0000 0000 1100 1101	205	87	NoListo+Int.	Local	0-White
24	24	0000 0000 1100 1110	206	88	MonVel+Int.	Local	0-White
25	25	0000 0000 1100 1111	207	85	Interlock	Local	0-White

Figura 2.14 Algoritmo en SCADA para Sub-rutina Motor (Fuente: Configuración ECS)

- Dentro: es cuando el motor se encuentra trabajando.
- Sel. Parad: es cuando el motor está trabajando, ha sido deseleccionado y se encuentra a la espera del comando de parada maestra.
- Parado: es cuando el motor no se encuentra trabajando.
- Selecciona: es cuando el motor se encuentra seleccionado y listo para arrancar.

- Espera Parada: es cuando el motor se encuentra trabajando y ha sido deseleccionado y se encuentra a la espera del mando de parada.
- Paro Emergencia: es cuando se ha accionado la parda de emergencia.
- No Listo: es cuando se ha accionado la protección eléctrica.
- Det. Movim.: es cuando se ha activado la alarma por detector de movimiento.
- Alarma: es cuando el motor ha pasado a un estado de alarma.
- Alarma Arr: esta alarma se presenta cuando a pesar de que el motor ha recibido el mando de arranque esto no logra arrancar.
- Parada Loc: es cuando el grupo del motor se encuentra el local y el motor se encuentra parado.
- Arr. Local: es cuando el grupo del motor se encuentra en local y el motor se encuentra trabajando.
- MCC F+Int: es cuando el motor estando en local se ha activado la parada de emergencia y a la vez se ha activado algún enclavamiento de protección y/o seguridad.
- NoListo+Int: Es cuando el motor estando en local se ha activado la protección eléctrica y adicionalmente algún enclavamiento de protección y/o seguridad.
- MonVel+Int: es cuando el motor estando en local se encuentra activado la alarma por detector de movimiento y a la vez algún enclavamiento de protección y/o seguridad.
- Interlock: es cuando el motor estando en local se ha activado algún enclavamiento de protección y/o seguridad.

Para el caso de los arrancadores (compuertas-Figura 2.15) se explica brevemente el significado de cada estado generado por el algoritmo.

- Res max: indica que el arrancador se encuentra en posición de Resistencia Máxima.
- Res min: indica que el arrancador se encuentra en posición de Resistencia Mínima.
- No Pos.: indica que el arrancador no se encuentra en ninguna posición o en todo caso se encuentra en una posición intermedia.
- Dbl. Pos.: indica que el arrancador se encuentra marcando las 2 posiciones extremas, como esto no es posible este es un estado de alarma.
- No Pos.(Alarm): indica que el arrancador no se encuentra en ninguna posición por más del tiempo configurado en la subrutina es por eso que esto genera un estado de alarma en la compuerta.
- Alarma: es cuando se ha generado un estado de alarma general en la compuerta.
- Paro de emergencia: es cuando se ha accionado la parada de emergencia al arrancador.
- No Listo: es cuando se ha activado la protección eléctrica al motor del arrancador.

Los demás mensajes son similares a los anteriores pero solo se muestran cuando el

equipo se encuentra seleccionado en local.

B-point Algorithm Editor, 31: Motor starter								
	No.	I	MSWs	Int	No.	Value	State	Color
1	1		0000 0000 0011 1101	61	112	res max	Normal	10-Brown
2	2		0000 0000 0011 1110	62	113	res min	Normal	3-Green
3	3		0000 0000 0011 1100	60	93	No Pos.	Normal	35-Flash Gre
4	4		0000 0000 0011 0011	51	104	Dbl. Pos.	Alarm	33-Flash Rei
5	5		0000 0000 0011 1011	59	104	Dbl. Pos.	Alarm	1-Red
6	6		0000 0000 0011 0000	48	105	No Pos.(Alarm)	Alarm	33-Flash Rei
7	7		0000 0000 0011 1000	56	105	No Pos.(Alarm)	Alarm	1-Red
8	8		0000 0000 0011 0001	49	41	Alarma	Alarm	33-Flash Rei
9	9		0000 0000 0011 0010	50	41	Alarma	Alarm	33-Flash Rei
10	10		0000 0000 0011 1001	57	41	Alarma	Alarm	1-Red
11	11		0000 0000 0011 1010	58	41	Alarma	Alarm	1-Red
12	12		0000 0000 0000 0010	2	79	Paro Emerg	Alarm	33-Flash Rei
13	13		0000 0000 0000 00xx		79	Paro Emerg	Alarm	33-Flash Rei
14	14		0000 0000 0000 1010	10	79	Paro Emerg	Alarm	1-Red
15	15		0000 0000 0000 10xx		79	Paro Emerg	Alarm	1-Red
16	16		0000 0000 0001 0010	18	78	No Listo	Alarm	33-Flash Rei
17	17		0000 0000 0001 00xx		78	No Listo	Alarm	33-Flash Rei
18	18		0000 0000 0001 1010	26	78	No Listo	Alarm	1-Red
19	19		0000 0000 0001 10xx		78	No Listo	Alarm	1-Red
20	20		0000 0000 0111 1101	125	112	res max	Local	0-White
21	21		0000 0000 0111 1110	126	113	res min	Local	0-White
22	22		0000 0000 0111 1100	124	93	No Pos.	Local	32-Flash Wh
23	23		0000 0000 0111 0011	115	104	Dbl. Pos.	Local	0-White
24	24		0000 0000 0111 1011	123	104	Dbl. Pos.	Local	0-White
25	25		0000 0000 0111 0000	112	105	No Pos.(Alarm)	Local	0-White
26	26		0000 0000 0111 1000	120	105	No Pos.(Alarm)	Local	0-White
27	27		0000 0000 0111 0001	113	41	Alarma	Local	0-White
28	28		0000 0000 0111 0010	114	41	Alarma	Local	0-White
29	29		0000 0000 0111 1001	121	41	Alarma	Local	0-White
30	30		0000 0000 0111 1010	122	41	Alarma	Local	0-White
31	31		0000 0000 0100 0010	66	79	Paro Emerg	Local	0-White
32	32		0000 0000 0100 00xx		79	Paro Emerg	Local	0-White
33	33		0000 0000 0100 1010	74	79	Paro Emerg	Local	0-White
34	34		0000 0000 0100 10xx		79	Paro Emerg	Local	0-White
35	35		0000 0000 0101 0010	82	78	No Listo	Local	0-White
36	36		0000 0000 0101 00xx		78	No Listo	Local	0-White
37	37		0000 0000 0101 1010	90	78	No Listo	Local	0-White
38	38		0000 0000 0101 10xx		78	No Listo	Local	0-White

Figura 2.15 Algoritmo en SCADA para Sub-rutina Compuerta (Fuente: Configuración ECS)

Previamente se ha explicado la filosofía funcional básica de las subrutinas a utilizar, ya con los conceptos de algoritmos y subrutinas más claro se explicará la filosofía funcional en los grupos de arranques definidos anteriormente para esto se mostraran

algunos diagramas de flujo. Se deberá tener en cuenta las descripciones de los códigos de los equipos mostrados en la Tabla 2.1. Ejemplos de la configuración de los TAGs se proporcionan en el anexo B.

b. Filosofía funcional de arranque y parada de grupo

Se explica: llenado de tolvas, salida finos, auxiliares del molino, Molino y alimentación.

b.1 Grupo llenado de tolvas

Durante el proceso de arranque (Figura 2.16) como ya se ha explicado anteriormente, el estado inicial del grupo es “Parado”, luego de haber recibido la selección desde el SCADA, el grupo cambia de estado y se encuentra listo para arrancar.

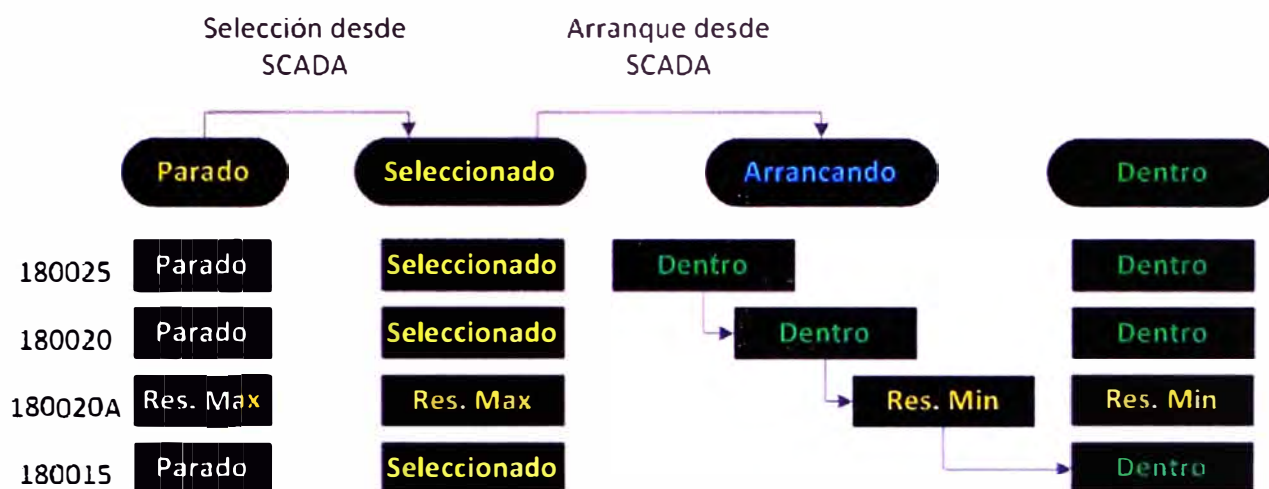


Figura 2.16 Grupo llenado de tolvas – Arranque (Fuente: Elab. Propia)

Luego de recibido el comando de arranque los motores comenzaran la secuencia de arranque de acuerdo a la filosofía planteada por el área de operaciones, en este caso de acuerdo a eso el primer equipo que deberá arrancar será el elevador de caliza fina (180025), el siguiente motor en la secuencia es la chancadora (180020), en este caso dicho motor presenta un arrancador electrolítico, una vez que se la ha dado mando a la chancadora, el siguiente en la secuencia es el arrancador, por lo que una vez que ha terminado la secuencia de arranque todo el sistema de la chancadora recién podrá arrancar el último equipo que es el vibrador (180015).

Para la secuencia de parada (Figura 2.17) se podría considerar como un parada secuencial en el orden inverso de arranque, pero en este caso no se cumple por la chancadora. Como se puede ver en la misma figura, el primer motor en parar es el vibrador (180015), luego es el motor de la chancadora, para que recién después de que se le ha quitado mando a la chancadora el arrancador empiece su secuencia de retorno, para finalmente el ultimo motor en para sea el elevador (180025).

De lo explicado anteriormente se nota que para el caso del arrancador su arranque o parada depende del motor asociado ya sea durante un proceso de arranque o parada, esta premisa se deberá tener en cuenta para poder explicar los demás grupos.

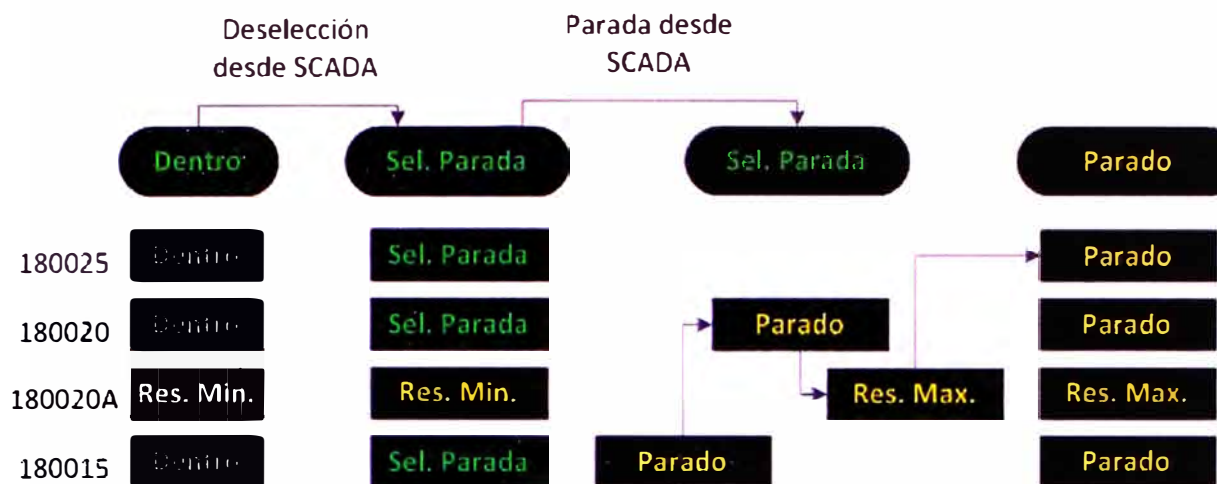


Figura 2.17 Grupo llenado de tolvas – Parada (Fuente: Elab. Propia)

b.2 Grupo Salida Finos

En este caso al igual que el grupo anterior se procederá explicando primero la secuencia de arranque (Figura 2.18), adicionalmente que operacionalmente este grupo con el “Grupo Llenado de Tolvas” no tienen enclavamientos, es por eso que se pueden arrancar indiferentemente uno del otro.

A partir del “Grupo Salida Finos” es donde se inicia el proceso de molienda, por lo que para nuestro caso el “Grupo Salida Finos” es el primer grupo que debería estar trabajando para que sea posible arrancar todo el sistema de molienda.

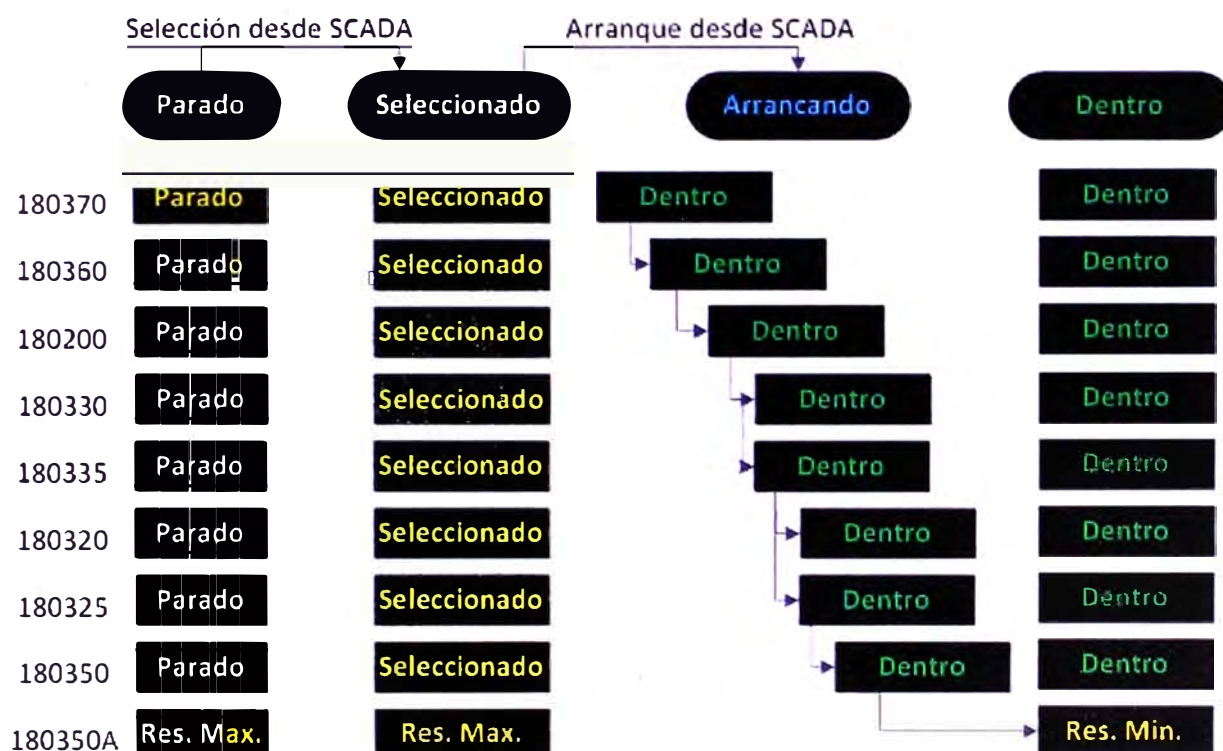


Figura 2.18 Grupo salida de finos – Arranque (Fuente: Elab. Propia)

En este caso el primer motor en arrancar (Figura 2.18) es el Ventilador de salida hacia Homogenización 1 (180370), el siguiente en arrancar es el Ventilador de canaletas

(180360), seguido por el ventilador (180200). Como se puede ver los primeros en arrancar son los ventiladores, los cuales funcionalmente servirán de transporte del material.

Seguidamente después de esto ventiladores de transporte arrancarán los equipos que descargan material sobre estos. En este caso los que siguen en la secuencia de arranque son los gusanos A y B (180330-180335) del filtro, esto pertenecen a un mismo sistema y se podrían tratar como un solo equipo, es por eso que arrancaran al mismo tiempo, al igual que los golpeadores A y B del filtro (180320-180325) los cuales también arrancaran al mismo tiempo pero después de los gusanos. Finalmente arrancará el ventilador de filtro (180300) con su respectivo arrancador.

Para la secuencia de parada (Figura 2.19) de este grupo se tiene la siguiente figura, en la cual se muestra que la secuencia de parada es básicamente en el orden inverso al de arranque, teniendo en cuenta que el primer equipo en parar es el ventilador de filtro, motor y arrancador (180350+180350A).

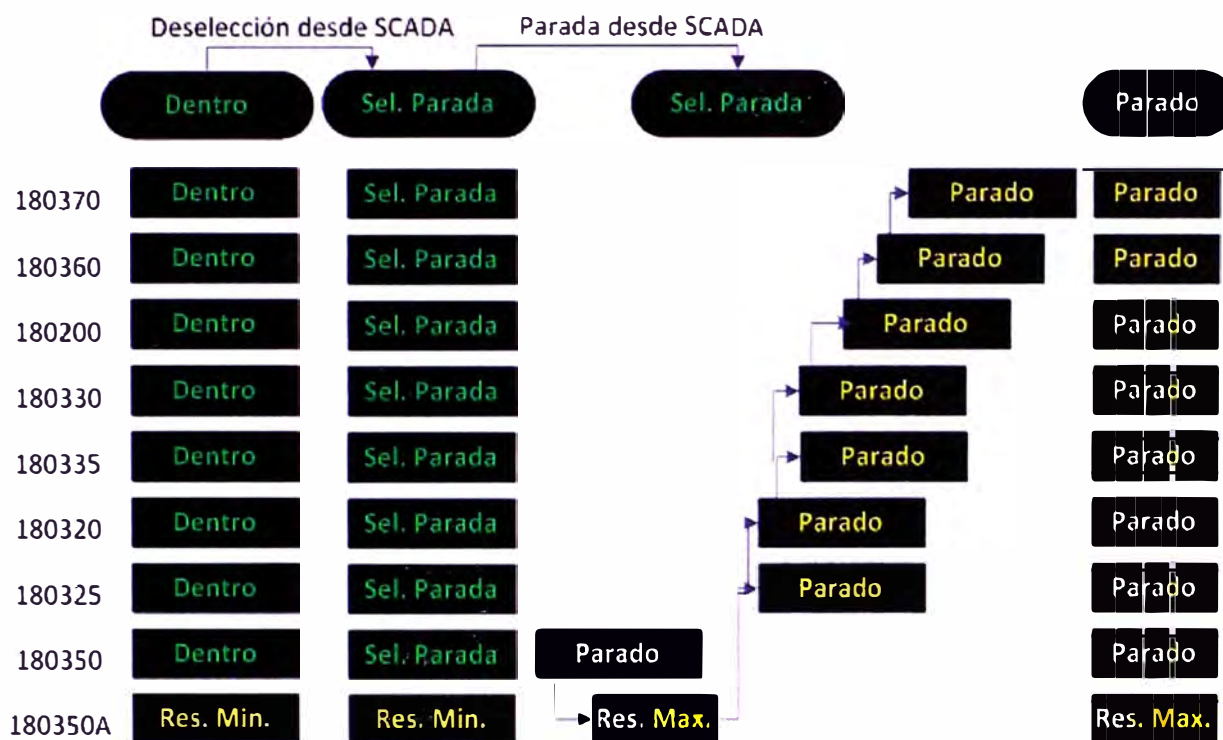


Figura 2.19 Grupo salida de finos – Parada (Fuente: Elab. Propia)

b.3 Grupo Auxiliares

Para facilitar la descripción del sistema, y teniendo en cuenta lo anterior, se han omitido los arrancadores y se considera al motor como todo el sistema (motor y arrancador).

