

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UNA
PLANTA DE ÓXIDO DE CALCIO DE 30 TPH
DE CAPACIDAD”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECATRÓNICO

HUGO OSWALDO CARRASCO ARONE

PROMOCIÓN 2005-II

LIMA-PERU

2010

*Dedicado a mi madre,
por ser siempre apoyo en los momentos difíciles y seguir de cerca mis pasos y
hacer posible cumplir mis propósitos.*

ÍNDICE

PRÓLOGO	5
----------------------	----------

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Antecedentes	7
1.2. Objetivo	8
1.3. Metodología de trabajo	8
1.4. Alcances	8
1.5. Limitaciones	9

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA PLANTA DE ÓXIDO DE CALCIO.....	10
2.1. Sistema de almacenamiento de materia prima	10
2.2. Sistema de precalentamiento	12
2.2.1. Alimentación a edificio de precalentamiento	12
2.2.2. Edificio de precalentamiento	13
2.2.3. Recuperación de polvo.....	16
2.3. Sistema de calcinación y enfriamiento	18
2.4. Sistema de envasado	19
2.5. Sistema de combustible	20

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS DE LA AUTOMATIZACIÓN	23
3.1. Comunicaciones Digitales	23
3.1.1. Red de comunicación.....	23
3.1.2. Topologías de redes	24
3.1.3. Medios de transmisión.....	26

3.1.4.	Modos de comunicación	28
3.1.5.	Interfaces.	28
3.1.6.	Modelo OSI.	30
3.2.	Niveles de integración	31
3.2.1.	Nivel Actuador sensor	32
3.2.2.	Nivel de campo	32
3.2.3.	Nivel de célula	33
3.2.4.	Nivel administrativo	33
3.3.	Bus de campo	34
3.3.1.	Bus de campo propietario	34
3.3.2.	Bus de campo abierto	34
3.4.	Redes industriales	35
3.4.1.	AS-Interface.....	35
3.4.2.	Profibus.....	36
3.4.3.	Ethernet Industrial	37
3.4.4.	DeviceNet.	40
3.4.5.	Control Net.	41

CAPÍTULO IV

CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA.....	43
4.1. Control del Horno de calcinación	43
4.1.1. Variables y controles básicos	44
4.1.2. Aplicación de procedimiento de control.....	44
4.1.3. Sistema de control difuso	47
4.1.4. Emergencias y desperfecto	57
4.2. Instrumentación de planta	58
4.2.1. Recepción, descarga y bodegaje de instrumentos	58
4.2.2. Calibración.....	59

4.2.3.	Instalación de instrumentos de planta.....	59
4.2.4.	Lista de señales	61
4.3.	Sistema de control y supervisión de la planta de cal	65
4.3.1.	Propuesta técnica	65
4.3.2.	Códigos, normas y estándares	68
4.3.3.	Hardware y software.....	69
4.3.4.	Estaciones del sistema de control	70
4.3.5.	Redes industriales del sistema de control	71
4.4.	Centro de control de motores	74
4.4.1.	CCM. IntelliCENTER	74
4.4.2.	Software IntelliCENTER.....	74
4.4.3.	Relación de equipos y cargas de la Planta	75

CAPÍTULO V

PROPUESTA ECONÓMICA

5.1.	Cantidades y precios	80
5.1.1.	Ingeniería de básica	81
5.1.2	Ingeniería de detalle.....	81
5.1.3	Procura de equipos.....	82
5.1.4	Montaje de canalización de conductores	82
5.1.5	Montaje de cables de fuerza e instrumentación	83
5.1.6	Montaje de tableros de control	84
5.1.7	Servicios y otros	84
5.2.	Análisis de precios unitario	84
5.3.	Resumen del presupuesto.....	86

CONCLUSIONES	87
---------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	88
---------------------------	----

PLANOS

APÉNDICE.

PRÓLOGO

Con fecha 20 de febrero del 2008, la empresa CALCIOS DEL PACÍFICO SUR, perteneciente al grupo ATACOCHA, convocó a concurso la consultoría, ejecución de obras, montaje e instalación de equipos y puesta en operación de la Planta de óxido de Calcio ubicado en el kilómetro 550 de la carretera Panamericana Sur en el distrito de Nueva Unión, provincia de Carabali, departamento de Arequipa.

El 16 de Abril de ese mismo año, CALCIOS DEL PACÍFICO SUR otorga la “Buena Pro” a la empresa CORMEI CONTRATISTAS GENERALES SAC; por los términos negociados a partir de su propuesta.

La propuesta para este proyecto estaba constituida por los siguientes rubros: Obras civil que contempla estudios, edificaciones de concreto armado, bases y cimentaciones; obra mecánica y de equipamiento; instalación de refractarios; instalaciones eléctricas; automatización y control.

En tal contexto, en este informe se presenta una propuesta técnica para la automatización y control de la Nueva planta de Óxido de Calcio, con el siguiente contenido:

En el Capítulo I se precisa los antecedentes, la justificación, el objetivo, la metodología de trabajo, los alcances y las limitaciones propias del presente informe.

En el Capítulo II se describe el funcionamiento de los sistemas que conforman la Planta de Óxido de Calcio, la filosofía de control y los diferentes equipos que se tienen que automatizar mediante la instrumentación y los diferentes lazos de control.

En el Capítulo III se presentarán las diferentes tecnologías que se tomará en cuenta para implementar las redes de control y la integración total de todos los sistemas de la planta.

En el Capítulo IV se describe cómo se desarrolla la automatización y el control de la nueva Planta de Óxido de Calcio, la implementación de los lazos de control y elaboración de los diagramas P&ID.

En el Capítulo V se presenta un resumen de la propuesta económica correspondiente a la disciplina de instrumentación y control.

Como parte final del informe se presenta una serie de conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo del informe.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

En el 2006 se iniciaron los trabajos de extracción de las conchuelas de abanico que se encontraba en una playa ubicada en el Km. 550 de la Panamericana Sur. Como resultado de esta extracción se obtenía un suplemento alimenticio que se usaba en la industria avícola.

Hasta la fecha, se cuenta con una planta de molienda cuya materia prima son las conchuelas de abanico. Este proceso se inicia desde la extracción, lavado, transporte y molienda. La molienda se realiza primero con un molino de rodillos y luego con un molino de bolas obteniendo el carbonato de calcio cuyo destino es la industria química.

Con la construcción de la nueva planta Óxido de Calcio, se busca transformar el carbonato de calcio en óxido de calcio, producto que dará mayor utilidad.

1.2. Objetivo

Desarrollar una propuesta técnica y económica para implementar un sistema de control y automatización de la nueva Planta de Óxido de Calcio, utilizando tecnologías modernas, con el fin de obtener un sistema de control centralizado que facilite la operación, supervisión y mantenimiento de los sub-sistemas que conforman la planta.

1.3. Metodología de trabajo

Se plantea el objetivo y alcances del proyecto, luego se realiza un estudio de la Planta de Óxido de Calcio con el fin de conocer su funcionamiento. Se opta por una apropiada técnica de control para optimizar el proceso de producción de óxido de calcio. Por último, se efectúa una evaluación de los costos para implementar el proyecto.

1.4. Alcances

En este informe se precisa los alineamientos para implementar el sistema de control y automatización de la Nueva Planta de Óxido de calcio; sin dejar de lado a la distribución eléctrica de baja tensión para los equipos que intervienen en el proceso de producción de la planta.

El sistema de control y automatización estará integrado por un PLC (Controlador lógico programable) y supervisada por un sistema SCADA ("Supervisory Control And Data Adquisition"). El sistema de control estará comunicado con el MCC (Centro de control de motores) y todos los equipos de instrumentación. Los parámetros serán procesados por diversos lazos de control.

Se implementará un bus de campo para la transmisión de datos al PLC.

Se elegirá el Centro de control de motores que se integrará con el PLC, por otro lado, se implementará la electrificación de todos los equipos comprendidos en el “Estudio de la planta de óxido de calcio”, presentado más adelante.

1.5. Limitaciones

En este informe, no se presentará ingeniería de detalle, solo ingeniería básica.

Para el desarrollo de la ingeniería básica no se tomará en cuenta el sistema de aterramiento; los circuitos de iluminación y tomas de servicios; ni cualquier otro trabajo que corresponda a las obras mecánicas, civiles y refractarias.

No se presentará ningún diagrama de programación del PLC ya que el desarrollo de software se llevará a cabo una vez aceptado la propuesta, sin embargo se listará toda la instrumentación de campo identificando el tipo de señal de entrada o salida.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA PLANTA DE ÓXIDO DE CALCIO

2.1. Sistema de alimentación de materia prima a silo de almacenamiento.

Comprende desde la compuerta en el chute de descarga de la planta de molienda existente, hasta el silo de almacenamiento de 1500 TM (SL01). El material que entrará al sistema deberá tener una granulometría de menos de 2mm y más de 75 micras para el correcto proceso de la planta. El paso del material será regulado por una compuerta (abierto / cerrado) en el chute de descarga, con accionamiento neumático y con dos sensores de posición inductivos ZS08001 y ZS08002. Posteriormente el material será transportado por medio de seis fajas transportadoras TF01, TF02, TF03, TF04, TF05 y TF06 y un elevador de cangilones EC01, el que finalmente alimentará al silo de almacenamiento SL01; ver figura 2.1.

Por seguridad, se instalarán interruptores de parada de emergencia, del tipo “Pull Cord”, los cuales estarán montados en cada faja transportadora. (HS08001, HS08002, HS08003, HS08004, HS08005, HS08006).

En la Faja TF02, se instalará un sistema de pesaje, el cual consiste de un modulo de pesaje, un tacómetro y un integrador FIT08001, que indicará el flujo de carga en la faja, así se medirá y contabilizará la cantidad de materia prima que ingresará al silo.

En el silo de almacenamiento se instalará un sensor – transmisor de nivel de tecnología radar LT08001, el cual dará una indicación continua desde la sala de control y donde se designarán dos niveles de alarma (mínimo y máximo). El nivel de alarma máximo activará la electro válvula de control NZV08001 la que cerrará la compuerta del chute de descarga, y de manera secuencial temporizada se desactivaran TF01, TF02, TF03, TF04, TF05, TF06 y por último el elevador de cangilones EC01, evitando de esta manera que el silo se rebalsé. El nivel de alarma mínimo servirá para asegurar el normal funcionamiento de la planta.

En la figura 2.1. se muestra que el carbonato de calcio proveniente de la planta de molienda es transportada por seis fajas y un elevador para luego ser almacenadas en el silo.

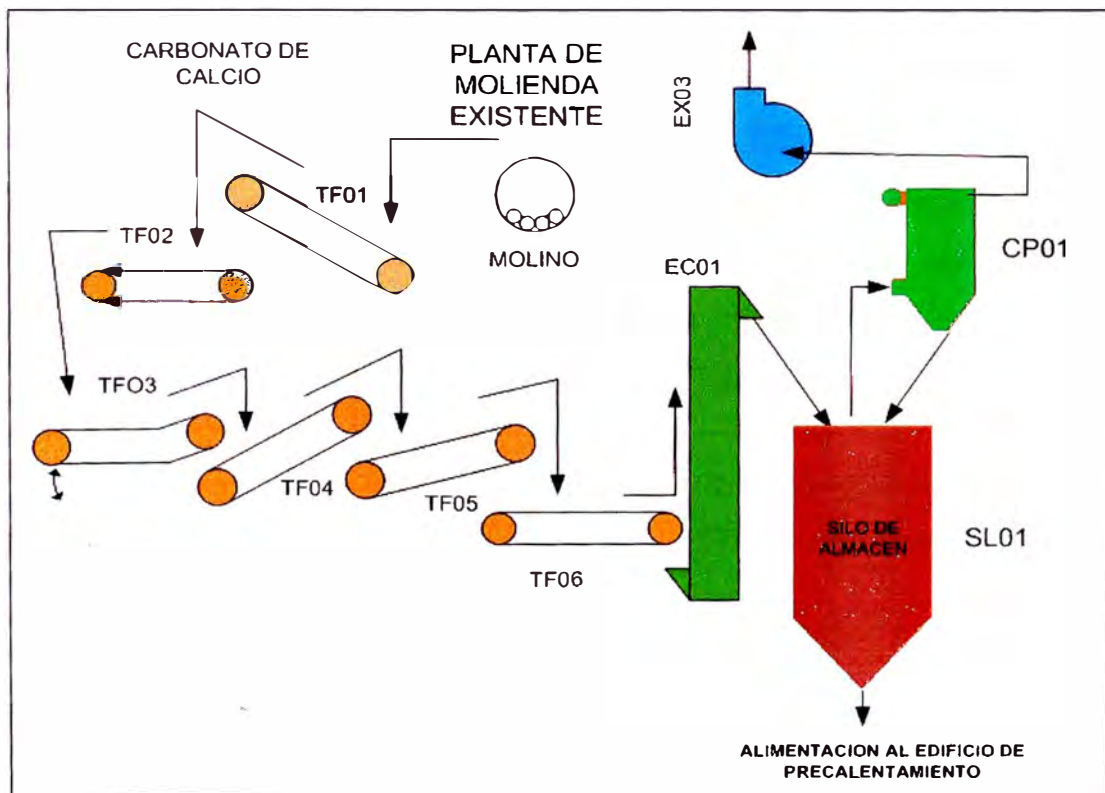


Figura 2.1. Sistema de alimentación de materia prima.

Durante todo el proceso de llenado del silo de almacenamiento, debe operar el colector de polvo CP01 de tipo pulse jet, y con capacidad de 3200 CFM; además se

instalará un manómetro diferencial de presión PDI08001 para tener referencia de la saturación de las mangas y el mantenimiento de las mismas.

El flujo de llegada del material al silo no debe estar por debajo de las 30TPH ya que podría significar una disminución de material almacenado en el silo. Las alarmas, serán sonoras en el cuarto de control y serán visualizadas en pantalla por una ventana donde indicará la localización de la misma.

2.2. Sistema de precalentamiento.

2.2.1. Alimentación del edificio de precalentamiento.

Comprende desde la descarga del silo de almacenamiento hasta la descarga en el último piso del edificio de precalentamiento.

Está constituido por un alimentador de faja AF01, un transportador de faja TF07 y dos elevadores de cangilones EC02 y EC03; ver figura 2.2.

Este sistema nos permitirá dosificar y cuantificar la cantidad de materia prima que ingresará al sistema de precalentamiento y esto se logra a través del alimentador de faja AF01 el cual tendrá una velocidad variable mediante un variador de frecuencia VFD08001 y del sistema de pesaje instalado en la faja transportadora TF07. El material que ingresará al edificio de precalentamiento lo hará por medio de uno de los dos elevadores de cangilones EC02 y EC03, los que trabajarán alternadamente con ayuda de una válvula que direcciona el material al chute pantalón de carga a los elevadores.

El sistema de pesaje, consiste de un modulo de pesaje, un tacómetro y un integrador FIT08002 que indicará el flujo de carga en la faja TF07. Esta indicación será de manera local por medio del integrador y también se monitoreará desde la sala de control. Por seguridad, se instalarán interruptores de parada de emergencia, del tipo “Pull Cord”, los cuales estarán montados en el alimentador de faja AF01 y la faja transportadora TF07 (HS08007, HS08008). Los elevadores de cangilones EC02 y EC03 cuentan por seguridad cada uno con un sensor de velocidad cero, SSL08001 y SSL08002 los que irán

instalados en la polea de cola de cada elevador. En caso de falla o desperfecto de cada uno de estos equipos, se tendrá accionamiento de alarma en pantalla y sonora en la sala de control.

En la figura 2.2. se muestra que el carbonato de calcio es evacuado del silo en forma dosificada mediante el alimentador de fajas AF01, Y es llevada hacia la parte superior del edificio de precalentamiento.

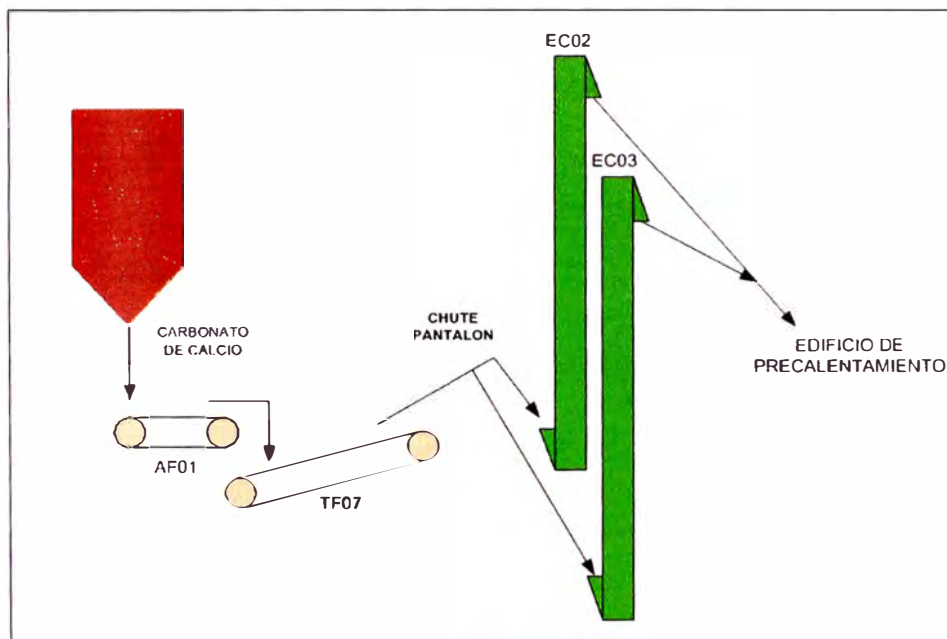


Figura 2.2. Alimentación a edificio de precalentamiento.

2.2.2. Edificio de precalentamiento.

Comprende desde la primera etapa de ciclones (CPC01-1 y CPC01-2) hasta la Caperuza de carga del horno (CH01); ver figura 2.3.

Los elevadores de cangilones EC02 y EC03 alimentarán al edificio de precalentamiento a través de un chute tipo pantalón que irá conectado al ducto ascendente de gases de combustión del ciclón de la segunda etapa CPC02 y ciclones de la primera etapa CPC01-1 y CPC01-2. El sistema se basa en dos exhaustores: EX01-1 y EX01-2 (pulmones del sistema), succionadores de aire

caliente de la combustión proveniente del horno y que harán el precalentamiento del material.

En la figura 2.3. se muestra que el carbonato de calcio baja por medio de ciclones, tuberías y válvulas, estando siempre en contacto con los gases de combustión, de esta manera el carbonato de calcio es precalentado.

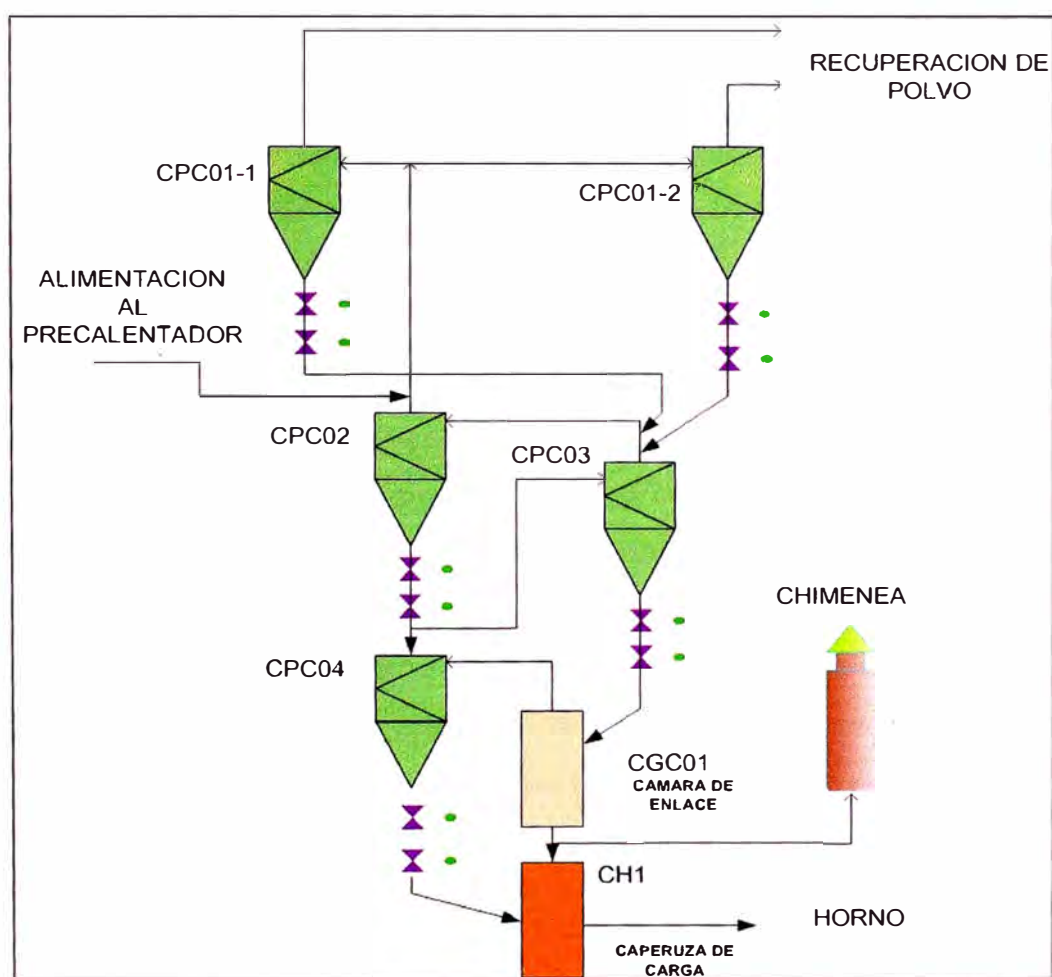


Figura 2.3. Edificio de precalentamiento.

En el edificio de precalentamiento, los gruesos del material irán circulando en los ciclones de la primera etapa, pasando por válvulas pendulares (contrapeso), hasta llegar a la caperuza de carga del horno CH01. En la descarga de material del ciclón de la cuarta etapa CPC04 se tendrá una medición continua de la temperatura del material que ingresará al sistema de

calcinación; la temperatura promedio del material en esa zona será de 400°C (TT08003 - rango de hasta 600°C); en la caperuza de carga al horno también se tendrá una medición continua de temperatura de los gases de combustión que salen del horno, la temperatura promedio de los gases de combustión en esa zona será de 600°C (TT08004 - rango de hasta 800°C) y con un volumen estimado de 40.000 m³ /hr. Además, en la caperuza de carga también se tendrá una lectura de presión absoluta en mm de H₂O (PT08003).

Los gases de combustión que harán el pre cocido del material y el arrastre de partículas de polvo o finos del material, van circulando en sentido contrario a la descarga de material y seguirán hasta la salida superior de la primera etapa de ciclones, donde se tendrá una lectura continua de temperatura. La temperatura de los gases y partículas suspendidas del material en esa zona debe ser menor a 120°C (TT08001 y TT08002 – rango de hasta 250°C); en la programación del sistema, se tendrá un set point para el control de la temperatura de los gases, si la temperatura esta en un rango de más de 120°C a 140°C, se activarán automáticamente las electro válvulas de control NZV08002 y NZV08003 de 03 posiciones, las que abrirán en una posición intermedia las compuertas de aire fresco DGC07-1 y DGC07-2, hasta regular la temperatura a menos de 120°C; si la temperatura está por debajo de ese rango, las compuertas se mantendrán cerradas, y si las temperaturas están por encima de los 140°C, se activarán automáticamente las electro válvulas de control NZV08002 y NZV08003, las que abrirán completamente las compuertas de aire fresco y además también se activará una alarma sonora en la sala de control, la que será visualizada en pantalla. Para el monitoreo remoto de la posición de las compuertas se colocarán sensores de proximidad inductivos (ZS08003, ZS08004, ZS08005 y ZS08006, ZS08007, ZS08008). La temperatura máxima de los gases a la entrada de cada colector debe ser de 140 °C para evitar que las mangas de los colectores sufran daños.

Al mismo nivel que los sensores de temperatura, a la salida superior del grupo de ciclones de la primera etapa, se tendrá medición de presión absoluta

(PT08001 y PT08002) en mm de H₂O, que servirá para tener control de la presión en cada parte del sistema y además tener el diferencial de presión entre los gases a la salida de los ciclones y de los gases de combustión en la caperuza de carga. Para el control efectivo y de mayor precisión del proceso de combustión, en la caperuza de carga se tendrá un acoplamiento especial para la medición de los gases de combustión, en especial del CO y O₂ (GT08001).

En caso de presentarse sobre presiones o situaciones críticas, se cuenta con un desfogue a través de una chimenea de emergencia CHM01, que tiene en su extremo superior una válvula mecánica tipo tapón que deberá abrirse para producir el desfogue de los gases de combustión al medio ambiente. Los valores pueden variar dependiendo del análisis químico que se realice de la cal producida con relación a su calidad, por lo que el manejo de estos parámetros es muy importante ya que incide en la calidad del producto que se obtenga.

2.2.3. Recuperación de polvo.

Comprende desde la salida de gases de la primera etapa de ciclones hasta la tolva pantalón de descarga TDP01. En la figura 2.4 observamos que con dos exhaustores extraemos el polvo que se produce en el edificio de precalentamiento, los colectores de polvo recuperan el polvo de carbonato de calcio y este es transportado y depositado en una tolva de despacho.

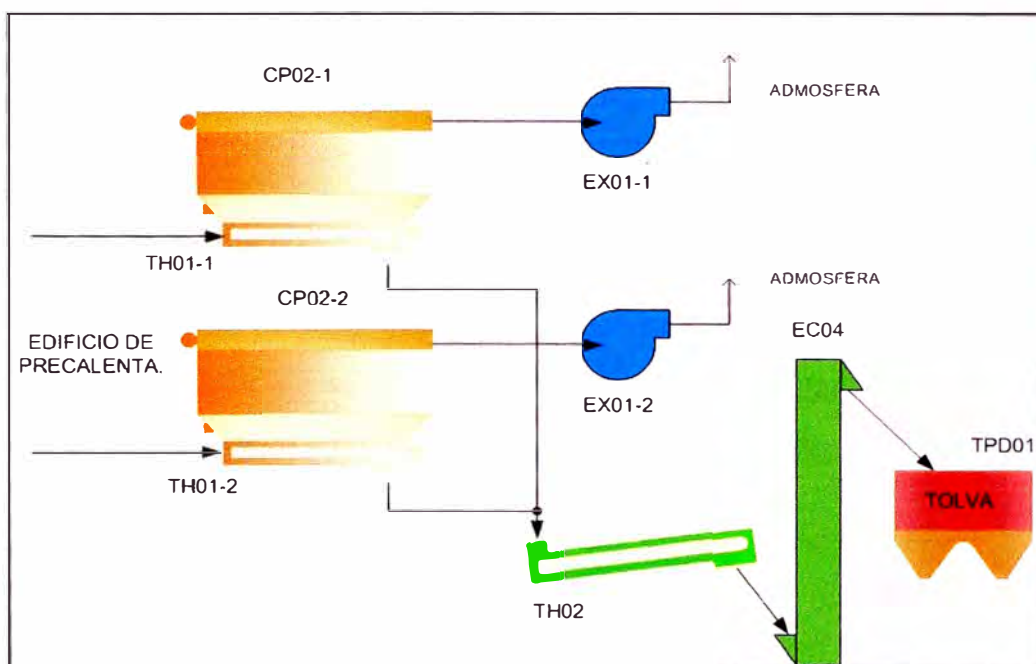


Figura 2.4. Recuperación de polvo.

Cada ciclón de la primera etapa del edificio de precalentamiento conduce los gases de combustión con arrastre de partículas de polvo a su respectivo colector de polvo (CPC02-1 y CPC02-2), los que son del tipo pulse jet y operan con sus respectivos exhaustores (EX01-1 y EX01-2) a 20,000 CFM. En cada colector se encuentran internamente 504 mangas en total; 12 por cada fila controladas por una válvula solenoide, la que se activará alternadamente de acuerdo a una programación de tiempo dada por un tablero de control local por cada uno (TC08002 y TC08003). En los ductos de transporte de los gases hacia los colectores, se instalarán flujómetros para tener una medición continua del volumen de flujo de gases (FT08001 y FT08002). Se controlará el flujo de gases variando la velocidad de giro de los exhaustores, lo que se logra con dos variador de frecuencia (VFD08002 y VFD08003), así mismo se balanceará el flujo en los dos ciclones de la primera etapa. Se instalará, en cada filtro de mangas, un manómetro diferencial de presión (PDI08002, PDI08003) para tener en consideración la caída de presión, la saturación de las mangas y el mantenimiento de las mismas. A la entrada de cada colector se tendrá una lectura de temperatura (TT08005 y TT08006), la que nos indicará la

temperatura exacta con que están entrando los gases. Esta no debe exceder los 140°C.

La descarga de los colectores se realizará por medio de transportadores helicoidales los que descargaran a su vez en la tolva TDP01 de descarga de polvo para su ensacado o despacho a granel de carbonato de calcio. La tolva contará con interruptor de nivel máximo (LSH08001), la que activará una alarma de visualización en pantalla y sonora en sala de control.