Para la secuencia de arranque (Figura 2.20) de este grupo se debe tener en cuenta que este grupo no podrá arrancar si el grupo anterior (Grupo Salida Finos) no ha arrancado completamente.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente el primer motor en arrancar es la faja de retorno al molino (180205), después de este motor los siguientes en la secuencia son las dos bombas de lubricación de los reductores de los separadores (180155-180175) las cuales arrancan al mismo tiempo, luego de arrancadas las bombas recién se podrán arrancar los separadores (180150-180170), esto por protección mecánica del sistema ya que al arrancar el separador sin lubricación se dañaría el reductor. Los siguientes en la secuencia son las zarandas (180125-180130) las cuales arrancaran al mismo tiempo. Finalmente arrancaran en ese orden respectivamente el elevador, ventilador de salida de zarandas y ventilador de salida del molino (180110-180145-180295).

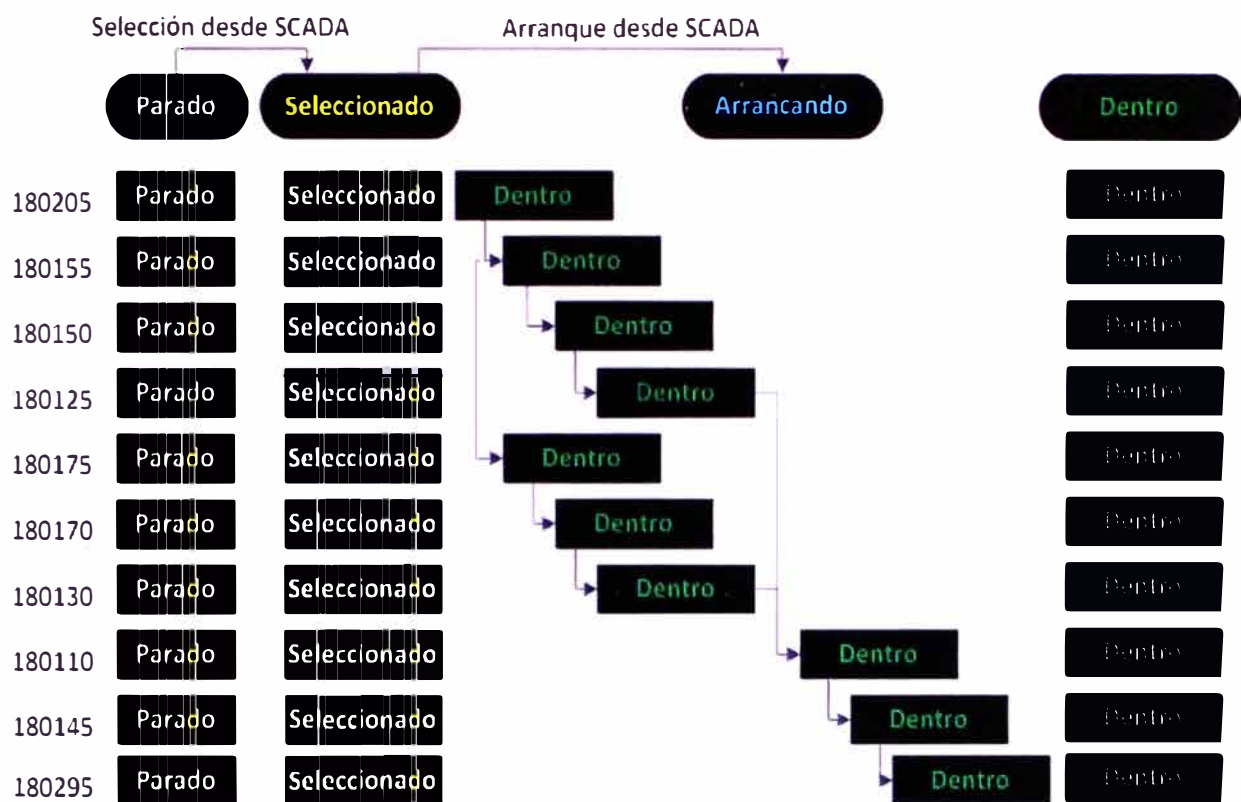


Figura 2.20 Grupo auxiliares de molino – Arranque (Fuente: Elab. Propia)

Para la secuencia de parada (Figura 2.21) de este grupo en especial no necesariamente es en el orden inverso. Esto se cumple solo para los separadores es decir Ventilador salida molino, ventilador salida zarandas, elevador, zarandas, separadores (180295-180145-180110-180130-180120-180170-180150). El siguiente en detenerse es la faja de retorno (180205), y finalmente los últimos en detenerse serán las bombas de lubricación de los reductores de los separadores, esto se debe a que una vez que se les ha quitado el mando a los separadores, estos por la inercia mecánica seguirán girando, por ende seguirá girando el reductor, es por eso que es necesario seguir lubricando el sistema, lo cual se asegura al dejar trabajando hasta el final las bombas de lubricación (180155-180175).

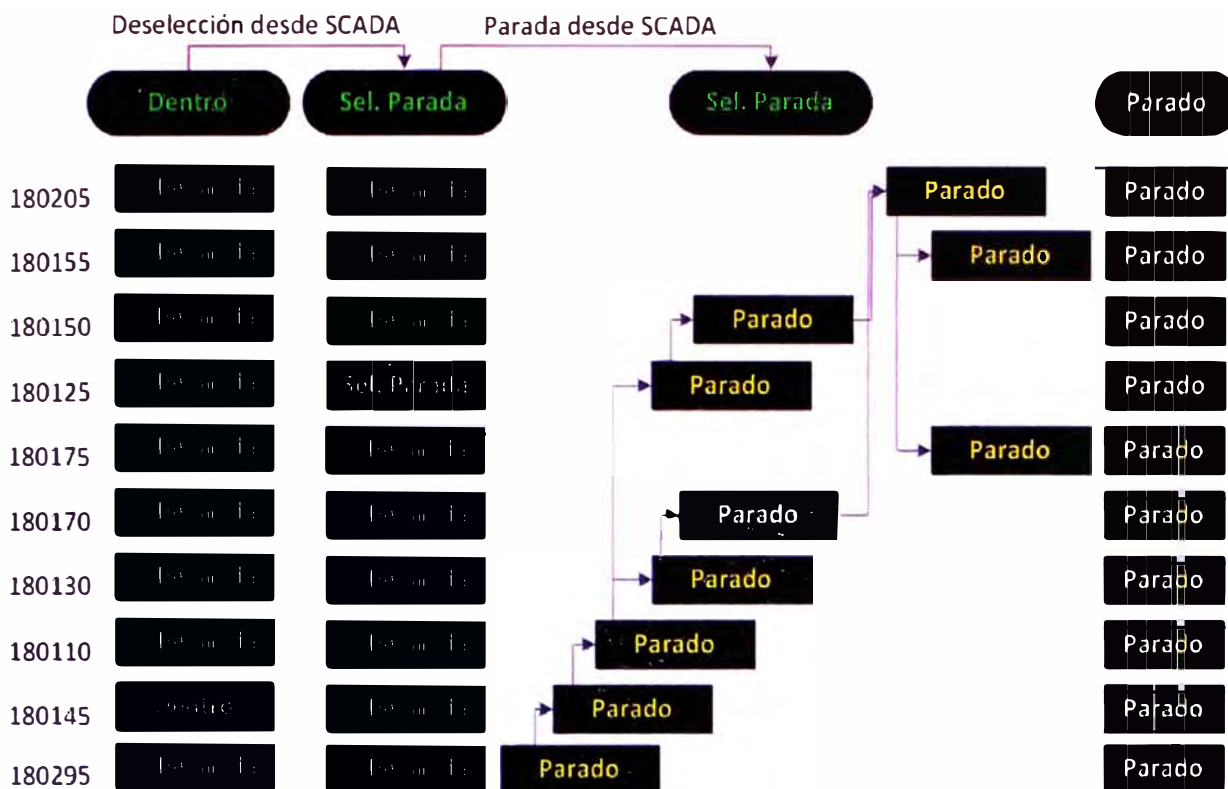


Figura 2.21 Grupo auxiliares de molino – parada (Fuente: Elab. Propia)

b.4 Grupo Molino

Este grupo es el más simple del sistema ya que solo cuenta con 4 motores y uno de ellos nunca trabaja como parte del grupo y solo se habilitará cuando el grupo este seleccionado en local.

Para el proceso de arranque (Figura 2.22) se debe tener en cuenta que este grupo solo podrá arrancar si es que los dos grupos anteriores se encuentran trabajando.

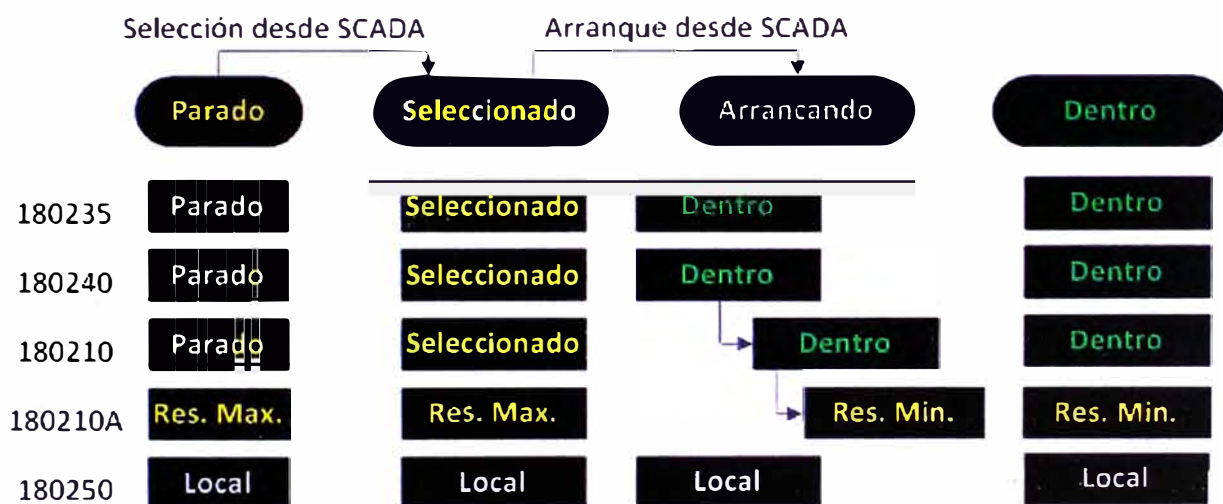


Figura 2.22 Grupo molino – arranque (Fuente: Elab. Propia)

Los primeros en la secuencia de arranque son las bombas de lubricación de los reductores (180235-180240), esto por seguridad tal como se mencionó para el caso de los separadores. Luego el siguiente motor en arrancar es el molino el cual cuenta con su

respectivo arrancador (180210-180210A). El motor auxiliar o de giro lento (180250) solo trabaja cuando el grupo se encuentra seleccionado en local, este motor se usa para girar lentamente el molino y ubicarlo en alguna posición deseada ya sea para revisión mecánica y/o abrir las tapas del molino.

La secuencia de parada (Figura 2.23) también es simple y en este caso si es de manera inversa a la secuencia de arranque, es decir el primero en detenerse es el molino y su arrancador (180210-180210A) y luego las bombas de lubricación (180235-180240).

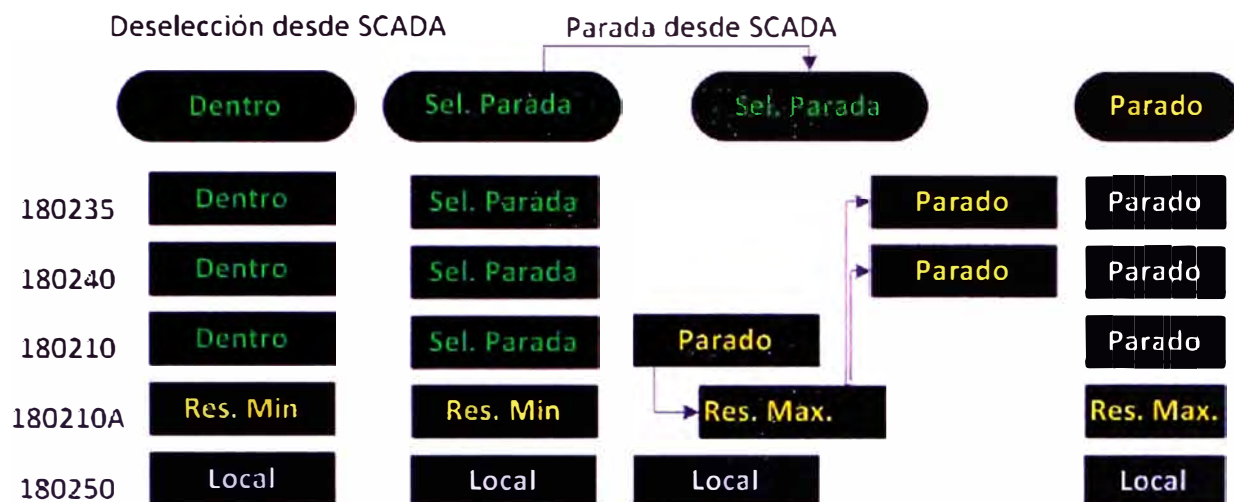


Figura 2.23 Grupo molino – parada (Fuente: Elab. Propia)

b.5 Grupo Alimentación

Al igual que el grupo del molino este grupo también es muy simple ya que solo cuenta con dos fajas y 4 balanzas. Para que pueda arrancar este grupo (Figura 2.24) todos los demás grupos anteriores deben estar trabajando (b.2, b.3, b.4).

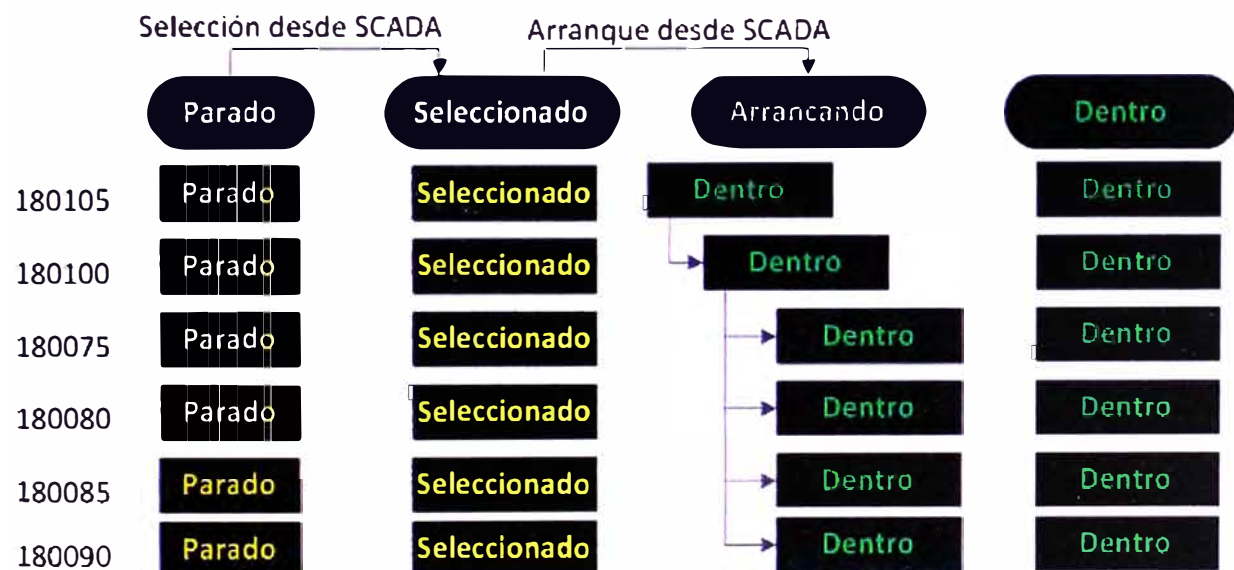


Figura 2.24 Grupo alimentación – arranque (Fuente: Elab. Propia)

En este caso el primero en la secuencia de arranque es la faja de descarga al elevador (180105), el siguiente en arrancar es la faja de salida de las balanzas (180100)

y finalmente las balanzas (180075-180080-180085-180030) todas las balanzas deberán arrancar al mismo tiempo esto para evitar desviaciones en el control de calidad del producto final.

Para la secuencia de parada (Figura 2.25) el orden es el inverso a la secuencia de arranque solo teniendo en cuenta que todas las balanzas deberán parar al mismo tiempo y luego se detendrán las fajas ya mencionadas anteriormente.

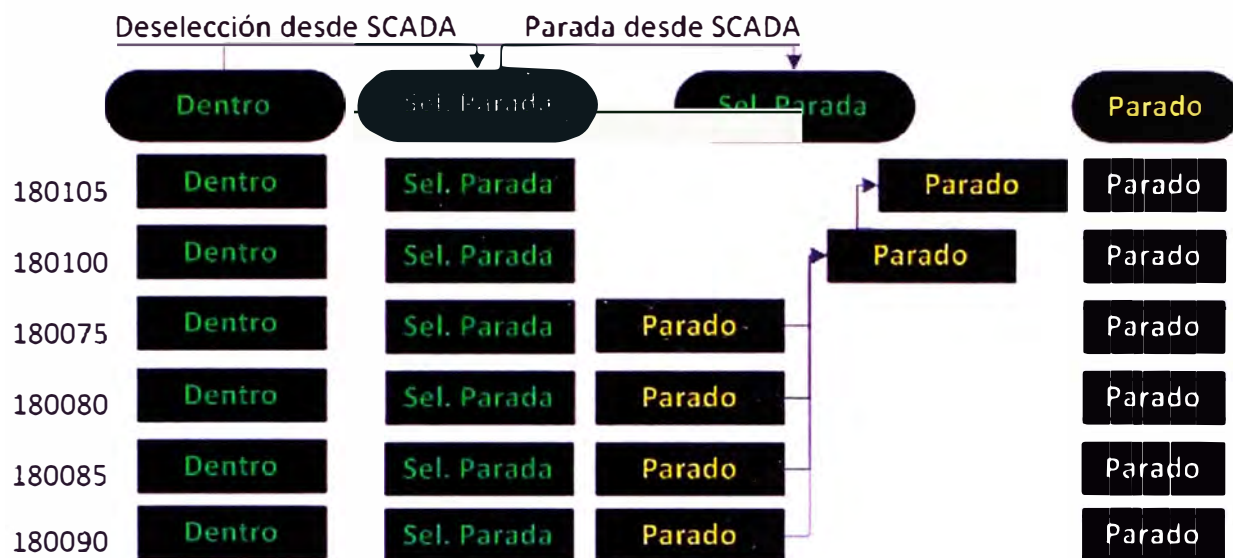


Figura 2.25 Grupo alimentación –parada (Fuente: Elab. Propia)

2.3 Protocolos de pruebas

Explicada en dos secciones: Las pruebas de señales de campo a PLC y las Pruebas Funcionales y de Visualización SCADA

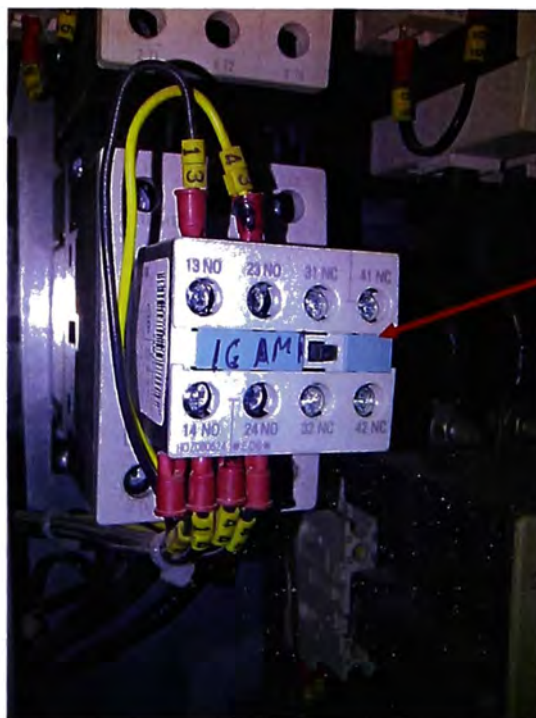
2.3.1 Pruebas de señales de campo PLC

En este caso, para poder corroborar el correcto funcionamiento y cableado de las señales provenientes de campo, se realizaron las siguientes pruebas de acuerdo al tipo de señal.

Las señales de entrada digitales en su mayoría provienen del circuito de arranque de los motores, también se consideran los switches de temperaturas, presión, etc. Para el caso de los switches de temperatura, presión, etc. se consideró como prueba forzar el cambio de estado de estos switches y que se vea reflejado en el PLC.

Así mismo, para las señales provenientes de los circuitos de arranque de los motores se simuló forzando mecánicamente los contactores (Figura 2.26 a), esto para poder forzar el cambio de estado de sus contactos auxiliares. En el caso de los guardamotores se simuló las protecciones a través del botón “trip”, en el cual se fuerza mecánicamente la protección (Figura 2.26 b).

Cada señal verificada era validada en un formato, ante alguna falla en las señales se procedía a detectar la falla, solucionarla y recién validarla en el formato.



(a)
Botón para forzar
mecánicamente
el contactor

(b)
Botón para forzar
mecánicamente el
Guardamotor

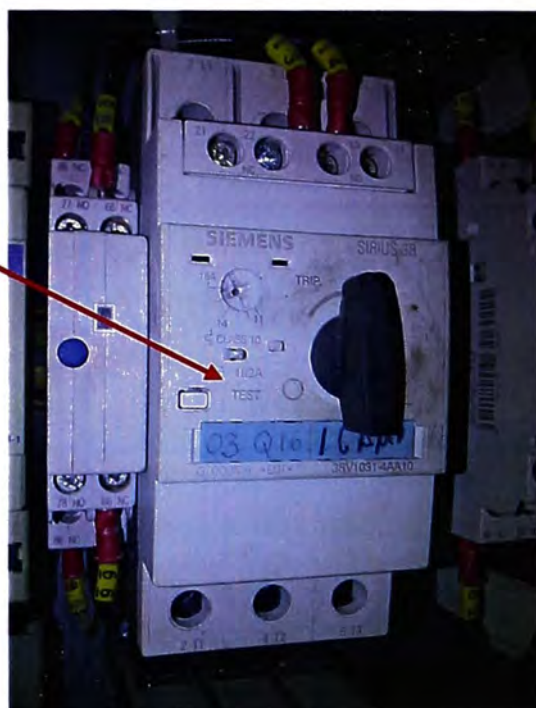


Figura 2.26 Forzado mecánico (Fuente: CPSAA)

En el Anexo C se incluye una tabla que contiene los protocolos de pruebas de las señales. En él se describen los siguientes campos:

- TAG.- El nombre corto de la señal.
- Descripción 1.- Máquina asociada.
- Descripción 2.- Señal sensada.
- I/O.- Tipo de entrada/salida (PLC DI: Generada en PLC; DI: Entradas digitales; DO: Salidas digitales; IFE: Entrada análoga, OFE: Salida análoga).
- Tipo.- Niveles de tensión o corriente de trabajo.

- Dirección.- Dirección en la memoria de datos del PLC.
- Data File.- Dirección en la memoria de datos del PLC del motor asociado.
- Estado.- Correcto/incorrecto
- Nota.- comentario adicional

2.3.2 Pruebas funcionales y de visualización

Las pruebas funcionales y de visualización que se desarrollaron fueron: comprobación de sentido de giro, comprobación de arranque en local de cada motor, arranque en grupo.

Con todas estas pruebas se asegura que la filosofía funcional planteada fue correctamente programada en el PLC, que los equipos fueron correctamente conexiados a nivel de control y fuerza, y que todos los equipos fueron correctamente configurados en el SCADA.

Al igual que las pruebas de señales de campo después de cada prueba esta era validada y anotada en un formato (protocolo de pruebas).

En el Anexo D se incluye una tabla que contiene los protocolos de pruebas de los motores. En él se describen los siguientes campos:

- TAG.- El nombre corto de la señal.
- Descripción.- nombre del equipo.
- Data File.- Dirección en la memoria de datos del PLC.
- Local.- Estado de las pruebas en "Local".
- Grupo.- Estado de las pruebas en "Grupo".
- Nota.- Comentario adicional.

Las Figura 2.27 muestra la pantalla de proceso Molino Crudo 1 y la Figura 2.28 la pantalla de arranque correspondiente. A continuación se detallan las pruebas:

a. Comprobación de sentido de giro

En este caso el procedimiento que se realizó fue forzar por unos segundos la bobina del contactor para poder forzar así el giro del motor por algunos segundos y lograr comprobar el sentido de giro del motor. De haberse presentado algún inconveniente se procedía a invertir dos fases del motor.

b. Comprobación de arranque local

Una vez comprobado el correcto sentido de giro del motor, esto para poder evitar daños en las maquinarias debido a un giro incorrecto del motor, se procedía a arrancar los motores desde el SCADA en modo local, para esto todos los grupos fueron seleccionados en local, además en la programación del PLC se deshabilitaron los enclavamientos de seguridad y protección, ya que estos si pueden impedir el arranque de los motores aun cuando este se encuentre seleccionado en local.

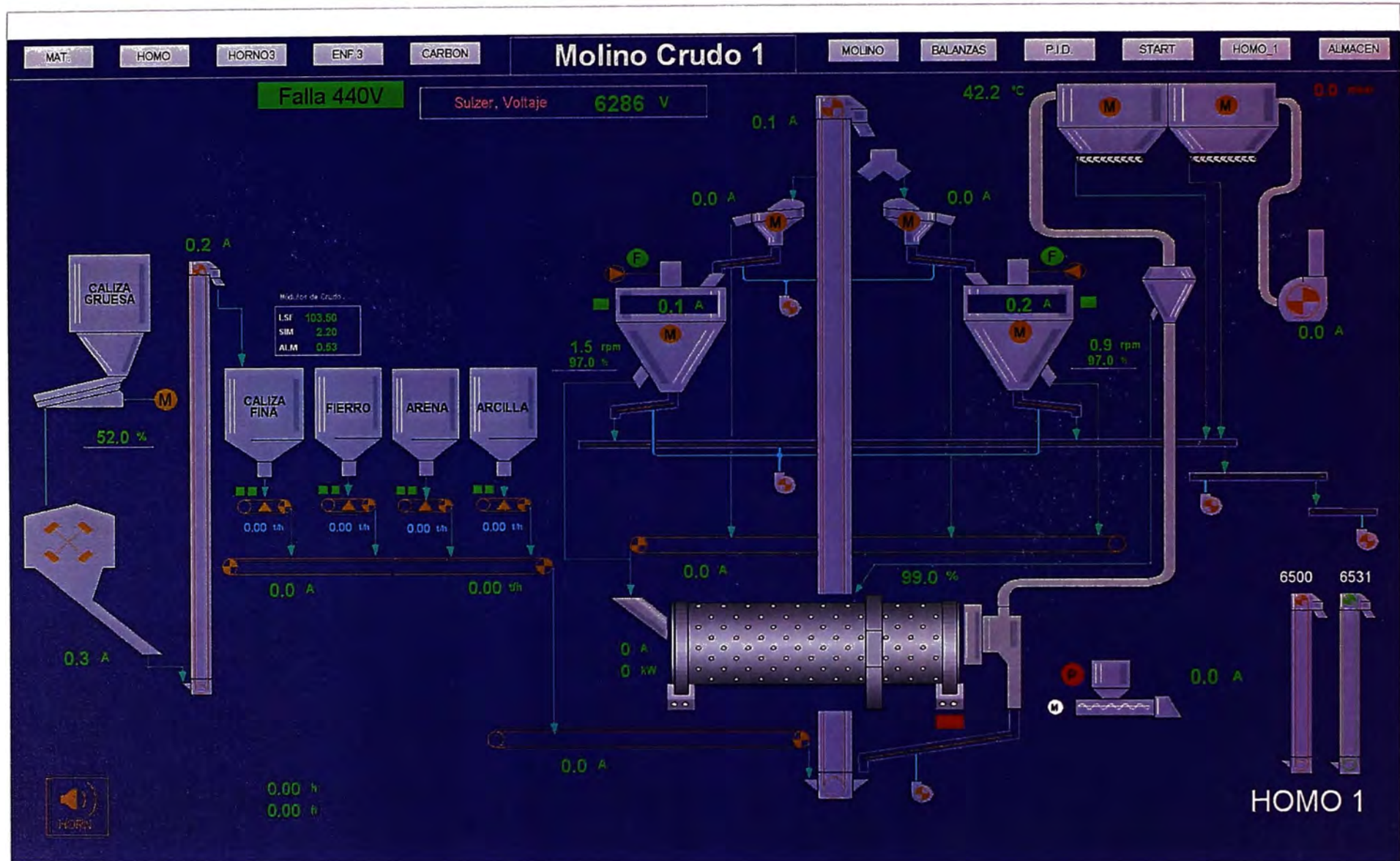


Figura 2.27 Pantalla de proceso Molino Crudo 1 (Fuente: SCADA CPSAA)



Figura 2.28 Pantalla de arranque Molino Crudo 1 (Fuente: SCADA CPSAA)

Una vez terminado el procedimiento, se comenzó a dar mando individualmente a los motores, se verificaron también las señales de protección eléctrica y paro de emergencia, de acuerdo al mismo procedimiento señalado anteriormente (2.3.1), esto para poder verificar el correcto funcionamiento de las animaciones en todos los estados posibles del modo local. De haber errores se realizaron las correcciones respectivas, y finalmente se habilitaron nuevamente los enclavamientos de seguridad y protección para dejar el motor listo para un arranque en grupo.

c. Comprobación de arranque en grupo

Para esto se arrancaron los grupos en la secuencia respectiva para poder comprobar el arranque en secuencia de cada uno de sus equipos, también se verificó la secuencia de parada.

Se arrancó nuevamente cada grupo y se forzaron las protecciones eléctricas y paro de emergencia de cada motor, esto para poder verificar el correcto funcionamiento de las animaciones posibles en grupo, también para simular paradas imprevistas de los motores y así verificar los enclavamientos de protección, seguridad y operación programados en el PLC.

CAPÍTULO III APECTOS LOGÍSTICOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo se explica la estructura de costos dividiéndola en tres subsecciones (1-Hardware y software; 2- Recursos humanos y 3- Otros costos), así como el cronograma de trabajos.

3.1 Estructura de costos

En este capítulo se describe los costos en que se ha incurrido para la realización del proyecto en mención. La estructura de costos es dividida en:

- Hardware y Software
- Recursos Humanos
- Otros costos

3.1.1 Hardware y software

En esta subsección se trata por separado al hardware y al software.

a. Hardware

Se hicieron llegar los requerimientos al área logística bajo el concepto de materiales consumibles y equipos.

- Materiales consumibles: Todos los accesorios necesarios para el montaje de los equipos, por ejemplo: cables, cintillos, cinta aislante, borneras, etc.
- Equipos: Son los elementos necesarios para poder realizar el proyecto, sin los cuales no se podría implementar el mismo, a diferencia de los consumibles, estos tienen un tiempo de entrega mucho mayor y son específicos en lo que respecta a marcas y modelos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se tiene la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Costos de Hardware (Fuente: Sistema SAP Pacasmayo)

Hardware	Costo
Consumibles	\$ 8,942.44
Equipos	\$ 44,059.03
Total	\$ 53,001.47

En el Anexo E, se adjunta un listado más detallado de los costos de hardware, en las cuales se muestran los siguientes campos:

- CODIGO CPSAA: este es el código con que el material y/o equipos es ubicado en el

sistema logístico (SAP) de la planta Pacasmayo.

- DESCRIPCIÓN: Descripción general del material y/o equipo en el sistema (SAP)

- CANTIDAD: Cantidad solicitada.

- UNIDAD: es la unidad de medida que puede tener el equipo y/o material la cual puede ser metros, piezas, rollos, paquetes, etc.

- C/U: es el costo unitario teniendo como base la unidad de medida.

- TOTAL: es el costo total considerando la cantidad solicitada.

b. Software

Para el caso de software no se incurrió en gastos, ya que en lo que respecta a SCADA, este era el existente, el cual ya contaba con las licencias respectivas para la comunicación con PLC-5.

Para el caso del PLC-5, el software de programación también era el existente al cual ya era usado desde proyectos anteriores.

3.1.2 Recursos Humanos

Los costos que implican recursos humanos se basan en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle, montaje y puesta en marcha. Para ello se separan los trabajos por puesto para poder diferenciar el costo de las horas hombre (HH), los cuales se encuentran agrupados en: Ingeniería básica y de detalle; trabajos previos a la puesta en marcha; montaje final y puesta en marcha; trabajos Finales, los cuales se explican a continuación.

a. **Ingeniería básica y de detalle:** aquí se abarca todo lo referente a la ingeniería del proyecto, diseño de planos, desarrollo de filosofía funcional, programación en PLC y SCADA.

b. **Trabajos previos a la puesta en marcha:** Son los gastos incurridos en la supervisión del montaje, conexionado de equipos, montaje de equipos cableados y demás trabajos que se realizaron previos a la parada general.

c. **Montaje Final y Puesta en marcha:** Son los gastos de supervisión de puesta en marcha, pruebas de arranque, cambios necesarios de último momento, en general todos los trabajos que se realizaron durante la parada general.

d. **Trabajos Finales:** Son los gastos realizados después de entregado de la puesta en marcha del proyecto, tal como inducción a los operadores del nuevo sistema, actualización de planos y/o modificaciones realizadas durante la puesta en marcha, etc., es decir todo lo concerniente a la entrega del proyecto al área de operaciones.

De acuerdo al diagrama de Gantt planteado en el proyecto se tienen las siguientes asignaciones de los recursos (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Asignación de recursos por tarea (Fuente: Elaboración propia)

Nombre de tarea	Trabajo (horas)
Ingeniería Básica	348
Reunión con Operaciones para definir filosofía funcional a implementar JEFE PROYECTO	16 16
Levantamiento de nueva Base de Datos de señales TECNICO ELECTRONICO TECNICO ELECTRICISTA	80 40 40
Definición de ubicación de nuevos equipos en campo JEFE PROYECTO TECNICO ELECTRONICO TECNICO ELECTRICISTA	48 16 16 16
Definición de rutas para el cableado eléctrico TECNICO ELECTRICISTA	16 16
Diseño de nuevos planos eléctrico JEFE PROYECTO TECNICO ELECTRONICO	132 12 120
Compra de equipos JEFE PROYECTO	56 56
Ingeniería de Detalle	144
Programación de señales en PLC TECNICO ELECTRONICO	80 80
Desarrollo de la Interfaz con el sistema SCADA TECNICO ELECTRONICO	40 40
Simulaciones y pruebas fuera de línea TECNICO ELECTRONICO	24 24
Trabajos previos a puesta en marcha	320
Armado de nuevo tablero PLC SUPERVISOR CABLEADORES	200 80 120
Tendido de cables de control, instrumentación y fuerza SUPERVISOR CABLEADORES ALBAÑIL	120 40 40 40
Montaje Final y Puesta en marcha	816
Desmontaje de tablero eléctrico antiguo SUPERVISOR TECNICO ELECTRICISTA AYUDANTE	64 16 16 32
Montaje de elementos de maniobra nuevos SUPERVISOR TECNICO ELECTRICISTA AYUDANTE	320 80 80 160
Conexión de cables de control, instrumentación y fuerza	320

SUPERVISOR	80
TECNICO ELECTRONICO	80
AYUDANTE	160
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	112
JEFE PROYECTO	16
SUPERVISOR	16
TECNICO ELECTRONICO	16
TECNICO ELECTRICISTA	16
AYUDANTE	32
OPERADOR	16
Trabajos Finales	168
Instrucción de los operadores del nuevo sistema	48
JEFE PROYECTO	8
SUPERVISOR	8
OPERADOR	32
Aprobación por parte de Operaciones	16
JEFE PROYECTO	16
Actualización de planos modificados durante puesta en marcha	80
JEFE PROYECTO	40
TECNICO ELECTRONICO	40
Entrega de planos y documentación nueva	24
JEFE PROYECTO	16
TECNICO ELECTRONICO	8

De manera complementaria, la Tabla 3.3 contiene las tareas propias de cada recurso humano y las horas invertidas por cada tarea.

Tabla 3.3 Recurso humanos, tareas y horas invertidas (Fuente: Elaboración propia)

Nombre del recurso	Trabajo (horas)
JEFE PROYECTO	196
Reunión con Operaciones para definir filosofía funcional a implementar	16
Definición de ubicación de nuevos equipos en campo	16
Diseño de nuevos planos eléctrico	12
Compra de equipos	56
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	16
Instrucción de los operadores del nuevo sistema	8
Aprobación por parte de Operaciones	16
Actualización de planos modificados durante puesta en marcha	40
Entrega de planos y documentación nueva	16
SUPERVISOR	320
Armado de nuevo tablero PLC	80
Tendido de cables de control, instrumentación y fuerza	40

Desmontaje de tablero eléctrico antiguo	16
Montaje de elementos de maniobra nuevos	80
Conexión de cables de control, instrumentación y fuerza	80
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	16
Instrucción de los operadores del nuevo sistema	8
TECNICO ELECTRONICO	464
Levantamiento de nueva Base de Datos de señales	40
Definición de ubicación de nuevos equipos en campo	16
Diseño de nuevos planos eléctrico	120
Programación de señales en PLC	80
Desarrollo de la Interfaz con el sistema SCADA	40
Simulaciones y pruebas fuera de línea	24
Conexión de cables de control, instrumentación y fuerza	80
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	16
Actualización de planos modificados durante puesta en marcha	40
Entrega de planos y documentación nueva	8
TECNICO ELECTRICISTA	184
Levantamiento de nueva Base de Datos de señales	40
Definición de ubicación de nuevos equipos en campo	16
Definición de rutas para el cableado eléctrico	16
Desmontaje de tablero eléctrico antiguo	16
Montaje de elementos de maniobra nuevos	80
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	16
AYUDANTE	384
Desmontaje de tablero eléctrico antiguo	32
Montaje de elementos de maniobra nuevos	160
Conexión de cables de control, instrumentación y fuerza	160
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	32
CABLEADORES	160
Armado de nuevo tablero PLC	120
Tendido de cables de control, instrumentación y fuerza	40
OPERADOR	48
Pruebas de señales y de arranque desde PLC	16
Instrucción de los operadores del nuevo sistema	32
ALBAÑIL	40
Tendido de cables de control, instrumentación y fuerza	40

El costo de las Horas Hombre por tipo de recurso es variable, ya que este valor es generado por el área de planillas y variable en el tiempo, ya que depende de la cantidad

de horas extras, vacaciones, días libres, etc. De acuerdo a esto se definieron valores un promedio de los costos durante el tiempo que duró el proyecto.

Tabla 3.4 Tasa promedio HH por recurso (Fuente: Sistema SAP Pacasmayo)

Nombre del recurso	Tasa estándar
JEFE PROYECTO	S/. 20.00/hora
SUPERVISOR	S/. 15.00/hora
TECNICO ELECTRONICO	S/. 10.00/hora
TECNICO ELECTRICISTA	S/. 10.00/hora
AYUDANTE	S/. 6.50/hora
CABLEADORES	S/. 6.00/hora
OPERADOR	S/. 8.00/hora
ALBAÑIL	S/. 8.00/hora

A partir de las tablas 3.2 y 3.3, se pudo determinar el costo total que se invirtió en recursos humanos. Este es mostrado en la tabla 3.5

Tabla 3.5 Costo total Recursos Humanos (Fuente: Elab. Propia)

Proyecto	Costo
Automatización Molino Crudo 1	S/. 19,360.00

3.1.3 Otros costos

Entre los costos no considerados anteriormente se encuentran los servicios de los terceros. En este caso solo se tuvieron dos trabajos en los cuales se tuvo que recurrir a un tercero.

- Fabricación de nueva canaleta de cables para nuevo tablero PLC a instalar: este servicio se basaba en habilitar una nueva canaleta por donde se tenderían los cables de conexión entre el Centro de Control de Motores y PLC. Este trabajo implicaba obras civiles, de picado del piso, habilitación de canaleta, y remoción de escombros.

- Cableado y conexionado entre MCC y PLC: este servicio consistió en el tendido de cables entre nuevo tablero y el centro de control de motores a través de la canaleta habilitada en el servicio mencionado anteriormente. Este trabajo se realizó mucho antes de la parada general ya que no ponía en riesgo la operación del molino, también incluyó el servicio de conexión en ambos terminales en el centro de control de motores y el PLC, solo se pudo conectar en el lado del PLC mucho antes de la parada general, para el caso del lado del centro de control de motores, el conexionado se finalizó en la parada general debido a que esta parte del trabajo si ponía en riesgo la operación del molino y la seguridad del personal que realizó el trabajo.

La Tabla 3.6 muestra el detalle de costos de los servicios mencionados

anteriormente, teniendo en cuenta que el campo "Pedido" corresponde a la orden de servicio enviada al contratista, a través del sistema logístico de planta.

Tabla 3.6 Costos de servicios (Fuente: Sistema SAP Pacasmayo)

Pedido	Servicio	Costo
2000040207	Fabricación de canaleta	S/. 1,889.02
2000040641	Conexionado entre MCC y PLC	S./ 6,116.40

3.2 Cronograma de trabajos

La Figura 3.1 contiene el diagrama de Gantt del proyecto. En este caso se ha dividido el proyecto en varias fases las cuales dependerán de la fecha de inicio, llegada de los equipos y la parada general de la sección. Esto define la fecha de la puesta en marcha y entrega del proyecto, ya que mientras dure la puesta en marcha se tendrá que desenergizar toda la subestación por seguridad y para instalar los nuevos equipos.