2.3. Sistema de calcinación y enfriamiento.

Comprende desde la carga del horno HR01 hasta la caperuza de descarga del enfriador (CH01).

El horno rotatorio de 8 pies de diámetro por 125 pies de longitud posee dos pistas, rodillo de contención en la pista lado carga desplazable axialmente con accionamiento hidráulico, accionamiento del motor hidráulico y con motor de emergencia activado automáticamente cuando haya desperfecto o mantenimiento del motor principal. Su giro será en sentido horario y tendrá una pendiente de bajada menor de 2%.

Para el proceso de calcinación en el horno, se contará con medidas de temperatura del producto en la descarga del horno, donde se tendrá 1100°C (TT08008 - rango de hasta 1400°C) y temperatura de los gases, donde se tendrá 1250°C (TT08008 - rango de hasta 1450°C), todas serán tomadas en la caperuza de descarga del horno CH02, próximo al quemador principal, donde también se tendrá una lectura de la presión en mm de H₂O del aire caliente (PT08004).

El enfriador rotatorio ER01 de 1.90m de diámetro por 30m de longitud posee dos pistas y rodillo de contención. Accionamiento de rotación del enfriador con motor eléctrico, regulación de la velocidad por medio de variador de velocidad (VFD08004) y con motor de emergencia activado automáticamente cuando haya

desperfecto o mantenimiento del motor principal. Su giro será en sentido horario y tendrá una pendiente de bajada menor de 2%.

En la caperuza de descarga del enfriador CH03, se tendrá lectura de la temperatura del producto (TT08009 - rango de hasta 250°C), la que debe ser 80°C aproximadamente.

En la figura 2.5. El carbonato de calcio precalentado ingresa al horno y permanece el tiempo suficiente para que el quemador eleve la temperatura y se produzca el óxido de calcio, que luego es enfriado por un enfriador rotario.

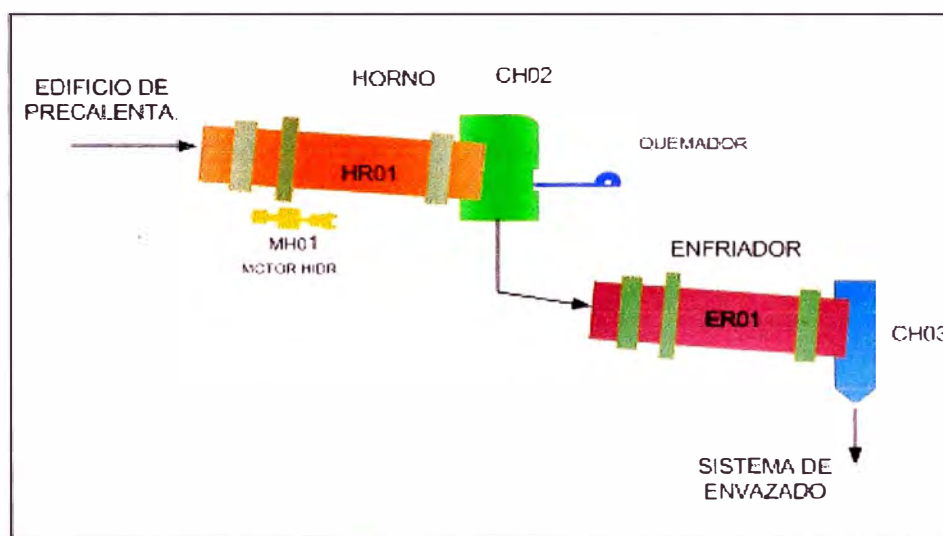


Figura 2.5. Sistema de calcinación y enfriamiento.

2.4. Sistema de envasado.

Comprende desde la caperuza de descarga del enfriador hasta las envasadoras del óxido de calcio, previamente transportados por las fajas transportadoras TF08-1 y TF08-2 y almacenadas en tolvas de dosificación.

El óxido de calcio que descarga el enfriador rotatorio a través de su caperuza de descarga, irá hacia un chute pantalón la que derivará a las transportadoras de faja que trabajarán alternadamente (TF08-1 ó TF08-2) ó a una zona de apilamiento de material en caso este se encuentre a muy alta temperatura, por tal razón el chute

contará con compuertas manuales de cierre. En el caso que la temperatura del producto sea mayor a los 120°C.

El producto es enviado a dos elevadores de cangilones EC05 y EC06 que depositaran en dos tolvas de ensacado de óxido de calcio TDP02 y TDP03, donde se embolsará el producto que finalmente son descargados por la faja TF09 y TF10.

Por seguridad, se instalarán interruptores de parada de emergencia, del tipo “Pull cord”, los cuales estarán montados en las fajas transportadoras TF08-1 y TF08-2. (HS08009, HS08010).

En la figura 2.6. Se muestra que el óxido de calcio es transportado por dos fajas y dos elevadores, para ser almacenado en tolvas de despacho, en donde son envasados por equipos envasadores de óxido de calcio.

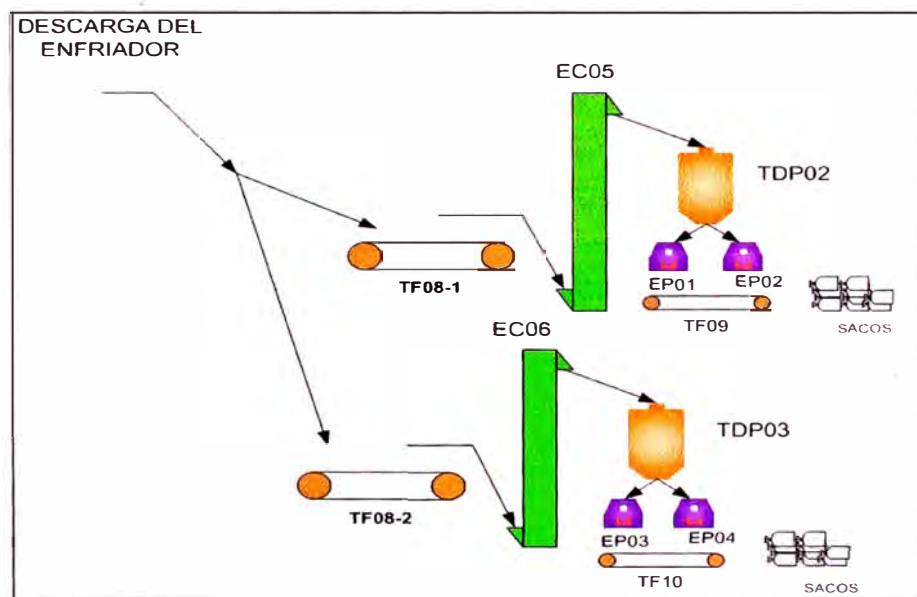


Figura 2.6. Sistema de envasado.

2.5. Sistema de combustible.

Para esta propuesta consideraremos al R500 como combustible para realizar la calcinación en el horno. El transporte de Residual 500 a planta, será utilizando camiones con tanques cisterna de 5 -10.000 Galones. Se despachará el combustible en una poza de recepción desde donde será bombeado hasta los tanques de

almacenamiento de 45000 galones (TVP01-1, TVP01-2), provistos de dispositivos de alarma por nivel inferior y superior de llenado, para prevenir trabajo en vacío de la bomba y rebalses en el llenado.

Ambos tanques tendrán calentadores de succión UC01 y UC02, tipo bayoneta con una resistencia total de 60Kw, suficiente para asegurar que el flujo en la línea de succión de la bomba se encuentre en el rango de temperatura que corresponde a las bombas tipo engranaje (40° a 70°).

Con una bomba BMO08034 y por medio de un circuito de tuberías y válvulas se llevará el combustible hacia el tanque diario TVP02.

Para suministro directo al quemador se ha dispuesto la instalación de este Tanque Vertical metálico de 12500 galones de capacidad que será ubicado debajo del horno. Estará provisto de todos los elementos establecidos por la Norma API 650 y un calentador eléctrico tipo bayoneta UC03 para asegurar la temperatura correcta de bombeo. La línea de succión en la parte inferior, a 20 cm del piso, alimentando a la estación de bombeo para atomización. El retorno de la centralita de control ingresará por la parte superior.

En la figura 2.7. Se muestra que el R500 es almacenado en dos tanques de almacenamiento, desde allí es bombeado hacia el tanque diario, luego con un sistema de dosificación y calentamiento es llevado hacia el quemador donde se produce la combustión.

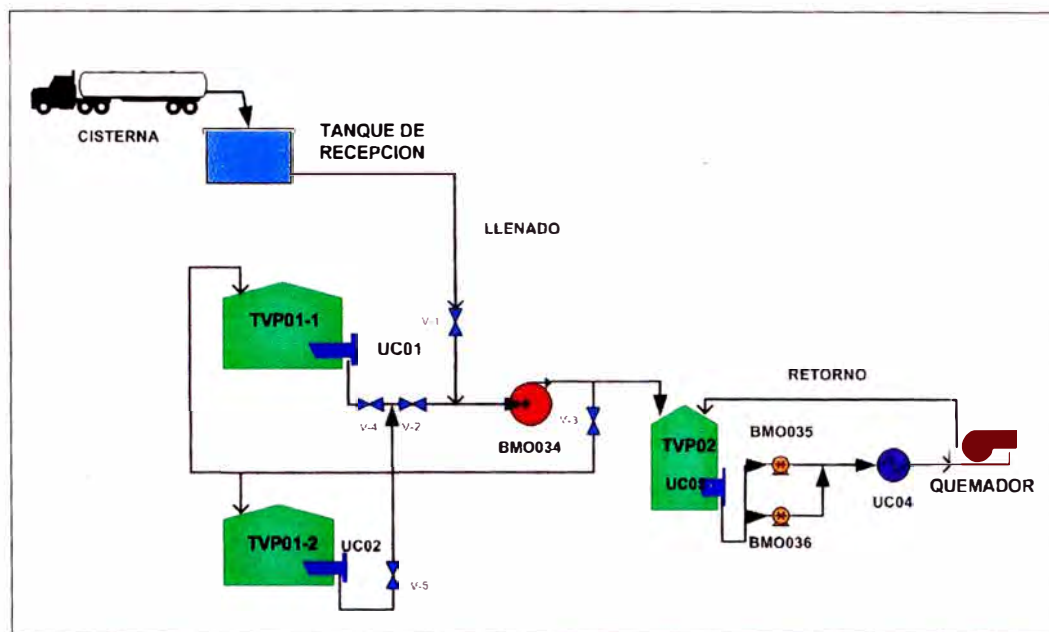


Figura 2.7. Sistema de combustible.

El rellenado del tanque diario se efectuará en forma automática, disponiendo de un sensor de tecnología radar LT08006, con indicadores de llenado máximo y mínimo, entregando señales que arrancarán y pararán la bomba de engranaje BMO08034.

Con dos bombas tipo tornillo BMO08035 BMO08036, las que trabajarán alternadamente, se impulsará el combustible al circuito de calentamiento UC04 y regulación, desde donde se dosificará el combustible al quemador para su correcta atomización y combustión, en las condiciones previstas por el diseño del quemador y en la cantidad requerida por el sistema de producción de cal.

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

Automatización es el conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del medio sobre el cual actúan y realizan acciones de análisis, organización y control apropiados con el fin de optimizar los recursos productivos: mecánicos, materiales y humanos.

Con la automatización logramos, producción, racionalización de costos operativos, consumo energético, control de calidad, etc. En resumen, incrementar la productividad.

3.1. Comunicaciones Digitales.

Actualmente se viene usando, cada vez más, los equipos con capacidad de comunicación y estos a la vez se comunican con algún otro dispositivo, es por ello, la importancia de conocer el principio de funcionamiento de las redes para estar en condiciones de identificar las posibles averías.

3.1.1. Red de comunicación.

Una red es la conexión de dos o más elementos a través de algún medio de transmisión. Cuando hablamos de un conjunto de elementos nos referimos a computadoras, plcs y otros dispositivos conectados para compartir recursos.

En la actualidad, la rentabilidad de una instalación ya no se evalúa por el gasto en los componentes individuales sino, por la perfecta acción conjunta de todos los componentes del sistema.

3.1.2. Topologías de redes

Topología Estrella.- Todos los nodos están conectados a un nodo central a través del cual pasan todos los datos. El nodo central es común para todos y normalmente posee mayor capacidad de proceso; en algunos casos, tiene únicamente la función de conmutación y diagnóstico.

En la figura 3.1. Notamos que la topología estrella tiene un control centralizado, si falla la inteligencia central, la red falla, además posee limitado número de conexiones.

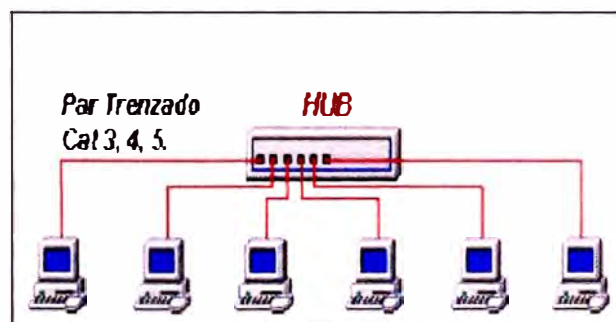


Figura 3.1. La Topología estrella.

Topología tipo anillo.- Esta es constituido por un conjunto de estaciones conectadas en serie y formando un anillo cerrado. Cada estación está conectada a la red a través de una interface que tiene la función de retransmitir datos que no están destinados a ese nodo, leer los datos destinados a ese nodo e insertar los datos enviados por él. Ver figura 3.2.

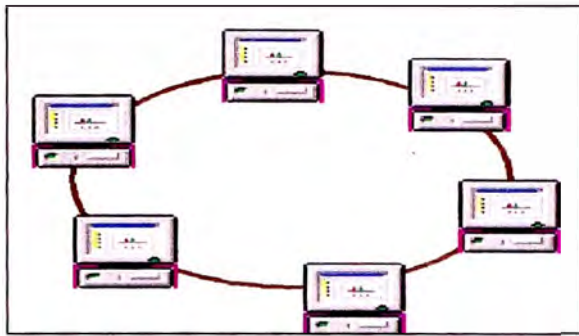


Figura 3.2. Topología anillo

Topología tipo Bus.- En esta distribución todas las estaciones se conectan a un medio de transmisión común a través de interfaces pasivas. Su alta fiabilidad radica en que las interfaces de alcance son pasivas, no afectando el funcionamiento global de la red en caso de falla. Cuando se desea insertar mas estaciones es necesario tener presente las características físicas del medio de transmisión. Ver figura 3.3.

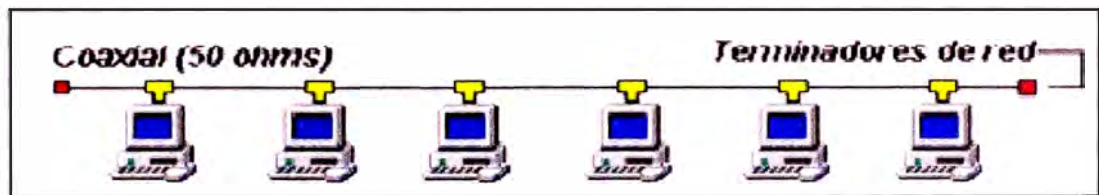


Figura 3.3. Topología tipo bus.

Tabla 3.1. Resumen de características de diversas topologías.

<i>TOPOLOGÍA</i> <i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>ESTRELLA</i>	<i>ANILLO</i>	<i>BUS</i>
Rendimiento.	Bajo.	Alto.	Medio.
Simplicidad funcional.	La mejor de todas..	Razonable.	Razonable.
Fiabilidad.	Poca.	Buena.	La mejor.
Retraso de transmisión.	Medio.	Bajo.	El mas bajo de todos.
Limitaciones en el medio de transmisión.	Ninguna.	Ninguna.	El más bajo de todos.
Número de nodos.	Algunas unidades.	Algunas decenas.	De decenas a centenas.
Encaminamiento.	Inexistente.	Inexistente.	Inexistente.
Aplicaciones.	Aquellas con proceso central de todos los mensajes.	Sin limitaciones.	Sin limitaciones.
Costos de conexión.	Alto.	Intermedio.	Bajo.

3.1.3. Medios de transmisión.

Es el soporte que permite conectar físicamente las estaciones y el medio por donde viajan las señales que representan los datos que se transmiten de una estación a otra.

El medio de transmisión seleccionado para una red influye en las características de velocidad de transmisión y cantidad de información.

Cable par trenzado.- Este cable está compuesta por dos conductores trenzados entre sí con la finalidad de reducir el ruido y mantener constante las propiedades eléctricas del medio a lo largo de su longitud. Los hilos conductores son generalmente de cobre, pudiendo estar blindado.

Se usa en topologías estrella, anillo y bus; su constitución física la hace vulnerable a ruidos eléctricos; son económicos; no son adecuadas para altas velocidades a largas distancias, siendo apropiadas para una comunicación punto a punto.

Cable coaxial.- Esta constituido por dos conductores concéntricos y separados por un dieléctrica, donde el conductores externo va conectado a tierra. Este cable permite una mayor velocidad de transmisión; puede transportar varios mensajes simultáneamente. El costo es ligeramente mayor al cable de par trenzado.

Se usa frecuentemente en redes con topología en bus, físicamente es fuerte y resistente, son sensibles a los ruidos, temperatura y maltrato.

Fibra óptica.- Esta compuesta por un haz de finos hilos de fibra de vidrio, cuya transmisión se efectúa a través de la señal de luz codificado emitidos por diodos emisores o láser de semiconductores. La capacidad de transmisión es mayor a la del cable coaxial, durante la transmisión, las señales eléctricas son convertidas en señales de luz. Esto evita que la interferencia electromagnética influya en la información a transmitir.

Recomendable en topologías estrella o anillo; buena fiabilidad, necesitan ser tratados con mucho cuidado ya que si son doblados o presionados pueden sufrir daño y perjudicar la comunicación. El costo es alto con respecto al cable coaxial.

Tabla 3.2. Resumen de las características de los diversos medios de transmisión.

<i>MEDIO</i> CARACTERÍSTICAS	<i>PAR TRENZADO</i>	<i>CABLE COAXIAL</i> Banda-base	<i>CABLE COAXIAL</i> Banda-ancha	<i>FIBRA ÓPTICA</i>
Velocidades típicas.	Hasta 1 Mbps.	Hasta 50 Mbps.	Hasta 400 Mbps.	Teóricamente ilimitada.
Disponibilidad de componentes.	Alta.	Limitada.	Alta.	Bastante limitada.
Costo de componentes.	El más bajo de todos.	Bajo.	Medio.	Alto.
Complejidad de interconexión.	La más barata de todas.	Baja.	Media.	Alta.
Facilidad para conexión multipunto.	Baja.	Media (100 nodos).	Alta (miles de nodos).	Muy baja.
Cantidad de nodos.	Decenas.	Decenas a centenas	Centenas / canal.	2 (punto a punto).
Relación señal / ruido.	Baja	Media.	Media	Alta
Distancias máxima de transmisión.	2 Km.	2,5 Km.	300 Km.	Centenas de Km.

3.1.4. Modo de comunicación.

El modo de comunicación es la manera como dialogan los diversos elementos conectados en una red.

Comunicación simplex.- La información fluye en un solo sentido. No es posible confirmar la recepción de un mensaje.

Comunicación Half Dúplex.- La información fluye en ambas direcciones. Primero transmite un elemento y después que este ha finalizado, transmite el elemento que responde. Este es el modo de comunicación preferida para los elementos de campo en una red industrial.

Comunicación Dúplex.- La información puede ser transmitida y recibida simultáneamente. Un ejemplo es la conversación telefónica entre dos personas. Sin embargo, para comunicaciones entre máquinas se requieren líneas separadas para transmisión y recepción debido a que de otra manera la información no podría ser codificada.

3.1.5. Interfaces.

Son elementos que permite la transmisión de información de un equipo de datos hacia un Modem o hacia el medio de transmisión para el cual va a comunicarse con otro tipo de datos.

La transmisión de datos está sujeta a estándares internacionales para asegurar la compatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

Una consideración primaria a nivel de campo es que las líneas de transmisión de datos son económicas y sencillas. El tipo de interface estándar en el nivel de campo industrial es serial. Los bajos costos de instalación (cables y conectores), grandes longitudes de los cables y la seguridad de la

información compensan las bajas velocidades de transmisión que la caracterizan.

Las siguientes interfaces seriales son las de mayor aplicación industrial:

Interface RS 232.- Es una interface común la actualidad, sobre todo en aplicaciones informáticas. La interface RS 232 es una interface de tensión + 12 V definida para las transmisiones seriales.

Es usada cuando se desea conectar a dos equipos mediante cable multipar, usualmente una computadora a un servicio periférico o módem.

Interface RS 422.- La interface RS 422 cubre solamente los requerimientos físicos y eléctricos para la transmisión. Emplea señales diferenciales que permiten elevadas velocidades de transmisión de hasta 10Mbps/S.

Interface RS 485.- Esta interface a diferencia de la RS232 se define como interface de tipo balanceada y con transmisión diferencial. Una interface balanceada consiste en que la transmisión de cada señal se realiza a través de un circuito exclusivo de dos hilos. Con cable de par trenzado se puede transmitir a 100 Kbps a una distancia de 1000 m. Posee alta calidad de transmisión, enlaces multipunto, modo de comunicación Half- Dúplex.

TTY(Lazo de corriente de 20 mA).- Es usado como alternativa a la interface RS-232. Su principal ventaja radica en su insensibilidad a la interferencia, de modo que se puede cubrir grandes distancias. TTY también es utilizado cuando existen grandes fuentes de campo electromagnético cerca a las líneas de transmisión. Trabaja con una corriente de 20 mA que es activada y desactivada ("1" y "0") en el tiempo durante la transmisión. Así cada terminal tiene dos lazos; uno para transmisión y otro para recepción. Permite solamente la conexión de un transmisor y un receptor. A una distancia de 100m permite una velocidad de transmisión de 19 200 bps.

3.1.6. Modelo OSI

El modelo OSI describe las funciones de comunicación entre aplicaciones por medio de siete capas de funciones estructurales jerárquicamente. Forma el marco para la clasificación de estándares y las bases para la creación de nuevos estándares de comunicación.

El principio está basado en separar el proceso de comunicación en siete tareas definidas por niveles.

Tabla 3.3. Tareas definidas por niveles.

NIVEL	FUNCION	DESCRIPCION
7	APLICACIÓN	El contenido actual, la idea o instrucción en forma de mensaje es enviado al recipiente
6	PRESENTACIÓN	Conversión del formato, compresión de datos, encriptación y autenticación.
5	SESIÓN	Sesión de control, mensajes simples y mensajes de sincronismo.
4	TRANSPORTE	Control de flujo de daros punto a punto, secuencias de los paquetes, aceptación de los datos múltiples canales lógicos.
3	RED	Ruta de los datos, manejo de fallas de comunicación.
2	ENLACE	Secuencia de paquetes, reconocimiento de destino y fuente de paquetes y sincronismo de paquete
1	FÍSICO	Codificación y decodificación o nivel de bit/byte, CRC, acceso al canal, canales de interfaz (Radio, RS232, RS485, LAN, etc.)

Los protocolos en forma de niveles separan la comunicación de datos, de la aplicación. No hay que preocuparse de la comunicación de los datos; el sistema se hace cargo de esa función. Su interés será solo en la aplicación. El nivel de aplicación es solamente uno. Todos los otros niveles operan independientemente de la aplicación.

Los protocolos en forma de niveles, permiten también futuras migraciones y mejora de los productos sin perder la inversión en su hardware inicial. Las mejoras pueden ser implementadas dentro de un nivel.

Los protocolos de siete niveles soportan entorno de tareas múltiples, debido a los niveles de transporte y sesión. Sin estos niveles de transporte y sesión las computadoras de tareas múltiples, solo pueden hacer tareas individuales.

La siguiente tabla muestra un resumen de las tareas realizadas en cada uno de los niveles OSI.

Tabla 3.4. Resumen de las tareas realizadas.

NIVEL	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
7	APLICACIÓN	Ofrece al usuario aplicaciones de funciones específicas
6	PRESENTACIÓN	Convierte la codificación de dato local en un código comprendido por otro terminal
5	SESIÓN	Sincroniza las sesiones de comunicación entre dos aplicaciones.
4	TRANSPORTE	Asegura la correcta transferencia de la información
3	RED	Controla el intercambio de datos entre sistemas terminales
2	ENLACE	Asegura la correcta transferencia de la información
1	FÍSICO	Codificación y decodificación o nivel de bit/byte, CRC, acceso al canal, canales de interfaz (Radio, RS232, RS485, LAN, etc.)

3.2. Niveles de integración.

El control de un proceso extenso y complejo se divide en varios niveles de automatización. La arquitectura del sistema está orientada a las prestaciones de los diferentes equipos, y facilita el manejo del conjunto gracias a una asignación puntual y claramente delimitada de tareas, así como a interfaces definidas para el intercambio de datos.

En la figura 3.4. se muestran los niveles de automatización, los equipos y redes que se utilizan para cada nivel de integración.

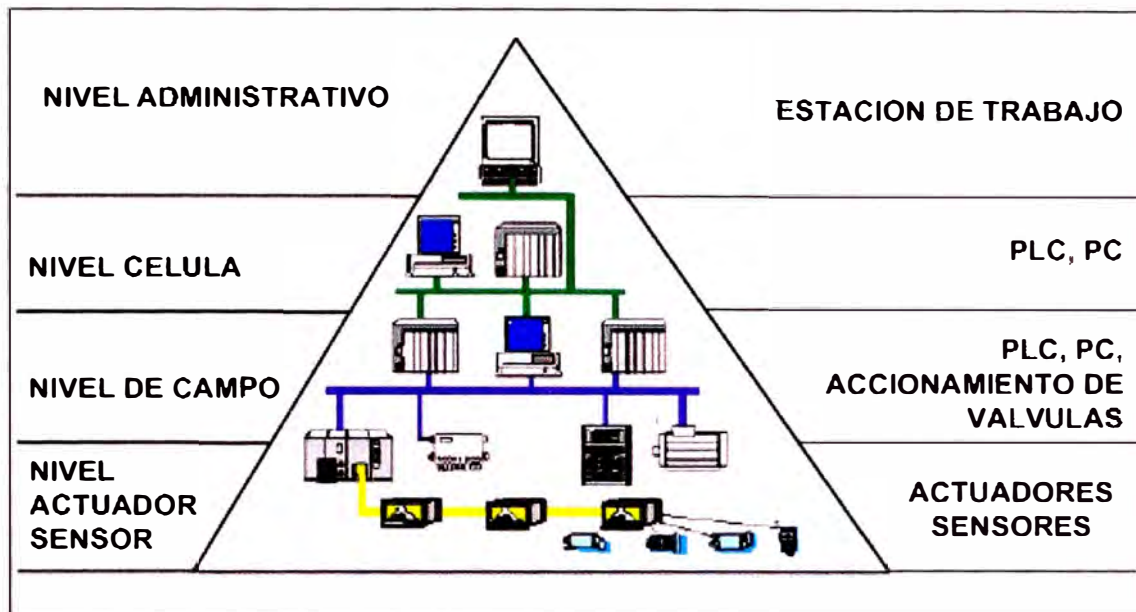


Figura 3.4. Niveles de Integración.

3.2.1. Nivel Actuator sensor.

Integra los equipos situados a pie del proceso. Los aparatos de este nivel consultan a los finales de carrera y emisores de señal del proceso y controlan, siguiendo el programa establecido, los actuadores y señalizadores. Este campo se caracteriza por:

- Uso de interfaces RS-485, RS-422, RS-232 y TTY.
- Procesamiento seguro y tiempos muy cortos para la información, alto tráfico en el bus y mensajes cortos.
- La transparencia en el bus para comunicar equipos de diversos fabricantes se asegura adoptando normas y estándar de comunicación.
- La nueva serie de “sensores inteligentes” tenía inicialmente un costo elevado comparado con equipos analógicos. Hoy en día, la diferencia de precios no es muy significativa.

3.2.2. Nivel de campo.

Contiene PLC que gestionan las áreas del proceso interrelacionadas tecnológicamente (por ejemplo líneas de montaje, líneas de transporte, máquinas complejas). Este nivel se caracteriza por la existencia de uno ó más

controladores llamados Máster. El Máster regula el intercambio de información del bus de campo y contiene el programa de control de la planta. El Máster puede ser un PLC o un computador industrial. El Máster debe contar con interfaces de comunicación que permita la comunicación con otros equipos o redes industriales de otros fabricantes, se recomienda tener capacidad “redundante” para los procesos críticos.

3.2.3. Nivel célula.

En este nivel de automatización se visualizan todas las operaciones del proceso y se puede intervenir manualmente en el mismo. Este nivel se caracteriza por:

- Basarse en el uso del computador con un software tipo SCADA.
- Se representa en forma gráfica y dinámica el comportamiento de la planta.
- La estación de operador se conecta al controlador.
- SCADA es un software de arquitectura abierta.
- Ahorro de costos de instalación de equipos periféricos.
- Permite la comunicación al nivel superior, ejemplo redes de administración tipo Ethernet, Novell, etc.