A continuación se precisan algunos aspectos relacionados con la ejecución de las tareas:

- **Ingeniería básica:** Es la fase del proyecto inicial. En ella es donde se definen los alcances y objetivos del proyecto, para esto se considero necesaria la presencia de un representante del área operativa, en este caso el jefe de sección, quien presentó sus necesidades de mejora y se evaluó su factibilidad, en base a estas necesidades se trabajo en el requerimiento, levantamiento de la base de datos, desarrollo de filosofía funcional, compra de equipos, ubicación de equipos, etc.
- **Ingeniería de detalle:** Ya con la ingeniería básica definida, es que en esta fase del proyecto se plasma las necesidades y filosofía funcional a través de la programación y configuración del SCADA y el PLC.
- **Trabajos previos a la puesta en marcha:** Esta fase se inicia con la llegada de los equipos a planta. Para poder minimizar el tiempo de parada de la sección es que se procura realizar la mayor cantidad de tareas antes de la parada, tales como armado y montaje de tableros, tendido de cables, etc.
- **Montaje y puesta en marcha:** Esta fase se inicia con la parada anual de la sección para mantenimiento general. En esta fase se instalan los equipos de protección y maniobra, se pone en marcha el controlador y SCADA, además se realizan las pruebas de señales y de arranque de los equipos.
- **Trabajos finales:** En esta fase se instruye a los operadores acerca del funcionamiento del nuevo sistema, se actualizan los planos que se han modificado durante la puesta en marcha, se realiza la entrega y aprobación del proyecto, y finalmente se realiza la entrega de toda la documentación del proyecto al usuario final.

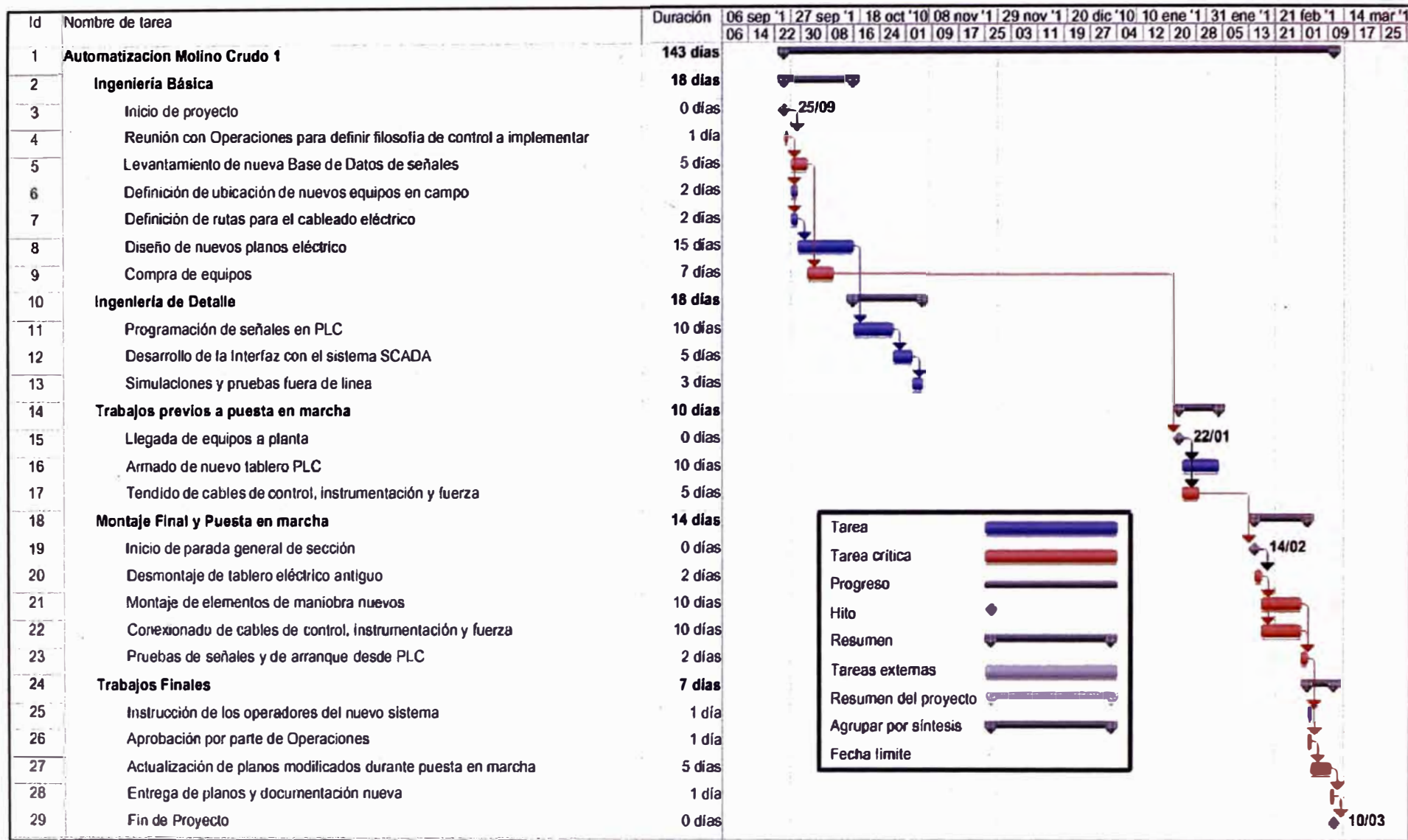


Figura 3.1 Diagrama de Gantt

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La automatización de la producción de harina cruda de cemento, de la línea 1 para la planta de Cemento Pacasmayo cumplió su objetivo de aumentar la disponibilidad del proceso, puesto que se disminuyó notablemente las fallas eléctricas producidas por los falsos contactos, y a la antigüedad de los cables y equipos. En resumen se eliminó el sistema existente llevando todos los enclavamientos eléctricos a su programación en un PLC, facilitándose así el diagnóstico y solución de fallas. El resultado del análisis de disponibilidad del sistema se muestra en el Anexo F.
2. Se mejoró el mantenimiento predictivo-preventivo de la sección al mantenerse, en una base de datos, un histórico del comportamiento de las diferentes señales, lo permite su posterior análisis a través del uso de tendencias en el tiempo. La integración de la sección a un SCADA, de todos los estados y valores de las señales (corriente, temperatura, etc.) son ahora almacenadas en la base de datos referida.
3. El área operativa ahora se encuentra en la capacidad de manipular las diferentes variables del proceso para lograr un óptimo comportamiento del sistema. Esto es debido a que, con la instalación de una plataforma del tipo PLC+SCADA, el sistema puede aceptar cualquier subsistema automatizado de última generación, como por ejemplo variadores de velocidad para los motores, sistemas de lubricación inteligentes, equipos de protección de torque para reductores, paneles de operador táctiles, etc.,
4. Se mejoró la existencia de repuestos de contingencia ante eventuales fallas, manejando un único stock de repuestos con las demás secciones de la planta. Esto dado que en el proyecto de automatización expuesto, se reemplazó el sistema de arranque y mando eléctrico de diseño original del sistema, ya obsoleto, con una antigüedad de aproximadamente 30 años, por una solución con tecnología moderna ya usada en las demás secciones de la planta, por lo tanto
5. Se estableció la comunicación con los demás controladores de planta, por lo tanto se estableció el intercambio de datos entre ellos y así poder realizar lazos de control, a nivel operativo esto permitirá la implementación de algunos enclavamientos entre ellos, ya que este tipo de implementaciones son continuos requerimientos por parte del área operativa

debido a que la disposición de las secciones en la planta permite cambios de producción de emergencia, por ejemplo usar un molino de crudo para producir cemento y/o viceversa cambios que debido a la tendencia del mercado se ha estado produciendo con gran frecuencia.:

6. Se pudo descentralizar el control del proceso ya que el tablero de control antiguo, dada su ubicación, debía ser operado por un personal ajeno al proceso. Ahora es posible, a través de permisos necesarios en el sistema, supervisar y operar el molino desde cualquier lugar que tenga disponible algún punto de red disponible dentro de la red del PLC y SCADA de la planta, por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado en el punto anterior, esto permitirá reubicar sin ningún problema a los operadores en los diferentes tableros de control facilitando aun mas los cambios de producción de emergencia

Recomendaciones

1. Se recomienda seguir incrementando la instrumentación de la sección ya que los equipos instalados son los básicos para poder operar el molino a través de una computadora. En este caso se pueden cambiar los arrancadores de tipo electrolítico por arrancadores electrónicos, instalar sensores de desvío de faja, sensores de vibración a los ventiladores, etc.
2. Se recomienda realizar una modernización de varios de los motores en campo (que también son de diseño original), ya que dentro de los alcances solo se incluyó las mejoras en la automatización del proceso más no en la parte eléctrica.
3. Se recomienda hermetizar la subestación de la sección así como y instalar aire acondicionado, ya que actualmente éste se encuentra frente al molino el cual, si bien es un lugar bajo techo, no es totalmente hermético.
4. Se recomienda al área de mantenimiento preventivo el desarrollo de planes de mantenimiento para los nuevos equipos instalados, estableciendo los procedimientos necesarios, frecuencia, así como la compra de repuestos críticos.
5. Se recomienda realizar una termografía a los equipos de maniobra instalados para detectar puntos calientes causados por algún "cable suelto" o mal conectado durante la puesta en marcha. Estos problemas usualmente no son detectados en la puesta en marcha.

ANEXO A
EJEMPLO DE RUTINAS EN LENGUAJE LADDER

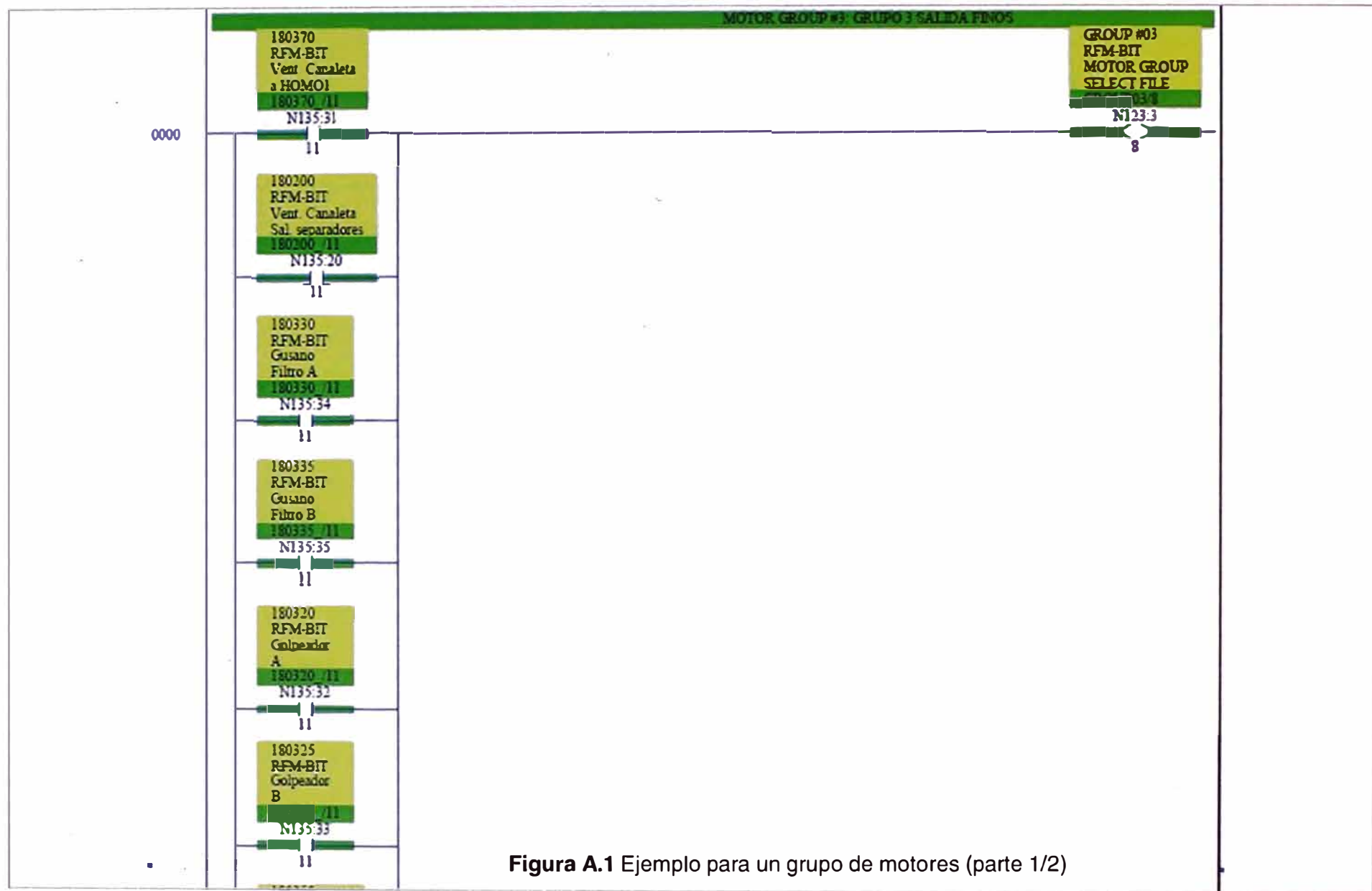


Figura A.1 Ejemplo para un grupo de motores (parte 1/2)

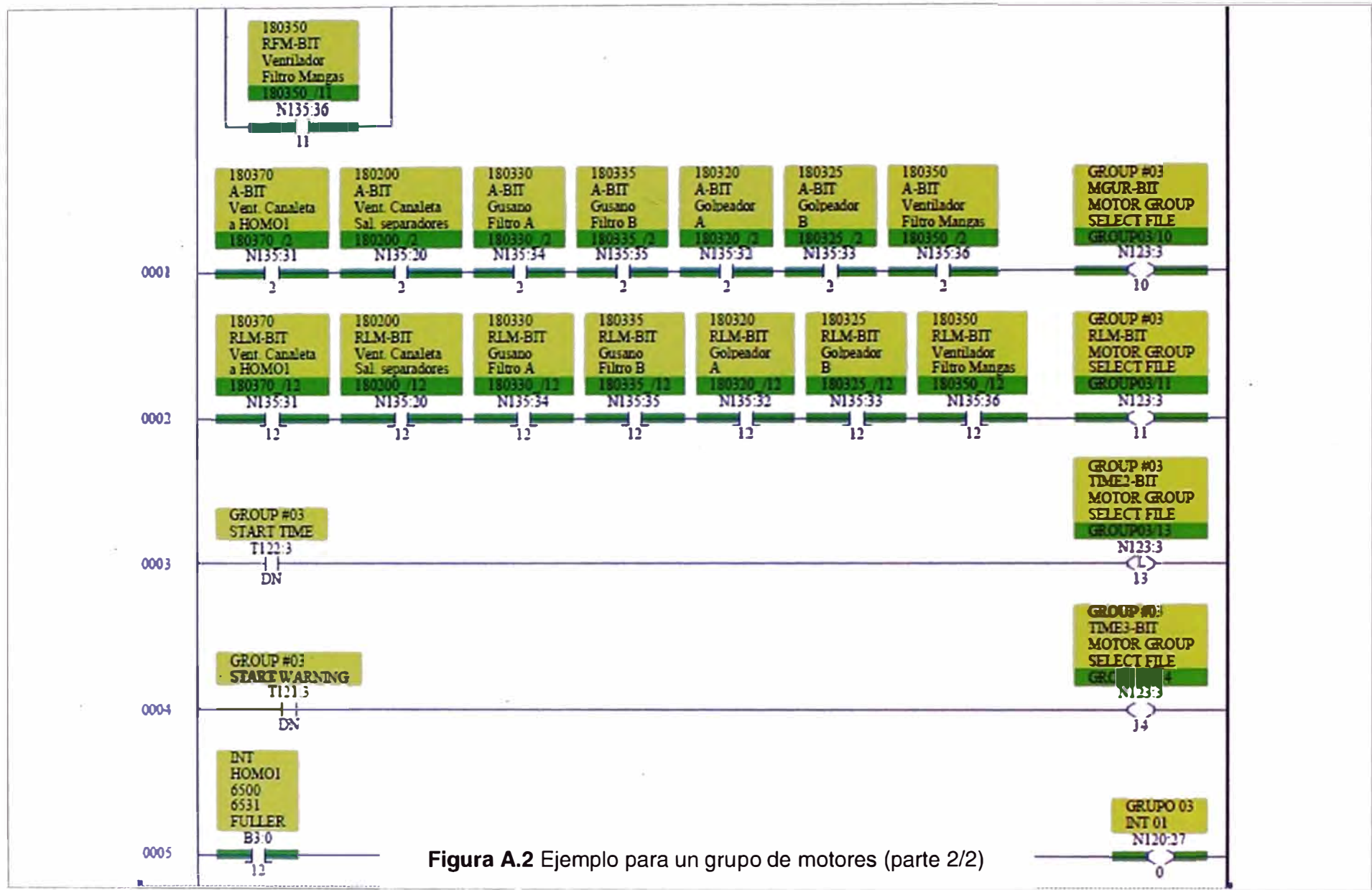


Figura A.2 Ejemplo para un grupo de motores (parte 2/2)

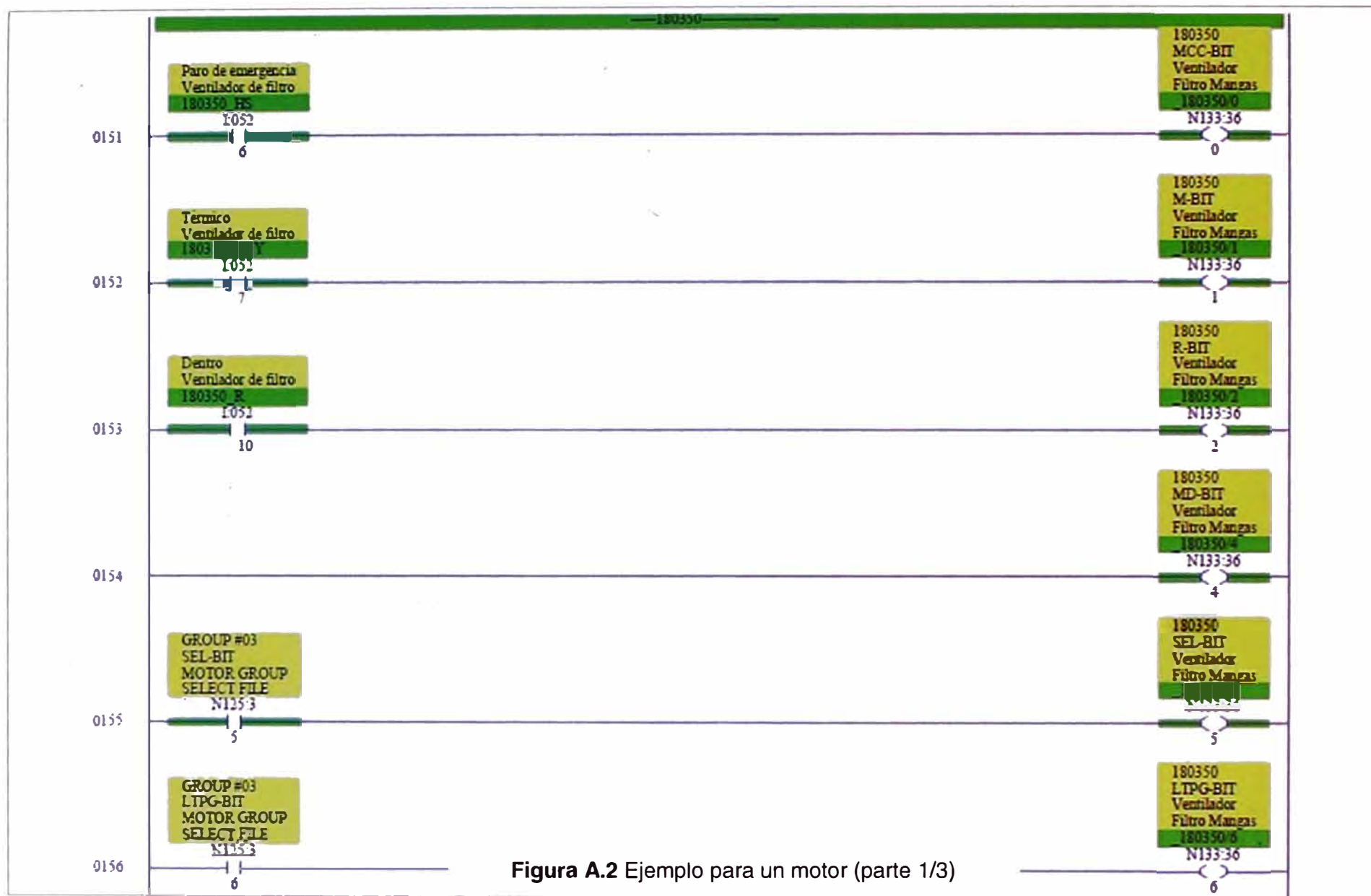


Figura A.2 Ejemplo para un motor (parte 1/3)