3.2.4. Nivel Administrativo.

En este nivel, las computadoras se encargan de funciones administrativas y comerciales para todo el proceso. Se caracteriza por:

- Entregar datos (por ejemplo cantidad y tipo de productos a fabricar) a los equipos en los niveles inferiores
- El intercambio de datos entre diferentes PLC y equipos de los niveles más bajos de automatización pueden hacerse a través de la red local en Bus. (Modbus, Profibus, etc.)
- Ethernet es recomendable en los niveles superiores donde se intercambian grandes cantidades de datos.

3.3. Bus de campo.

Se refiere a la tecnología de comunicación y protocolos usados en automatización y control de procesos industriales. La tarea del bus de campo es comunicar los sensores y actuadores con sistemas inteligentes como PLCs y computadoras, de manera que la información que ellos puedan brindar pueda recorrer el sistema de información de toda la planta.

El bus de campo debe cumplir estrictamente con los requerimientos de modularidad, seguridad, flexibilidad, resistencia a interferencias, facilidad de instalación, mantenimiento y programación.

Existen dos tipos de bus de campo: Bus de campo propietario y bus de campo abierto.

3.3.1. Bus de campo propietario.

Se caracterizan por su restricción de componentes a los productos de un solo fabricante, por lo tanto, no existe compatibilidad con productos de otros fabricantes.

Una de las ventajas principales de estos buses de campo cerrado o propietarios es que tienen bajo requerimiento de configuración y puesta a punto, ya que todos los componentes se obtienen de un solo fabricante y por lo tanto están estandarizados. La desventaja es la dependencia de los productos y precios a un fabricante.

3.3.2. Bus de campo abierto.

Son sistemas que facilitan la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes sin necesidad de adaptaciones adicionales. En pocas palabras, los usuarios podrán usar o desarrollar productos basados en estos buses de campos abiertos a un costo razonable y sin mucho esfuerzo. Existe una completa disponibilidad de herramientas y componentes hardware y software.

Si se selecciona correctamente un bus de campo para una determinada aplicación se puede ofrecer al usuario muchas ventajas tangibles e intangibles.

3.4. Redes Industriales.

Actualmente existe una gran cantidad de fabricantes y organizaciones que ofrecen productos para redes de comunicaciones. Lamentablemente no existe una norma única que describa a los protocolos. Cada proveedor clama ser la mejor solución a los problemas de comunicación; sin embargo, siempre surgen problemas de integración ya que muchas veces los protocolos se excluyen mutuamente.

3.4.1. AS-Interface.

Se encuentran en muchas maquinas europea, con su característico cable amarillo, es una de las soluciones en redes más innovadoras en la moderna tecnología de automatización. AS Interface permite que sensores y actuadores puedan ser unidos y configurados a través de una red. Utiliza un cable plano de dos hilos (2x1.5 mm²) sin pantalla para transmitir datos y energía. Hasta un máximo de 8 A pueden ser transmitidos a través del cable amarillo. La máxima longitud de cable es de 100 m pero puede ser extendida utilizando repetidores.

Características:

- Simple y económico: los datos y la comunicación a través de un mismo cable. Fácil y rápida instalación y configuración.
- No son necesarias herramientas de configuración.
- Rápido tiempo de respuesta.
- Confiable: diagnóstico continuo de los sensores/actuadores conectados.
- Independencia del fabricante.

En la figura 3.5. Muestra el funcionamiento de la red AS-I, esta red pertenece al nivel Actuador sensor.

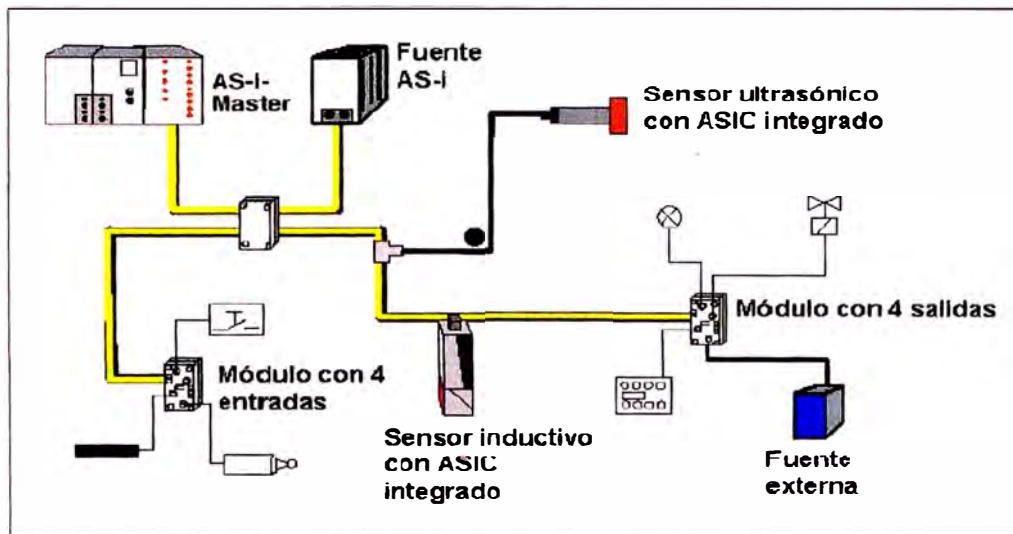


Figura 3.5. AS-Interface.

3.4.2. Profibus.

Es un bus estándar de campo abierto e independiente del vendedor para un amplio rango de aplicaciones en manufactura y automatización de procesos. Permite la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes sin la necesidad de una interfaz especial. Puede ser usado tanto en aplicaciones de tiempo crítico y alta velocidad como en tareas complejas de comunicación.

Es el potente, abierto y robusto sistema de bus para la comunicación de proceso y de campo en redes de célula con pocas estaciones y para la comunicación de datos según IEC 61158/EN 50170.

Profibus ofrece diferentes perfiles del protocolo dependiendo de la aplicación:

Profibus DP (Periferia Distribuida): Comunicación de alta velocidad para transferencia de poca información. Permite la conexión de dispositivos de campo, accionamientos de paneles de operador, PLCs y PCs.

Profibus PA (Automatización de Procesos): Comunicación en la industria de procesos. Alimentación y datos a través del mismo cable. Puede ser utilizado en aplicaciones en donde la atmósfera es potencialmente explosivo; zonas que exigen seguridad intrínseca.

Profibus FMS (Fieldbus Message Specification): Utilizada a nivel célula en tareas complejas de comunicación. Sin embargo el uso de TCP/IP en este nivel hará que disminuya su significancia en el futuro.

Tabla 3.5. Características de los diferentes perfiles de Profibus

	PROFIBUS-FMS	PROFIBUS-DP	PROFIBUS PA
Aplicación	Célula	Campo	Campo
Norma	EN 50 170	EN 50 170	IEC 1158-2
Dispositivos	PLC, PG/PC	PLC, PC, dispositivos de campo analógicos y digitales, válvulas, accionamientos...	PLC, PC, dispositivos de campo analógicos y digitales, paneles, accionamientos...
Tiempo reacc	< 60 ms	1 - 5 ms	< 60 ms
Distancias	> 100 km	≥ 100 km	max. 1.9 km
Índice de transmisión	9.6 Kbps - 12 Mbps	9.6 Kbps - 12 Mbps	31.25 Kbps

En la figura 3.6. se muestra la red Profibus que tiene un amplio rango de aplicaciones en la industria

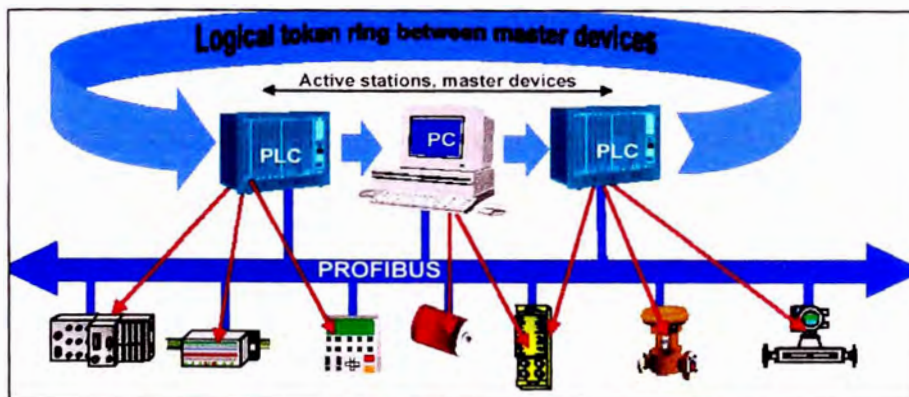


Figura 3.6. Red Profibus.

3.4.3. Ethernet Industrial.

Hoy en día, Ethernet Industrial es uno de los temas de debate más recurrentes de la ingeniería de automatización y procesos: ¿acabará sustituyendo Ethernet a los buses de campo tradicionales o sólo los complementará?

En realidad, Ethernet no está diseñado para establecer una red en el nivel de campo. Para ello existen excelentes buses de campo con un diseño optimizado adaptado a los requisitos propios de las comunicaciones de campo. Entonces,

¿por qué existe una demanda tan importante de Ethernet Industrial? Las razones son las siguientes:

Costes reducidos, amplia aceptación: Ethernet es un protocolo ampliamente aceptado que cuenta con el apoyo de la IEEE y de los comités internacionales de estandarización, además, Ethernet cuenta con una importante difusión en aplicaciones.

Velocidad: Los últimos avances en tecnología Ethernet incluyen Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. Fast Ethernet (100 Mbit/s) es actualmente una tecnología de vanguardia. Gigabit Ethernet, con sus 1000 Mbit/s, se considera la tecnología del futuro.

Integración con Internet/ Intranet: Todas las redes Ethernet instaladas son compatibles con protocolos de comunicaciones que implican una sofisticada transferencia de datos y las características propias de la administración de redes. El más extendido es el protocolo TCP/IP, debido a sus posibilidades de conexión a Internet y a intranets corporativas. Las “islas” de control son, por lo tanto, una reliquia del pasado. Ethernet permite implantar una comunicación universal desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión, e incluso abarcar todo el mundo.

La disponibilidad de soluciones en tiempo real resultará crucial para que Ethernet gane aceptación en el sector de la automatización. Actualmente, este requisito está contemplado en cinco protocolos. A continuación se describen los protocolos:

EtherCAT : EtherCAT significa "Ethernet para el Control de Tecnología de automatización." Se trata de un código abierto, sistema de alto rendimiento que pretende utilizar protocolos de Ethernet en un entorno industrial.

PROFINet : PROFINet se aplica a los sistemas de automatización distribuida basados en Ethernet que integran los sistemas de bus de campo existentes, por ejemplo PROFIBUS, sin modificarlos.

Powerlink : El objetivo del desarrollo de Ethernet Powerlink consistió en aplicar la tecnología Ethernet estándar a la ingeniería de automatización. en condiciones de tiempo real adversas.

Ethernet/IP : A principios de 1998 un grupo de interés especial de ControlNet International definió un procedimiento para el uso en Ethernet del protocolo de aplicación CIP (DeviceNet).

HSE : Ethernet de alta velocidad. En 1994 se inició el trabajo de especificación de Fieldbus Foundation (FF) orientado a buses de campo para automatización de procesos.

Modbus TCP/IP : Es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo.

SERCOS : SERCOS III combina los mecanismos en tiempo real establecidos de SERCOS y estandarizó el sistema del parámetro con las comunicaciones universales basadas en Ethernet industrial.

CC-Link IE : CC-Link IE es un nuevo estándar para el Ethernet industrial abierto gestionado por la CC-Link Partner Association (CLPA). Su diseño se ha realizado a partir de las exigencias de los fabricantes y de los usuarios de procesos a escala mundial.

Ethernet es una tecnología muy usada ya que su costo no es muy elevado, y tiene un elevado número de aplicaciones, ver figura 3.7.

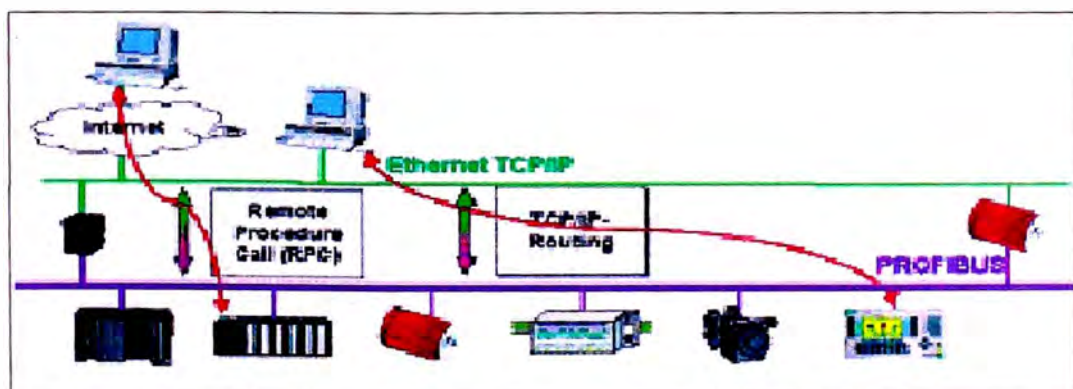


Figura 3.7. Red Industrial Ethernet.

3.4.4. DeviceNet.

Es un bus de campo para componentes industriales, tales como detectores de final de carrera, detectores ópticos, terminales de válvulas, convertidores de frecuencia, paneles de mando y muchos otros productos. DeviceNet se utiliza para reducir el costoso cableado individual y para mejorar las funciones de diagnóstico específicas por componente.

Características:

- Número máximo de nodos por red: 64 en topología de bus con derivaciones.
- Distancia máxima: 100 m a 500 m. y hasta 6 km. Con repetidores, y en velocidades de 125, 250 y 500 Kbps.
- Emplea dos pares trenzados: control y alimentación, con alimentación en 24 Vdc, con opción de redundancia.
- Transmisión basada en el modelo productor/consumidor con un empleo eficiente de ancho de banda y con mensajes desde 1 byte hasta largos ilimitados.
- Reemplazo Automático de nodos, no requiere de programación y elevado nivel de diagnósticos.
- Bajo coste Simplicidad de instalación (Plug & Play).
- El estándar garantiza la interoperabilidad entre vendedores mediante un software orientado a objetos.
- Flexible en la estructura, se pueden modelar sistemas: Control distribuido. control mixto y control centralizado, ver figura 3.8.

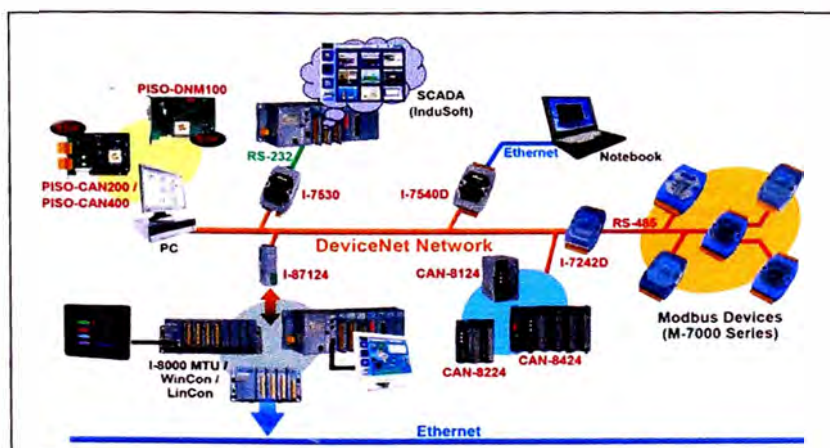


Figura 3.8. DeviceNet.

3.4.5. ControlNet.

ControlNet es un protocolo de red abierto para aplicaciones de automatismos industriales, también es conocido como bus de campo. ControlNet fue mantenido en un principio por ControlNet Internacional, pero en 2008 el soporte y administración de ControlNet fue transferido a ODVA, que administra actualmente todos los protocolos de la familia Common Industrial Protocol.

ControlNet define una única capa física basada en cable coaxial RG-6 con conectores BNC. Las características que distinguen a ControlNet de otros buses de campo incluyen el soporte incorporado para cables totalmente redundantes y el hecho de que toda comunicación en ControlNet es estrictamente planificada y altamente determinista.

La capa física está basada en un código Manchester a 5 mbps.

La capa de aplicación de ControlNet está basada en la capa CIP que también se utiliza en DeviceNet y EtherNet/IP.

El sistema planificado de mensajes de ControlNet requiere que el diseño del medio sea robusto y su mantenimiento meticuloso. Una avería en el medio causa invariablemente que cualquier programa en ejecución se detenga y a menudo provoca fallos en el procesador. El medio es comprobado con un dispositivo de mano conocido como "Network Checker" en conjunto con un osciloscopio digital funcionando a al menos 100 Mhz.

Asimismo, sin relación con lo anterior, ControlNet es un sistema de gestión online para empresas de distribución de telefonía móvil de Telefónica Movistar y Orange. Permite la completa administración y control de ventas, compras, liquidación y seguimiento de la actividad comercial de la empresa, además del control de los objetivos de venta establecidos por el operador al distribuidor en tiempo real y el seguimiento completo de todo el proceso de liquidación de comisiones y aportaciones que realiza el operador al distribuidor

por su actividad comercial. Además, ofrece información esencial al personal del punto de venta para realizar el proceso de venta, con toda la información detalla de modelos, precios y promociones y permite el registro completo de las operaciones, realiza cálculos de rentabilidad y completa el proceso de venta.

En la figura 3.9. se muestra que los instrumentos de planta son conectados a módulos de entradas y salidas, analógicos y digitales a través de un cable coaxial; la data es enviado al plc.

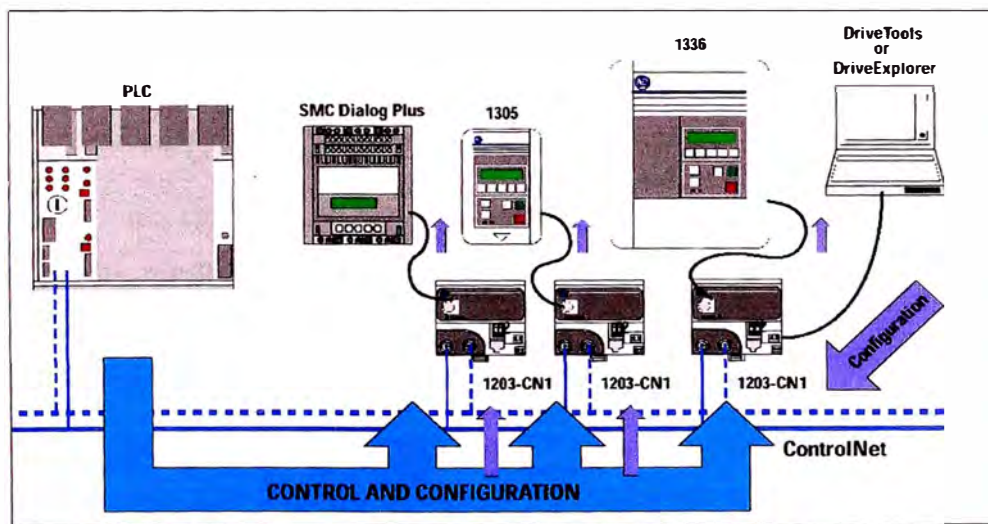


Figura 3.9. ControlNet.

CAPITULO IV

CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA

4.1. Control del horno de calcinación.

El horno de calcinación es el sistema principal de la planta, por ello es importante implementar una técnica de control que se adecue a las variables y controles de la planta.

4.1.1. Variables y controles básicos.

Aunque hay muchas variables, con una multitud de combinaciones, se consideran cinco variables claves que son de principal importancia:

A. La temperatura en la zona de calcinación (ZC), la cual tiene influencia determinante en la calidad de la cal.

B. La temperatura en la cámara de enlace (CE), cuyo control indica la estabilidad operacional del horno.

C. El porcentaje de oxígeno (OX), En la salida de los gases de escape, el cual indica las condiciones de combustión y eficiencia del combustible.

D. La temperatura del aire secundario (AS), que proviene del enfriador y que tiene un efecto directo en la formación y temperatura de la llama y por lo tanto en la temperatura de la zona de calcinación **ZC**.

E. La temperatura de salida de los gases en los ciclones de la primera etapa (T1), para evitar el deterioro de las mangas de fibra de vidrio de los

colectores de polvo y concentrar el calor en el circuito y principalmente en la zona de calcinación **ZC**.

Las tres primeras son las variables básicas más importantes, mientras que la cuarta y quinta se deben tener en cuenta para optimizar la marcha del horno.

Debido a que cualquiera de estas condiciones puede estar dentro de un rango permitido (**OK**), **bajo** (del valor mínimo), o **alto** (encima del valor máximo), hay 27 condiciones básicas posibles que podrían presentarse durante la operación del horno y que deberán ser tomadas en cuenta por el operador del cuarto de control y por el sistema de automatización. Para cada caso, se ha designado un número como ayuda a la identificación para la toma de la correspondiente acción correctiva.

Controles básicos. En muchas condiciones, excepto por las emergencias y desperfectos que se presenten, el control de las tres variables básicas pueden ser gobernadas por ajustes en la **cantidad de combustible del quemador (Q)**, **cambios en la velocidad del horno (RPM)** y **cambio de la velocidad de los exhaustores del precalentador (F)**.

4.1.2. Aplicación de procedimiento de control.

Es necesario establecer rangos o metas para las tres variables, para ello usaremos las abreviaturas siguientes:

CE: Temperatura en la cámara de enlace;

ZC: Temperatura en la zona de quemado o calcinación;

OX: Porcentaje de oxígeno en la cámara de enlace.

Desde luego, es necesario y muy **importante** conocer y tener en cuenta **el juicio del experto**, para evaluar las condiciones, asegurándonos que no existan condiciones de desperfectos o emergencias en cuyo caso deberán tomarse las decisiones correspondientes como son:

Primero disminuir radicalmente la cantidad de combustible;

Segundo bajar al mínimo la velocidad del horno (y por lo tanto la alimentación que deberá estar automatizada en relación a la velocidad del horno), y;

Tercero cerrar las compuertas de los exhaustores.

En la tabla 4.1 se muestran los valores y rangos de las principales variables cuyas condiciones hacen posible el control del horno.

Tabla 4.1. Valores de las principales variables.

CONDICIONES	CODIGO	META	RANGO	LIMITE
Temperatura de Zona de Calcinación	ZC	1100 °C	± 25 °C	1000 ° a 1150° C
Temperatura en la Cámara de Enlace	CE	400 °C	± 20 °C	350 ° a 450° C
Percentage de Oxígeno	OX	1.2 %	± 0.8	0.4 % a 2.0 %
Temperatura del aire secundario	AS	400 °C	± 20 °C	300 ° a 500° C
Temperatura en los ciclones de 1ra. etapa	T1	200 °C	± 10 °C	180 ° a 220° C

En la figura 4.1. Se muestran los 27 posibles casos que se pueden presentar durante la operación del horno considerando las tres variables principales en sus condiciones de **BAJO, NORMAL (OK) Y ALTO.**

VARIABLES PRINCIPALES

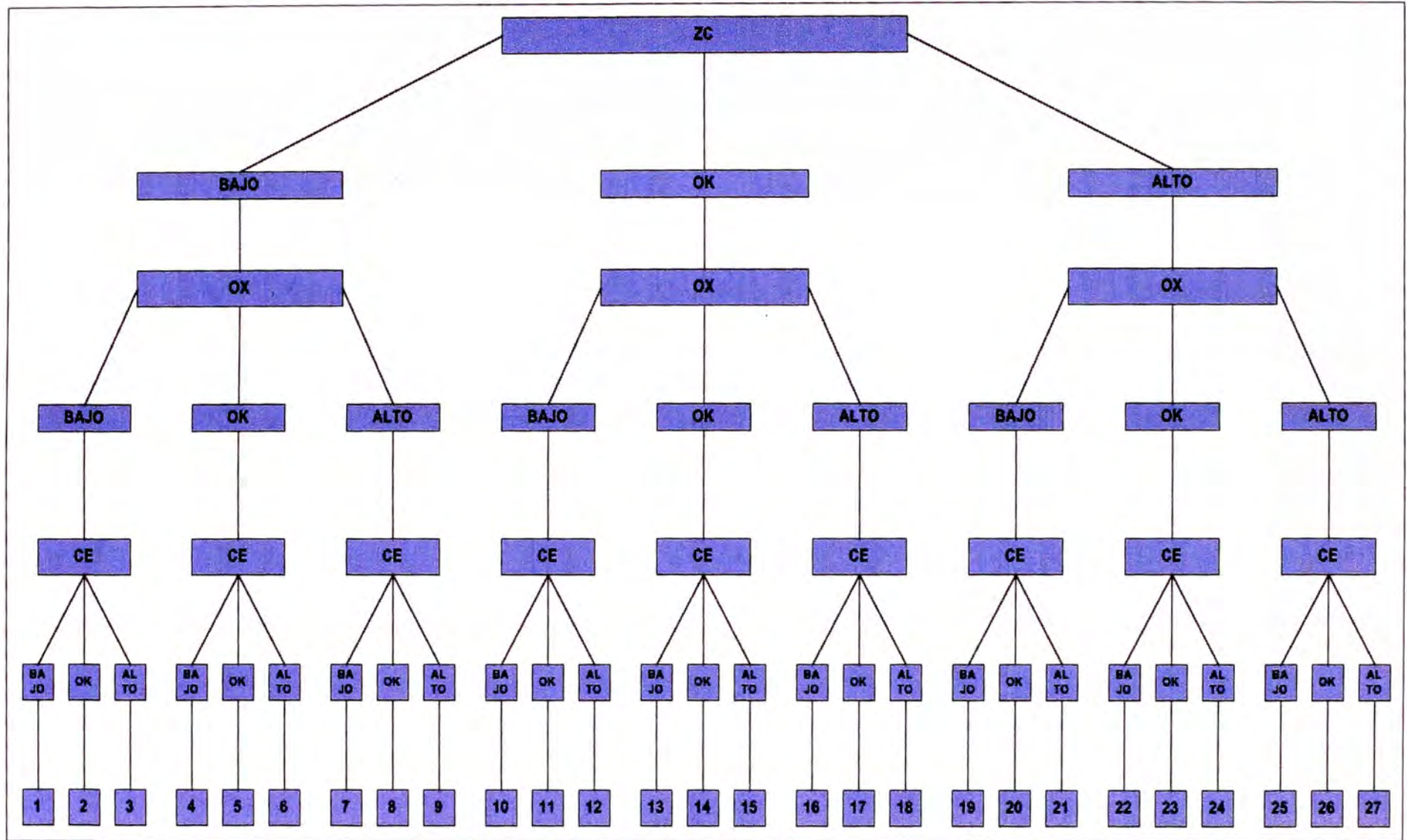


Figura 4.1. Casos que se pueden presentar durante la operación del horno.

En otras palabras, la temperatura de la **ZC** es **BAJA** si se encuentra debajo de 1000 °C; es bien (**OK**) si se encuentra entre 1050 a 1200 °C; y es **ALTA** si esta encima de 1200°C.

La temperatura de la cámara de enlace **CE** es **BAJA** si esta debajo de 400°C; está bien (**OK**) si se encuentra entre 350°C a 450°C; y es **ALTA** si esta encima de 450°C.

Y en relación al oxígeno **OX**, es **BAJO** si es inferior al 0.4 %; está bien (**OK**) si se encuentra entre 0.4 a 2.0 %; y es **ALTO** si está encima de 2%.

De la figura 4.1 si encontramos que la temperatura de zona de calcinación **ZC** es baja, el porcentaje de oxígeno **OX** es alto, y la temperatura de la cámara de enlace **CE** es alta, siguiendo la línea **ZC** bajo, **OX** alto, **CE** alto, encontramos el **caso 9** de los **procedimientos de operación del horno**.

Un procedimiento similar es seguido para corregir cualquiera de las 27 condiciones listadas. El operador deberá estar alerta para remediar cualquier condición fuera de control, tan pronto alcance los límites de tolerancia indicados para el horno. Las correcciones deberán ser inmediatas pero no radicales, salvo una situación de emergencia, esperando observar la reacción a las medidas adoptadas para evitar llevar al horno a una condición crítica.

4.1.3. Sistema de control difuso.

El control difuso es una propuesta distinta e innovadora al control clásico convencional. A diferencia del alto nivel de lenguaje matemático en que se basa éste último, el control difuso provee una metodología formal de cómo representar, manipular e implementar un sistema de control basado en el conocimiento heurístico.

Un sistema de control difuso es una mapeo no lineal estático entre sus entradas y sus salidas. Dado un conjunto de entradas, clasificadas en “conjuntos difusos”, se presentan conjuntos de variables de salida que se relacionan por las reglas lingüísticas que rigen el sistema.