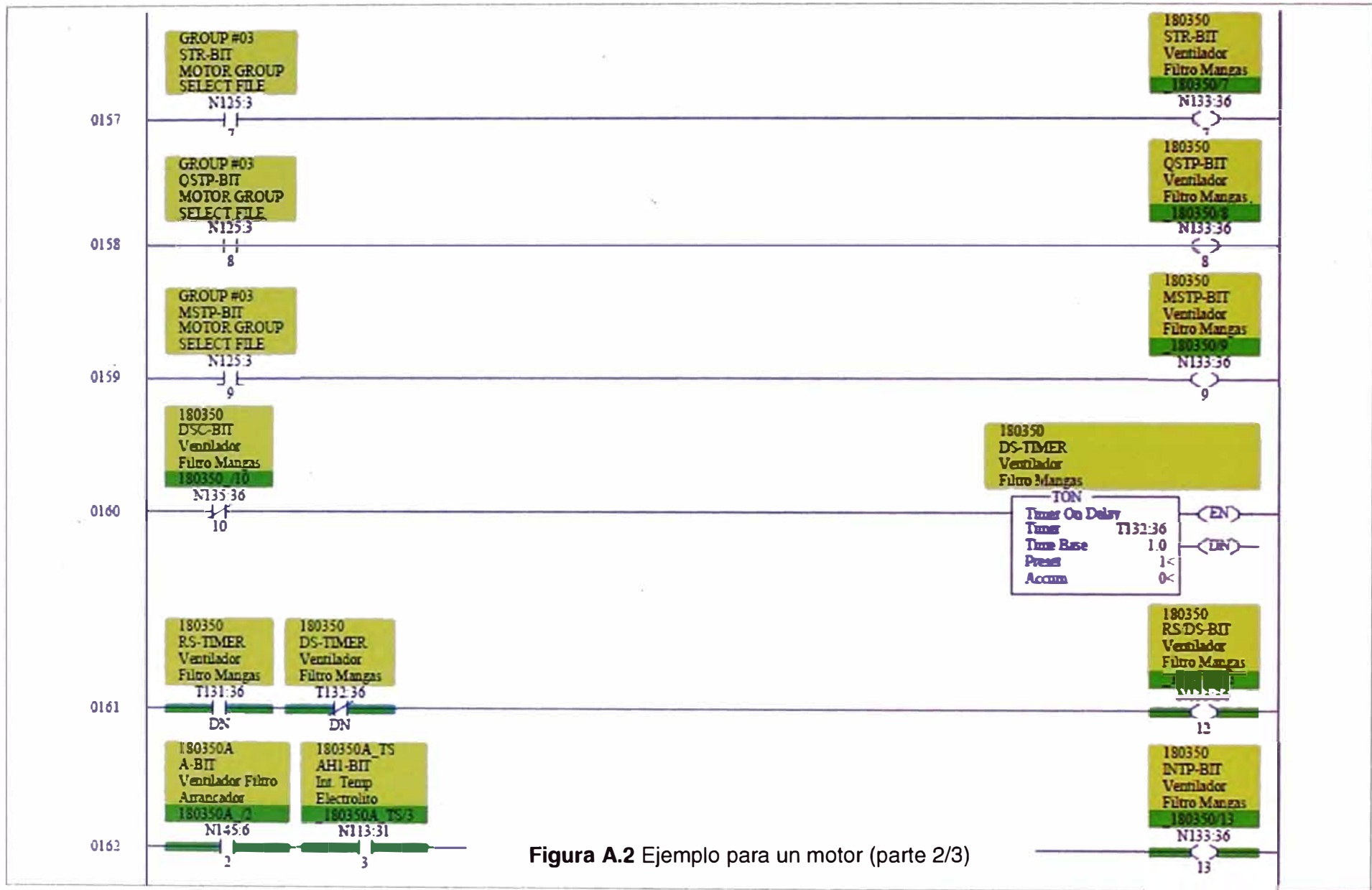


Figura A.2 Ejemplo para un motor (parte 2/3)

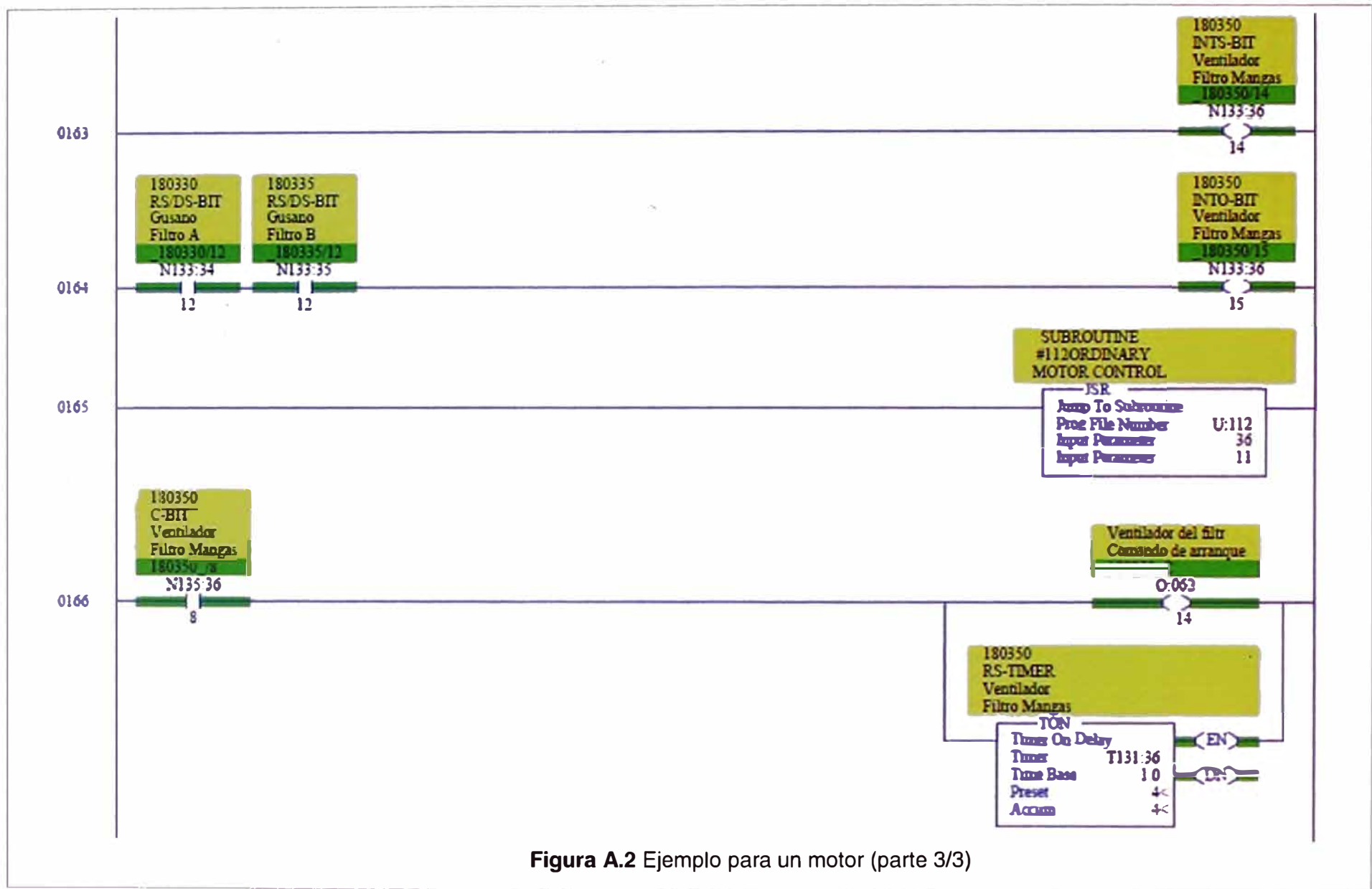


Figura A.2 Ejemplo para un motor (parte 3/3)

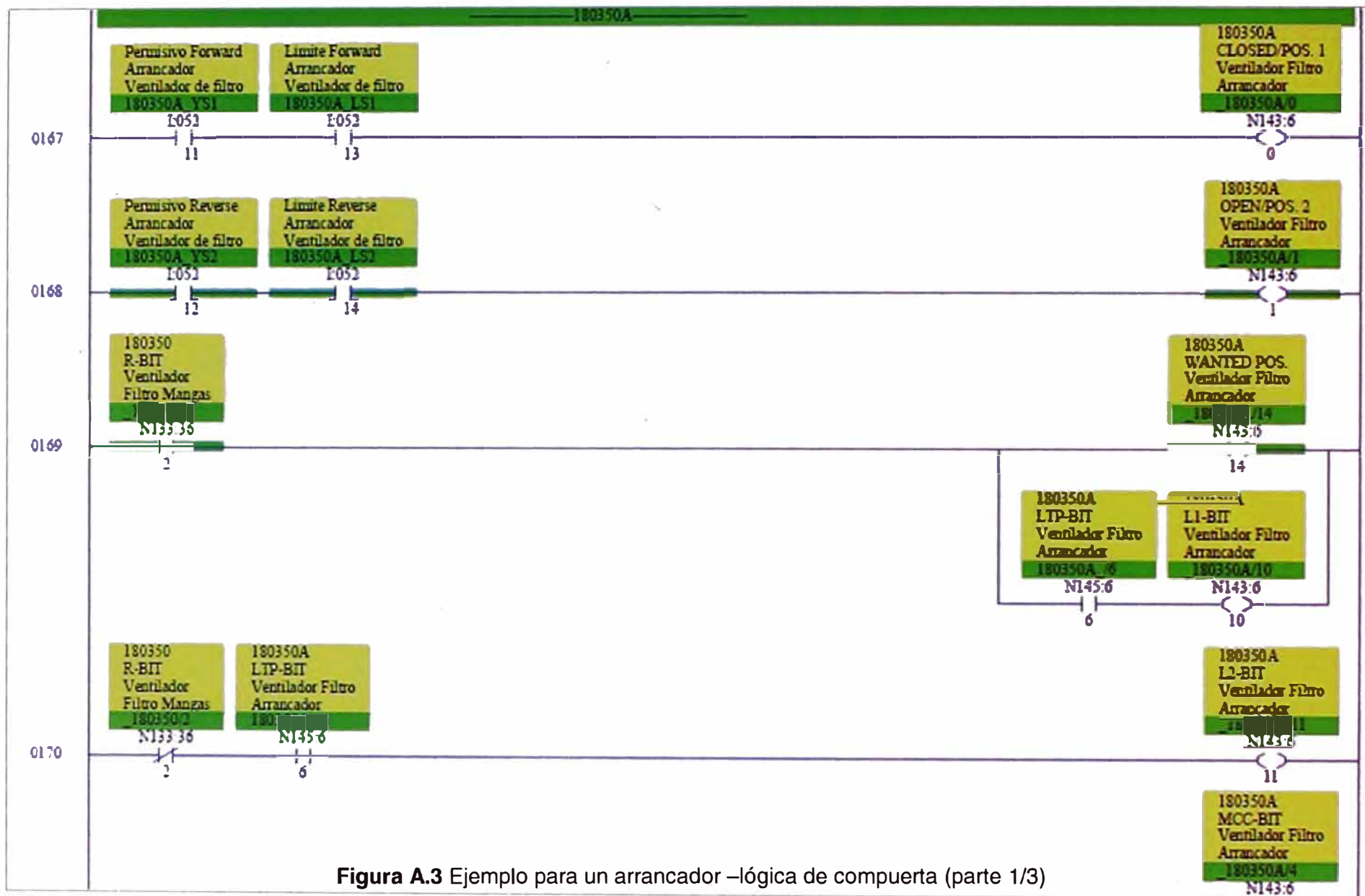


Figura A.3 Ejemplo para un arrancador –lógica de compuerta (parte 1/3)

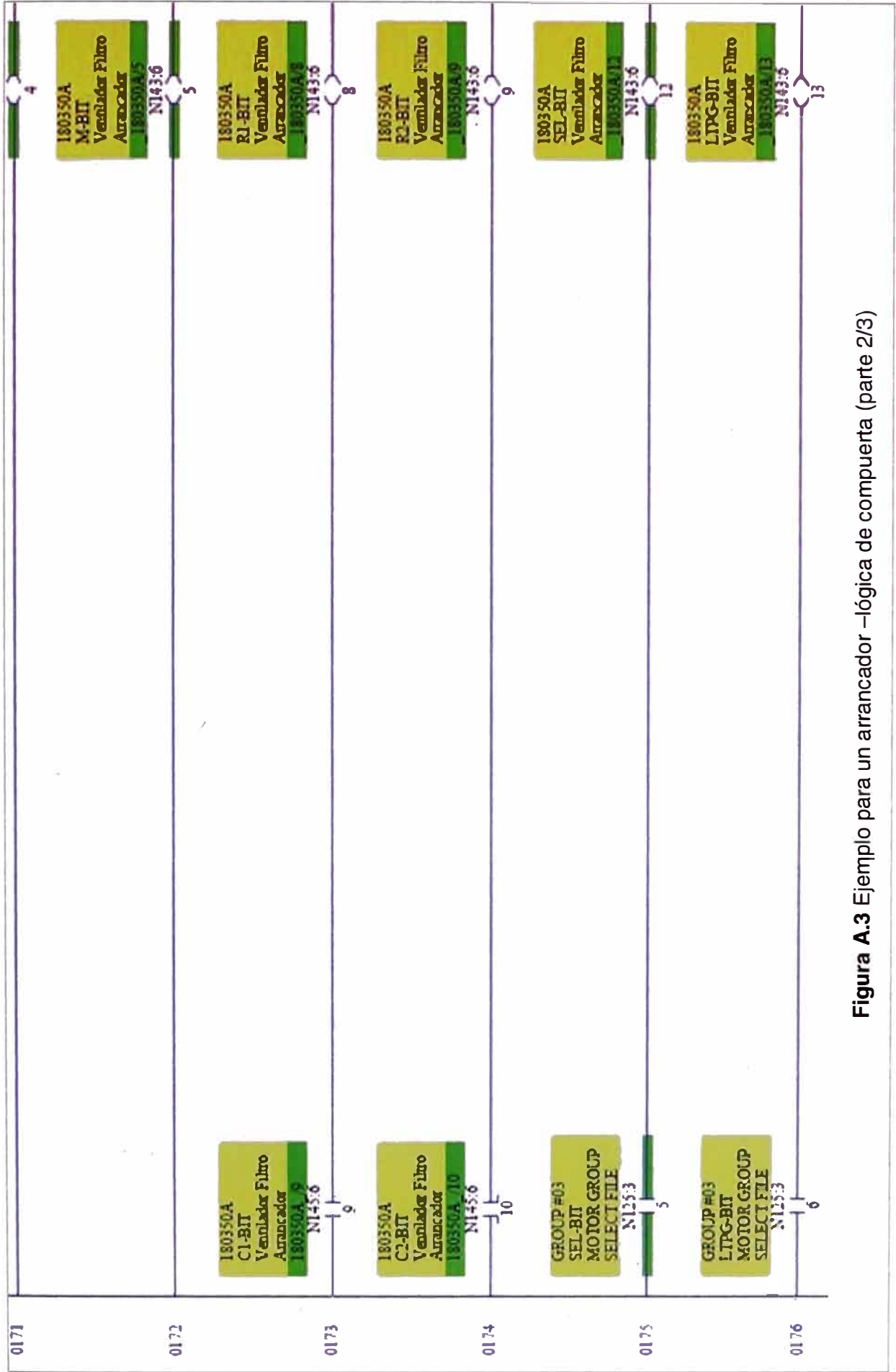


Figura A.3 Ejemplo para un arrancador –lógica de compuerta (parte 2/3)

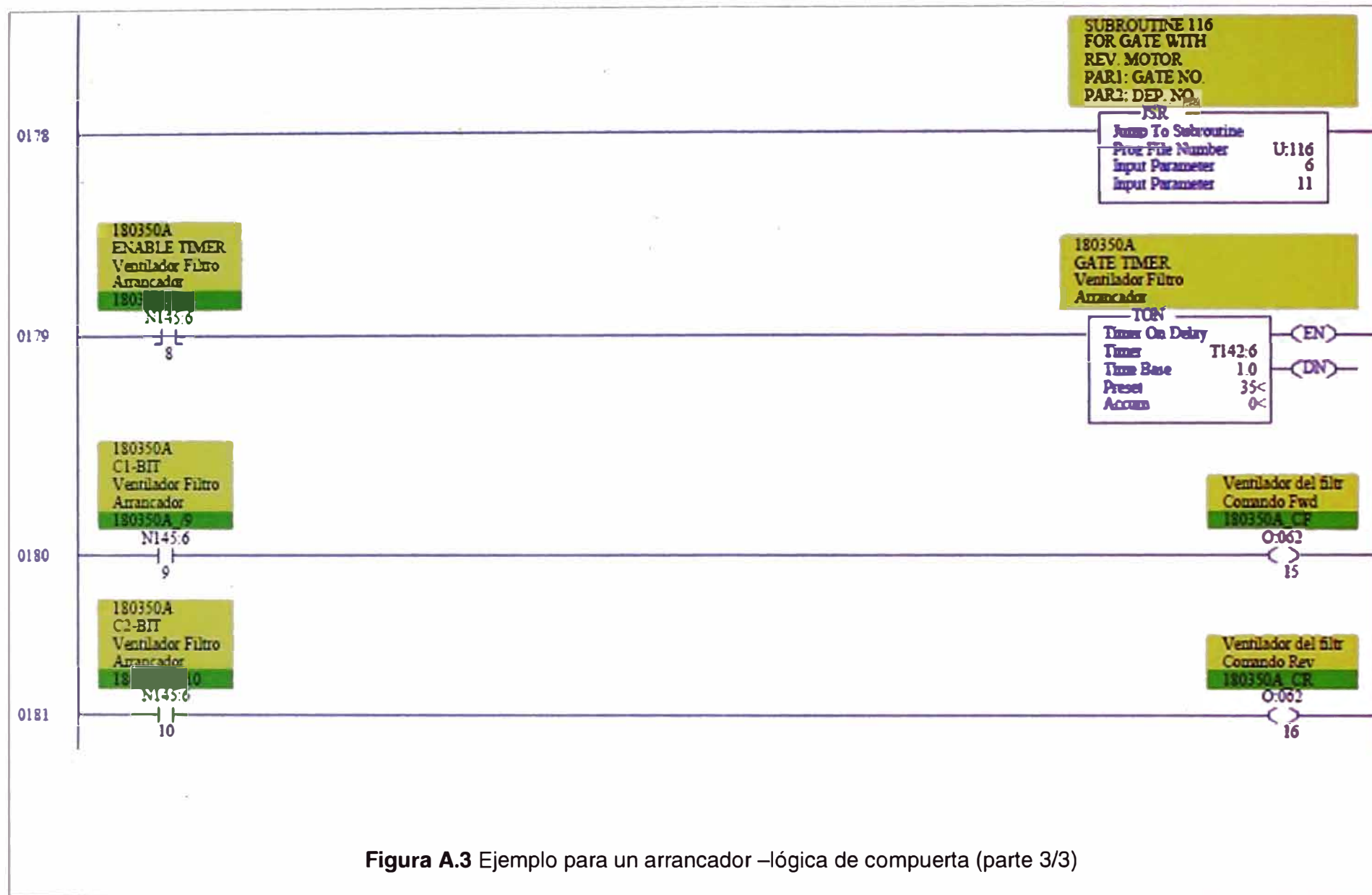


Figura A.3 Ejemplo para un arrancador –lógica de compuerta (parte 3/3)

ANEXO B
EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN DE TAGS

En este anexo se explican tres ejemplos configuración de tags (de punto) en SCADA de:

- Un grupo de motores.
- Un motor.
- Un arrancador.

B.1 Configuración de TAG para grupo de motores en SCADA

En esta sección se explica la configuración de un punto para un grupo de motores en el SCADA, en este caso corresponde al Grupo 4 Auxiliares.

En la Figura B.1 se muestra una pestaña de configuración general del punto. El campo "Identification" se define el nombre del punto (Point Code), su descripción por defecto (Default text) y una descripción alternativa (Local point text).

Figura B.1 Configuración general para Grupo 4 (Fuente: SCADA Pacasmayo)

Después de esto se tiene el campo "Eventing" en donde se configuran las características del comportamiento del punto en la cabecera de alarmas (Event algorithm,

Priority, Category) así como la inhabilitación de las alarmas (Alarm suppression point)

Finalmente se tiene el campo "Reporting" en donde se configura el comportamiento del archivado en la base de datos de los valores históricos del punto (Report suppression point) así como el algoritmo (Report algorithm) utilizado para reportar dichos valores (acumuladores, totalizadores, promedios).

En la Figura B.2 se muestra la configuración del algoritmo de conversión asociado y su comportamiento, en este caso se tienen el campo de tipo de interfaz (IF Type), en este caso la interfaz seleccionada (26-Abx) corresponde a un PLC-5, luego aparece el algoritmo de conversión (Conversion Algorithm), en este caso se ha seleccionado el correspondiente al grupo de motores (20-Group Status), luego existen dos campos los cuales no son usados para el algoritmo en mención.