El control difuso se compone de cuatro elementos principales:

a.- La base de reglas; que conforma el conocimiento global del sistema a controlar definido en un conjunto de reglas **if-else**.

b.-El mecanismo de inferencia; encargado de evaluar que regla de control está en juego a determinado tiempo y de esta manera decide cual debe ser la respuesta del controlador.

c.-La interfaz de fuzzificación; que es la encargada de traducir las variables de entrada en variables difusas para luego compararlas en el conjunto de reglas **if-else**.

d.- La interfaz de defuzzificación; que convierte las conclusiones alcanzadas por el mecanismo de inferencia (respuesta del controlador) en las entradas pertinentes para el sistema.

En la figura 4.2. Se muestra el esquema de control difuso, el controlador difuso entrega valores acondicionados a la planta.

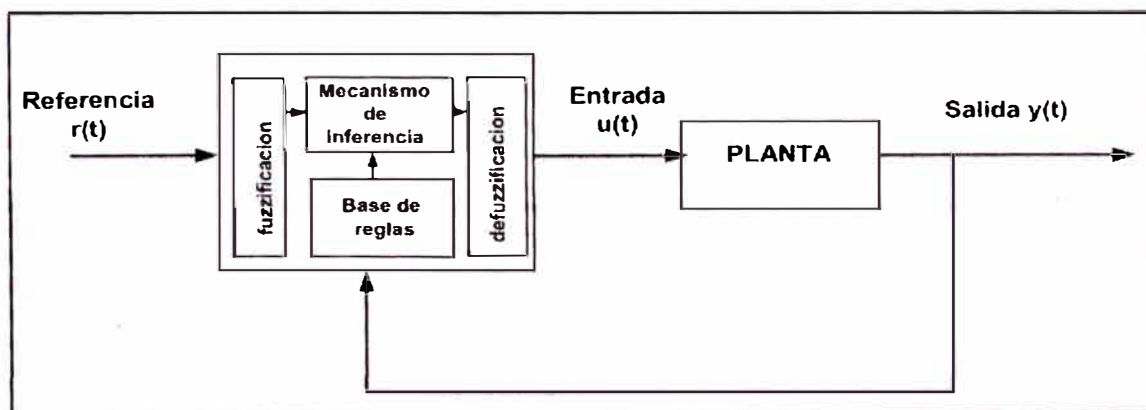


Figura 4.2. Esquema general de un sistema difuso.

Anteriormente se ha realizado una introducción a los sistemas de control difuso; Ahora veremos cómo usar la lógica difusa para el control del horno de calcinación de la Planta de Óxido de Calcio.

En la **figura 4.3.** Mostramos las variables de salida y entrada de control del horno, para ello usaremos algunas abreviaturas.

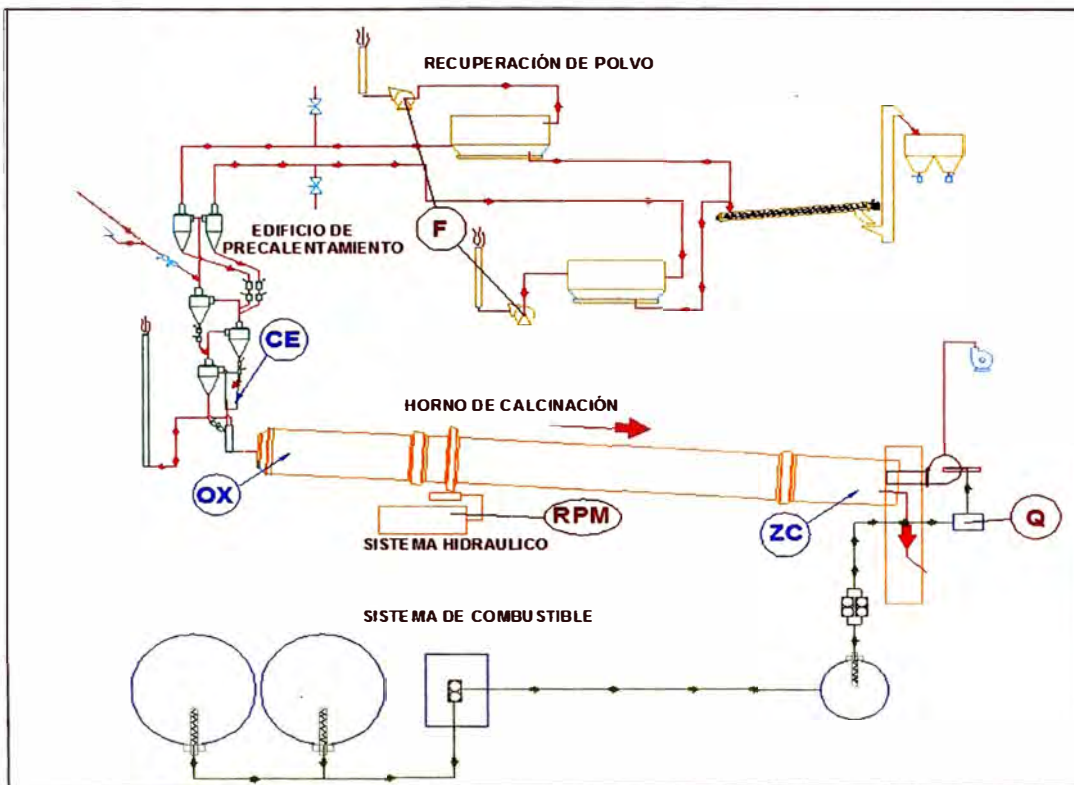


Figura 4.3. Variables de control de la planta.

Variables principales de entrada del controlador difuso.

ZC: Temperatura en la zona de quemado o calcinación (entrada);

Con un equipo de termografía obtenemos la medición de la temperatura en la zona de calcinación.

OX: Porcentaje de oxígeno en la cámara de enlace (entrada);

Para ello utilizaremos un analizador de gases.

CE: Temperatura en la cámara de enlace (entrada);

Con un RTD (PT100) mediremos en forma continua la temperatura de la materia que ingresa al horno.

Las señales proveniente de los sensores (4 a 20 mA.) serán acondicionadas para su ingreso al controlador difuso.

Variables de salida del controlador difuso.

RPM: Velocidad del horno (salida);

Esta señal es enviada a una válvula hidráulica proporcional que se encuentra en el sistema hidráulico de la motorización del horno, esta controla el flujo de aceite hidráulico y de esta manera le permite variar la velocidad del motor hidráulico.

Q : Flujo del combustible (salida)

La señal para el control de la Cantidad de combustible es enviada a una válvula proporcional, que regula el flujo de combustible, que alimenta al quemador del horno.

F : Velocidad de los exhaustores (salida).

La señal para el control de la Velocidad de los exhaustores es enviada a los variadores de frecuencia que controlan la velocidad de los motores.

Nota: Todas las señales de salida son acondicionadas (procesadas) para actuar según el tipo de señal de control de los actuadores; En la industria, es muy usada la señal de corriente de 4 a 20 mA.

Reglas que rigen el funcionamiento del horno

Consideremos el siguiente conjunto de reglas difusas para el control del horno.

R1 : IF ZC es BAJO AND OX es BAJO AND CE es BAJO THEN RPM es BAJO, Q es ALTO y F es ALTO

R2 : IF ZC es BAJO AND OX es BAJO AND CE es OK THEN RPM es BAJO, Q es BAJO y F es BAJO

R3: IF ZC es BAJO AND OX es BAJO AND CE es ALTO THEN RPM es BAJO, Q es BAJO y F es BAJO

R4 : IF ZC es BAJO AND OX es OK AND CE es BAJO THEN RPM es BAJO, Q es ALTO y F es ALTO

R5 : IF ZC es BAJO AND OX es OK AND CE es OK THEN RPM es BAJO, Q es OK y F es BAJO

R6 : IF ZC es BAJO AND OX es OK AND CE es ALTO THEN RPM es BAJO, Q es BAJO y F es BAJO

R7 : IF ZC es BAJO AND OX es ALTO AND CE es BAJO THEN RPM es BAJO, Q es ALTO y F es BAJO

R8 : IF ZC es BAJO AND OX es ALTO AND CE es OK THEN RPM es BAJO, Q es ALTO y F es BAJO

R9 : IF ZC es BAJO AND OX es ALTO AND CE es ALTO THEN RPM es BAJO, Q es ALTO y F es BAJO

R10 : IF ZC es OK AND OX es BAJO AND CE es BAJO THEN RPM es OK, Q es ALTO y F es ALTO

R11 : IF ZC es OK AND OX es BAJO AND CE es OK THEN RPM es OK, Q es BAJO y F es OK

R12 : IF ZC es OK AND OX es BAJO AND CE es ALTO THEN RPM es OK, Q es BAJO y F es BAJO

R13: IF ZC es OK AND OX es OK AND CE es BAJO THEN RPM es OK, Q es ALTO y F es ALTO

R14 : IF ZC es OK AND OX es OK AND CE es OK THEN RPM es OK, Q es OK y F es OK

R15 : IF ZC es OK AND OX es OK AND CE es ALTO THEN RPM es OK, Q es BAJO y F es BAJO

R16 : IF ZC es OK AND OX es ALTO AND CE es BAJO THEN RPM es OK, Q es ALTO y F es ALTO

R17 : IF ZC es OK AND OX es ALTO AND CE es OK THEN RPM es OK, Q es OK y F es BAJO

R18 : IF ZC es OK AND OX es ALTO AND CE es ALTO THEN RPM es OK, Q es BAJO y F es BAJO

R19 : IF ZC es ALTO AND OX es BAJO AND CE es BAJO THEN RPM es ALTO, Q es BAJO y F es ALTO

R20 : IF ZC es ALTO AND OX es BAJO AND CE es OK THEN RPM es ALTO, Q es BAJO y F es ALTO

R21 : IF ZC es ALTO AND OX es BAJO AND CE es ALTO THEN RPM es ALTO, Q es BAJO y F es OK

R22 : IF ZC es ALTO AND OX es OK AND CE es BAJO THEN RPM es ALTO, Q es BAJO y F es ALTO

R23 : IF ZC es ALTO AND OX es OK AND CE es OK THEN RPM es ALTO, Q es BAJO y F es ALTO

R24 : IF ZC es ALTO AND OX es OK AND CE es ALTO THEN RPM es ALTO, Q es BAJO y F es BAJO

R25 : IF ZC es ALTO AND OX es ALTO AND CE es BAJO THEN RPM es ALTO, Q es ALTO y F es ALTO

R26 : IF ZC es ALTO AND OX es ALTO AND CE es OK THEN RPM es ALTO. Q es BAJO y F es ALTO

R27 : IF ZC es ALTO AND OX es ALTO AND CE es ALTO THEN RPM es ALTO. Q es BAJO y F es ALTO.

Pasos para el desarrollo del control difuso:

- **Sensor:** El agente que censa en un ambiente. Es importante recordar que los sensores nos entregan valores numéricos precisos (cantidades de luz, temperatura, etc.).
- **Fuzzificador:** La condición de la regla hace un uso de términos vagos, mediciones no precisas. Así que los valores de entrada deben ser fuzzyficados (por ejemplo para que nosotros podamos saber lo verdadero de una temperatura moderada es calurosa).
- **Evaluar:** Para cada regla, el agente hace el trabajo de salida para las condiciones verdaderas.
- **Activar:** Para cada regla, la verdad de cada acción es determinada (como un conjunto difuso).
- **Agregación:** El agente debe combinar las decisiones de todas las reglas.
- **Defuzzificador:** Es importante recordar que la señal que el agente enviará al dispositivo a controlar (por ejemplo un acelerador, un freno, etc.) será un valor numérico preciso. Por ejemplo, el agente no puede instruir a un motor para girar mucho el eje. En cambio, podría encender el motor para algún número de segundos. Así la combinación de todas las reglas, en esta fase debe ser defuzzificado en un valor preciso.
- **Actúa:** El agente envía la señal precisa al dispositivo para que lleve a cabo la acción.

Valores esperados de las variables del controlador difuso.

Con el controlador difuso buscamos obtener valores promedios, que según los expertos en este campo, son condiciones necesarias para tener una buena combustión y quemado del carbonato de calcio para la obtención del óxido de calcio.

En la **tabla 4.2** se muestra las metas que se tienen que alcanzar para estas variables.

Tabla 4.2. Valores óptimos de variables de control difuso.

CONDICIONES	CODIGO	META	RANGO	LIMITES
Temperatura de Zona de Calcinación	ZC	1100 °C	± 50 °C	1000 ° a 1200° C
Temperatura en la Cámara de Enlace	CE	400 °C	± 20 °C	350 ° a 450° C
Porcentaje de Oxígeno	OX	1.20%	± 0.8	0.4 % a 2.0 %
Velocidad del Horno	RPM	4 RPM	± 1 RPM	3 RPM a 5 RPM
Cantidad de combustible	Q	500 GPM	± 100 GPM	400 a 600 GPM
Velocidad de los exhaustores	F	55 Hz	± 10 Hz	50 Hz a 60 HZ

Algoritmo de control difuso.

Sensor.

Supongamos que el agente sensor nos proporciona una temperatura de de la zona de calcinación (**ZC**) es de 1050 °C, la temperatura de la cámara de enlace (**CE**) es de 360 °C y el porcentaje de oxígeno (**OX**) es de 2%

Fuzzificador.

Consideramos los siguientes conjuntos difusos de las Figuras 4.4. y 4.5..

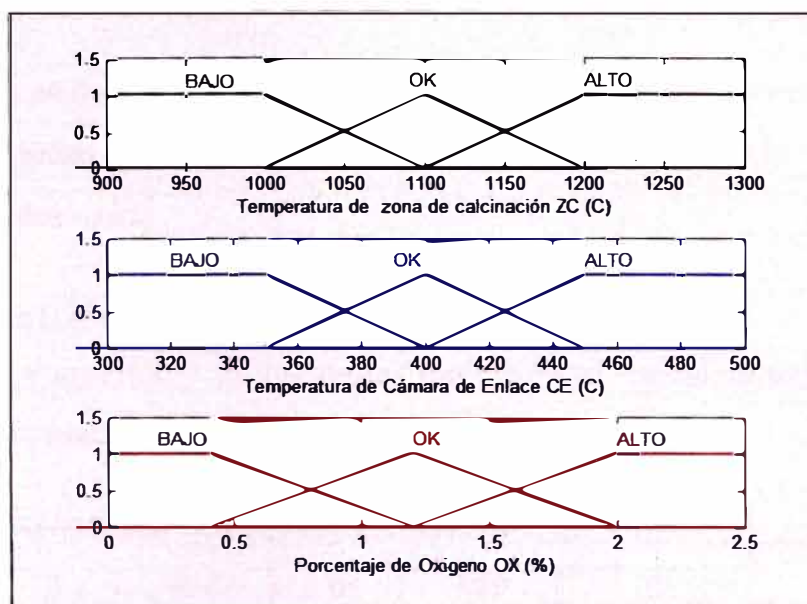


Figura 4.4. Conjuntos difusos de entrada.

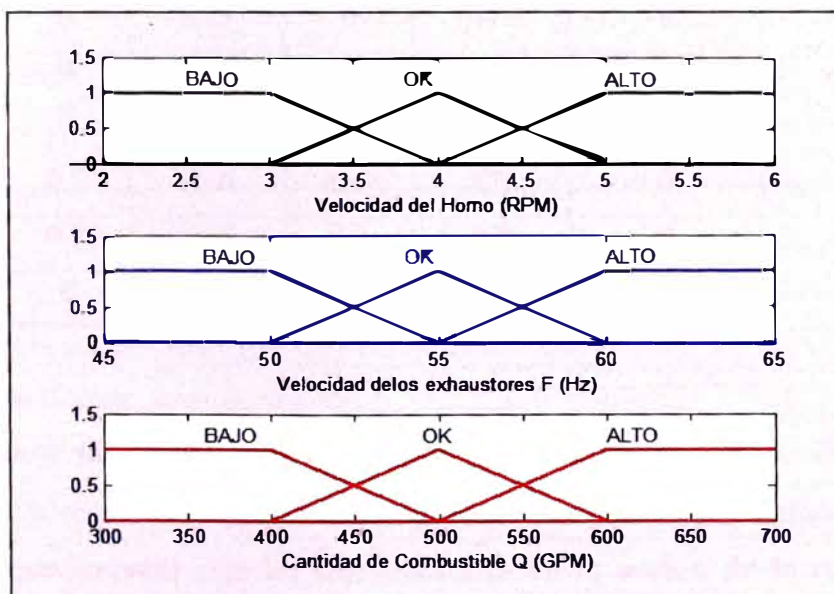


Figura 4.5. Conjuntos difusos de salida.

Los valores de los sensores son procesados y pueden ser fuzzificados.

Para ZC=1050 °C	Valor	Para OX=2%	Valor	Para CE=360 °C	Valor
I1(ZC es BAJO)	0.5	I2(OX es BAJO)	0	I3(CE es BAJO)	0.8
I1(ZC es OK)	0.5	I2(OX es OK)	0	I3(CE es OK)	0.2
I1(ZC es ALTO)	0	I2(OX es ALTO)	1	I3(CE es ALTO)	0

Evaluación.

Ahora evaluamos para todas las Reglas que rigen el funcionamiento del horno. Para todas las condiciones usamos la conjunción \square para la evidencia que usa el operador *mín*.

$$\alpha_i = \text{mín}\{I1(ZC_i), I2(OXi), I3(CEi)\}$$

Del operador anterior y de las reglas que rigen el funcionamiento del horno obtenemos lo siguiente tabla de resultados:

EVALUANDO EN TODAS LAS REGLAS					
<i>R1</i>	0	<i>R10</i>	0	<i>R19</i>	0
<i>R2</i>	0	<i>R11</i>	0	<i>R20</i>	0
<i>R3</i>	0	<i>R12</i>	0	<i>R21</i>	0
<i>R4</i>	0	<i>R13</i>	0	<i>R22</i>	0
<i>R5</i>	0	<i>R14</i>	0	<i>R23</i>	0
<i>R6</i>	0	<i>R15</i>	0	<i>R24</i>	0
<i>R7</i>	0.5	<i>R16</i>	0.5	<i>R25</i>	0
<i>R8</i>	0.2	<i>R17</i>	0.2	<i>R26</i>	0
<i>R9</i>	0	<i>R18</i>	0	<i>R27</i>	0

Activación.

El paso de activación se aplicara a la séptima, octava, dieciseisava y diecisieteava regla el cual al evaluar se obtiene un resultado diferente de cero. Tenemos que trabajar con las declaraciones en la acción de la regla, dado la condición de verdad de la regla.

En la figura 4.6. Se muestran como los resultados de las condiciones, se usan para sujetar a los conjuntos difusos de salida, correspondiente a la velocidad del horno (RPM).

Para la activación de las reglas se utiliza la siguiente relación:

$$C_i = \text{mín} \{ \Sigma_i, C_i(w) \}$$

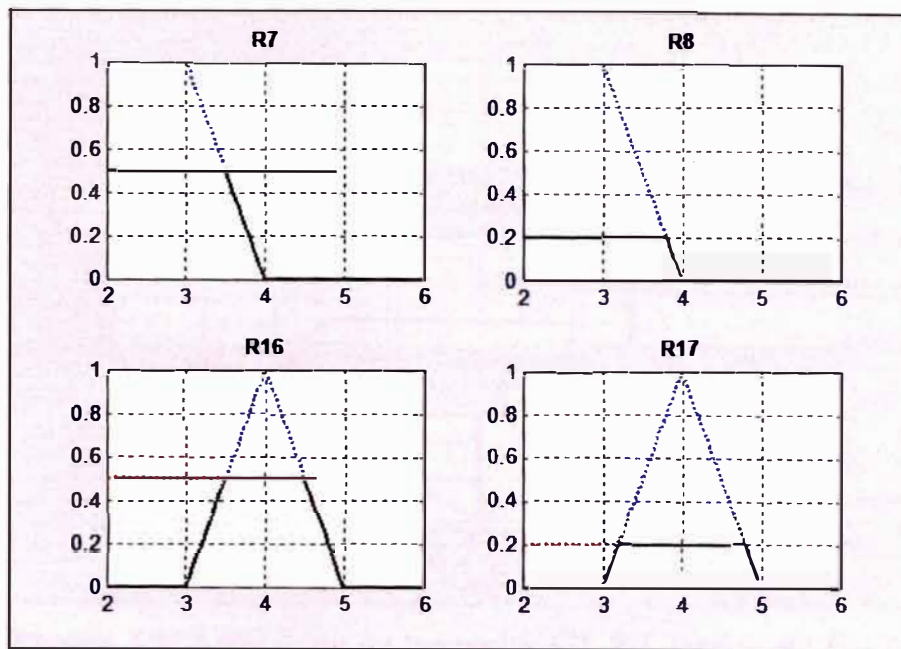


Figura 4.6. Activación de las reglas R6, R7, R16 y R17.

Agregación.

El próximo paso es la agregación. Nosotros debemos combinar las declaraciones de todas las reglas que se han disparado (en nuestro caso, cuatro reglas). La agregación que normalmente es usado es la unión (máximo).

$$C_i(w) = \text{máx}\{ C_i \}$$

Defuzzificación.

Se debe determinar un valor de ajuste preciso para la velocidad del exhaustor . Este es el proceso de defuzzyficacion. Hay muchas aproximaciones pero la más común es el método del centroide. El centroide será el valor de ajuste de la velocidad del horno y se presenta como una línea vertical que pasa a través del centro del conjunto.

Para hallar el centroide utilizamos la siguiente formula.

$$z_0 = \frac{\sum C_i(w) \cdot z}{\sum C_i(w)}$$

Finalmente los resultados para los ajustes de los parámetros, para el control del horno, se muestran en la Figura 4.7.

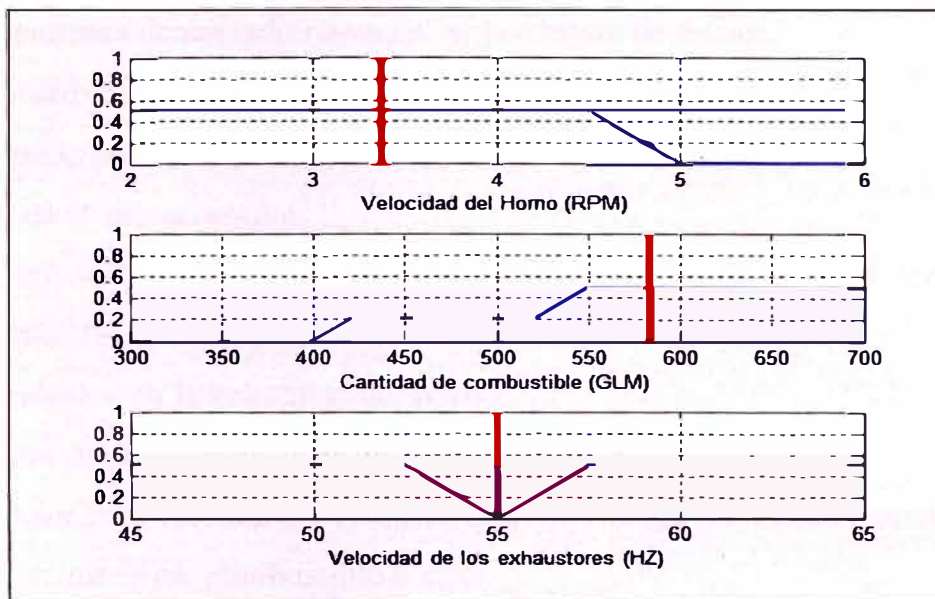


Figura 4.7. Activación de las reglas R7, R8, R16 y R17.

Actúa

Finalmente, el agente es leído para actuar.

Velocidad del Horno (RPM)=2.37

Cantidad de combustible (GLM)=583.64

Velocidad de los exhaustores (HZ)=55.00

Los valores son procesados y transformados en señal para ser enviados para ajustar los parámetros de funcionamiento del horno. A partir de este momento el ciclo empieza de nuevo.

4.1.4. Emergencia y desperfecto.

Los procedimientos de control descritos en esta sección no son adecuados cuando el horno está en condición de desperfecto, o existe una emergencia. Serán procedimientos especiales bajo tales condiciones. Brevemente, estas condiciones son:

- Rápida formación de un anillo.
- Pérdida de revestimiento o anillo.
- Manchas rojas en la superficie del horno.
- Formación de aglomeraciones de material en la zona de quemado.

- Temperaturas demasiado elevadas en la cámara de enlace.
- Combustibles en los gases de escape por mala combustión.
- Problemas en la alimentación del horno.
- Atoro en el precalentador.
- Material no calcinado en la zona de calcinación por una temperatura demasiado baja.
- Desperfectos en la velocidad del horno.
- Periodos de encendido y apagado del horno.
- Cualquier falla mecánica o eléctrica que interrumpa de alguna manera el flujo regular de material, combustible o aire.

Si cualquiera de estas condiciones existe, será necesario aplicar las medidas correctivas radicales, como cortar combustible, cortar alimentación, bajar al mínimo la velocidad del horno, cerrar las compuertas de los exhaustores o bajar radicalmente su velocidad, según sea la gravedad del caso.

4.2. Instrumentación de la planta.

Se entenderá por “Instrumentación” a la disciplina que abarca a todos los instrumentos y equipos de control (excepto los tableros de mando y los instrumentos a energía eléctrica), incluyendo a los medidores, válvulas, manómetros, lubricadores, ventanillas indicadoras, alarmas, paneles de instrumentos, accesorios y cableado, que hacen posible el control automático del proceso productivo en todas sus etapas y áreas asociadas, así como también a todo los procesos y equipos auxiliares asociados a la producción.

4.2.1. Recepción, descarga y bodegaje de instrumentos.

Recepcionar y almacenar en una bodega especialmente designada para ello todo los instrumentos del Proyecto cumpliendo con los procedimientos de carga, descarga y almacenaje, del Proveedor e Ingeniería, las que serán

almacenadas en recintos especialmente diseñados para ello, de acuerdo a los reglamentos de control, transporte, manipulación y medio ambiente del Servicio de Salud.

Los instrumentos deben almacenarse bajo condiciones seguras y adecuadas, protegiéndolos de la humedad, lluvia, arena, sal e insectos. Respecto a los requisitos de bodegaje de componentes computacionales y controles electrónicos, se deberá considerar las instrucciones del proveedor.

Los instrumentos deben revisarse para verificar que coinciden con la información entregada en las hojas de datos, que incluyen todos los accesorios y piezas y que no presentan daños. Dependiendo de las órdenes del Ingeniero de terreno a cargo, esta revisión podría incluir una calibración inicial de banco, destinada a verificar la integridad de las piezas interiores

El supervisor de terreno realizará la inspección de los instrumentos para asegurarse que cumplen con los planos del Proyecto y/o requisitos técnicos del proveedor.

4.2.2. Calibración.

Para la calibración de la instrumentación es necesario programar la contratación de los instrumentos para la implementación del laboratorio con suficiente tiempo antes de la terminación Mecánica de los sistemas, para permitir su instalación en el orden adecuado.

Verificar que al efectuar la contratación se rotule o etiquete los instrumentos.

Verificar y firmar la hoja de registro de contratación de acuerdo a la escala y unidad estipulada por Ingeniería, previa a la instalación de los instrumentos.

Verificar la funcionalidad de los instrumentos y sus circuitos de control.

4.2.3. Instalación de instrumentos de planta.

Los supervisores de terreno deberán realizar las siguientes actividades:

- Inspecciona la instalación de los instrumentos.

- Coordinar y supervisar las pruebas operativas de los circuitos, de acuerdo a lo solicitado en los documentos y especificaciones del proyecto.
- Verifica que la documentación de control de calidad correspondiente a la calibración e instalación de instrumentos, como las verificaciones de los circuitos de funcionamiento estén completas.
- Coordina con la supervisión y con el proveedor correspondiente, para resolver cualquier duda sobre la instalación.
- Dirige las pruebas operativas de las instalaciones y calibraciones de los instrumento.
- Trabaja en estrecha colaboración con los inspectores del cliente y de terceros. coordinando su presencia en las pruebas de operación.
- Verificar que el personal del proveedor o subcontratista efectúe las mediciones operativas y verificaciones solicitadas para sus equipos.
- Coordinar que las pruebas neumáticas de la tubería de proceso, se efectúen a 1.1 veces la presión máxima de proceso, para verificar si hay filtraciones.
- En los casos de los transmisores de flujo y válvulas de control, verificar en los P&ID la dirección del flujo.
- Verificar la ubicación de arranques en los planos isométricos.
- Verificar la ubicación del instrumento respecto a el arranque y la inclinación correcta de los cables hacia el instrumento
- Verificar que todos los paneles de control estén correctamente instalados, revisando posibles daños, en los tubing y/o cableado de los instrumentos
- Verificar la ubicación de los manómetros e indicadores locales, asegurándose que exista una protección adecuada contra sobrecargas, donde sea necesaria. (En general, esto implica asegurarse que se vea el manómetro desde un punto relacionado a la operación)
- Verificar que los instrumentos, sus cables y válvulas cuenten con espacio suficiente para su aislación de otros equipos o líneas y que estén adecuadamente orientados para funcionar eficientemente y que cuenten con un fácil acceso para mantención

- Verificar que los suministros de aire cuenten con filtros reguladores, para que el aire proporcionado a los instrumentos sea limpio y seco y provenga de la parte superior del manifold.
- Verificar que los instrumentos sometidos a vibración durante su operación se instalen a distancia donde sea necesario.
- Verificar que se efectúen todas las mediciones específicas solicitadas para los instrumentos, y se registren los resultados.