The screenshot shows a software window titled "RM1_GRUP04" with a tabbed interface. The "Conversion" tab is active. It contains several dropdown menus for configuration: "IF Type" (26 - Abx), "Conversion algorithm" (20 - Group Status), "Value algorithm" (0 - No Algorithm), and "Block Algorithm" (0 - No Algorithm). Below these is a "Reference points" table with 10 rows, each with a "Point Code" and a "Constant" value of 0. On the right side, there are controls for "Value" (Dentro), "Status" (Normal), and a set of buttons: List, Delete, Reset, Cancel, and Apply.

Point Code	Constant
(1)	0
(2)	0
(3)	0
(4)	0
(5)	0
(6)	0
(7)	0
(8)	0
(9)	0
(10)	0

Figura B.2 Configuración algoritmo de conversión para Grupo 4 (Fuente: Ibídem)

Adicionalmente se tiene el campo "Reference Points", el cual para el algoritmo

seleccionado no es usado.

Finalmente en la Figura B.3 se tiene el bloque donde se configura el PLC y las respectivas direcciones de las cuales se va a extraer los datos. En este caso en el campo PLC se ha elegido el 10-ABPLC32, el cual corresponde al PLC del Molino de Crudo 1.

Type	File	Element	Bit
Input			
N-16bit	128	4	0
Output			
N-16bit	123	4	0
Parameter			
None	0	0	
Event			
Delta		Update Counts	
Raw	Scaled	0	
0	0.000		

Figura B.3 Configuración de direccionamiento para Grupo 4 (Fuente: Ibídem)

Luego se tiene el campo "Input" el cual corresponde a la dirección del cual se obtendrán los datos. Los datos obtenidos en esta dirección de memoria se utilizarán como MSW (Machine Status Word) por el algoritmo seleccionado en este caso el de Grupo de Motores.

Por último se tiene el campo "Output", el cual representa la dirección en la memoria del PLC sobre la cual se actuará al realizar alguna acción sobre este punto desde el SCADA. En este caso la única acción posible es Seleccionar el grupo, de acuerdo con la filosofía de control planteada.

B.2 Configuración de TAG para un motor en SCADA

En este caso se plantea un ejemplo de configuración de un motor en el SCADA. Para este caso corresponde al del motor 180110 Elevador Mollers.

Al igual que el ejemplo anterior, en la Figura B.4 se muestra una pestaña de configuración del punto, en el campo "Identification" se define el nombre del punto (Point

Code), su descripción por defecto (Default text) y una descripción alternativa (Local point text).

The screenshot shows a configuration window titled "180110" with a close button in the top right corner. The window has four tabs: "General", "Conversion", "Statistics", and "Hierarchy". The "General" tab is selected. The window is divided into three main sections: "Identification", "Eventing", and "Reporting".

- Identification:** Contains three text input fields. The first is labeled "Point Code" and contains "180110". The second is labeled "Default text" and contains "Elevador Mollers". The third is labeled "Local point text" and contains "Elevador Mollers". Below these is a label "IF Type:" followed by the value "26 - Abx".
- Eventing:** Contains four dropdown menus and two checkboxes. The first dropdown is labeled "Alarm suppression point" and is empty. The second is labeled "Event algorithm" and contains "2 - Logging and annunciation". The third is labeled "Priority" and contains "3 - Priority 3". The fourth is labeled "Category" and contains "2 - Process". Below these are two checkboxes: "Not suppressed by hierarchy" and "Downtime tracking", both of which are unchecked.
- Reporting:** Contains two dropdown menus. The first is labeled "Report suppression point" and is empty. The second is labeled "Report algorithm" and contains "2 - Continuous oper. hrs.".

On the right side of the window, there are three buttons: an up arrow, a down arrow, and a button with a list icon. Below these are two text input fields: "Value" containing "Dentro" and "Status" containing "Normal". At the bottom right, there are five buttons: "List", "Delete", "Reset", "Cancel", and "Apply".

Figura B.4 Configuración general para motor 180110 Elevador Mollers (Fuente: Íbidem)

Después de esto se tiene el campo "Eventing" en donde se configuran las características del comportamiento del punto en la cabecera de alarmas (Event algorithm, Priority, Category) así como la inhabilitación de las alarmas (Alarm suppression point)

Finalmente se tiene el campo "Reporting" en donde se configura el comportamiento del archivado en la base de datos de los valores históricos del punto (Report suppression point) así como el algoritmo (Report algorithm) utilizado para reportar dichos valores (acumuladores, totalizadores, promedios).

En la figura B.5 se muestra la configuración del algoritmo asociado y su comportamiento, en este caso se tienen el campo de tipo de interfaz (IF Type), en este caso la interfaz seleccionada (26-Abx) corresponde a un PLC-5, luego aparece el

algoritmo de conversión (Conversion Algorithm) en este caso se ha seleccionado el correspondiente a un motor (21-Unidirectional Motor), luego existen 2 campos los cuales no son usados para el algoritmo usado.

180110

General | Conversion | Statistics | Hierarchy

26 - Abx IF Type

21 - Unidirectional Motor Conversion algorithm

0 - No Algorithm Value algorithm

0 - No Algorithm Block Algorithm

Reference points

Point Code	Constant
(1)	0
(2)	0
(3)	0
(4)	0
(5)	0
(6)	0
(7)	0
(8)	0
(9)	0
(10)	0

Value: Dentro

Status: █ Normal

List

Delete

Reset

Cancel

Apply

Figura B.5 Configuración algoritmo de conversión para motor 180110 (Fuente: Ibídem)

Adicionalmente se tiene el campo Reference points, el cual para el algoritmo seleccionado no es usado.

Finalmente en la Figura B.6 se tiene el bloque donde se configura el PLC y las respectivas direcciones de las cuales se va a extraer los datos en este caso en el campo PLC se ha elegido el 10-ABPLC32, el cual corresponde al PLC del Molino de Crudo 1.

Luego se tiene el campo Input el cual corresponde a la dirección del cual se obtendrán los datos, los datos obtenidos en esta dirección de memoria se utilizarán como MSW (Machine Status Word) por el algoritmo seleccionado en este caso el de Motor.

Por último se tiene el campo Output, el cual representa la dirección en la memoria del

PLC sobre la cual se actuara al realizar alguna acción sobre este punto desde el SCADA, para este caso la única acción posible es la de arranque y parada local, de acuerdo con la filosofía de control planteada.

AB x Address Configuration

PointCode: 180110

PLC: 10-ABPLC32

Type	File	Element	Bit
Input			
N-16bit	138	11	0
Output			
N-16bit	133	11	10
Parameter			
None	0	0	
Event			
Delta			
Raw	Scaled	Update Counts	
0	0.000	0	

Buttons: Help, Apply, Reset

Figura B.6 Configuración de direccionamiento para motor 180110 (Fuente: Ibídem)

B.3 Configuración de TAG para un arrancador en SCADA

En este caso se muestra el ejemplo de configuración de un arrancador, el caso corresponde al motor del ejemplo anterior 180110 Elevador Mollers.

En la Figura B.7 se muestra una pestaña de configuración del punto, en el campo "Identification" se define el nombre del punto (Point Code), su descripción por defecto (Default text) y una descripción alternativa (Local point text).

Después de esto se tiene el campo Eventing en donde se configuran las características del comportamiento del punto en la cabecera de alarmas (Event algorithm, Priority, Category) así como la inhabilitación de las alarmas (Alarm suppression point)

Finalmente se tiene el campo "Reporting" en donde se configura el comportamiento del archivado en la base de datos de los valores históricos del punto (Report suppression point) así como el algoritmo (Report algorithm) utilizado para reportar dichos valores (acumuladores, totalizadores, promedios).

180110A

General | Conversion | Statistics | Hierarchy

Identification

180110A Point Code

Elevador Mollers, Arrancador Default text

Elevador Mollers, Arrancador Local point text

IF Type: 26 - Abx

Eventing

Alarm suppression point

2 - Logging and annunciation Event algorithm

3 - Priority 3 Priority

2 - Process Category

Not suppressed by hierachy

Downtime tracking

Reporting

Report suppression point

2 - Continuous oper. hrs. Report algorithm

Value: res min

Status: Normal

List

Delete

Reset

Cancel

Apply

Figura B.7 Configuración general para arrancador 180110^a (Fuente: Íbidem)

En la Figura B.8 se muestra la configuración del algoritmo asociado y su comportamiento. En este caso se tiene el campo de tipo de interfaz (IF Type), para el caso del ejemplo corresponde a la interfaz seleccionada (26-Abx) de un PLC-5. Luego aparece el algoritmo de conversión (Conversion Algorithm) en este caso se ha seleccionado el correspondiente a un arrancador (31-Motor Starter), luego existen 2 campos los cuales no son usados para el algoritmo usado.

Adicionalmente se tiene el campo Reference points, el cual para el algoritmo seleccionado no es usado.

Finalmente en la Figura B.9 se tiene el bloque donde se configura el PLC y las respectivas direcciones de las cuales se va a extraer los datos en este caso en el campo PLC se ha elegido el 10-ABPLC32, el cual corresponde al PLC del Molino de Crudo 1.

Luego se tiene el campo "Input" el cual corresponde a la dirección del cual se obtendrán los datos, los datos obtenidos en esta dirección de memoria se utilizarán como

MSW (Machine Status Word) por el algoritmo seleccionado en este caso el de Arrancador.

Por último se tiene el campo "Output", el cual representa la dirección en la memoria del PLC sobre la cual se actuara al realizar alguna acción sobre este punto desde el SCADA, a través del SCADA ninguna acción es posible, todo el funcionamiento se realiza a través del PLC.

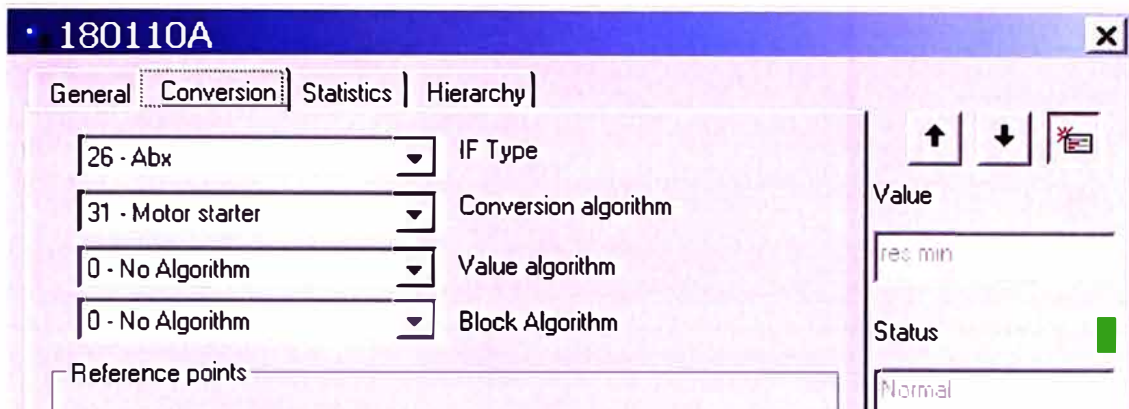


Figura B.8 Configuración algoritmo de conversión para arrancador (Fuente: Ibídem)

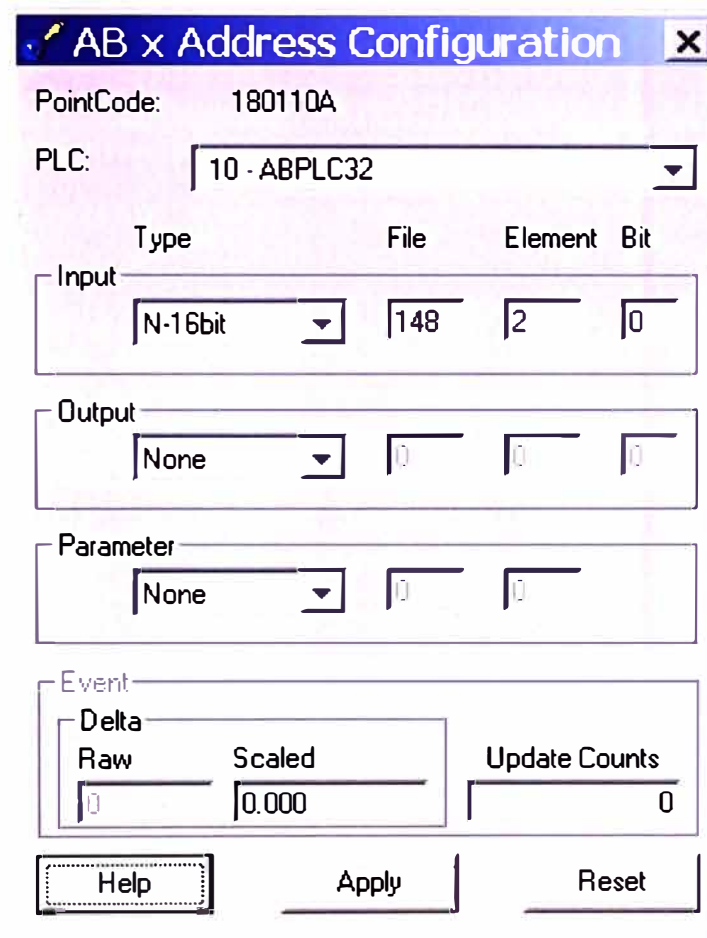


Figura B.9 Configuración de direccionamiento para arrancador (Fuente: Ibídem)

ANEXO C
PROTOCOLO DE PRUEBA DE SEÑALES

Tabla A.1 Protocolo de pruebas de señales (Fuente: Elaboración Propia)

TAG	Descripción 1	Descripción 2	I/O	Tipo	Dirección	Data File	Estado	Nota
180005_LSH	Tolva de caliza gruesa	Int. Nivel alto	PLCDI					Deshabilitada
180005_LSL	Tolva de caliza gruesa	Int. Nivel bajo	PLCDI					Deshabilitada
180005_L	Tolva de caliza gruesa	Nivel	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:01			Deshabilitada
-								
180015_HS	Vibrador Haver & Beacker	Paro emergencia	DI	110Vac	I:010/00	N133:1	OK	
180015_RDY	Vibrador Haver & Beacker	Listo	DI	110Vac	I:010/01		OK	
180015_R	Vibrador Haver & Beacker	Dentro	DI	110Vac	I:010/02		OK	
180015_C	Vibrador Haver & Beacker	Comando arranque	DO	110Vac	O:030/00		OK	
180015_S_SP	Vibrador Haver & Beacker	Setpoint vibración	OFE	Salida 4...20mA	OFE:046 Ch:01		OK	
180015_S	Vibrador Haver & Beacker	Vibración	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:02		OK	
-								
180020_HS	Trituradora Hazemang #2	Paro emergencia	DI	110Vac	I:010/03	N133:2	OK	
180020_RDY	Trituradora Hazemang #2	Listo	DI	110Vac	I:010/04		OK	
180020_R	Trituradora Hazemang #2	Dentro	DI	110Vac	I:010/05		OK	
180020_C	Trituradora Hazemang #2	Comando arranque	DO	110Vac	O:030/01		OK	
180020_I	Trituradora Hazemang #2	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:01		OK	
180020A_ZS_0	Trituradora Hazemang #2	Int. pos. cero	DI	110Vac	I:010/06	N143:1		Deshabilitada
180020A_ZS_MIN	Trituradora Hazemang #2	Int. resist. min.	DI	110Vac	I:010/07		OK	
180020A_ZS_MAX	Trituradora Hazemang #2	Int. resist. máx.	DI	110Vac	I:010/10		OK	
180020A_ZS_FIN	Trituradora Hazemang #2	Int. pos. final	DI	110Vac	I:010/11		OK	
180020A_TS	Trituradora Hazemang #2	Int. temp. electrolito	DI	110Vac	I:010/12		OK	

180020A_ZS_FWD	Trituradora Hazemang #2	Int. final carrera fwd.	DI	110Vac	I:010/13		OK	
180020A_ZS_REV	Trituradora Hazemang #2	Int. final carrera rev.	DI	110Vac	I:010/14		OK	
180020A_CF	Trituradora Hazemang #2	Comando forward	DO	110Vac	O:030/02		OK	
180020A_CR	Trituradora Hazemang #2	Comando reverse	DO	110Vac	O:030/03		OK	
-								
180025_HS	Elevador de caliza fina	Paro emergencia	DI	110Vac	I:010/15	N133:3	OK	
180025_RDY	Elevador de caliza fina	Listo	DI	110Vac	I:010/16		OK	
180025_R	Elevador de caliza fina	Dentro	DI	110Vac	I:010/17		OK	
180025_MD	Elevador de caliza fina	Detector movimiento	DI	110Vac	I:011/00		OK	
180025_C	Elevador de caliza fina	Mando arranque	DO	110Vac	O:030/04		OK	
180025_LSH	Elevador de caliza fina	Int. nivel bota	DI	110Vac	I:011/01		OK	
180025_I	Elevador de caliza fina	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:02		OK	
-								
180035_LSH	Tolva de caliza fina	Int. nivel alto	PLCI	110Vac				Deshabilitada
180035_LSL	Tolva de caliza fina	Int. nivel bajo	PLCI	110Vac				Deshabilitada
180035_L	Tolva de caliza fina	Nivel	IFE.d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:03			Deshabilitada
-								
180075_HS	Bza. de caliza fina	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:011/02	N133:4	OK	
180075_RDY	Bza. de caliza fina	Listo	DI	110Vac	I:011/03		OK	
180075_R	Bza. de caliza fina	Dentro	DI	110Vac	I:011/04		OK	
180075_C	Bza. de caliza fina	Comando de arranque	DO	110Vac	O:030/05		OK	
180075_FLT	Bza. de caliza fina	Int. falla Intecont	DI	110Vac	I:011/05		OK	
180075_DEV	Bza. de caliza fina	Int. desvío faja	DI	110Vac	I:011/06			Deshabilitada
180075_LSL	Bza. de caliza fina	Int. falta material	DI	110Vac	I:011/07			Deshabilitada
180075_RST	Bza. de caliza fina	Reset alarmas	DO	110Vac	O:030/06			Deshabilitada
180075_F	Bza. de caliza fina	Rate	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:04		OK	

180075_F_SP	Bza. de caliza fina	Setpoint	OFE	Salida 4...20mA	OFE:046 Ch:02		OK	
-								
180040_LSH	Tolva de fierro fino	Int. nivel alto	PLCDI					Deshabilitada
180040_LSL	Tolva de fierro fino	Int. nivel bajo	PLCDI					Deshabilitada
180040_L	Tolva de fierro fino	Nivel	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:05			Deshabilitada
-								
180080_HS	Bza. de fierro fino	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:011/10	N133:5	OK	
180080_RDY	Bza. de fierro fino	Térmico	DI	110Vac	I:011/11		OK	
180080_R	Bza. de fierro fino	Dentro	DI	110Vac	I:011/12		OK	
180080_C	Bza. de fierro fino	Comando de arranque	DO	110Vac	O:030/07		OK	
180080_FLT	Bza. de fierro fino	Int. falla Intecont	DI	110Vac	I:011/13		OK	
180080_DEV	Bza. de fierro fino	Int. desvío faja	DI	110Vac	I:011/14			Deshabilitada
180080_LSL	Bza. de fierro fino	Int. falta material	DI	110Vac	I:011/15			Deshabilitada
180080_RST	Bza. de fierro fino	Reset alarmas	DO	110Vac	O:030/10			Deshabilitada
180080_F	Bza. de fierro fino	Rate	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:06		OK	
180080_F_SP	Bza. de fierro fino	Setpoint	OFE	Salida 4...20mA	OFE:046 Ch:03		OK	
-								
180045_LSH	Tolva de arena	Int. nivel alto	DI	110Vac	I:011/16			Deshabilitada
180045_LSL	Tolva de arena	Int. nivel bajo	DI	110Vac	I:011/17			Deshabilitada
-								
180085_HS	Bza de arena	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:012/00	N133:6	OK	
180085_RDY	Bza de arena	Térmico	DI	110Vac	I:012/01		OK	
180085_R	Bza de arena	Dentro	DI	110Vac	I:012/02		OK	
180085_C	Bza de arena	Comando de arranque	DO	110Vac	O:030/11		OK	
180085_FLT	Bza de arena	Int. falla Intecont	DI	110Vac	I:012/03		OK	