4.2.4. Lista de instrumentos y señales.

Se eligen los instrumentos de acuerdo al estudio realizado de la planta y a la filosofía de control.

Tabla 4.3. Instrumentación, Transporte de materia prima al edificio precalentador.

TAG	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICANTE / MARCA
HS08001 - HS08007	PULL CORD	Switch de Parada de emergencia. actúa a través de un cable que se tira.	ED CONTACTO	220V x 14AWG 2	CONVEYOR C.
ZV008001 - ZV008004	VALVULA SOLENOIDE 1 1/2"	Electroválvula. de apertura y cierre 3/2. (Conformado por valv neumática y bobina). 1 1/2" NPT, 2 vías, 2 posiciones,	SD ON / OFF	220V 2 x 14AWG	SMC
LT08001	SENSOR TRANSMISOR DE NIVEL	Tipo Radar. Rango hasta 30m. Conex. a proceso 4", acomodador de posición y antena de 4. Conex. eléctrica 1/2" NPT.	EA 4 - 20MA	24V 2x16AWG apantallado	SIEMENS
FIT08001	INTEGRADOR DE FLUJO	Sist. de pesaje en faja transp. Consistente en puente de pesaje, celdas de carga, generador de pulsos e integrador TS3X. Proceso: flujo de carga máximo de diseño 50TPH. Velocidad 1m/s	EA MODBUS	220V x 14WAG + GND 2	TOLEDO

Tabla 4.4 Instrumentación, Edificio de precalentamiento

TAG	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICANTE / MARCA
TT0800 1 - TT0800 3	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Sensor de temperatura RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 300°C; Diámetro de tubería proceso: 760mm, con termo pozo y transmisor en cabezal. Conexión a termo pozo de 1/2" y al proceso 3/4" macho.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACION AL
PT0800 1 - PT0800 3	TRANSMISOR DE PRESION DE VACIO	Presión negativa (en vacío), rango de -100mBar a 100mBar. l. Conex. a proceso: 1/2" NPT y conex. Eléctrica de 1/4" NPT.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	APLISEN S
GT0800 1	ANALIZADOR DE OXÍGENO	Sistema analizador de oxígeno, bulbo de prueba de 1000mm, conexión por brida 3", rango de trabajo a temperaturas de hasta 1400°C y tablero de control con entrada para cables de alimentación, de salida de señal 4-20mA y otro adicional	EA MODBUS	220VAC 2 x 14WAG + GND	SIEMENS

Tabla 4.5. Instrumentación, Recuperación de polvo

TAG COR MEI	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICANTE / MARCA
TT080 04 - TT080 05	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Sensor de temperatura RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 300°C; Diámetro de tubería proceso: 760mm, la longitud del bulbo interno (inserción) estimado: 225mm, con termo pozo y transmisor en cabezal. Conexión a termo pozo de 1/2" y al proceso 3/4" macho.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL
ZV080 05... ZV080 88	VALVULA SOLENOIDE 1"	Electroválvula. neumática piloteada. 02 pzs. Solenoide y valv. Neumat 1" por separado. Además codo adaptado para ingreso a "flautas" (mangas de colectores de polvo	SD ON / OFF	220V 2 x 14AWG	ASCO / SMC
FCV08 001 - FCV08 002	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO DE INGRESO DE AIRE DE AMBIENTE.	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO DE INGRESO DE AIRE DE AMBIENTE. Válvula mariposa de 16", de cuerpo hierro fundido con vástago adecuado para actuador neumático de doble efecto de entrada de aire 1/4" npt y torque 11870 libras/pulgadas a 80psi, y con posicionador electro neumático 4/20, entrada 4-20mA, conex eléctrica de 1/4" npt, suministro de aire de 3 a 10bar.	SA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	BRAY CONTROLS / GENEVRE
LSH08 001	SWITCH DE NIVEL ALTO	Instalación en parte superior de Tolva de descarga. Switch de tipo capacitivo, versión plástica compacta, 2 hilos, conex. al proceso de 3/4" NPT. Longitud de bulbo de inserción 18", conexión eléctrica 1/2" NPT. 220V	ED CONTA CTO	220V 4 x 14AWG	BINMASTE R

Tabla 4.6. Instrumentación, Calcinación y enfriamiento.

TAG CORMEI	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICAN TE / MARCA
TT08006	TRANSMISOR DE TEMPERATURA - SENSOR OPTICO INFRARROJO	Rangos de medición 700°C a 1800°C salida 4-20mA, salida digital RS485, (aire 80 a 120 psi), base ajustable, ventana de protección, tubo ajustable, sigthing tube, cable de conex interna.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	RAYTEK
TT08007	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Temperatura de gases del proceso: 800°C aprox. Sensor tipo Termocupla K, bulbo de inserción interno de 650mm y 300mm exterior; la Tc opera en un Rango de 0 a 1200°C.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL
PT08004	TRANSMISOR DE PRESION DE VACIO	Presión negativa (en vacío), rango de -100mBar a 100mBar. Se usará medidor de presión diferencial. Conex. a proceso: 1/2" NPT y conex. Eléctrico de 1/4" NPT. Diafragma de material en Acero Inox 316 SST.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	APLISENS
TT08008	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Sensor de temperatura RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 300°C; (cuello exterior de 200mm para evitar calentamiento de transmisor y mala señal). Conexión a termo pozo de 1/2" y al proceso 3/4" macho.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL
FCV08005	VALVULA CONTROLADORA DE FLUJO	Válvula de regulación de caudal, pertenece a bomba de caudal variable en sistema. Hidráulico del horno.	EA 4 - 20MA	2 x 16AWG apantallado	TBD

Tabla 4.7. Instrumentación; Transporte de óxido de calcio para su envasado.

TAG CORMEI	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICAN TE / MARCA
HS08008 - HS08009	PULL CORD	Switch de Parada de emergencia. Unidad de doble terminal, actúa a través de un cable que se tira por el personal en riesgo	EA CONTACTO	220 2 x 14AWG	CONVEYOR C.
LSH08002 LSH08002	SWITCH DE NIVEL ALTO	Instalación en parte superior de Tolva de descarga. Switch de tipo capacitivo, versión plástica compacta, 2 hilos, conex. al proceso de 3/4" NPT. Longitud de bulbo de inserción 18", conexión eléctrica 1/2" NPT. 220V	EA CONTACTO	220V 4 x 14AWG	BINMASTE R
FIT08002	INTEGRADOR DE FLUJO	Sist. de pesaje en faja transp. Consistente en puente de pesaje, celdas de carga, generador de pulsos e integrador TS3X. distancia entre polines de 1200mm, ángulo de polines 30°, flujo de carga máximo de diseño 15TPH. Velocidad 1m/s	EA MODBUS	220V 14WAG + GND 2 x	TOLEDO

Tabla 4.8. Instrumentación, Sistema de combustible.

TAG CORMEI	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICANTE / MARCA
LSH08004 - LSH08005	SWITCH DE NIVEL ALTO	TQ. ALMACENAM. PETROLEO 1. Switch tipo boya. Conex. Por brida DN65 PNI 6. Todo en acero inox 316. Precisión de +/- 3mm de nivel medido, Temp hasta 150°C. Proceso: Temp max 60°C del Residual 500.	ED CONTACTO	220V 2 x 14AWG	TECFLUID
LSL08001 - LSL08002	SWITCH DE NIVEL BAJO	TQ. ALMACENAM. PETROLEO 1. Switch tipo boya. 316. Precisión de +/- 3mm de nivel medido, Temp hasta 150°C.	ED CONTACTO	220V 2 x 14AWG	TECFLUID
TT08009 - TT08010	TRANSMISOR TEMPERATURA	TQ. ALMACENAM. PETROLEO 1 y 2. Sensor de temperatura RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 70°C estimado: 225mm, con termopozo y transmisor en cabezal. Conexión a termopozo de 1/2" y al proceso 3/4" macho. Con certificación ATEX II	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL.
TT08011	TRANSMISOR TEMPERATURA	Sensor de temperatura RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 60°C; estimado: proceso 3/4" macho. Con certificación ATEX II	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL.
LT08003	SENSOR TRANSMISOR DE NIVEL	TQ. DIARIO. Tipo Radar; hz. Conex. a proceso por brida de 2", aprobación ATEX II y antena de 4". Conex. eléctrica 1/2" NPT. Rango hasta 30m.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	SIEMENS
TT08012	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	TQ. DIARIO. RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 70°C; Conexión a termopozo de 1/2" y al proceso 3/4" macho. Con certificación ATEX II	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL.
FCV08004	VALVULA CONTROLADORA DE FLUJO	Válvula Globo con actuador neumático y posicionador electro neumático 4-20mA, Proceso: Petróleo R500, Temp. Proceso 60°C (máxima 70°C), Alta presión 60bar - Clase 600	SA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	SPIRAX SARCO
FIT08004	TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO			220V 2 x 14AWG + GND	METROVAL
PT08006	TRANSMISOR DE PRESION	Transmisor de presión manómetro., rango hasta - 70Bar. Conex. a proceso: 1/4" NPT. Diafragma mate. en Acero Inox 316 SST. s hasta 140°C), hasta 60Bar, salida 4-20mA.	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	APLISENS

Tabla 4.9. Instrumentación, Sistema de combustible.

TAG CORME I	TIPO DE INSTRUMENTO	DESCRIPCION	I/O / TIPO DE CONTROL	ALIMENTACION / CABLES	FABRICANTE / MARCA
TT08013	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Sensor de temperatura RTD, tipo Pt100. Rango 0 a 150°C; la longitud del bulbo interno (inserción) estimado: 150mm, con termopozo y transmisor en cabezal. Conexión a termopozo de 1/2" y al proceso 3/4" macho. Con certif. ATEX II. Proceso a 120°C nominal	EA 4 - 20MA	24V 2 x 16AWG apantallado	FAB. NACIONAL
ZCV0800 1- ZCV0800 2	VALVULA ESFERICA CON ACTUADOR Y ELECTROVALV ULA ON/OFF	VAL. ESFERICA NEUM. ON/OFF. 1.5". Proceso: Petróleo R500, Temp. 120°C, Alta presión 60bar.	SD CONTACT O	220V 2 x 14AWG	SPIRAX SARCO
ZS08001, ZS08004 - ZS08008	SENSOR DE PROXIMIDAD	Indicador de posición de estado abierto / cerrado de compuerta. Sensor cubico de 24VDC o 220VAC, con alcance de 20mm. Para control de posición .Proceso: Control de posición de válvula de 03 vías.	ED CONTACT O	220V 2 x 14AWG	SIEMENS
ZS08002	SENSOR DE POSICION	Indicador de posición de estado abierto / cerrado de compuerta. Alimentación 220VAC. Incluido en válvula ZCV08001	ED CONTACT O	220V 2 x 14AWG	SPIRAX SARCO
ZS08003	SENSOR DE POSICION	Indicador de posición de estado abierto / cerrado de compuerta. Alimentación 220VAC. Incluido en válvula ZCV08002	ED CONTACT O	220V 2 x 14AWG	SPIRAX SARCO

4.3. Sistema de control y supervisión de la planta de cal.

4.3.1. Propuesta técnica.

Este informe especifica la implementación y desarrollo de un sistema de control para la “Planta de Óxido de Calcio” basado en tecnología de controladores de proceso Control Logix de Allen Bradley, con la finalidad de proporcionar una alta confiabilidad en el proceso productivo. Asimismo, mantenibilidad y eficiencia reduciendo los costos de operación y tiempos de parada.

El sistema de control consta de un controlador Control Logix con sus respectivos módulos de entradas y salidas, módulos de comunicación e

interfaces de conexión. Todos los suministros garantizarán la operación satisfactoria del sistema de control.

El hardware y software del sistema de control cumple con los requisitos para operar en forma continua las 24 horas al día y 365 días al año.

El diseño de los gabinetes contempla las condiciones ambientales características del lugar, como: temperatura, contaminación de polvo, medio de proceso y lluvia.

Se suministrará el sistema de control, el centro de control de motores e instalación de la instrumentación para la planta de óxido de calcio partiendo de las especificaciones técnicas.

De la misma manera se realizará el desarrollo de planos, configuración de equipos, programación y puesta en marcha.

El sistema de control se compone de:

- Sistema de Control
- Centro de Control de Motores
- Instrumentación

El sistema de control a utilizarse se encuentra en hardware de control, software y medios de comunicación.

En la figura 4.8. Se muestra la arquitectura de control que se desarrollará para lograr la integración de los sistemas, el control y la supervisión de la Planta de Óxido de Calcio.

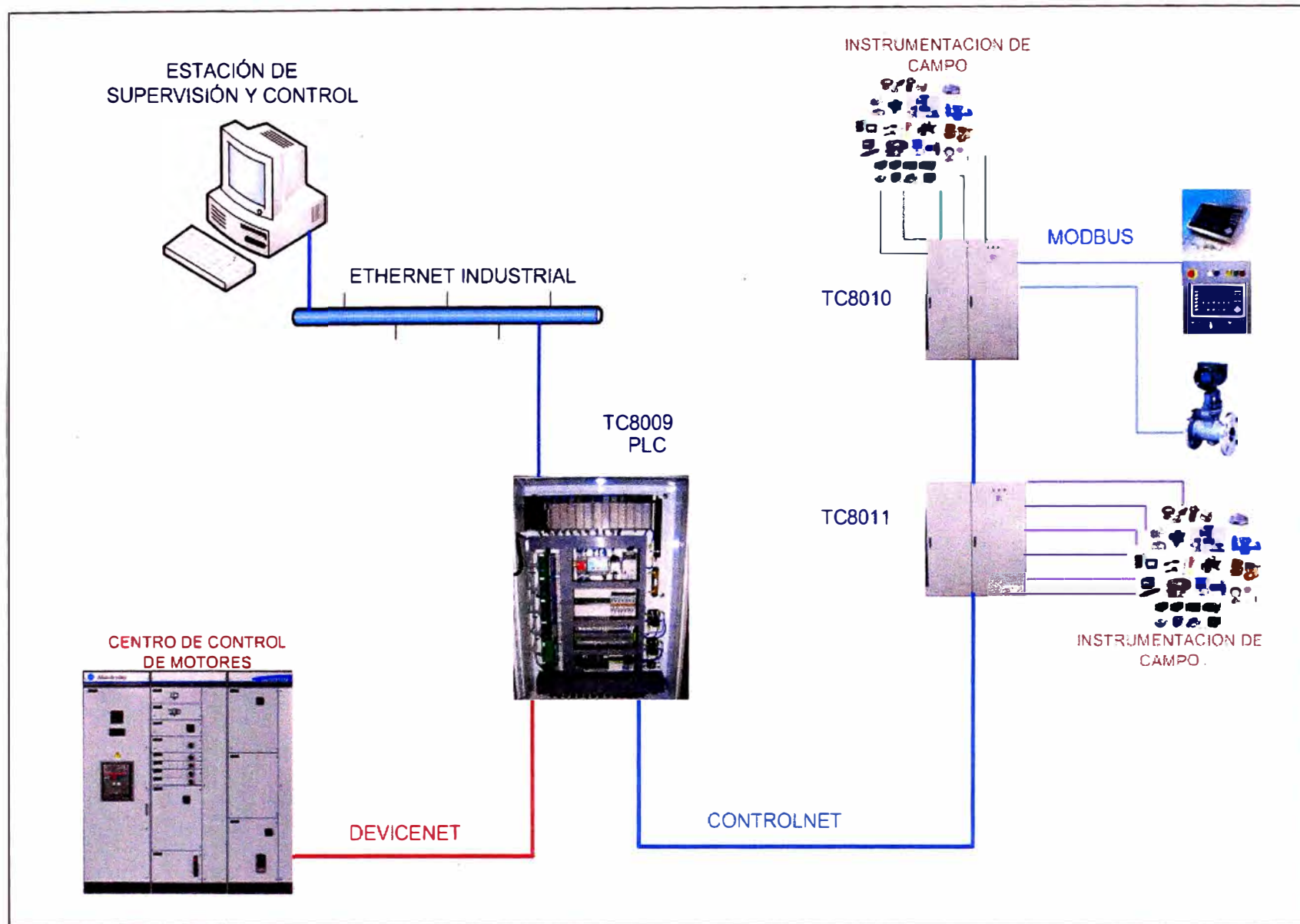


Figura 4.8. Distribución de la red de control.

El alcance de esta propuesta contempla:

- Se proveerá los equipos de control y supervisión.
- La selección de la arquitectura y el dimensionamiento de los módulos de entradas/salidas digitales y analógicas están en función a la lista de variables entregada por el cliente. Se considera un factor de reserva del 20%.
- Armado, cableado e instalación de 3 tableros de control (TC8009, TC8010, TC8011).
- Conexión y comisionamiento de la instrumentación de campo dentro de los tableros de control.
- Programación del PLC CompacLogix de acuerdo a la lógica entregada por los diseñadores de la planta de cal.
- Programación y configuración de las pantallas del Sistema de Supervisión, 25 pantallas (telas de proceso, recetas, alarmas, históricos, niveles de seguridad).
- Configuración de la red DeviceNet y enlace del CCM a la estación de control.
- Configuración de la red ControlNet y enlace de las I/O Remotas (2) a la estación de control.
- Configuración de la red ModBus RS485 y enlace con el equipamiento de campo (5 equipos)
- Entrenamiento al personal de operación en el manejo del nuevo sistema y al personal de mantenimiento de planta en la solución de fallas.
- Toda la información generada en el presente proyecto se entregará en formato físico (impreso) y digital (pdf).

4.3.2. Códigos, normas y estándares.

Se seguirán todos los códigos, normas y estándares aplicables en el diseño del sistema, fabricación de los equipos e instalación, requeridos para este proyecto.

- ANSI American National Standards Institute.
- ASTM American Society for Testing Materials.
- IACS International Annealed Copper Standard.
- IEC International Electrotechnical Commission.
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers.

- ISA Instrument Society of America.

4.3.3. Hardware y software.

El sistema de control estará basado en un sistema en base a PLC de la serie ControlLogix, de Allen-Bradley (Rockwell Automation). Este hardware de control contará con las siguientes características principales:

- Su arquitectura será esencialmente distribuida, con unidades de recolección de entradas/salidas ubicadas en el edificio de precalentamiento del horno proyectado y en la unidad de transferencia de combustible.
- Se hará uso extensivo de buses de comunicación digitales para la integración de los componentes del sistema de control y de este con los sistemas de información de la planta.
- El control de proceso, el control lógico y los algoritmos analógicos residirán en el procesador, el cual es del tipo multifunción adecuados a este propósito.
- La interfaz de operación de la nueva planta será desarrollada en una estación de trabajo basada en un computador personal de última generación con pantalla gráfica de alta resolución.

El software para la visualización y control de procesos RSVIEW32 Works 5 000 tags con RSLinx Profesional.

La selección de la arquitectura y el dimensionamiento de los módulos de entradas/salidas digitales y analógicas están en función a la información entregada. Se considera un factor de reserva del 20%.

4.3.4. Estaciones del sistema de control.

Estación principal – TC 8009”

En este gabinete se encuentra el PLC MASTER : Marca Allen Bradley modelo ControlLogix donde se desarrollaran todos los lazos de control, alarmas y configuración de protocolos de comunicación, entradas y salidas.

Contiene los siguientes segmentos:

- Terminador : 1769-ECL

- Fuente Alimentación:1768-PA3
- Slot 0 : Modulo 1768-ENBT
- Slot 1 : Modulo 1768-CNB
- Slot 2 : Modulo 1768-L43
- Slot 3 : Modulo 1769-SDN
- Slot 4 : Modulo MVI69-MCM

Estación remota 'TC 8010_FLX001'

En este gabinete se encuentran los Flex I/Os, que son módulos de entrada y salida de señales digitales y analógicas; Contiene los siguientes segmentos:

- Fuente Alimentación:1794-PS13
- Slot - : Modulo 1794-ACN15
- Slot 1 : Modulo 1794-IA16, RTB:1794-TB3
- Slot 2 : Modulo 1794-IE12, RTB:1794-TB3G
- Slot 3 : Modulo 1794-IE8, RTB:1794-TB3
- Slot 4 : Modulo 1794-IRT8, RTB:1794-TB3G (Entradas tipo termocupla)
- Slot 5 : Modulo 1794-OE4, RTB:1794-TB3
- Slot 6 : Modulo 1794-OW8, RTB:1794-TBNF



Figura 4.9. 'TC 8010_FLX001'

Estación remota 'TC 8011_FLX001'

En este gabinete se encuentran los Flex I/Os, contiene los siguientes segmentos

- Fuente Alimentación:1794-PS13
- Slot - : Modulo 1794-ACN15
- Slot 1 : Modulo 1794-IA16, RTB:1794-TB3

- Slot 2 : Modulo 1794-IE12, RTB:1794-TB3G
- Slot 3 : Modulo 1794-OE4, RTB:1794-TB3

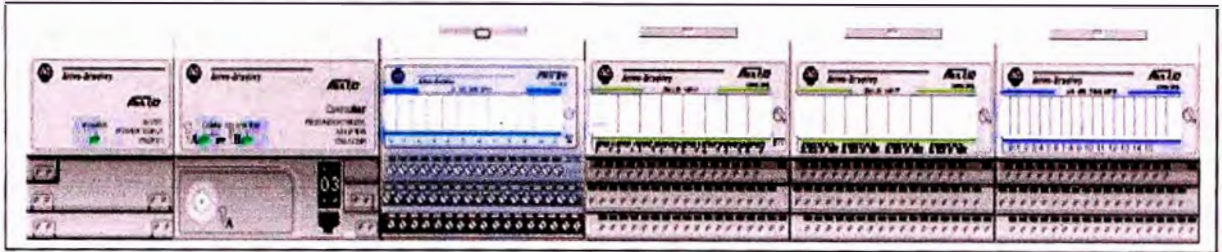


Figura 4.10. 'TC 8011_FLX001'

Estación de Supervisión E-PCS-56841

Esta plataforma es un componente Ethernet con referencia del Sistema Scada. Marca Dell, procesador Dual Core, memoria 2 gb, dd 340 gb, monitor de 22".

4.3.5. Redes industriales del sistema.

Red industrial Controlnet, encargada de proveer un medio de comunicación entre el PLC y terminales remotos FLEX I/Os.

Segmentos:

Estación principal que se encontrara en sala de control.

TC 8009, [1], ,ESTACION PRINCIPAL / ControlLogix

Terminales remotos que se encontrarán ubicados en diferentes lugares de la planta.

TC 8010, [2], 1794-ACN15 / FlexLogix

TC 8011, [3], 1794-ACN15 / FlexLogix

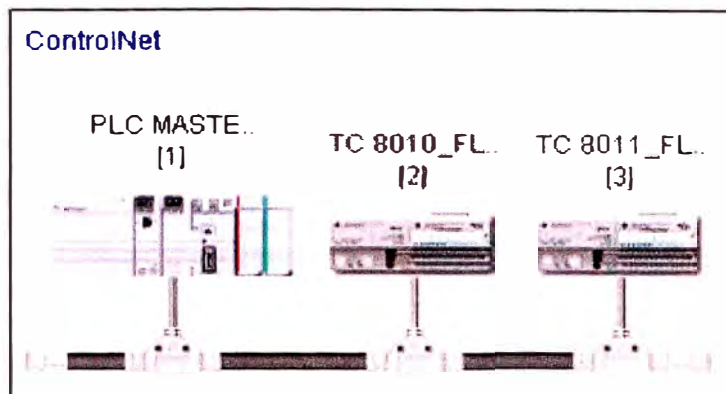


Figura 4.11. Módulos de Flex I/Os.

Red industrial Devicenet, encargada de proveer un medio de comunicación entre los arrancadores directos, de estado sólido, variadores de velocidad del MCC y el PLC Controllogix 5562. Ver figura 4.12.

Segmentos:

TC 8009, ESTACION PRINCIPAL, 1768-DBN / ControlLogix. (Ubicado en sala de control).

CCM. (Ubicado en sala de control).

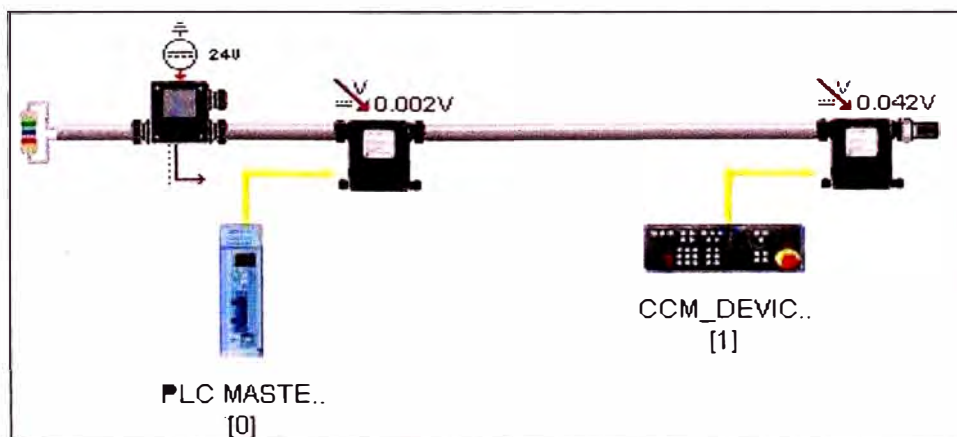


Figura 4.12. Modulo Devicenet.

Red de área local Ethernet, abierta, encargada de proveer un medio de comunicación entre los usuarios supervisores de la operación de la planta y los componentes del sistema de control, controladores y estaciones de operación.

Segmentos:

TC 8009, ESTACION PRINCIPAL, 1768-ENBT / CompacLogix (Ubicado en sala de control)

Computadora Industrial – SCADA (Ubicado en estación de control), ver figura 4.13.

EtherNet Switch. (Ubicado en estación de control)

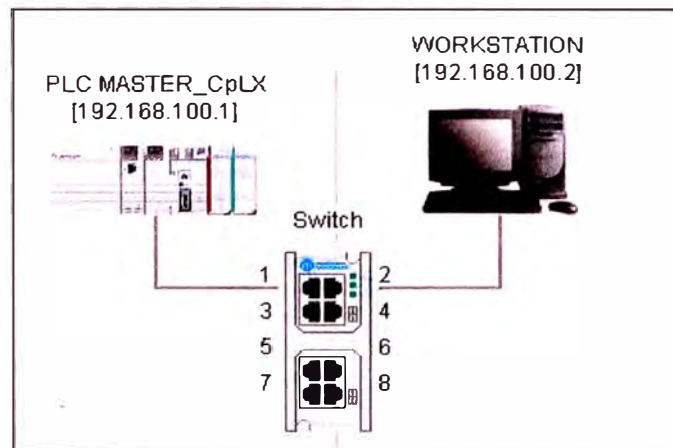


Figura 4.13. Red Ethernet

Red Modbus RTU, encargada proveer un medio de comunicación entre equipos de pesaje y el PLC Controllogix 5562 (Maestro de la red). Ver figura 4.14.

Segmentos:

TC 8009, ESTACION PRINCIPAL, [13], MVI69-MCM (Ubicado en sala de control.)

Instrumentación de campo (Ubicado en planta.)

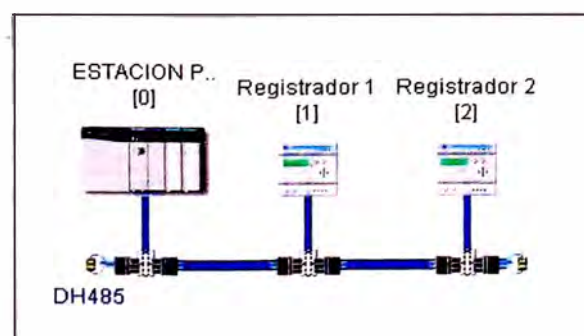


Figura 4.14. Protocolo Modbus

4.4. Centro de control de motores.

4.4.1. CCM. IntelliCENTER.

El centro de control de motores IntelliCENTER de Allen-Bradley proporciona una solución de hardware, software y comunicación. El IntelliCENTER ofrece software previamente configurado que muestra datos en tiempo real, tendencias, historia de componentes, diagramas de cableado, manuales del usuario y piezas de repuesto. El IntelliCENTER reduce el tiempo de instalación mediante plug & play y minimiza el tiempo improductivo de la planta, proporcionando rápidamente información diagnóstica inteligente y de fallos pronosticados.

En la figura 4.15. Se muestra un CCM IntelliCENTER, este equipo proporciona una solución de hardware, software y comunicación, muestra datos en tiempo real, historial, manuales de usuario y planos.