180085_DEV	Bza de arena	Int. desvío faja	DI	110Vac	I:012/04			Deshabilitada
180085_LSL	Bza de arena	Int. falta material	DI	110Vac	I:012/05			Deshabilitada
180085_RST	Bza de arena	Reset alarmas	DO	110Vac	O:030/12			Deshabilitada
180085_F	Bza de arena	Rate	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:07		OK	
180085_F_SP	Bza de arena	Setpoint	OFE	Salida 4...20mA	OFE:046 Ch:04		OK	
-								
180050_LSH	Tolva de arcilla fina	Int. nivel alto	DI	110Vac	I:012/06			Deshabilitada
180050_LSL	Tolva de arcilla fina	Int. nivel bajo	DI	110Vac	I:012/07			Deshabilitada
-								
180090_HS	Bza de arcilla	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:012/10	N133:7	OK	
180090_RDY	Bza de arcilla	Térmico	DI	110Vac	I:012/11		OK	
180090_R	Bza de arcilla	Dentro	DI	110Vac	I:012/12		OK	
180090_C	Bza de arcilla	Comando de arranque	DO	110Vac	O:030/13		OK	
180090_FLT	Bza de arcilla	Int. falla Intecon	DI	110Vac	I:012/13		OK	
180090_DEV	Bza de arcilla	Int. desvío faja	DI	110Vac	I:012/14			Deshabilitada
180090_LSL	Bza de arcilla	Int. falta material	DI	110Vac	I:012/15			Deshabilitada
180090_RST	Bza de arcilla	Reset alarmas	DO	110Vac	O:030/14			Deshabilitada
180090_F	Bza de arcilla	Rate	IFE-d	Entrada 4...20mA	IFE:045 Ch:08		OK	
180090_F_SP	Bza de arcilla	Setpoint	OFE	Salida 4...20mA	OFE:047 Ch:01		OK	
-								
	Bza. Retrofit	Int. falla retrofit	DI	110Vac	I:012/16	N133:8		Deshabilitada
	Bza. Retrofit	Int. falta material	DI	110Vac	I:012/17			Deshabilitada
	Bza. Retrofit	Comando reset	DO	110Vac	O:030/15			Deshabilitada
	Bza. Retrofit	Rate	IFE-d	Entrada 4...20mA				Deshabilitada
-								

	Muestreador	Listo CP	DI	110Vac	I:013/00	N133:9		Deshabilitada
	Muestreador	Dentro Screw	DI	110Vac	I:013/01			Deshabilitada
	Muestreador	Comando Screw	DO	110Vac	O:030/16			Deshabilitada
	Muestreador	Comando Tubo muestr.	DO	110Vac	O:030/17			Deshabilitada
	Muestreador	Comando Tubo reposo	DO	110Vac	O:031/00			Deshabilitada
	Muestreador	Comando lámpara	DO	110Vac	O:031/01			Deshabilitada
	Muestreador	Int. límite superior	DI	110Vac	I:013/02			Deshabilitada
	Muestreador	Int. límite inferior	DI	110Vac	I:013/03			Deshabilitada
	Muestreador	Int. muestra recogida	DI	110Vac	I:013/04			Deshabilitada
-								
180100_HS	Faja transp. a la salida de bzas.	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:013/05	N133:10	OK	
180100_RDY	Faja transp. a la salida de bzas.	Térmico	DI	110Vac	I:013/06		OK	
180100_R	Faja transp. a la salida de bzas.	Dentro	DI	110Vac	I:013/07		OK	
180100_MD	Faja transp. a la salida de bzas.	Motion	DI	110Vac	I:013/10		OK	
180100_C	Faja transp. a la salida de bzas.	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/02		OK	
180100_DEV	Faja transp. a la salida de bzas.	Int. desvío	DI	110Vac	I:013/11		OK	
180100_I	Faja transp. a la salida de bzas.	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:03		OK	
-								
180105_HS	Faja transportadora	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:013/12	N133:11	OK	
180105_RDY	Faja transportadora	Térmico	DI	110Vac	I:013/13		OK	
180105_R	Faja transportadora	Dentro	DI	110Vac	I:013/14		OK	
180105_MD	Faja transportadora	Motion	DI	110Vac	I:013/15		OK	
180105_C	Faja transportadora	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/03		OK	
180105_DEV	Faja transportadora	Int. desvío	DI	110Vac	I:013/16		OK	
180105_I	Faja transportadora	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:04		OK	

-								
180110_HS	Elevador Mollers, Motor	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:013/17	N133:12	OK	
180110_RDY	Elevador Mollers, Motor	Térmico	DI	110Vac	I:014/00		OK	
180110_R	Elevador Mollers, Motor	Dentro	DI	110Vac	I:014/01		OK	
180110_MD	Elevador Mollers, Motor	Motion	DI	110Vac	I:014/02		OK	
180110_C	Elevador Mollers, Motor	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/04		OK	
180110_LSH	Elevador Mollers, Motor	Int. atoro	DI	110Vac	I:014/03		OK	
180110_I	Elevador Mollers, Motor	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:05		OK	
180110_CF	Elevador Mollers, Arrancador	Comando Fwd	DO	110Vac	O:031/05	N143:2	OK	
180110_CR	Elevador Mollers, Arrancador	Comando Rev	DO	110Vac	O:031/06		OK	
180110_ZS_INI	Elevador Mollers, Arrancador	Int. pos. 0	DI	110Vac	I:014/04		OK	
180110_ZS_MIN	Elevador Mollers, Arrancador	Int. resist. min.	DI	110Vac	I:014/05		OK	
180110_ZS_MAX	Elevador Mollers, Arrancador	Int. resist. máx.	DI	110Vac	I:014/06		OK	
180110_ZS_FIN	Elevador Mollers, Arrancador	Int. pos. final	DI	110Vac	I:014/07		OK	
180110_TS	Elevador Mollers, Arrancador	Int. temp. electrolito	DI	110Vac	I:014/10		OK	
180110_ZS_FWD	Elevador Mollers, Arrancador	Int. final carrera fwd.	DI	110Vac	I:014/11		OK	
180110_ZS_REV	Elevador Mollers, Arrancador	Int. final carrera rev.	DI	110Vac	I:014/12		OK	
-								
180125_HS	Zaranda Niágara A	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:014/13	N133:13	OK	
180125_RDY	Zaranda Niágara A	Térmico	DI	110Vac	I:014/14		OK	
180125_R	Zaranda Niágara A	Dentro	DI	110Vac	I:014/15		OK	
180125_C	Zaranda Niágara A	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/07		OK	
180125_I	Zaranda Niágara A	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:06		OK	
-								
180130_HS	Zaranda Niágara B	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:014/16	N133:14	OK	
180130_RDY	Zaranda Niágara B	Térmico	DI	110Vac	I:014/17		OK	
180130_R	Zaranda Niágara B	Dentro	DI	110Vac	I:015/00		OK	

180130_C	Zaranda Niágara B	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/10		OK	
180130_I	Zaranda Niágara B	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:07		OK	
-								
180145_HS	Ventilador de canaletas 6408C y 6408D	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:015/01	N133:15	OK	
180145_RDY	Ventilador de canaletas 6408C y 6408D	Térmico	DI	110Vac	I:015/02		OK	
180145_R	Ventilador de canaletas 6408C y 6408D	Dentro	DI	110Vac	I:015/03		OK	
180145_C	Ventilador de canaletas 6408C y 6408D	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/11		OK	
-								
180150_HS	Separador Krupp A, Motor	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:015/04	N133:16	OK	
180150_RDY	Separador Krupp A, Motor	Térmico	DI	110Vac	I:015/05		OK	
180150_R	Separador Krupp A, Motor	Dentro	DI	110Vac	I:015/06		OK	
180150_C	Separador Krupp A, Motor	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/12		OK	
180150_I	Separador Krupp A, Motor	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:08		OK	
180150_CF	Separador Krupp A, Arrancador	Comando Fwd	DO	110Vac	O:031/13	N143:3	OK	
180150_CR	Separador Krupp A, Arrancador	Comando Rev	DO	110Vac	O:031/14		OK	
180150_ZS_INI	Separador Krupp A, Arrancador	Int. pos. 0	DI	110Vac	I:015/07		OK	
180150_ZS_MIN	Separador Krupp A, Arrancador	Int. resist. min.	DI	110Vac	I:015/10		OK	
180150_ZS_MAX	Separador Krupp A, Arrancador	Int. resist. máx.	DI	110Vac	I:015/11		OK	
180150_ZS_FIN	Separador Krupp A, Arrancador	Int. pos. final	DI	110Vac	I:015/12		OK	
180150_TS	Separador Krupp A, Arrancador	Int. temp. electrolito	DI	110Vac	I:015/13		OK	
180150_ZS_FWD	Separador Krupp A, Arrancador	Int. final carrera fwd.	DI	110Vac	I:015/14		OK	
180150_ZS_REV	Separador Krupp A, Arrancador	Int. final carrera rev.	DI	110Vac	I:015/15		OK	
-								
180165_HS	Bomba Fuller	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:015/16	N133:17	OK	

180165_RDY	Bomba Fuller	Térmico	DI	110Vac	I:015/17		OK
180165_RDY	Bomba Fuller	Dentro	DI	110Vac	I:016/00		OK
180165_C	Bomba Fuller	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/15		OK
180165_I	Bomba Fuller	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:09		OK
180165_P1	Bomba Fuller	Int. Presion de sello	DI	110Vac	I:016/01		OK
180165_P2	Bomba Fuller	Int. Presion	DI	110Vac	I:016/02		OK
-							
180170_HS	Separador Krupp B, Motor	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:016/03	N133:18	OK
180170_RDY	Separador Krupp B, Motor	Térmico	DI	110Vac	I:016/04		OK
180170_R	Separador Krupp B, Motor	Dentro	DI	110Vac	I:016/05		OK
180170_C	Separador Krupp B, Motor	Comando de arranque	DO	110Vac	O:031/16		OK
180170_I	Separador Krupp B, Motor	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:10		OK
180170_CF	Separador Krupp B, Arrancador	Comando Fwd	DO	110Vac	O:031/17	N143:4	OK
180170_CR	Separador Krupp B, Arrancador	Comando Rev	DO	110Vac	O:032/00		OK
180170_ZS_INI	Separador Krupp B, Arrancador	Int. pos. 0	DI	110Vac	I:016/06		OK
180170_ZS_MIN	Separador Krupp B, Arrancador	Int. resist. min.	DI	110Vac	I:016/07		OK
180170_ZS_MAX	Separador Krupp B, Arrancador	Int. resist. máx.	DI	110Vac	I:016/10		OK
180170_ZS_FIN	Separador Krupp B, Arrancador	Int. pos. final	DI	110Vac	I:016/11		OK
180170_TS	Separador Krupp B, Arrancador	Int. temp. electrolito	DI	110Vac	I:016/12		OK
180170_ZS_FWD	Separador Krupp B, Arrancador	Int. final carrera fwd.	DI	110Vac	I:016/13		OK
180170_ZS_REV	Separador Krupp B, Arrancador	Int. final carrera rev.	DI	110Vac	I:016/14		OK
-							
180155_HS	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:016/15	N133:19	OK
180155_RDY	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Térmico	DI	110Vac	I:016/16		OK
180155_R	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Dentro	DI	110Vac	I:016/17		OK
180155_C	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/01		OK
180155_PS	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Int. presión	DI	110Vac	I:017/00		OK

180155_T	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Temperatura	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:11		OK	
180155_P	Bomba lubric. del reductor del 6409A	Presión	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:12		OK	
-								
180175_HS	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:017/01	N133:20	OK	
180175_RDY	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Térmico	DI	110Vac	I:017/02		OK	
180175_R	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Dentro	DI	110Vac	I:017/03		OK	
180175_C	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/02		OK	
180175_PS	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Int. presión	DI	110Vac	I:017/04		OK	
180175_T	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Temperatura	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:13		OK	
180175_P	Bomba lubric. del reductor del 6409B	Presión	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:14		OK	
-								
180200_HS	Ventilador de Canaleta 6409	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:017/05	N133:21	OK	
180200_RDY	Ventilador de Canaleta 6409	Térmico	DI	110Vac	I:017/06		OK	
180200_R	Ventilador de Canaleta 6409	Dentro	DI	110Vac	I:017/07		OK	
180200_C	Ventilador de Canaleta 6409	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/03		OK	
-								
180205_HS	Faja transp. retorno de gruesos al molino	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:017/10	N133:22	OK	
180205_RDY	Faja transp. retorno de gruesos al molino	Térmico	DI	110Vac	I:017/11		OK	
180205_R	Faja transp. retorno de gruesos al molino	Dentro	DI	110Vac	I:017/12		OK	
180205_MD	Faja transp. retorno de gruesos al molino	Motion	DI	110Vac	I:017/13		OK	
180205_C	Faja transp. retorno de gruesos al molino	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/04		OK	
180205_DEV	Faja transp. retorno de gruesos al	Int. desvío	DI	110Vac	I:017/14		OK	

	molino							
180205_I	Faja transp. retorno de gruesos al molino	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:15		OK	
-								
180210_LD	Molino de Crudo # 1	Carga	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:041 Ch:16		OK	
180210_T1	Molino de Crudo # 1	Temp. Chumac. Entrada	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:01		OK	
180210_T2	Molino de Crudo # 1	Temp. Chumac. Salida	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:02		OK	
180210_T3	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:03		OK	
180210_T4	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:04		OK	
180210_T5	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:05		OK	
180210_T6	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:06		OK	
180210_T7	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:07		OK	
180210_T8	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:08		OK	
180210_T9	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:09		OK	
180210_T10	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:10		OK	
180210_T11	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:11		OK	
180210_T12	Molino de Crudo # 1	Devanado del motor	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:12		OK	
180210_T13	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Derecho 1	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:13		OK	
180210_T14	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc.	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042		OK	

		Derecho 2			Ch:14			
180210_T15	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Derecho 3	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:15		OK	
180210_T16	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Derecho 4	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:042 Ch:16		OK	
180210_T17	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Derecho 5	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:01		OK	
180210_T18	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Derecho 6	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:02		OK	
180210_T19	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Izquierdo 1	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:03		OK	
180210_T20	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Izquierdo 2	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:04		OK	
180210_T21	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Izquierdo 3	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:05		OK	
180210_T22	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Izquierdo 4	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:06		OK	
180210_T23	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Izquierdo 5	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:07		OK	
180210_T24	Molino de Crudo # 1	Temp. Reduc. Izquierdo 6	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:08		OK	
180210_T25	Molino de Crudo # 1	Temp. Gases Salida	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:09		OK	
180210_T26	Molino de Crudo # 1	Temp. Material Salida	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:10		OK	
180210_P	Molino de Crudo # 1	Presión Gases Salida	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:11		OK	
-								
180210A_HS	Accionamientos izq. y der. (motor-reductor)	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:017/15	N133:23	OK	
180210A_R	Accionamientos izq. y der. (motor-reductor)	Dentro	DI	110Vac	I:017/16		OK	
180210A_C1	Accionamientos izq. y der. (motor-	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/05		OK	

	reductor)							
180210A_C2	Accionamientos izq. y der. (motor-reductor)	Comando de parada	DO	110Vac	O:032/06		OK	
180210A_MAN	Accionamientos izq. y der. (motor-reductor)	Int. seccionador manual	DI	110Vac	I:017/17		OK	
180210A_RDY	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Térmico	DI	110Vac	I:020/00		OK	
180210A_CF	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Comando Fwd.	DO	110Vac	O:032/07	N143:5	OK	
180210A_CR	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Comando Rev.	DO	110Vac	O:032/10		OK	
180210A_ZS0	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Int. pos. 0	DI	110Vac	I:020/01		OK	
180210A_ZSMAX	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Int. resist. máx.	DI	110Vac	I:020/02		OK	
180210A_ZSMIN	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Int. resist. min.	DI	110Vac	I:020/03		OK	
180210A_LS1	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Int. nivel electrolito	DI	110Vac	I:020/04		OK	
180210A_LS2	Accionamientos izq. y der. (arrancador)	Int. limit switch	DI	110Vac	I:020/05		OK	
-								
180215_RDY	Accionamientos izq. (motor-reductor)	Térmico 1	DI	110Vac	I:020/06		OK	
180215_IS	Accionamientos izq. (motor-reductor)	Int. sobrecorriente 1	DI	110Vac	I:020/07		OK	
180215_I	Accionamientos izq. (motor-reductor)	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:12			Deshabilitado
180215_W	Accionamientos izq. (motor-reductor)	Potencia	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:13			Deshabilitado
-								
180225_RDY	Accionamientos der. (motor-reductor)	Térmico 2	DI	110Vac	I:020/10		OK	

180225_IS	Accionamientos der. (motor-reductor)	Int. sobrecorriente 2	DI	110Vac	I:020/11		OK	
180225_I	Accionamientos der. (motor-reductor)	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:14			Deshabilitado
-								
180250_HS	Accionamiento auxiliar Krupp (motor-reductor)	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:020/12	N133:24	OK	
180250_RDY	Accionamiento auxiliar Krupp (motor-reductor)	Térmico	DI	110Vac	I:020/13		OK	
180250_R	Accionamiento auxiliar Krupp (motor-reductor)	Dentro	DI	110Vac	I:020/14		OK	
180250_C	Accionamiento auxiliar Krupp (motor-reductor)	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/11		OK	
-								
180260_HS	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:020/15	N133:25		Deshabilitada
180260_RDY	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	Térmico	DI	110Vac	I:020/16			Deshabilitada
180260_R	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	Dentro	DI	110Vac	I:020/17			Deshabilitada
180260_C	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/12			Deshabilitada
180260_T	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	Temperatura	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:15			Deshabilitada
180260_P	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	Presión	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:043 Ch:16			Deshabilitada
-								
180265_HS	Bomba lubric. catalina lado accmto. der. Stand by	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:021/00	N133:26		Deshabilitada
180265_RDY	Bomba lubric. catalina lado accmto. der. Stand by	Térmico	DI	110Vac	I:021/01			Deshabilitada
180265_R	Bomba lubric. catalina lado accmto. der. Stand by	Dentro	DI	110Vac	I:021/02			Deshabilitada

180265_C	Bomba lubric. catalina lado accmnto. der. Stand by	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/13			Deshabilitada
-								
180235_HS	Bomba lubric. reductores principales E	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:021/03	N133:27	OK	
180235_RDY	Bomba lubric. reductores principales E	Térmico	DI	110Vac	I:021/04		OK	
180235_R	Bomba lubric. reductores principales E	Dentro	DI	110Vac	I:021/05		OK	
180235_C	Bomba lubric. reductores principales E	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/14		OK	
180235_T	Bomba lubric. reductores principales E	Temperatura	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:01		OK	
180235_P	Bomba lubric. reductores principales E	Presión	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:02		OK	
-								
180240_HS	Bomba lubric. reductores principales F	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:021/06	N133:28	OK	
180240_RDY	Bomba lubric. reductores principales F	Térmico	DI	110Vac	I:021/07		OK	
180240_R	Bomba lubric. reductores principales F	Dentro	DI	110Vac	I:021/10		OK	
180240_C	Bomba lubric. reductores principales F	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/15		OK	
180240_T	Bomba lubric. reductores principales F	Temperatura	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:03		OK	
180240_P	Bomba lubric. reductores principales F	Presión	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:04		OK	
-								
180270_HS	Bomba lubric. catalina lado accmnto. izq.	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:021/11	N133:29		Deshabilitada
180270_RDY	Bomba lubric. catalina lado accmnto. izq.	Térmico	DI	110Vac	I:021/12			Deshabilitada

180270_R	Bomba lubric. catalina lado accmto. izq.	Dentro	DI	110Vac	I:021/13			Deshabilitada
180270_C	Bomba lubric. catalina lado accmto. izq.	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/16			Deshabilitada
180270_T	Bomba lubric. catalina lado accmto. izq.	Temperatura	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:05			Deshabilitada
180270_P	Bomba lubric. catalina lado accmto. izq.	Presión	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:06			Deshabilitada
-								
180295_HS	Ventilador de Canaleta 6412	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:021/14	N133:30	OK	
180295_RDY	Ventilador de Canaleta 6412	Térmico	DI	110Vac	I:021/15		OK	
180295_R	Ventilador de Canaleta 6412	Dentro	DI	110Vac	I:021/16		OK	
180295_C	Ventilador de Canaleta 6412	Comando de arranque	DO	110Vac	O:032/17		OK	
-								
180360_HS	Ventilador de la canaleta 6415	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:021/17	N133:31	OK	
180360_RDY	Ventilador de la canaleta 6415	Térmico	DI	110Vac	I:022/00		OK	
180360_R	Ventilador de la canaleta 6415	Dentro	DI	110Vac	I:022/01		OK	
180360_C	Ventilador de la canaleta 6415	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/00		OK	
-								
180370_HS	Ventilador de la canaleta 6415A	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:022/02	N133:32	OK	
180370_RDY	Ventilador de la canaleta 6415A	Térmico	DI	110Vac	I:022/03		OK	
180370_R	Ventilador de la canaleta 6415A	Dentro	DI	110Vac	I:022/04		OK	
180370_C	Ventilador de la canaleta 6415A	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/01		OK	
-								
180315_P1	Filtro de mangas	Presión entrada	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:07		OK	
180315_P2	Filtro de mangas	Presión Salida	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:08		OK	
180315_T	Filtro de mangas	Temperatura Entrada	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:09		OK	