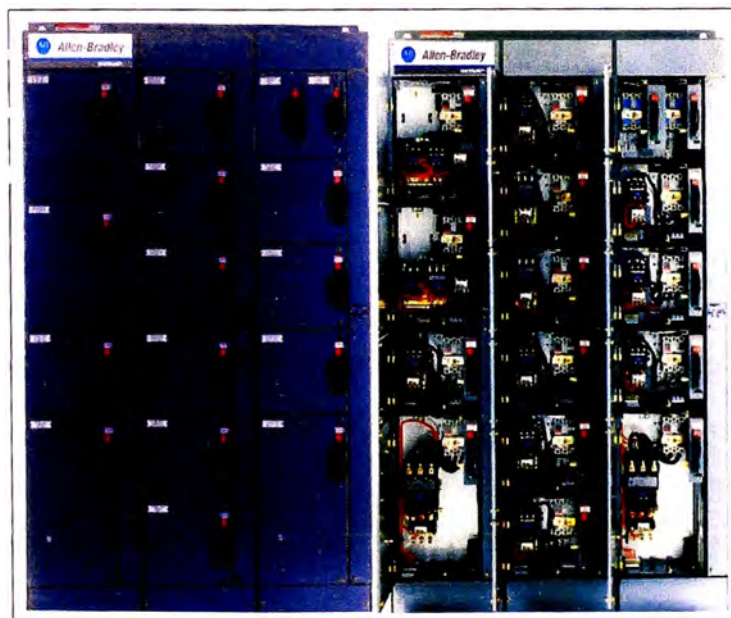


Figura 4.15 El CCM IntelliCENTER

4.4.2. Software IntelliCENTER.

El software IntelliCENTER de Allen-Bradley proporciona la ventana más transparente a un MCC. El software pone los diagnósticos en tiempo real así

como documentos de MCC a disposición del usuario para maximizar el MCC y el rendimiento del equipo asociado. El software IntelliCENTER duplica la cola de MCC en una pantalla de PC con placas del fabricante y luces piloto en cada puerta para mostrar el estado (activado, desactivado, advertencia, disparado, fallo de comunicación) a fin que los usuarios puedan identificar problemas.

Las visualizaciones gráficas de unidades de MCC individuales muestran datos de controladores de motores, variadores y protectores de motores para que los usuarios vean rápidamente amperes críticos, tiempo a activación, causa de activación, amperes de fallo de tierra y estado de E/S. Cada pantalla ha sido previamente configurada para mostrar los parámetros que son típicamente de más interés, y los usuarios pueden personalizar los parámetros de manera fácil. La mayoría de las pantallas ofrecen gráficos de tendencias y cuadrantes analógicos. El software también proporciona información acerca de piezas de repuesto, documentos de AutoCAD, manuales del usuario y registros de eventos.

4.4.3. Relación de equipos y cargas de la Planta.

A continuación mostraremos la lista de equipos que intervienen en todo el proceso, desde que la materia prima (carbonato de calcio) sale desde la planta de molienda actual, hasta el envasado del Óxido de calcio.

Se han seleccionado los dispositivos de arranque de motores según el funcionamiento del equipo a controlar en el proceso de producción.

Estos equipos se han agrupado según al sistema al que pertenecen como se muestran en las Tabla4.10, Tabla 4.11, Tabla4.12, Tabla 4.13 y Tabla 4.14.

Tabla 4.10. Equipos y cargas; Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento.

N°	TAG EN CCM	DETALLES DEL EQUIPO	DETALLE DE CARGA	POTENCIA NOM. (HP)	TIPO DE ARRANQUE EN CCM
1	TRANSPORTADOR DE FAJA TF01	L= 24.271m, A=18", Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Angulo=12°	MOTOR ELECTRICO CON FRENO	7.5	DIRECTO
2	TRANSPORTADOR DE FAJA TF02	L= 22.24m, A=18", Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Angulo=9°	MOTOR ELECTRICO	5	DIRECTO
3	TRANSPORTADOR DE FAJA TF03	Dos tramos unidos L1=36.980m, A=18", Angulo1=0°, L2=14.194m, A=18", Angulo2=1.5°, Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	5.4	DIRECTO
4	TRANSPORTADOR DE FAJA TF04	L= 12.47m, A=18", Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Angulo=12°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	3	DIRECTO
5	TRANSPORTADOR DE FAJA TF05	Dos tramos unidos L1=37.721m, A=18", Angulo1=12°, L2=10.615m, A=18", Angulo2=0°, Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH	MOTOR ELECTRICO CON FRENO	7.5	DIRECTO
6	TRANSPORTADOR DE FAJA TF06	L= 27.88m, A=18", Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Angulo= 0°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO	3	DIRECTO
7	TRANSPORTADOR DE CANGILONES EC01	H=35m, Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Ancho de faja= 16"	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	20	DIRECTO
8	EXHAUSTOR EX03	3200 M3/H	MOTOR ELECTRICO	12.5	DIRECTO
9	COLECTOR DE POLVO CP01	3200 M3/H	TABLERO DE CONTROL DE FILTRO DE MANGAS	1.5	LLAVE TRIFASICA

Tabla 4.11. Equipos y cargas; Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento.

N°	TAG EN CCM	DETALLES DEL EQUIPO	DETALLE DE CARGA	POTENCIA NOM. (HP)	TIPO DE ARRANQUE EN CCM
10	TRANSPORTADOR DE FAJA AF01	L=3.5m, A=36", Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Angulo= 0°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO	2	VARIADOR
11	TRANSPORTADOR DE FAJA TF07	L=14983m, A=18", Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH, Angulo= 18°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	5.4	DIRECTO
12	TRANSPORTADOR DE CANGILONES EC02	H=41.5m, Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	25	DIRECTO
13	TRANSPORTADOR DE CANGILONES EC03	H=41.5m, Cap. de diseño =50TPH, Cap. regular =20 a 40TPH	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	25	DIRECTO
14	EXHAUSTOR EX01-1	15000 CFM / 25 480 m³/h	MOTOR ELECTRICO	125	VARIADOR
15	EXHAUSTOR EX01-2	15000 CFM / 25 480 m³/h	MOTOR ELECTRICO	125	VARIADOR
16	COLECTOR DE POLVO CP02-1 y CP02-2	42 solenoides de 1" (0.5mA c/u) - Operación alternada con controlador de tiempo - PLC (por cada filtro)	TABLERO DE CONTROL DE FILTRO DE MANGAS	#¡REF!	LLAVE TRIFASICA N°01
17	TRANSPORTADOR HELICOIDAL TH01-1	Longitud 7300m aprox. y un ángulo de inclinación de 0°	MOTOR ELECTRICO	5	DIRECTO
18	TRANSPORTADOR HELICOIDAL TH01-2	Longitud 7300m aprox. y un ángulo de inclinación de 0°	MOTOR ELECTRICO	5	DIRECTO
19	TRANSPORTADOR HELICOIDAL T02	Longitud 9900m aprox. y un ángulo de inclinación de 12°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO	5	DIRECTO
20	TRANSPORTADOR DE CANGILONES EC04	H=14m, Cap=10TPH, A= 10"	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	3	DIRECTO

Tabla 4.12. Equipos y cargas; Sistema de calcinación y enfriamiento.

N°	TAG EN CCM	DETALLES DEL EQUIPO	DETALLE DE CARGA	POTENCIA NOM. (HP)	TIPO DE ARRANQUE EN CCM
21	SIST. HIDRAULICO HORNO HR01	SOFT STARTER SMC	MOTOR ELECTRICO	60	SOFT STARTER SMC
22	ENFRIADOR ER01	VARIADOR, Mitsubishi F700	MOTORREDUCTOR ELECTRICO	50	VARIADOR, Mitsubishi F700

Tabla 4.13. Equipos y cargas; Sistema de envasado

N°	TAG EN CCM	DETALLES DEL EQUIPO	DETALLE DE CARGA	POTENCIA NOM. (HP)	TIPO DE ARRANQUE EN CCM
23	TRANSPORTADOR DE FAJA TF08-1	L= 18.87m, A=18", Cap=50TPH, Cap. regular =10 a 17TPH. Angulo=13°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	3	DIRECTO
24	TRANSPORTADOR DE FAJA TF08-2	L= 18.87m, A=18", Cap=50TPH, Cap. regular =10 a 17TPH. Angulo=13°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO CON FRENO	3	DIRECTO
25	TRANSPORTADORES DE CANGILONES EC05- EC06	Altura total: 14625m, Altura entre Ejes: 13260m	MOTOR ELECTRICO CON FRENO	10	DIRECTO
26	ENVASADORAS DE POLVO EP01- EP02	Cada envasadora es de Capacidad 7.2 TPH aprox. Sist. Fluid izado	TABLERO LOCAL ENVASADORA 1 y 2	1	LLAVE TRIFASICA N°02
27	ENVASADORAS DE POLVO EP03		TABLERO LOCAL ENVASADORA 3 y 4	1	
28	TRANSPORTADORES DE FAJA TF9- TF10	A=24", L= 3610 m , 0°	MOTORREDUCTOR ELECTRICO	1.5	DIRECTO

Tabla 4.14. Equipos y cargas; Sistema de combustible.

N°	TAG EN CCM	DETALLES DEL EQUIPO	DETALLE DE CARGA	POTENCIA NOM. (HP)	TIPO DE ARRANQUE EN CCM
29	DE BOMBEO UBC01	Flujo: 70GPM. Bomba de Engranajes Internos	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA	15	DIRECTO
30	UNIDAD DE BOMBEO UBC02-1	Flujo: 7.68GPM, Presión: 60Bares. Bomba de Tornillo. Fluido Petróleo R500	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA	15	VARIADOR
31	UNIDAD DE BOMBEO UBC02-2	Flujo: De 4.5 a 7.68GPM, Presión: 60Bares. Bomba de Tornillo. Fluido Petróleo R500	MOTOR ELECTRICO DE BOMBA	15	
32	BAYONETA CALEFACTORA T1 UC01	Tablero de alimentación de bayoneta y del control, internamente con controlador de temperatura y rtd como sensor para el control.	TABLERO DE CONTROL DE BALLONETA CALEFACTORA 60KW	60	LLAVE TRIFASICA N°03
33	BAYONETA CALEFACTORA T2 UC02	Tablero de alimentación de bayoneta y del control, internamente con controlador de temperatura y rtd como sensor para el control.	TABLERO DE CONTROL DE BALLONETA CALEFACTORA 60KW	60	LLAVE TRIFASICA N°04
34	BAYONETA CALEFACTORA TD UC03	Tablero de alimentación de bayoneta y del control, internamente con controlador de temperatura y rtd como sensor para el control.	TABLERO DE CONTROL DE BALLONETA CALEFACTORA 20KW	20	LLAVE TRIFASICA N°05
35	BAYONETA CALEFACTORA L UC04	Tablero de alimentación de bayoneta y del control, internamente con controlador de temperatura y rtd como sensor para el control.	TAB. DE CONTROL DE BALLONETA CALEFACT. EN LINEA 80KW	80	LLAVE TRIFASICA N°06
36	RESISTENCIAS PARA MANETENER CALIENTE TUBERIAS	Tablero de alimentación y del control de resistencias adosadas a tubería de petróleo, con controlador de temperatura y rtd como sensor para el control.	TERMOSTATOS DE SISTEMA DE TRACEADO (POR REVISION)	2	LLAVE TRIFASICA N°07

Tabla 4.15. Equipos y cargas; Sistema de aire.

N°	TAG EN CCM	DETALLES DEL EQUIPO	DETALLE DE CARGA	POTENCIA NOM. (HP)	TIPO DE ARRANQUE EN CCM
37	COMPRESORA DE AIRE COM02	Cap: 225 CFM. Tablero local independiente (60HP con variador -compresora; 2HP ventilador)	MOTOR ELECTRICO	62	LLAVE TRIFASICA
38	SECADOR DE AIRE SEC02	Tablero local Independiente	MOTOR ELECTRICO	5	LLAVE TRIFASICA

CAPÍTULO V

PROPUESTA ECONÓMICA

5.1. Cantidades y precios.

Presentaremos la propuesta en forma desagregada (material, mano de obra, equipo y herramientas) según el alcance mencionado anteriormente y en forma detallada considerando todas las partidas necesarias para ejecutar la obra en su totalidad. También se incluirá el Análisis de Precios Unitarios (APU) para una mejor revisión de los costos y rendimientos.

Consideraremos las siguientes columnas para la presentación del presupuesto:

Nº : Indica el numero de partida del presupuesto.

Descripción de la partida : Indica algunos detalles y alcances de la partida referida.

MANO DE OBRA : Indica el costo de la mano de obra de la presente partida.

EQUIP. HERRA. : Indica el costo por el alquiler de los equipos.

MATER. Y CONSU : Indica el costo por los materiales suministrados para la obra.

TOTAL COST. DIREC : Es la suma total de los costos directos.

GASTOS GENE : Son los gastos generales, o gastos fijos; normalmente se considera entre el 10% y el 20% de los gastos directos.

TOTAL DE UTILI : Se refiere a la utilidad que se obtendrá

5.1.1. Ingeniería básica.

Tabla 5.1. Ingeniería básica

N°	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERR	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
1.00	INGENIERIA BASICA							
1.01	Sistema de alimentación de materia prima al silo.	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
1.02	Sistema de precalentamiento y abastecimiento de materia prima al horno	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
1.03	Sistema de calcinación y enfriamiento	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
1.04	Sistema de descarga de producto final	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
1.05	Sistema de abastecimiento de petróleo residual	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
1.06	Definición de lazos de control de cada sistema	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70

Total US \$ 2722.20

5.1.2. Ingeniería de detalle (Elaboración de planos).

Tabla 5.2. Ingeniería básica

N°	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERRA.	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
2.00	INGENIERIA DE DETALLE (ELABORACION DE PLANOS)							
2.01	Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.02	Sistema de precalentamiento y abastecimiento de materia prima al horno (P&ID)	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.03	Sistema de calcinación y enfriamiento (P&ID)	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.04	Sistema de descarga de producto final (P&ID)	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.05	Sistema de abastecimiento de petróleo residual (P&ID)	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.06	Diagrama de disposición gen.	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.07	Diagrama de tablero de control de PLC	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.08	Dimensiones de tablero de control	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.09	Cableado de tablero de control	312.00	32.00	5.00	349.00	69.80	34.90	453.70
2.10	Diagrama Unifilar.	780.00	32.00	32.00	844.00	168.80	84.40	1097.20
2.11	Selección de equipos.	2406.00	32.00	50.00	2482.00	496.40	248.20	3226.60

Total US \$ 8407.10

5.1.3. Procura de equipos.

Tabla 5.3. Procura de equipos.

N°	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERRA.	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
3.00	PROCURA DE EQUIPOS							
3.01	Compra de Centro de control de motores	12.00	0.00	109342.08	109354.08	5467.70	1093.54	115915.32
3.02	Compra de tableros remotos de control	12.00	0.00	26008.32	26020.32	1301.02	260.20	27581.54
3.03	Compra de Consola de supervisión (computadora con licencias)	12.00	0.00	4448.50	4460.50	223.03	44.61	4728.13
3.04	Compra de tuberías Conduits y accesorios	120.00	320.00	10271.10	10711.10	535.56	107.11	11353.77
3.05	Compra de bandejas Portacables	60.00	0.00	8080.00	8140.00	407.00	81.40	8628.40
3.06	Compra de conductores eléctricos de Fuerza	60.00	0.00	33679.06	33739.06	1686.95	337.39	35763.40
3.07	Compra de conductores eléctricos de instrumentación	60.00	0.00	7605.50	7665.50	383.28	76.66	8125.43

Total US \$ 212095.99

5.1.4. Montaje de canalización de conductores eléctricos.

Tabla 5.4. Montaje de bandejas y tuberías eléctricas.

N°	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERRA.	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
4.00	MONTAJE DE CANALIZACION DE CONDUCTORES							
4.01	Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento.	1830.45	1480.60	166.50	3477.54	695.51	347.75	4520.81
4.02	Sistema de precalentamiento y abastecimiento de materia prima al horno.	2452.80	1984.00	190.50	4627.30	925.46	462.73	6015.49
4.03	Sistema de calcinación y enfriamiento	1830.45	1480.60	190.50	3501.54	700.31	350.15	4552.01
4.04	Sistema de descarga de producto final	1752.00	1480.60	190.50	3423.10	684.62	342.31	4450.03
4.05	Sistema de abastecimiento de petróleo residual	1830.45	1480.60	190.50	3501.54	700.31	350.15	4552.01

Total US \$ 24090.34

5.1.5. Montaje de conductores eléctricos de fuerza e instrumentación.

Tabla 5.5. Montaje de conductores de fuerza.

N°	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERRA.	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
5.00	MONTAJE DE CONDUCTORES DE FUERZA							
5.01	Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento	931.60	456.00	80.00	1467.60	293.52	146.76	1907.88
5.02	Sistema de precalentamiento y abastecimiento de materia prima al horno	1863.20	912.00	145.00	2920.20	584.04	292.02	3796.26
5.03	Sistema de calcinación y enfriamiento	745.28	364.80	80.00	1190.08	238.02	119.01	1547.10
5.04	Sistema de descarga de producto final	745.28	364.80	80.00	1190.08	238.02	119.01	1547.10
5.05	Sistema de abastecimiento de petróleo residual	745.28	364.80	80.00	1190.08	238.02	119.01	1547.10

Total US \$ 10345.45

Tabla 5.6. Montaje de conductores de instrumentación.

N°	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERRA.	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
6.00	MONTAJE DE CONDUCTORES DE INSTRUMENTACION							
6.01	Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento	564.85	304.00	50.00	918.85	183.77	275.66	1378.28
6.02	Sistema de precalentamiento y abastecimiento de materia prima al horno	780.40	456.00	50.00	1286.40	257.28	385.92	1929.60
6.03	Sistema de calcinación y enfriamiento	624.32	364.80	50.00	1039.12	207.82	311.74	1558.68
6.04	Sistema de descarga de producto final	520.27	304.00	50.00	874.27	174.85	262.28	1311.40
6.05	Sistema de abastecimiento de petróleo residual	624.32	364.80	50.00	1039.12	207.82	311.74	1558.68

Total US \$ 7736.64

5.1.6. Montaje de tableros de control

Tabla 5.7. Montaje de tableros de control.

7.00	MONTAJE E INSTALACION DE TABLEROS DE CONTROL REMOTOS							
7.01	Montaje e instalación de tableros de control. (TC 8009)	320.80	176.04	80.00	576.84	115.37	57.68	749.89
7.02	Montaje e instalación de tableros de control. (TC 8010)	320.80	176.04	80.00	576.84	115.37	57.68	749.89
7.03	Montaje e instalación de tableros de control. (TC 8011)	320.80	176.04	80.00	576.84	115.37	57.68	749.89
7.04	Montaje de CCM	641.60	352.08	100.00	1093.68	218.74	109.37	1421.78

Total US \$ 3671.46

5.1.7. Servicios y otros

Tabla 5.8. Servicios y otros.

Nº	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	MANO DE OBRA	EQUIP. HERRA.	MATER. Y CONSU.	TOTAL COST. DIREC	GASTO GENE (20 %)	TOTAL UTILI. (10%)	SUB TOT (\$)
8.00	Configuracion y contrastación de instrumentos	3558.79	2602.18	150.00	6310.97	1262.19	631.10	8204.26
9.00	Integracion de sistema de control	6089.55	477.61	0.00	6567.16	1313.43	656.72	8537.31
10.0	Arranque y puesta en marcha	5744.00	560.00	0.00	6304.00	1260.80	630.40	8195.20

Total US \$ 24936.77

SUBTOTAL POR TODA LA OBRA: 294,005.96 \$

5.2. Análisis de precios unitarios.

Consideramos el **rendimiento** en unidades **GLB/DIA** ya que cada actividad lo tomaremos como un Global y no por un metrado.

Los siguientes son algunos ejemplos del Análisis de Precios Unitarios:

Tabla 5.9. Análisis de precios unitarios; Ejemplo 1.

Partida		Ingeniería básica Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento				
Rendimiento		0.50	GLB/DIA	Costo unitario directo GLB		349.00
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
	Mano de Obra					
	Ingeniero de automatización	HH	0.50	8.00	15.00	120.00
	Cadista	HH	1.00	16.00	12.00	192.00
						312.00
	Equipos					
	Computadora	HM	2.00	32.00	1.00	32.00
						32.00
	Materiales					
	Papel	GLB				5.00
						5.00

Tabla 5.10. Análisis de precios unitarios; Ejemplo 2.

Partida		3.01 Compra de Centro de control de motores				
Rendimiento		1.00	GLB/DIA	Costo unitario directo GLB		109354.08
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
	Mano de Obra					
	Ingeniero electricista	HH	0.10	0.80	15.00	12.00
						12.00
	Equipos					0.000
	Materiales					
	CCM IntelliCENTER según detalle del cliente	Pza.		1.00	99,663.21	99,663.21
	Tablero para transformador y CKTOs 220 AC	Pza.		1.00	7,828.87	7,828.87
	Transformador 460/230 30 kVA	Pza.		1.00	1,850.00	1,850.00
						109,342.08

Tabla 5.11. Análisis de precios unitarios; Ejemplo 3.

5.01		Sistema de alimentación de materia prima al silo de almacenamiento				
Partida						
Rendimiento	0.20	GLB/DIA	Costo unitario directo GLB		1467.60	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
	Mano de Obra					
	CAPATAZ	HH	0.50	20.00	5.30	106.00
	OPERARIO	HH	1.00	40.00	4.72	188.80
	OFICIAL	HH	2.00	80.00	4.18	334.40
	PEON	HH	2.00	80.00	3.78	302.40
						931.600
	Equipos					
	Maletín de herramientas eléctricos	HM	1	40.00	0.20	8.00
	Taladro magnético	HM	0	0.00	0.50	0.00
	Andamio multidireccional	HM	0.2	8.00	5.00	40.00
	Escalera	HM	1	40.00	0.20	8.00
	Manlif	HM	1	40.00	10.00	400.00
						456.000
	Materiales					
	Cintillos	UND		5.00	5.00	25.00
	Terminales	GLB		1.00	50.00	50.00
	Otros	UND		1.00	5.00	5.00
						80.000

5.3. Resumen del presupuesto.

RESUMEN DE PRESUPUESTO		
PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UNA PLANTA DE ÓXIDO DE CALCIO		
REQUERIMIENTO: 0001		
COORDINADOR : CARRASCO ARONE HUGO		
COSTO DE MANO DE OBRA	US \$	43,033.28
COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	US \$	17,546.38
COSTO DE MATERIALES Y CONSUMIBLES	US \$	201,725.06
TOTAL COSTO DIRECTO		262,304.73
GASTOS GENERALES Y UTILIDAD	US \$	31,701.24
TOTAL	US \$	294,005.96
	+ IGV	

Figura 5.1. Resumen del presupuesto.

CONCLUSIONES

1. En este informe se ha establecido la ingeniería básica y parte de la ingeniería de detalle; se han seleccionado los equipos, sistemas de comunicación, y sistemas de control; a partir de esta información, ya se puede dar inicio a la ejecución de los trabajos.
2. El algoritmo de lógica difusa, es el adecuado para controlar el horno, ya que las reglas de correspondencia son conocidas por los expertos en diseño y operación de hornos. Conforme se van presentando las variables del horno en las pruebas de funcionamiento, se irán agregando, si es necesario, más reglas difusas, de esta manera se irá optimizando el proceso de producción.
3. Entre los resultados y beneficios obtenidos de la automatización tenemos:
 - Mayor eficiencia energética, mejor aprovechamiento de la capacidad instalada y control sobre todo el proceso.
 - Centralización de la operación, lo cual permite una toma de decisiones operacionales con mayor certeza y con mayor rapidez.
 - Mayor cantidad de información sobre el proceso.
 - Mayor facilidad de mantenimiento, ya que cada equipo del proceso posee un registro histórico de su funcionamiento y comportamiento.
 - Eliminación de los trabajos de rutina que consumen tiempo y atención de los operadores, que podrían dedicar más tiempo a la optimización del proceso.
 - Incremento del nivel técnico de los operadores y optimización del personal.
4. Se realizó el estudio de la planta de óxido de calcio, según la filosofía de control proporcionada por el usuario (cliente), con esta información se seleccionó el fabricante y los modelos de los sensores y actuadores, de acuerdo a los rangos de las variables en cada etapa del proceso.
5. Según la propuesta económica y la curva S (APENDICE B), para poner en

marcha la ejecución del proyecto, la inversión es considerable en el tercer trimestre del año ya que se realizará la procura de los equipos que corresponde el 70% del costo total.

BIBLIOGRAFIA

Textos y manuales:

- Procesos y operación de los sistemas de Hornos ASOCEM-2002
- FLSmidth Institute.
- Integración de sistemas industriales con plc
- Programación de capacitación continua TECSUP
- The Fieldbus Book - Year 2002 edition
- By SMAR Equipamentos Industriais
- Manual de Operación - SMAR
- SMAR - EA-OM-05.01339-01 Rev. 0/27-03-2006

Páginas web:

- www.infopl.com
- www.ab.com/catalogs

PLANOS

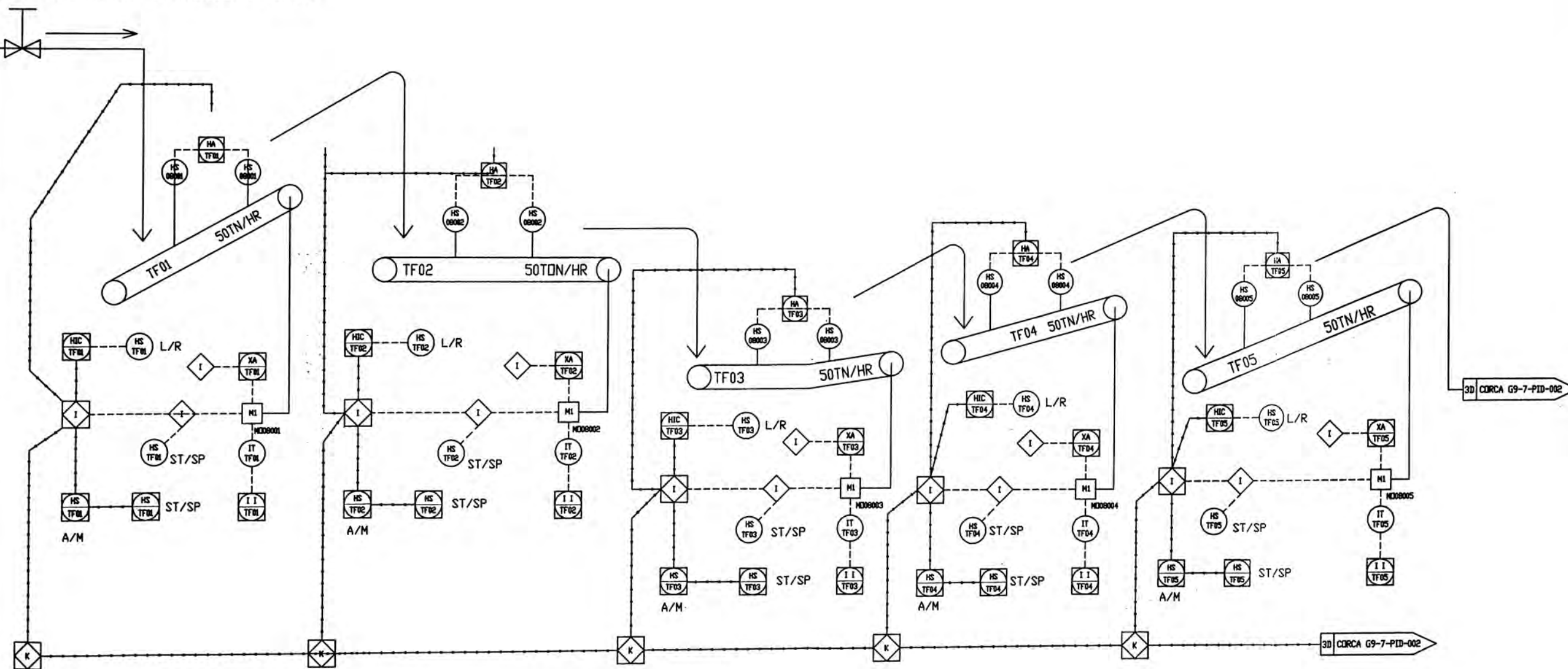
1.- CORCA-DF-001	Diagrama de Flujo.
2.- CORCA-RCP-001	Distribución de la red de control general de la planta.
3.- CORCA-DIC-001	Diagrama de disposición general de equipos.
4.- CORCA-PID-001	Sistema de alimentación a silo de materia prima 1 de 2.
5.- CORCA-PID-002	Sistema de alimentación a silo de materia prima 2 de 2.
6.- CORCA-PID-003	Sistema de alimentación a edificio de precalentamiento.
7.- CORCA-PID-004	Sistema de precalentamiento de materia prima.
8.- CORCA-PID-005	Sistema de recuperación de polvo.
9.- CORCA-PID-006	Sistema de calcinación y enfriamiento.
10.- CORCA-PID-007	Sistema de envasado de Óxido de Calcio.
11.-CORCA-PID-008	Sistema de combustible 1 de 2.