-								
180320_HS	Sistema golpeador A del filtro	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:022/05	N133:33	OK	
180320_RDY	Sistema golpeador A del filtro	Térmico	DI	110Vac	I:022/06		OK	
180320_R	Sistema golpeador A del filtro	Dentro	DI	110Vac	I:022/07		OK	
180320_MD	Sistema golpeador A del filtro	Motion	DI	110Vac	I:022/10		OK	
180320_C	Sistema golpeador A del filtro	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/02		OK	
-								
180325_HS	Sistema golpeador B del filtro	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:022/11	N133:34	OK	
180325_RDY	Sistema golpeador B del filtro	Térmico	DI	110Vac	I:022/12		OK	
180325_R	Sistema golpeador B del filtro	Dentro	DI	110Vac	I:022/13		OK	
180325_MD	Sistema golpeador B del filtro	Motion	DI	110Vac	I:022/14		OK	
180325_C	Sistema golpeador B del filtro	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/03		OK	
-								
180330_HS	Rosca transp. del filtro 6418A	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:022/15	N133:35	OK	
180330_RDY	Rosca transp. del filtro 6418A	Térmico	DI	110Vac	I:022/16		OK	
180330_R	Rosca transp. del filtro 6418A	Dentro	DI	110Vac	I:022/17		OK	
180330_MD	Rosca transp. del filtro 6418A	Motion	DI	110Vac	I:023/00		OK	
180330_C	Rosca transp. del filtro 6418A	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/04		OK	
-								
180335_HS	Rosca transp. del filtro 6418B	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:023/01	N133:36	OK	
180335_RDY	Rosca transp. del filtro 6418B	Térmico	DI	110Vac	I:023/02		OK	
180335_R	Rosca transp. del filtro 6418B	Dentro	DI	110Vac	I:023/03		OK	
180335_MD	Rosca transp. del filtro 6418B	Motion	DI	110Vac	I:023/04		OK	
180335_C	Rosca transp. del filtro 6418B	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/05		OK	
-								
180340_HS	Compuerta motorizada de balancín E	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:023/05		OK	Deshabilitada
180340_RDY	Compuerta motorizada de balancín E	Térmico	DI	110Vac	I:023/06		OK	Deshabilitada

180340_R	Compuerta motorizada de balancín E	Dentro	DI	110Vac	I:023/07		OK	Deshabilitada
180340_MD	Compuerta motorizada de balancín E	Motion	DI	110Vac	I:023/10		OK	Deshabilitada
180340_C	Compuerta motorizada de balancín E	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/06		OK	Deshabilitada
-								
180345_HS	Compuerta motorizada de balancín F	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:023/11		OK	Deshabilitada
180345_RDY	Compuerta motorizada de balancín F	Térmico	DI	110Vac	I:023/12		OK	Deshabilitada
180345_R	Compuerta motorizada de balancín F	Dentro	DI	110Vac	I:023/13		OK	Deshabilitada
180345_MD	Compuerta motorizada de balancín F	Motion	DI	110Vac	I:023/14		OK	Deshabilitada
180345_C	Compuerta motorizada de balancín F	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/07		OK	Deshabilitada
-								
180350_HS	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	Paro de emergencia	DI	110Vac	I:023/15	N133:37	OK	
180350_RDY	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	Térmico	DI	110Vac	I:023/16		OK	
180350_R	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	Dentro	DI	110Vac	I:023/17		OK	
180350_C	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	Comando de arranque	DO	110Vac	O:033/10		OK	
180350_I	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	Corriente	IFE-s	Entrada 4...20mA	IFE:044 Ch:10		OK	
180350_CF	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Comando Fwd	DO	110Vac	O:033/11	N143:6	OK	
180350_CR	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Comando Rev	DO	110Vac	O:033/12		OK	
180350_ZS_INI	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. pos. 0	DI	110Vac	I:024/00		OK	
180350_ZS_MIN	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. resist. min.	DI	110Vac	I:024/01		OK	

180350_ZS_MAX	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. resist. máx.	DI	110Vac	I:024/02		OK	
180350_ZS_FIN	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. pos. final	DI	110Vac	I:024/03		OK	
180350_TS	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. temp. electrolito	DI	110Vac	I:024/04		OK	
180350_ZS_FWD	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. final carrera fwd.	DI	110Vac	I:024/05		OK	
180350_ZS_REV	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	Int. final carrera rev.	DI	110Vac	I:024/06		OK	
180000_SIRENA1	Sirena # 1	Comando	DO	110Vac	O:033/13		OK	
180000_SIRENA2	Sirena # 2	Comando	DO	110Vac	O:033/14		OK	

ANEXO D
PROTOCOLO DE PRUEBA DE MOTORES

Tabla B.1 Protocolo de pruebas de motores (Fuente: Elaboración propia)

TAG	Descripción	Data File	Local	Grupo	Nota
180015	Vibrador Haver & Beacker	N133:1	OK	OK	
180020	Trituradora Hazemang #2	N133:2	OK	OK	
180020A	Trituradora Hazemang #2, Arrancador	N143:1	OK	OK	
180025	Elevador de caliza fina	N133:3	OK	OK	
180075	Bza. de caliza fina	N133:4	OK	OK	
180080	Bza. de fierro fino	N133:5	OK	OK	
180085	Bza de arena	N133:6	OK	OK	
180090	Bza de arcilla	N133:7	OK	OK	
180100	Faja transp. a la salida de bzas.	N133:10	OK	OK	
180105	Faja transportadora	N133:11	OK	OK	
180110	Elevador Mollers, Motor	N133:12	OK	OK	
180110A	Elevador Mollers, Arrancador	N143:2	OK	OK	
180125	Zaranda Niágara A	N133:13	OK	OK	
180130	Zaranda Niágara B	N133:14	OK	OK	
180145	Ventilador de canaletas 6408C y 6408D	N133:15	OK	OK	
180150	Separador Krupp A, Motor	N133:16	OK	OK	
180150A	Separador Krupp A, Arrancador	N143:3	OK	OK	
190165	Bomba Fuller	N133:17	OK	OK	
180170	Separador Krupp B, Motor	N133:18	OK	OK	
180170A	Separador Krupp B, Arrancador	N143:4	OK	OK	
180155	Bomba lubric. del reductor del 6409A	N133:19	OK	OK	
180175	Bomba lubric. del reductor del 6409B	N133:20	OK	OK	

180200	Ventilador de Canaleta 6409	N133:21	OK	OK	
180205	Faja transp. retorno de gruesos al molino	N133:22	OK	OK	
180210	Molino	N133:23	OK	OK	
180210A	Molino (arrancador)	N143:5	OK	OK	
180250	Accionamiento auxiliar Krupp (motor-reductor)	N133:24	OK	OK	
180260	Bomba lubric. catalina lado accmto. der.	N133:25			Deshabilitada
180265	Bomba lubric. catalina lado accmto. der. Stand by	N133:26			Deshabilitada
180235	Bomba lubric. reductores principales E	N133:27	OK	OK	
180240	Bomba lubric. reductores principales F	N133:28	OK	OK	
180270	Bomba lubric. catalina lado accmto. izq.	N133:29			Deshabilitada
180295	Ventilador de Canaleta 6412	N133:30	OK	OK	
180360	Ventilador de la canaleta 6415	N133:31	OK	OK	
180370	Ventilador de la canaleta 6415A	N133:32	OK	OK	
180320	Sistema golpeador A del filtro	N133:33	OK	OK	
180325	Sistema golpeador B del filtro	N133:34	OK	OK	
180330	Rosca transp. del filtro 6418A	N133:35	OK	OK	
180335	Rosca transp. del filtro 6418B	N133:36	OK	OK	
180340	Compuerta motorizada de balancín E				Deshabilitada
180345	Compuerta motorizada de balancín F				Deshabilitada
180350	Ventilador del filtro 6418A y 6418B	N133:37	OK	OK	
180350A	Ventilador del filtro 6418A y 6418B Arrancador	N143:6	OK	OK	

ANEXO E
DETALLE DE COSTOS DE MATERIALES Y EQUIPOS

Tabla C.1 Materiales (Fuente: Sistema SAP Pacasmayo)

CODIGO CPSAA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	C/U	TOTAL (\$)
709-00626	CABLE APANTALLADO 8PX18AWG	305	M	5.86	1,787.30
709-00309	CABLE APANTALLADO 2X 16 TIP.BELDEN 8719	305	M	1.43	436.15
718-00172	BORNE INDIVID COLOR BEIGE 8WA1011-1DF11	300	PZA	0.56	168.00
718-00217	BORNE PORTAFUSIBLE 8WA1-011-1SF12	100	PZA	3.10	310.00
718-00202	ESCUADRA FINAL P'FIJAR BORNES 8WA1-808	50	PZA	0.70	35.00
718-00217	BORNE PORTA FUSIBLE 8WA1-011-1SF12	140	PZA	4.05	567.00
718-00178	BORNE INDIV VERDE/AMAILL 8WA1-011-1PF11	110	PZA	1.04	114.40
718-00202	ESCUADRA FINAL P'FIJAR BORNES 8WA1-808	45	PZA	0.93	41.85
718-00203	PLAQUITA FINAL 8WA1-806 21X42MM	45	PZA	0.71	31.95
718-01091	ROTULO HORIZONTAL 1-40 8WA8-861-OAC	27	PQT	7.39	199.53
718-01122	ROTULO HORIZONTAL 41-100 8WA-8868-1DB	2	PQT	3.69	7.38
718-01073	ROTULO HORIZONTAL BLANCO 8WA-8848-2AY	18	PQT	3.69	66.42
709-00320	CABLE BELDEN 8P X 18 AWG	305	M	9.58	2,922.32
709-00063	CABLE ELECTRICO GPT 1X16AWG - BLANCO	400	M	0.18	72.00
709-00063	CABLE ELECTRICO GPT 1X16AWG - AZUL	400	M	0.18	72.00
709-00063	CABLE ELECTRICO GPT 1X16AWG - V/AM	400	M	0.18	72.00
721-00290	FUSIBLE DE VIDRIO 63MA 5X20mm	70	PZA	0.16	11.20
721-00249	FUSIBLE DE VIDRIO 2A 5X20mm	70	PZA	0.15	10.50
730-00010	ATADOR DE CABLE PLASTICO 102X3mm	300	PZA	0.01	3.00
730-00242	ATADOR DE CABLE TIE-NAT 193X3mm	600	PZA	0.02	12.00
730-00257	ATADOR DE CABLE TIE-NAT 282X5mm	600	PZA	0.04	24.00
730-00037	CINTA AISLANTE SCOTCH SUPER 3M N33	6	ROL	4.00	24.00
730-00327	ATADOR CABLE AUTOADHESIVO HC-102 KSS	200	PZA	0.10	20.00
718-00049	RIEL PORTABORNERAS SIEMENS GALV.5ST1141	6	PZA	4.02	24.12
295-00211	CANALETA PLAS RANURADA 65mmX65mmX2m	6	PZA	10.72	64.32
295-00659	CANALETA PLAS RANURADA 100mmX100mmX2m	4	PZA	32.84	131.36
703-01422	ATADOR DE CABLE AUTOADHESIVO 28X28mm	200	PZA	0.11	22.00
703-01423	ATADOR DE CABLE AUTOADHESIVO 19X19mm	200	PZA	0.08	16.00
730-00322	PLACA MARCADORA DE CABLE KSS TIP MT-1	200	PZA	0.05	10.00
730-00323	PLACA MARCADORA DE CABLE KSS TIP MT-2	200	PZA	0.06	12.00
712-01726	INTERRUPTOR AUTOM 5SX2120-7 1x20A	5	PZA	9.20	46.00
712-00648	INTERRUPTOR AUTOM 5SX2110-7 1x10A	5	PZA	8.55	42.75
712-01134	INTERRUPTOR AUTOM 5SX2106-7 1x6A	1	PZA	9.26	9.26
712-00646	INTERRUPTOR AUTOM 5SX2102-7 1x2A	1	PZA	9.63	9.63
709-00248	CABLE ELECTRICO CONTROL NYY 7X1.5MM2	350	MT	4.42	1,547.00
TOTAL					\$ 8,942.44

Tabla C.2 Equipos (Fuente: Sistema SAP Pacasmayo)

CODIGO CPSAA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	C/U	TOTAL (\$)
780-00193	TRANSFORMADOR MONOFASICO 2KVA	1	PZA	161.05	161.05
706-00321	1500VA ON-LINE S4K SERIES UPS	1	PZA	1693.73	1,693.73
716-00634	TABLERO 1800X2000X500MM MARCA RITTAL	1	PZA	2868.52	2,868.52
693-00006	FUENTE DE ALIMENTACION	1	PZA	108.95	108.95
716-00627	TRANSMISOR PRESION 0-100PSI 4-20mA	4	PZA	325.00	1,300.00
170-00373	MODULO DE ENTRADA DIGITAL 1771-ID16	13	PZA	598.40	7,779.20
170-00372	MODULO DE SALIDA DIGITAL OD16	4	PZA	918.00	3,672.00
170-00468	MODULO ENTRADA ANALOGA 1771-IFE	4	PZA	1751.00	7,004.00
590-00008	MODULO DE SALIDA ANALOGA 1771-OFE2	2	PZA	1751.00	3,502.00
716-00602	TX CORRIENTE QUANTUM 420 0-10A	5	PZA	258.40	1,292.00
716-00121	TX CORRIENTE QUANTUM 420 0-50A	1	PZA	258.40	258.40
716-00123	TX CORRIENTE QUANTUM 420 0-100A	1	PZA	258.40	258.40
716-00126	TX CORRIENTE QUANTUM 420 0-200A	3	PZA	258.40	775.20
716-00227	TX CORRIENTE QUANTUM 420 0-300A	1	PZA	398.60	398.60
716-00228	TX CORRIENTE QUANTUM 420 0-400A	2	PZA	398.60	797.20
739-00159	SWITCH PROX ALLEN-BRADLEY 871L-XCB15S40	9	PZA	187.00	1,683.00
170-01639	MILLTRONICS MOTION FAILURE ALARM-4	4	Pza	529.05	2,116.20
170-00442	REMOTE MOUNTED PRE-AMPLIFIER	4	Pza	243.16	972.64
716-00562	SONDA MSP-3 MILLTRONICS	4	Pza	365.83	1,463.32
170-01796	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	24	PZA	134.64	3,231.36
712-01009	Modulo de unión 3RA1921-1A	25	PZA	3.61	90.19
712-01506	Contacto auxiliar 3RH1921-1DA11	25	PZA	4.96	123.89
712-01290	Bloque de contacto 3RH1911-1FA11	6	PZA	3.69	22.11
712-00779	Interrupt. Señaliz. 3RV1921-1M	22	PZA	13.30	292.68
712-01099	Contacto auxiliar 3RV1901-1E	22	PZA	6.61	145.36
712-01586	Contactador 3RT1023-1AF00 9A	4	PZA	15.39	61.54
712-01005	Contactador 3RT10 24-1AF00	15	PZA	16.84	252.56
712-01012	Contactador 3RT1025-1AF00 17A	2	PZA	23.76	47.51
712-01006	Contactador 3RT1036-1AF00 50A	1	PZA	75.84	75.84
712-01004	Contactador 3RT1046-1AF00	1	PZA	172.96	172.96
721-00421	Combinacion 3RA1315-8X1330-1AF0	6	PZA	57.11	342.64
712-01229	Interruptor autom 3RV1021-0HA1	2	PZA	52.17	104.33
712-00700	Interruptor autom 3RV1021-0KA10	1	PZA	55.63	55.63
712-00839	Interruptor termom. 3RV1021-1AA10	2	PZA	42.07	84.15
712-00968	Interruptor autom 3RV1021-1DA10	1	PZA	42.07	42.07
712-00970	Interruptor autom 3RV1021-1FA10	1	PZA	42.07	42.07
712-00971	Interruptor autom 3RV1021-1GA10	8	PZA	42.07	336.59
712-00964	Interruptor autom 3RV1021-1HA10	4	PZA	46.56	186.22
712-00985	Interruptor autom 3RV1021-1JA10	2	PZA	50.46	100.93
712-02093	Interruptor autom 3RV1031-4GA10	1	PZA	143.99	143.99

TOTAL \$ 44,059.03

ANEXO F
ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA

En el presente anexo se realiza el análisis de disponibilidad observada en la solución en comparación con el sistema previo

La disponibilidad está definida como el porcentaje de tiempo que un sistema o servicio (por ejemplo red, componente de red o una aplicación) se encuentran disponibles para un usuario [13].

Para medir la disponibilidad se deben definir antes los siguientes parámetros:

TBF: Tiempo entre fallos (Time Before Failure)

TTR: Tiempo de reparación (Time to Restore)

MTBF: Tiempo medio entre fallos (Mean Time Before Failure)

MTTR: Tiempo medio de reparación (Mean Time to Restore).

La disponibilidad D se define con la fórmula (F.1)

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (F.1)$$

También se define la Disponibilidad Operacional

$$D = \frac{HORAS DE TRABAJO}{HORAS PERIODO} \quad (F.2)$$

Del reporte de paradas de CPSAA se tienen los siguientes datos, y con ellos se puede ver claramente el incremento de la disponibilidad operacional de la sección, en este caso se han considerado todas las fallas ya sean externas o internas, tales como restricciones de energía, paradas por mantenimiento, fallas de producción, etc. Se realiza la comparación con esta última fórmula debido a que antes para fechas antes al 2009 no se distinguía el tipo de parada, ya sea por falla o por parada programada, solo se registraba las horas trabajadas.

En el periodo Febrero 2008 se tienen los siguientes datos:

Horas de Trabajo: 378.4

Horas del Periodo: $24 \times 29 = 696$

Por lo tanto:

Disponibilidad: 54%

En el periodo Abril 2012 se tienen los siguientes datos:

Horas de Trabajo: 516.51

Horas del Periodo: $24 \times 31 = 744$

Por lo tanto:

Disponibilidad: 70%

ANEXO G
GLOSARIO DE TÉRMINOS

Clinker	Principal componente del cemento portland
CNET	Protocolo de comunicación ControlNet
CPSAA	Cementos Pacasmayo Sociedad Anónima Abierta
CSSA	Cementos Selva Sociedad Anónima
DI	Entradas digitales
DINO	Distribuidora Norte Pacasmayo
DNET	Protocolo de comunicación DeviceNet
DO	Salidas digitales
ECS	SCADA Pacasmayo (Expert Control System)
FLSA	FLSmidth Automation
FWD	Adelante (Forward)
HH	Horas hombre
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
IFE	Entrada análoga
MCC	Centro de control de motores
MSW	Palabra de estado hacia el ECS (Machine Status Word)
OFE	Salida análoga
OL	Protección eléctrica por sobrecorriente
P.E.	Paro de emergencia
Paletización	Armado de bolsas de cemento y situadas en una parihuela
Pallets	Parihuelas
PC	Computadora (Personal Computer)
PLC	Controlador lógico programable
PLC-5	Familia de controladores lógicos de la marca Allen Bradley
PT100	Sensor de temperatura de tipo resistencia.
REV	Reversa (Reverse)
RI/O	Protocolo de comunicación industrial (Remote Input/Output)
RM1	Molino Crudo 1 (Raw Mill 1)
SAP	Sistema logístico
SCADA	Control de Supervisión y Adquisición de Datos
TAG	El nombre corto de la señal
TM	Toneladas métricas
Vac	Voltaje alterno 60Hz

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Holcim “Curso de Cemento”, Distance Learning Module
- [2] Cementos Molins, “Proceso de producción Cemento Portland”
http://www.cemolins.es/cm/cmi_nd/swf/anim/esp/portland_seleccio.htm.
- [3] Jovein Cement PLC
http://www.joveincement.com/images/EditorUpload/Cement_Clinker.jpg
- [4] Pagina Web empresa “SBM” (Molino Industriales)
http://molinosindustriales.com/image/products/vertical_roller_mill_3.jpg
http://molinosindustriales.com/image/products/straight_centrifugal_mill_3.jpg
- [5] Página web empresa “Cemento Natural Tigre”.
<http://www.cementonaturaltigre.com/img/img-palets-productos.jpg>
- [6] Página web empresa Premier Tech (Grupo de Equipos Industriales)
<http://www.premiertechsystems.com/en/packaging/equipments/index.asp?NomInd=Minerals#divOnglet111>
- [7] Memoria 2010 Cementos Pacasmayo SAA.
- [8] Chongqing Haichen Instrument Co., Ltd, “Industrial pt100 Thermocouple RTD Temperature Sensor”, <http://cqhaichen.kk163.com/sell/itemid-332385.shtml>
- [9] Siemens, “Transmisor de temperatura modelo STRANAS TH100”
<http://www.automation.siemens.com/w1/automation-technology-sitrans-th100-18614.htm>
- [10] Rockwell Automation, “Plastic Limit Switch Style Sensors 871L/872L”
<http://ab.rockwellautomation.com/sensors-switches/inductive-proximity-sensors/871l-872l-plastic-limit-switch-style-proximity-sensors>
- [11] Dwyer Instruments, “Transformador de corriente serie CT40/50”, http://www.dwyer-inst.com/Products/Product.cfm?Group_ID=22
- [12] Standard Sub-Routines for the Allen-Bradley PLC’s FLS Automation
- [13] Dr. Primitivo Reyes Aguilar, “Curso de Confiabilidad”, 2006
www.icicm.com/files/CURSO_CONFIABILIDAD.doc