12.-CORCA-PID-008	Sistema de combustible 2 de 2.
13.- CORCA-UNI-001	Diagrama Unifilar 1 de 5.
14.- CORCA-UNI-002	Diagrama Unifilar 2 de 5.
15.- CORCA-UNI-003	Diagrama Unifilar 3 de 5.
16.- CORCA-UNI-004	Diagrama Unifilar 4 de 5.
17.- CORCA-UNI-005	Diagrama Unifilar 5 de 5.

APÉNDICE A.

APÉNDICE B.

DE PLANTA DE MOLIENDA
MOLINO DE JAULA : CAP.REQUERIDA 30 TPH



SIMBOLOGIA	
	CONEXION A PROCESO ENLACE MECANICO O PUNTO INSTRUMENTO
	SERIAL ELECTRICA BIDIRECCIONAL
	SERIAL NEUMATICA
	SERIAL ELECTRICA
	SERIAL DIGITAL ENLACE SOFTWARE O FIRMWARE
	MOTOR ELECTRICO
	ARRANQUE DIRECTO
	ARRANQUE SUAVE
	ARRANQUE CON VARIADOR
	VARIADOR DE VELOCIDAD

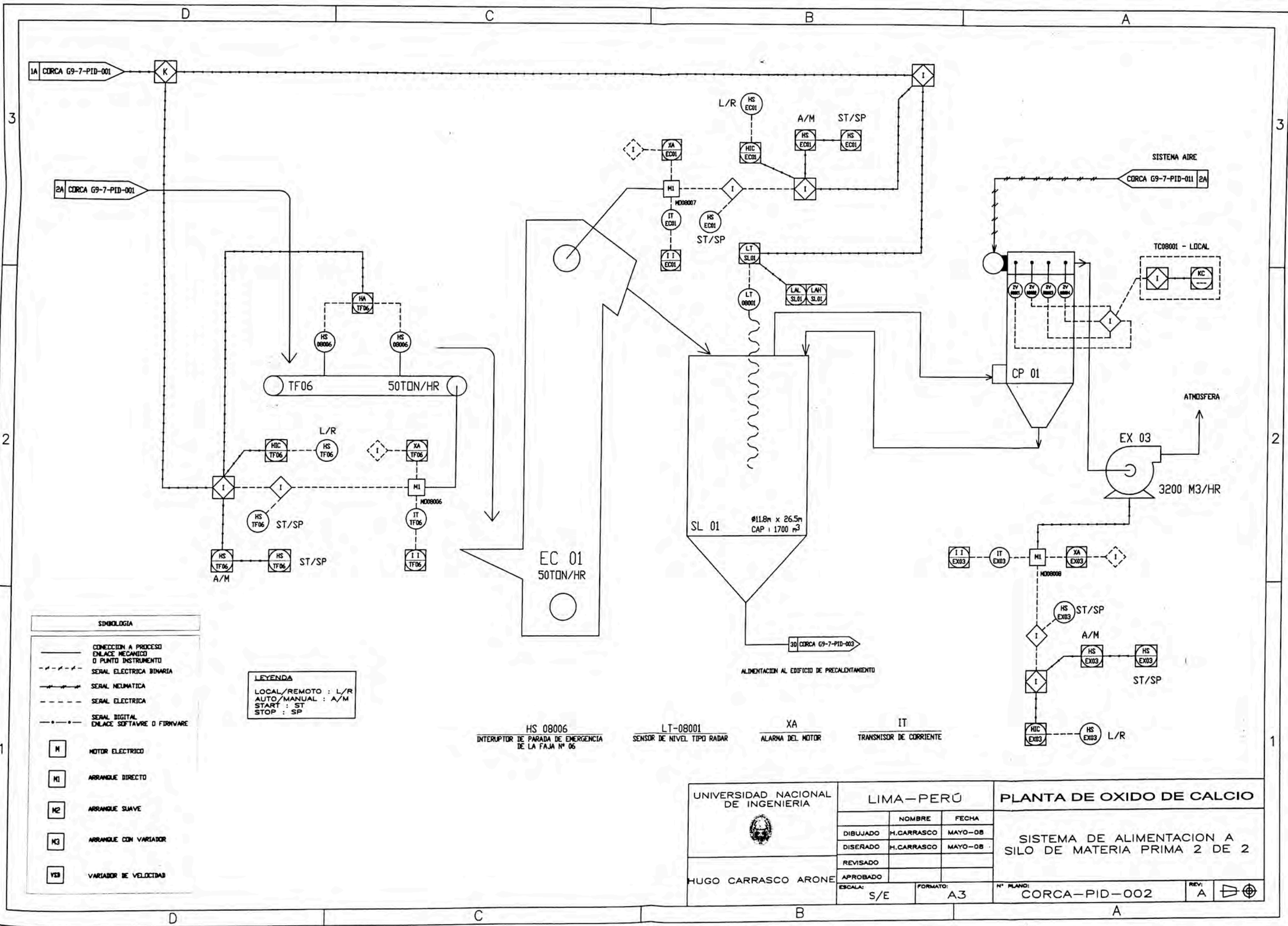
TF01
TRANSPORTADORA DE FAJA Nº 01

HS 08001
INTERRUPTOR DE PARADA DE EMERGENCIA
DE LA FAJA Nº 01

XA
ALARMA DEL MOTOR

IT
TRANSMISOR DE CORRIENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA 	LIMA - PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
	DIBUJADO	H.CARRASCO	MAYO-08	SISTEMA DE ALIMENTACION A SILO DE MATERIA PRIMA 1 DE 2
	DISEÑADO	H.CARRASCO	MAYO-08	
	REVISADO			
	APROBADO			
HUGO CARRASCO ARONE		ESCALA: S/E	FORMATO: A3	N° PLANO: CORCA-PID-001 REV: A



SIMBOLOGIA	
—	CONEXION A PROCESO ENLACE MECANICO O PUNTO INSTRUMENTO
- - - -	SERIAL ELECTRICA BINARIA
- - - -	SERIAL NEUMATICA
- - - -	SERIAL ELECTRICA
- . . .	SERIAL DIGITAL ENLACE SOFTWARE O FIRMWARE
M	MOTOR ELECTRICO
M1	ARRANQUE DIRECTO
M2	ARRANQUE SUAVE
M3	ARRANQUE CON VARIADOR
V3	VARIADOR DE VELOCIDAD

LEYENDA
LOCAL/REMOTO : L/R
AUTO/MANUAL : A/M
START : ST
STOP : SP

HS 08006
INTERRUPTOR DE PARADA DE EMERGENCIA
DE LA FAJA Nº 06

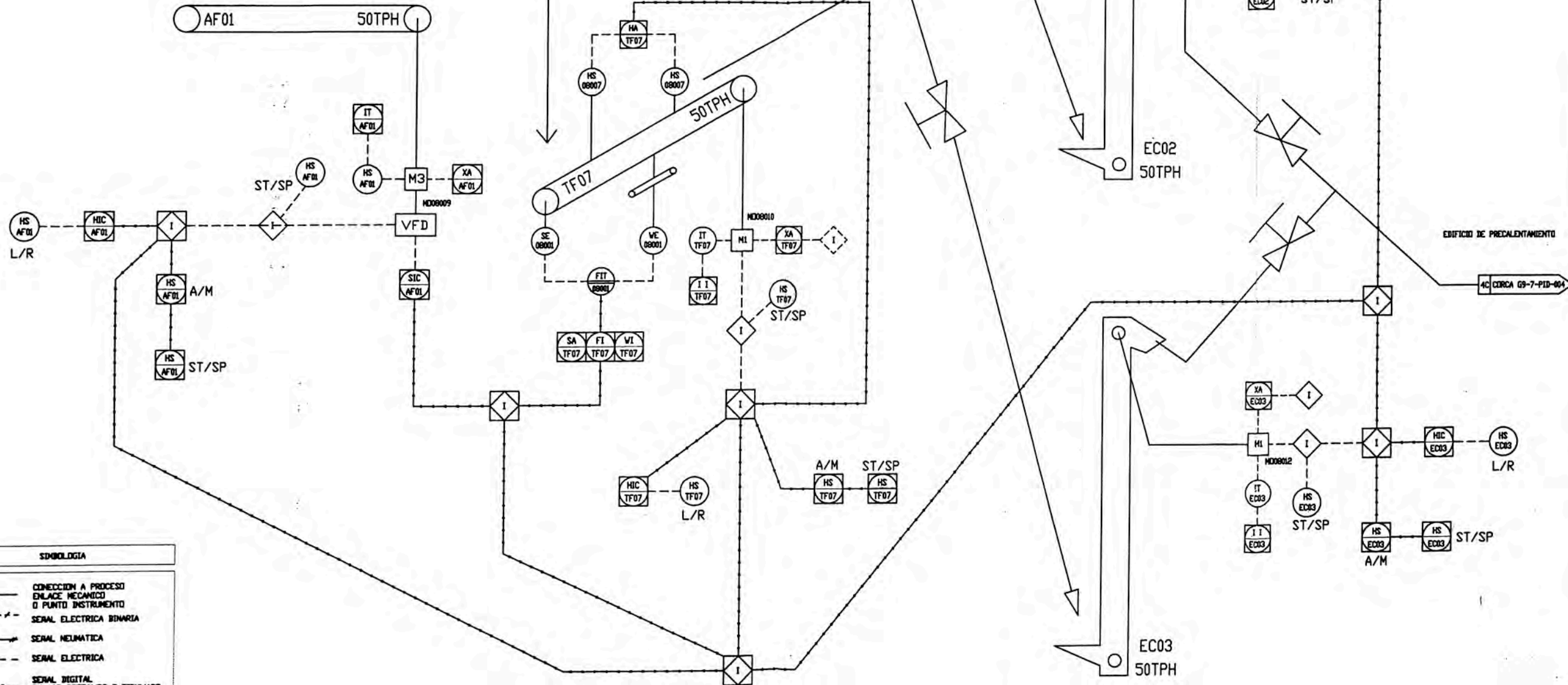
LT-08001
SENSOR DE NIVEL TIPO RADAR

XA
ALARMA DEL MOTOR

IT
TRANSMISOR DE CORRIENTE

<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</div> <div></div>	LIMA-PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO		
		NOMBRE	FECHA	<div>SISTEMA DE ALIMENTACION A SILO DE MATERIA PRIMA 2 DE 2</div>	
	DIBUJADO	H.CARRASCO	MAYO-08		
	DISEÑADO	H.CARRASCO	MAYO-08		
	REVISADO				
APROBADO					
HUGO CARRASCO ARONE	ESCALA: S/E	FORMATO: A3	Nº PLANO: CORCA-PID-002	REV: A	<div></div>

LIB CORCA G9-7-PID-002
SILLO DE ALMACENAMIENTO



SIMBOLOGIA	
	CONEXION A PROCESO ENLACE MECANICO O PUNTO INSTRUMENTO
	SERIAL ELECTRICA BINARIA
	SERIAL NEUMATICA
	SERIAL ELECTRICA
	SERIAL DIGITAL ENLACE SOFTWARE O FIRMWARE
	MOTOR ELECTRICO
	ARRANQUE DIRECTO
	ARRANQUE SUAVE
	ARRANQUE CON VARIADOR
	VARIADOR DE VELOCIDAD

FIT 08001
SISTEMA DE PESAJE

SE 08001
TACOMETRO SIS. DE PESAJE

WE 08001
CELDA CARGAS DE PESAJE

HS 08007
INTERRUPTOR DE PARADA DE EMERGENCIA
DEL ALIMENTADOR DE FAJA N° 01

FIT 08001
SISTEMA DE PESAJE

XA
ALARMA DEL MOTOR

IT
TRANSMISOR DE CORRIENTE

LEYENDA
LOCAL/REMOTO : L/R
AUTO/MANUAL : A/M
START : ST
STOP : SP

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA



HUGO CARRASCO ARONE

LIMA-PERÚ

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	H. CARRASCO	MAYO-08
DISEÑADO	H. CARRASCO	MAYO-08
REVISADO		
APROBADO		
ESCALA:	S/E	FORMATO: A3

PLANTA DE OXIDO DE CALCIO

SISTEMA DE ALIMENTACION
AL EDIFICIO DE
PRECALENTAMIENTO

N° PLANO:
CORCA-PID-003

REV: A

4

4

SISTEMA ABASTECIMIENTO DE
MATERIA PRIMA AL CALENTADOR

2A CORCA G9-7-PID-003

SISTEMA DE RECUPERACION
DE POLVO

3D CORCA G9-7-PID-005

2D CORCA G9-7-PID-005

A VALVULA AIRE F.

3D CORCA G9-7-PID-005

PI
08002

PT
08002

TAHH
08002
TAH
08002

TE
08002

TT
08002

TI
08002

COMPUERTA DE EMERGENCIA 2

A VALVULA AIRE F.

2D CORCA G9-7-PID-005

CPC01-1

N.P.T. +37.60

CPC01-2

N.P.T. +37.60

CPC 02

N.P.T. +31.40

CPC 03

N.P.T. +25.60

CPC 04

N.P.T. +20.20

CGC 04

CAMARA DE ENLACE

CH1

GT
08001

GE
08001

TE
08003

TT
08003

TI
08003

TALL
08003
TAL
08003

TAH
08003
TAHH
08003

3D CORCA G9-7-PID-006

HORNO DE CALCINACION

PI
08001

PT
08001

PT08001

TRANSMISOR DE PRESION

TT-08001



TRANSMISOR DE TEMPERATURA

GT08001

ANALIZADOR DE GASES

SIEMBOLOGIA

- CONEXION A PROCESO
- ENLACE MECANICO O PUNTO INSTRUMENTO
- SERIAL ELECTRICA BINARIA
- SERIAL NEUMATICA
- SERIAL ELECTRICA
- SERIAL DIGITAL
- ENLACE SOFTWARE O FIRMWARE
- M MOTOR ELECTRICO
- M1 ARRANQUE DIRECTO
- M2 ARRANQUE SUAVE
- M3 ARRANQUE CON VARIADOR
- V33 VARIADOR DE VELOCIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA 	LIMA-PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
		NOMBRE	FECHA	SISTEMA DE PRECALENTAMIENTO DE MATERIA PRIMA
	DISEÑADO	HUGO C.	MAYO-08	
	DISEÑADO	HUGO C.	MAYO-08	
REVISADO				
HUGO CARRASCO ARONE	APROBADO			
	BOCINA	1/30	FORMATO	A3
			Nº PLANTA	CORCA-PID-004
			REV	A
				

C

B

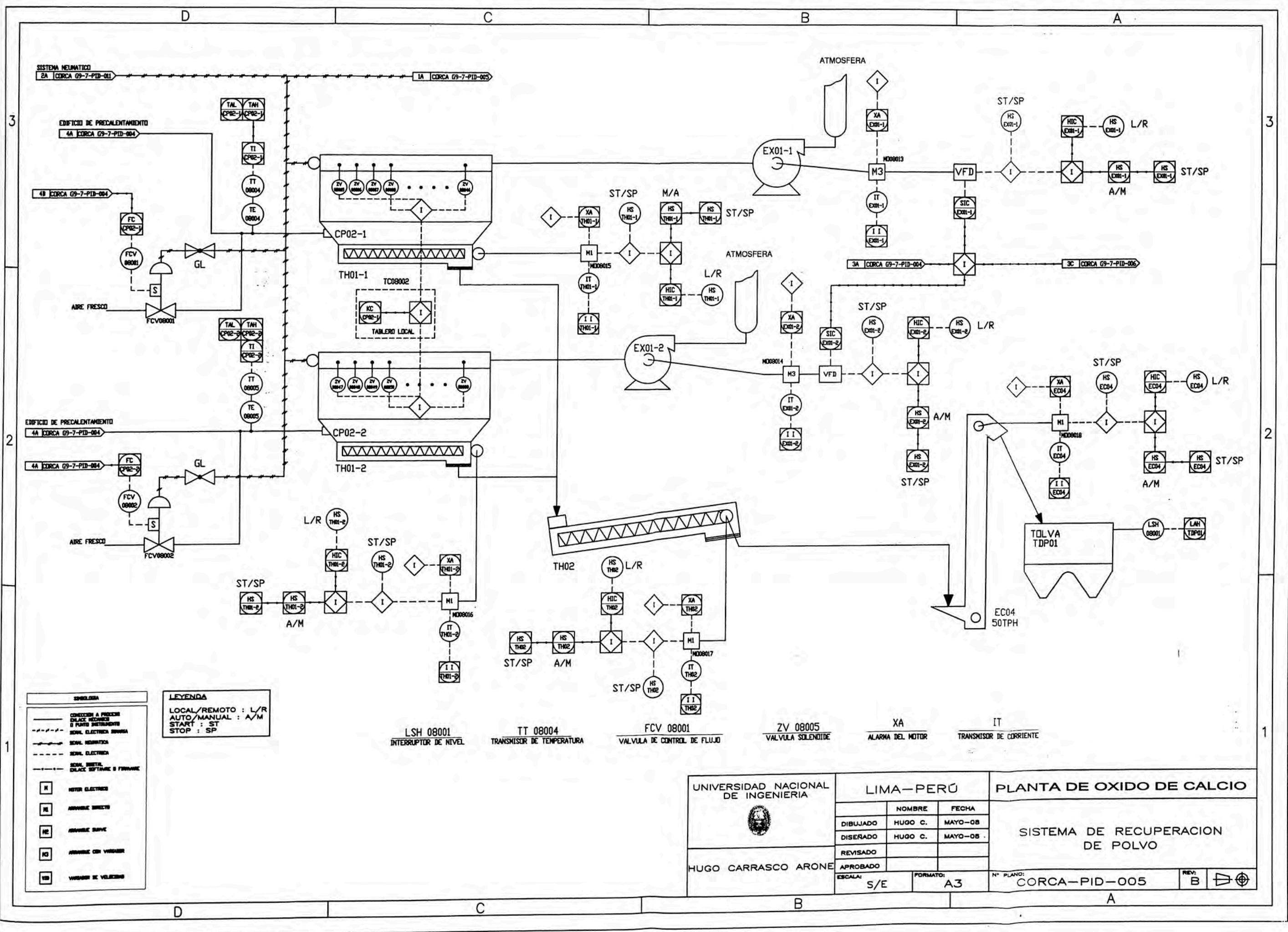
A

2

2

3

3



SINBOLOGIA	
	CONEXION A PRESION
	CONEXION A PUNTO DE INSTRUMENTO
	SEÑAL ELECTRICA REMOTA
	SEÑAL NEUMATICA
	SEÑAL ELECTRICA
	SEÑAL INSTRUMENTAL
	SEÑAL INSTRUMENTAL DE FUGA
	INTER ELECTRIC
	ARMADILLO DIRECTO
	ARMADILLO SUPLENTE
	ARMADILLO CON VIGILANCIA
	VIGILANCIA DE VELOCIDAD

LEYENDA
LOCAL/REMOTO : L/R
AUTO/MANUAL : A/M
START : ST
STOP : SP

LSH 08001
INTERRUPTOR DE NIVEL



TT 08004
TRANSMISOR DE TEMPERATURA

FCV 08001
VALVULA DE CONTROL DE FLUJO

ZV 08005
VALVULA SOLENOIDE

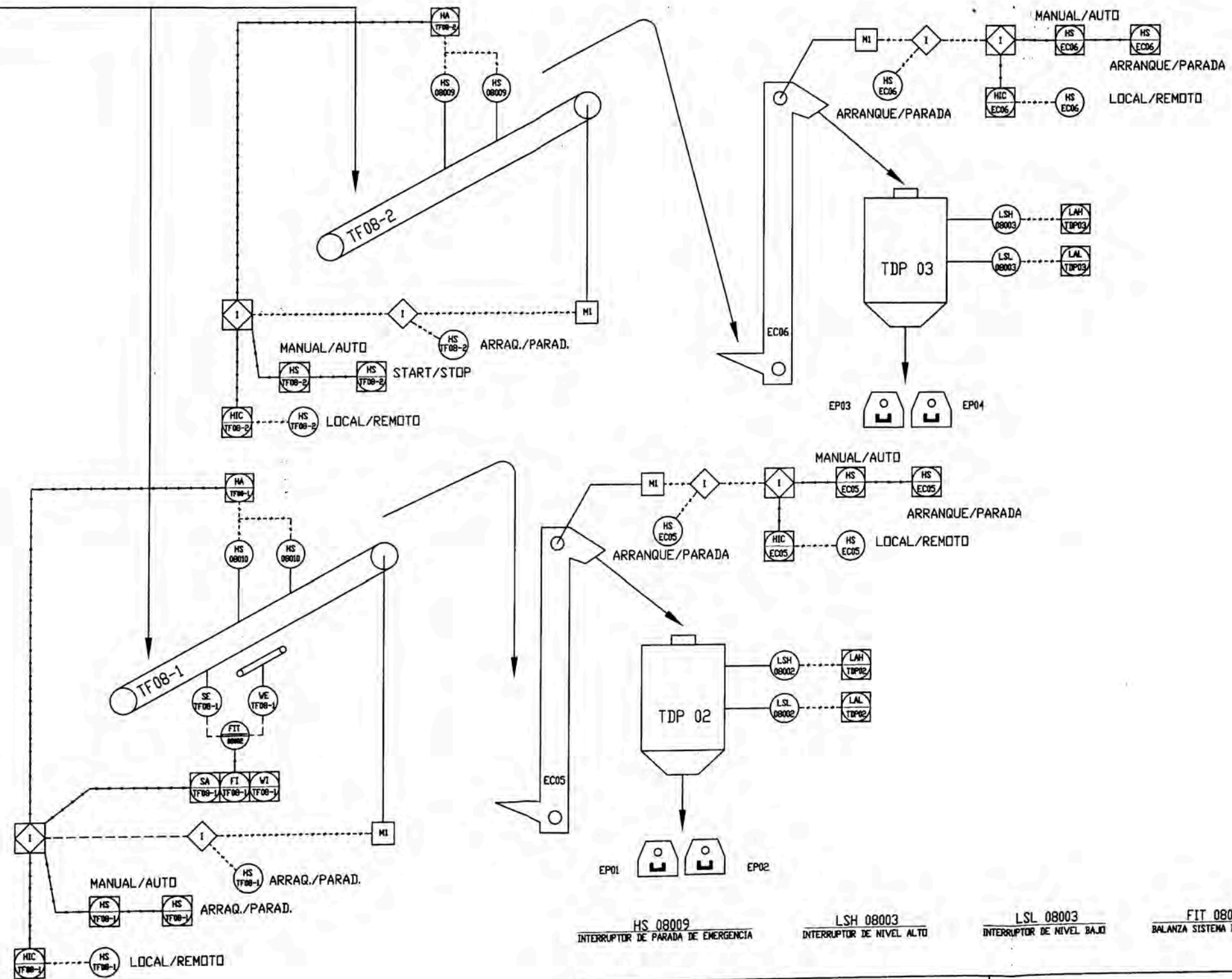
XA
ALARMA DEL MOTOR

IT
TRANSMISOR DE CORRIENTE

<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</div> <div></div>	LIMA—PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
		NOMBRE	FECHA	SISTEMA DE RECUPERACION DE POLVO
	DIBUJADO	HUGO C.	MAYO—08	
	DISEÑADO	HUGO C.	MAYO—08	
REVISADO				
HUGO CARRASCO ARONE	APROBADO			
	ESCALA:	S/E	FORMATO:	A3
			N° PLANO:	CORCA—PID—005
			REV:	B
				

REV:	A	
------	---	--

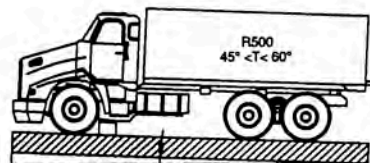
ENFRIADOR
1A CORCA G9-7-PID-006



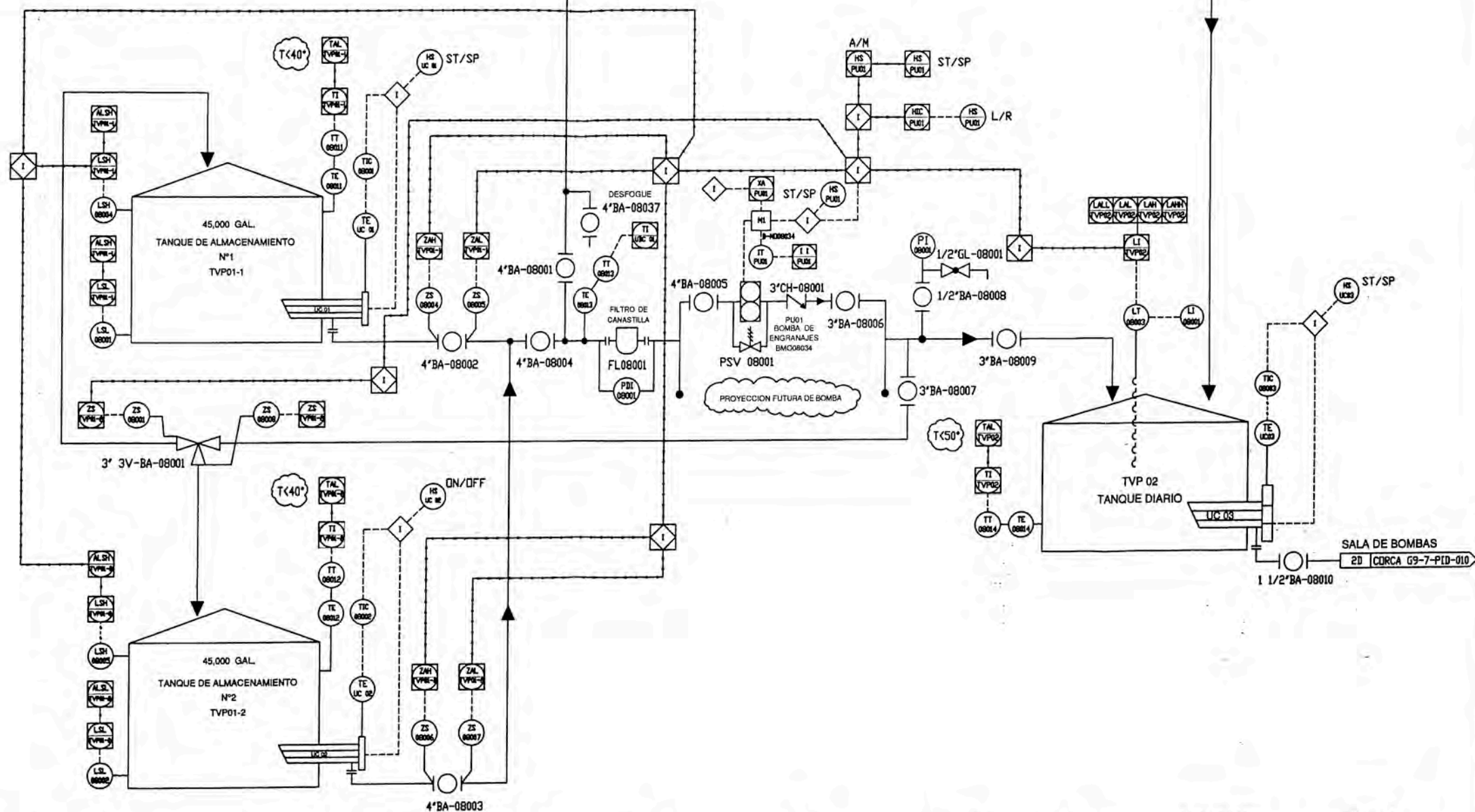
SIMBOLOGIA	
	CONEXION A PROCESO ENLACE MECANICO O PUNTO INSTRUMENTO
	SERIAL ELECTRICA BINARIA
	SERIAL NEUMATICA
	SERIAL ELECTRICA
	SERIAL DIGITAL ENLACE SOFTWARE O FIRMWARE
	MOTOR ELECTRICO
	ARRANQUE DIRECTO
	ARRANQUE SUAVE
	ARRANQUE CON VARIADOR
	VARIADOR DE VELOCIDAD

HS 08009 INTERRUPTOR DE PARADA DE EMERGENCIA
LSH 08003 INTERRUPTOR DE NIVEL ALTO
LSL 08003 INTERRUPTOR DE NIVEL BAJO
FIT 08002 BALANZA SISTEMA DE PESAJE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA HUGO CARRASCO ARONE	LIMA-PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
		NOMBRE	FECHA	SISTEMA DE ENVASADO DE OXIDO DE CALCIO
	DIBUJADO	HUGO C.	MAYO-08	
	DISEÑADO	HUGO C.	MAYO-08	
	REVISADO			
	APROBADO			
ESCALA: 1/30		FORMATO: A3		Nº PLANO: CORCA-PID-007
				REV: B



FILTRO MALLA
POZA DE RECEPCION



LEYENDA
LOCAL/REMOTO : L/R
AUTO/MANUAL : A/M
START : ST
STOP : SP

LEGENDA

- CONEXION A PROCESO
- - - - - DELAY MECANICO O PUNTO INSTRUMENTO
- SENAL ELECTRICA BIENHE
- SENAL NEUMATICA
- SENAL ELECTRICA
- SENAL DIGITAL, DELAY SOFTWARE O FIRMWARE
- [M] MOTOR ELECTRICO
- [M] ARRANQUE DIRECTO
- [M] ARRANQUE SUAVE
- [M] ARRANQUE CON VARIADOR
- [V] VARIADOR DE VELOCIDAD

LSH 08004
INTERRUPTOR DE NIVEL ALTO

LSL 08004
INTERRUPTOR DE NIVEL BAJO

ZS 08007
SENSOR DE PROXIMIDAD

LT 08003
TRANSDUCER DE NIVEL

TT 08010
TRANSDUCER DE TEMPERATURA

UC 01
UNIDAD DE CALENTAMIENTO

TIC 08001
CONTROLADOR DE UNIDAD DE CALENTAMIENTO

TI 08003
INDICADOR DE TEMPERATURA

TE 08001
SENSOR DE TEMPERATURA

1/2"GL-08001
VALVULA GLOBO

3" 3V-BA-08001
VALVULA DE 3VIAS

BMD08034
BOMBA DE ENGRANAJES

3"CH-08001
VALVULA CHECK

XA
ALARMA DEL MOTOR

IT
TRANSDUCER DE CORRIENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA



HUGO CARRASCO ARONE

LIMA-PERU

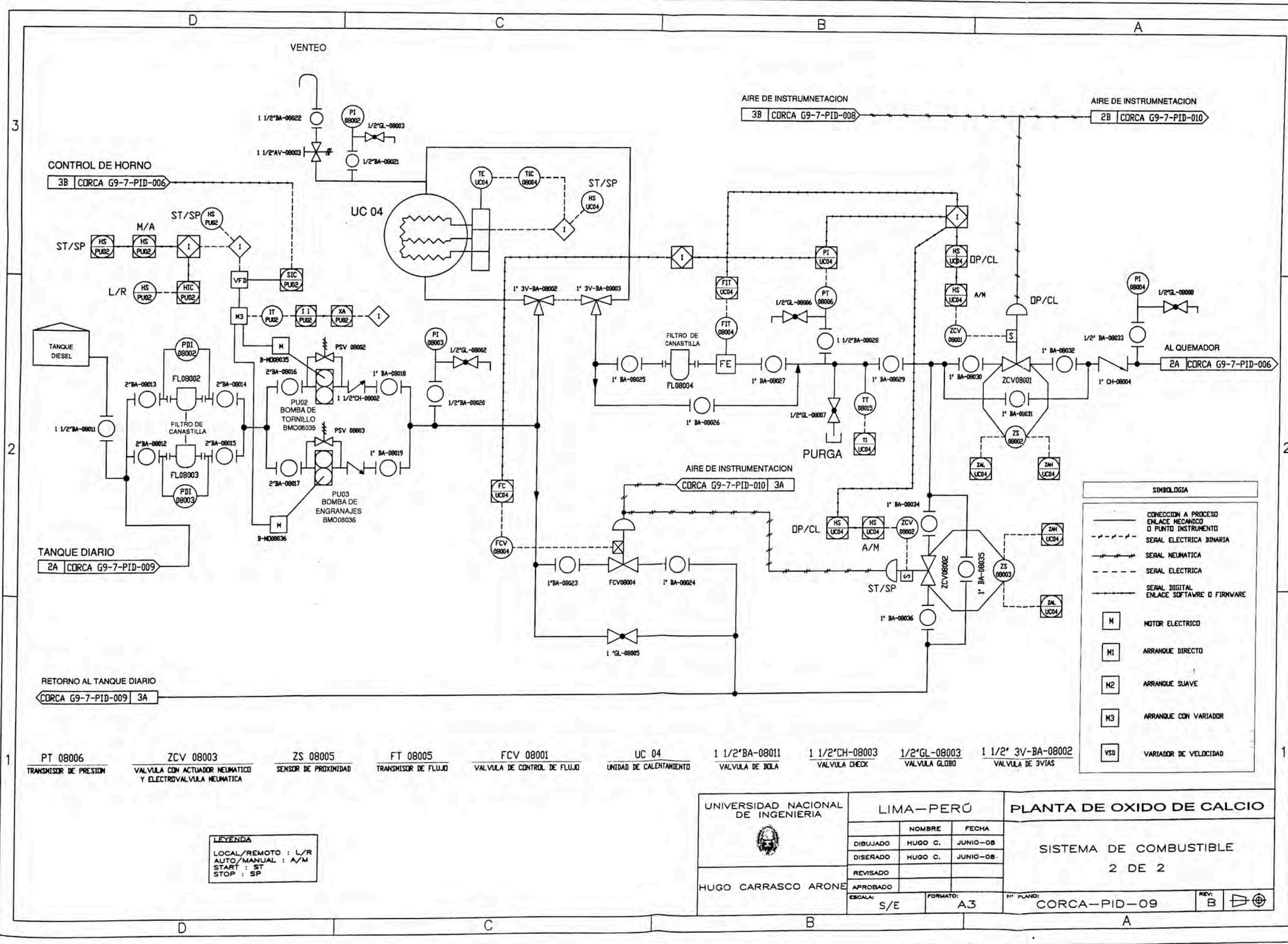
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	HUGO C.	JUNIO-08
DISENADO	HUGO C.	JUNIO-08
REVISADO		
APROBADO		
ESCALA:	S/E	FORMATO: A3

PLANTA DE OXIDO DE CALCIO

SISTEMA DE COMBUSTIBLE
1 DE 2

N° PLANO: CORCA-PID-008

REV: B



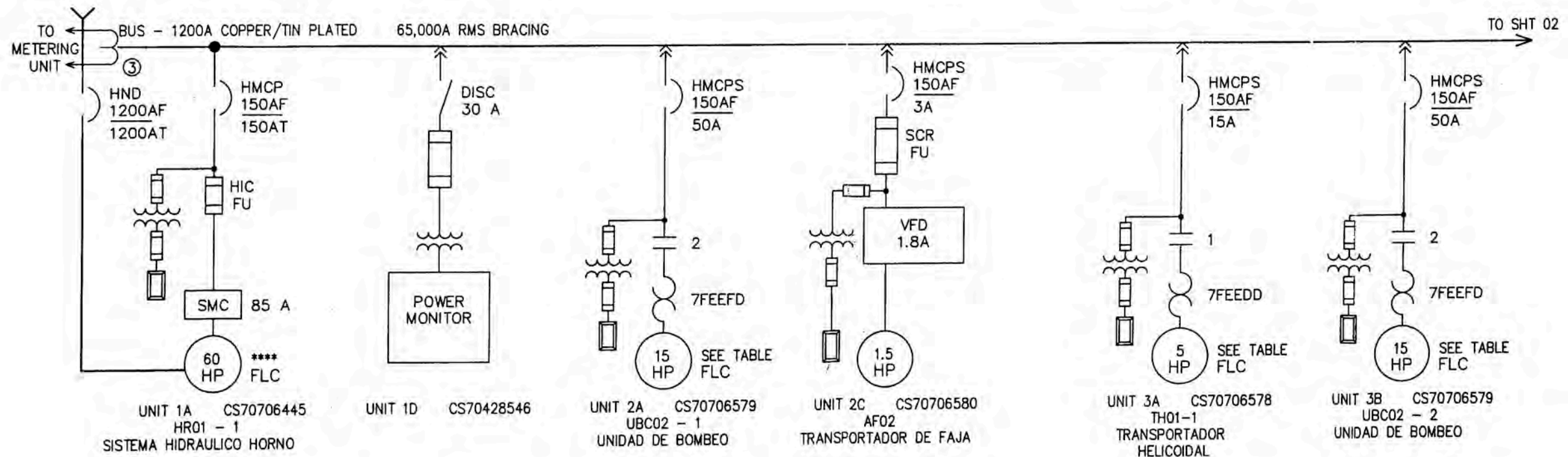
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA HUGO CARRASCO ARONE	LIMA-PERU		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
	NOMBRE	FECHA	SISTEMA DE COMBUSTIBLE 2 DE 2	
	DIBUJADO	HUGO C. JUNIO-08		
	DISEÑADO	HUGO C. JUNIO-08		
	REVISADO			
APROBADO			CORCA-PID-09	
ESCALA:	S/E	FORMATO:	A3	REV: B

ONE-LINE DIAGRAM

(4) 400 MCM CABLES PER PHASE
65,000 AVAIL. SHORT CIRCUIT AMPS
480 VOLT, 3 PH, 3 WIRE, 60 HZ, WYE
SOLIDLY GROUND NEUTRAL

STARTER SIZE	FULL LOAD (AMPS)	RELAY CODE SMP-1	RELAY CODE SMP-2	STARTER SIZE	FULL LOAD (AMPS)	RELAY CODE SMP-1	RELAY CODE SMP-2
1	0.19 - 0.6	-7FA*B	-7FB1B	3,4,200A VAC	23 - 75	-7FA*K	-7FB1K
	0.32 - 1.0	-7FA*C	-7FB1C	110 AMP	66 - 110	-7FA*L	-7FB1L
	1.0 - 2.9	-7FA*D	-7FB1D	4,200A VAC	57 - 180	-7FA*M	-7FB1M
	1.6 - 5.0	-7FA*E	-7FB1E	180 AMP			
	3.7 - 12	-7FA*F	-7FB1F	5,350A VAC	96 - 300	-7FA*N	-7FB1N
1,2	5.7 - 18	-7FA*G	-7FB1G	250-304 AMP	200 - 630	-7FA*R	-7FB1R
2,3	12 - 38	-7FA*H	-7FB1H				
	14 - 45	-7FA*J	-7FB1J				
E1 PLUS				2	9 - 45	-7FEED	
	0.2 - 1.0	-7FEED		3	18 - 90	-7FEED	
	1.0 - 5.0	-7FEED		4	30 - 150	-7FEED	
	3.2 - 16	-7FEED		5	60 - 300	-7FEED	
	5.4 - 27	-7FEED		6	120 - 600	-7FEED	
		E3	E3 PLUS			E3	E3 PLUS
1	1 - 5	7FEC1A*	7FEC2A*	3	18 - 90	7FEC1E*	7FEC2E*
	3 - 15	7FEC1B*	7FEC2B*	4	28 - 140	7FEC1F*	7FEC2F*
	5 - 25	7FEC1C*	7FEC2C*	5	60 - 302	7FEC1H*	7FEC2H*
	0.4 - 2.0	7FEC1P*	7FEC2P*	6	125 - 630	7FEC1K*	7FEC2K*
2	9 - 45	7FEC1D*	7FEC2D*				

UNIT 1F CS70593241



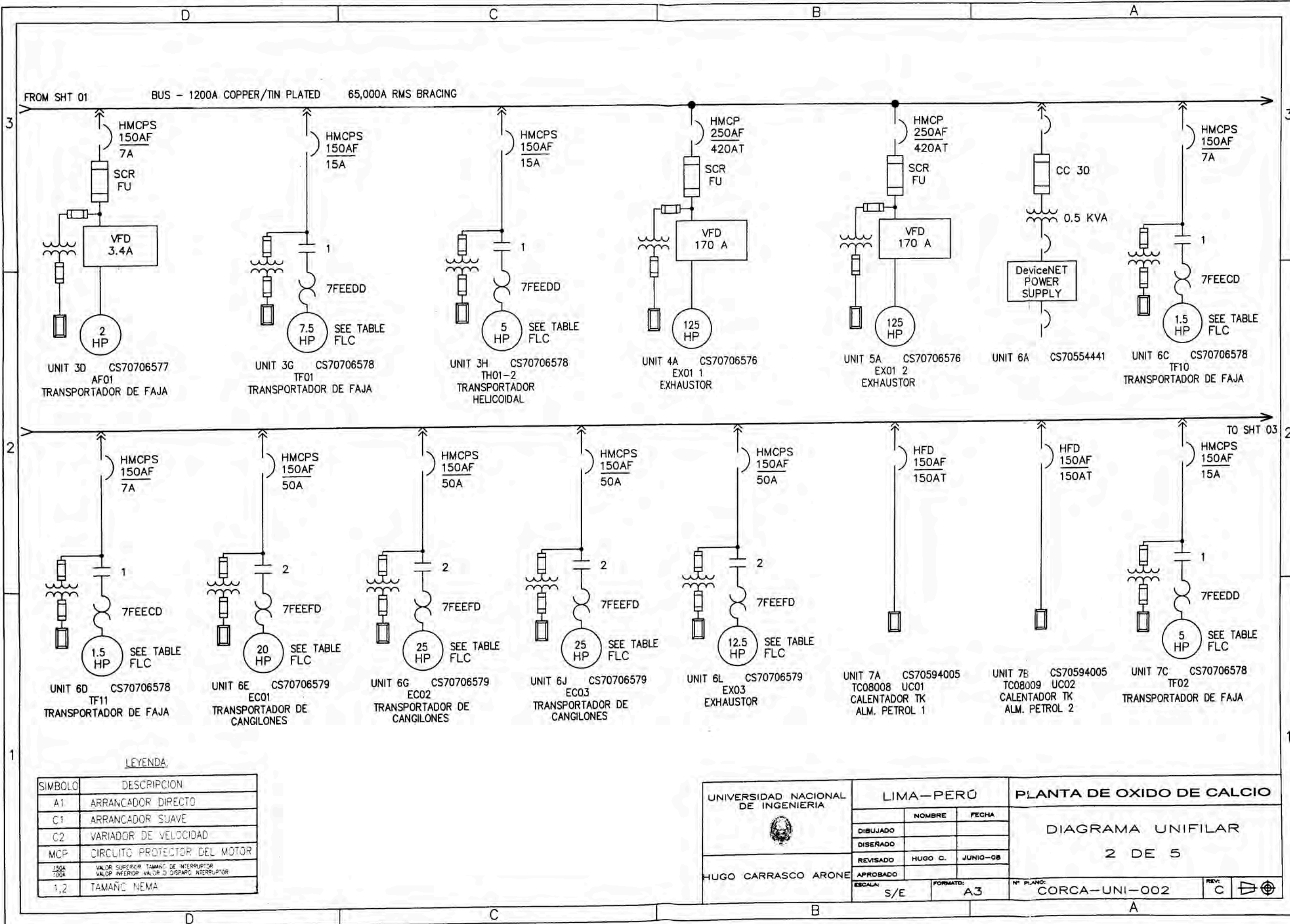
NOTES:

MCC SUPPLIED WITH 1/4 X 1 HORIZONTAL GROUND BUS
**** INDICATES AN UNKNOWN VALUE
MOTORS ARE REMOTE FROM THE MCC

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
A*	ARRANCADOR DIRECTO
C1	ARRANCADOR SUAVE
C2	VARIADOR DE VELOCIDAD
MCP	CIRCUITO PROTECTOR DEL MOTOR
150A	VALOR SUPERIOR TAMAÑO DE INTERRUPTOR
100A	VALOR INFERIOR TAMAÑO DE INTERRUPTOR
1,2	TAMANO NEMA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	LIMA-PERU		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
	DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	DIAGRAMA UNIFILAR 1 DE 5
	DISEÑADO			
	REVISADO	HUGO C.	JUNIO-08	
HUGO CARRASCO ARONE	APROBADO			
ESCALA:	S/E	FORMATO:	A3	Nº PLANO: CORCA-UNI-001



LEYENDA:

SIMBOLO	DESCRIPCION
A1	ARRANCADOR DIRECTO
C1	ARRANCADOR SUAVE
C2	VARIADOR DE VELOCIDAD
MCP	CIRCUITO PROTECTOR DEL MOTOR
150A	VALOR SUPERIOR TAMAÑO DE INTERRUPTOR
100A	VALOR INFERIOR VALOR D DISPARO INTERRUPTOR
1,2	TAMAÑO NEMA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA

HUGO CARRASCO ARONE

LIMA-PERÚ

	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO		
DISEÑADO		
REVISADO	HUGO C.	JUNIO-08
APROBADO		

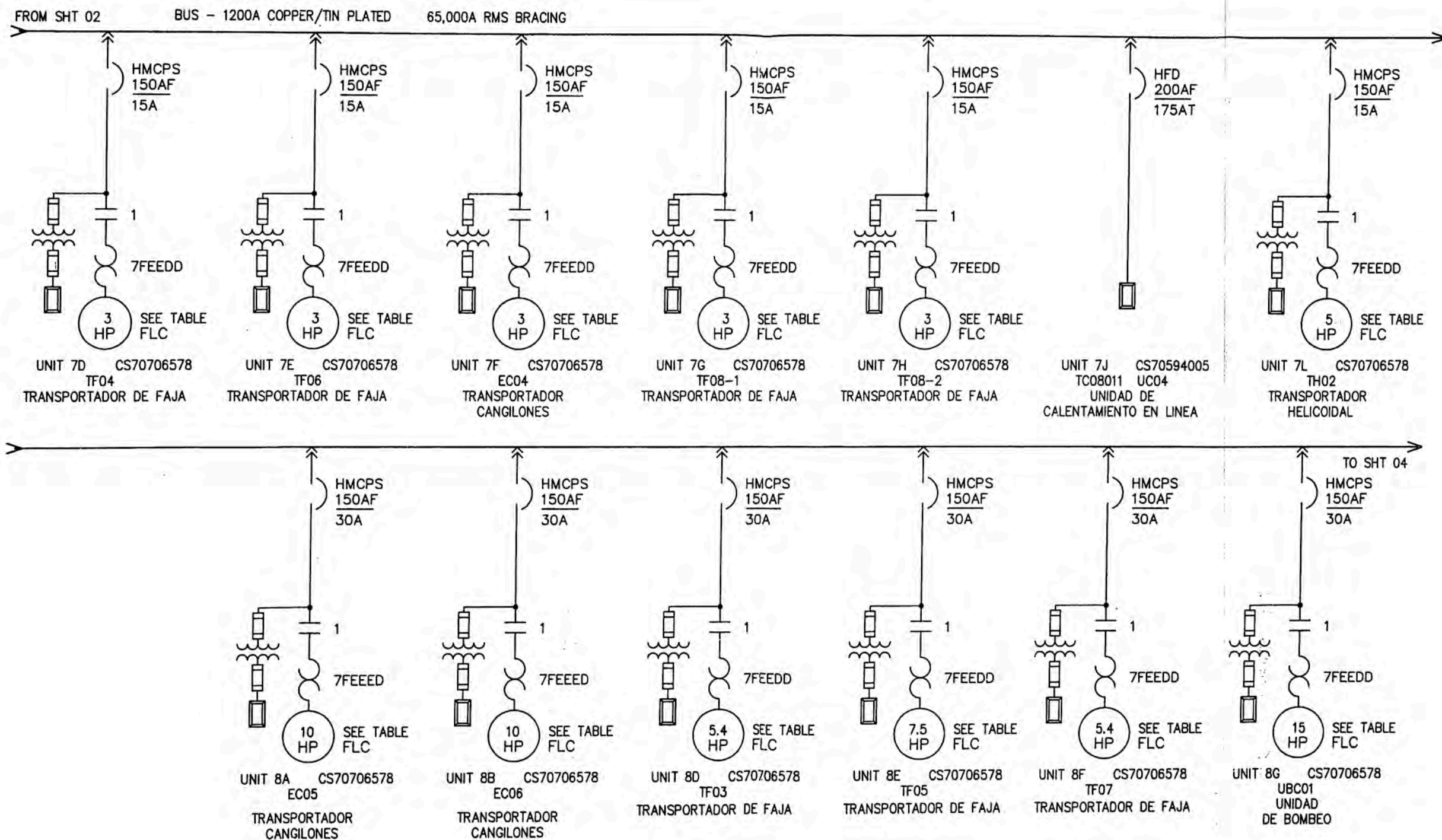
ESCALA: S/E FORMATO: A3

PLANTA DE OXIDO DE CALCIO

DIAGRAMA UNIFILAR

2 DE 5

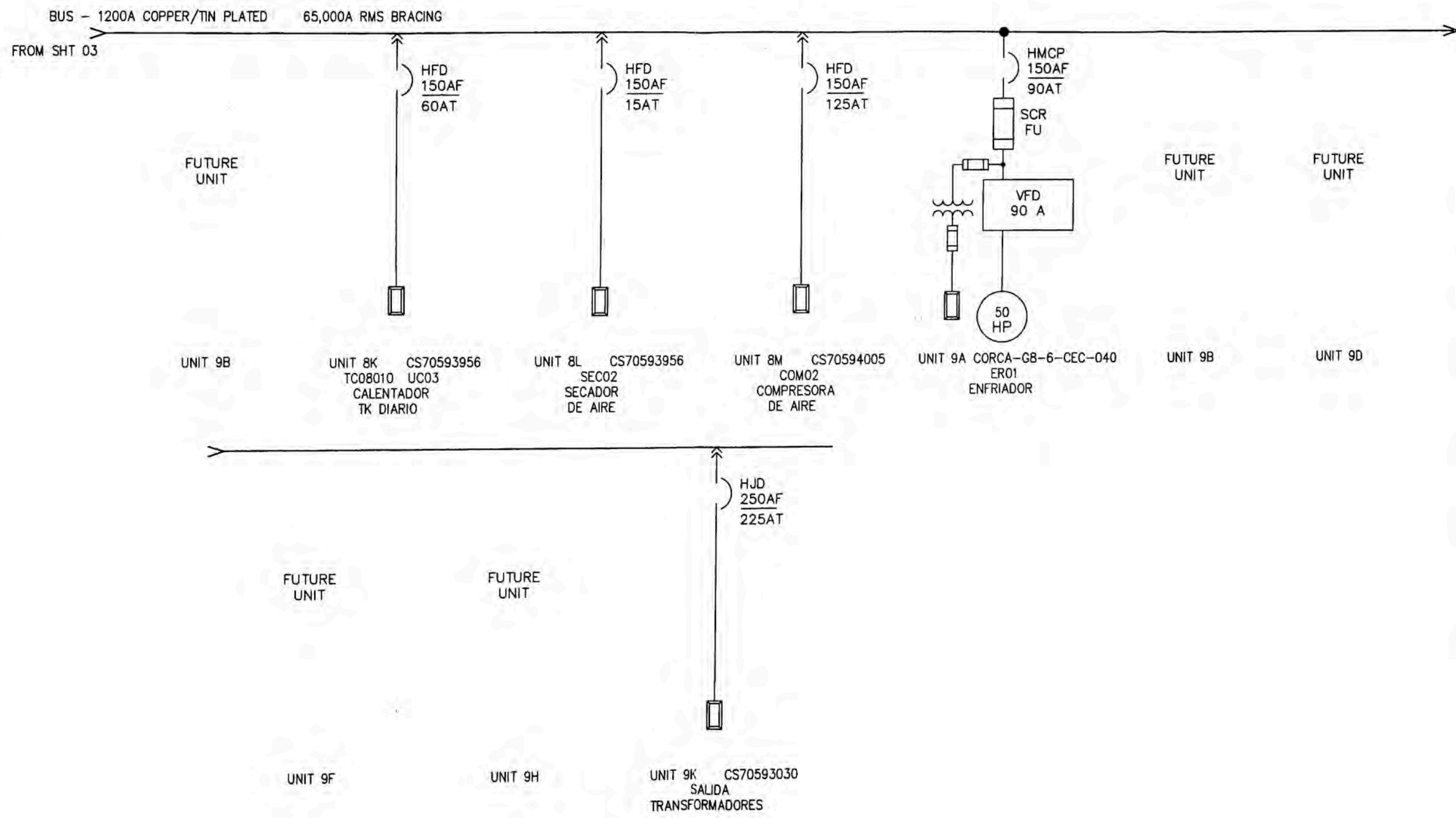
Nº PLANO: CORCA-UNI-002 REV: C



LEYENDA:

SIMBOLO	DESCRIPCION
A1	ARRANCADOR DIRECTO
C1	ARRANCADOR SUAVE
C2	VARIADOR DE VELOCIDAD
MCP	CIRCUITO PROTECTOR DEL MOTOR
150A	VALOR SUPERIOR: TAMAÑO DE INTERRUPTOR
100A	VALOR INFERIOR: VALOR D DISPARO INTERRUPTOR
1,2	TAMAÑO NEMA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA 	LIMA-PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
	DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	DIAGRAMA UNIFILAR 3 DE 5
	DISEÑADO			
	REVISADO	HUGO C.	JUNIO-08	
	APROBADO			
HUGO CARRASCO ARONE		ESCALA:	FORMATO:	Nº PLANO:
		S/E	A3	CORCA-UNI-003
				REV: C

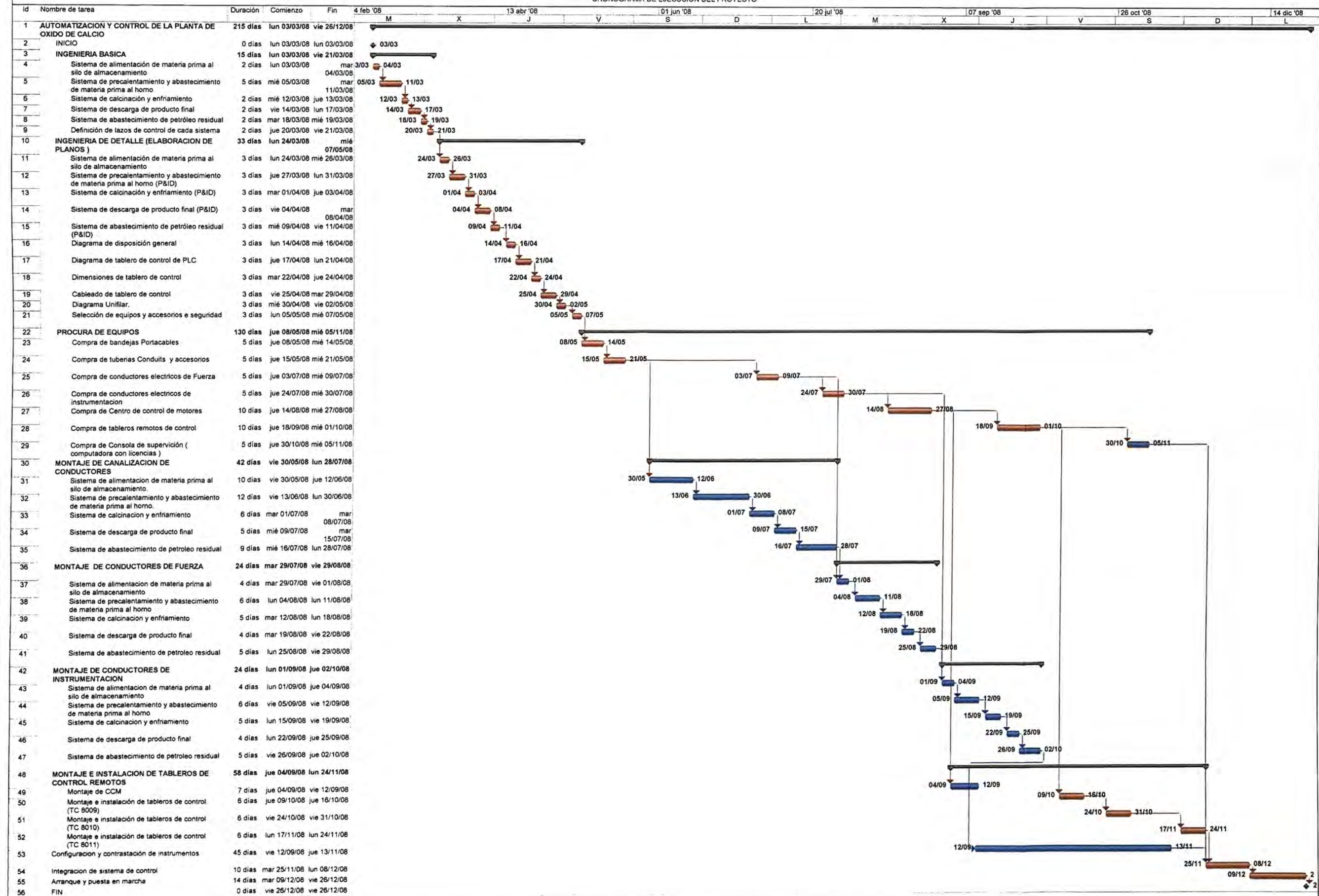


LEYENDA:

SIMBOLO	DESCRIPCION
A	ARRANCADOR DIRECTO
C1	ARRANCADOR SUAVE
C2	VARIADOR DE VELOCIDAD
MCP	CIRCUITO PROTECTOR DEL MOTOR
150A 100A	VALOR SUPERIOR TAMAÑO DE INTERRUPTOR VALOR INFERIOR VALOR O DISPARO INTERRUPTOR
1/2	TAMAÑO NEMA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA 	LIMA-PERÚ		PLANTA DE OXIDO DE CALCIO	
		NOMBRE	FECHA	
HUGO CARRASCO ARONE	DIBUJADO			DIAGRAMA UNIFILAR 4 DE 5 N° PLANO: CORCA-UNI-004
	DISEÑADO			
	REVISADO	HUGO C.	JUNIO 08	
	APROBADO			
ESCALA: S/E		FORMATO: A3	REV: C	

APENDICE A
CRONOGRAMA DE EJECUCION DEL PROYECTO



APENDICE B LINEA BASE

