



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION
DE UNA CALDERA ACUOTUBULAR PARA UN PLANTA
AZUCARERA”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

RONNY ISRAEL LLERENA BEJARANO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a Dios en primer lugar y a mis padres por su incondicional apoyo.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia, mi esposa y mi hija.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

M.Sc. Efrén Herrera Muentes

PROFESOR EVALUADOR

M.Sc. Franklin Illich Kuonqui Gainza

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Ronny Israel Llerena Bejarano

RESUMEN

En este documento se aborda el tema del diseño y la implementación de la automatización de una caldera acuotubular para una planta azucarera.

En el capítulo uno se trata la delimitación del problema concerniente al sistema de control discontinuado, inseguro y poco eficiente que posee la caldera, generando riesgos e incomodidad para los operadores.

En el capítulo dos se detallan los métodos y estrategias usadas para el desarrollo del proyecto considerando las variables físicas y condiciones reales en torno al proceso, para el diseño e implementación de la arquitectura control de la caldera.

En el capítulo 3 se presentan los resultados obtenidos en el transcurso del diseño e implementación del proyecto planteado. Para tener una mejor visión de los resultados alcanzados se detallarán en base al alcance planteado, que concierne a la automatización de la caldera, sistema de control, sistema SCADA, comunicación de dispositivos de instrumentación y demás.

En los anexos se muestran las tablas de datos del proceso en base a los cuales se escogieron los equipos de instrumentación, se muestra los datos de placa de la caldera, etc.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	v
DECLARACIÓN EXPRESA	vi
RESUMEN	vii
CAPÍTULO 1	2
1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Justificación	3
1.4 Alcance.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2 METODOLOGÍA.....	5
2.1 Detalles del proceso	5
2.2 Condiciones físicas del proceso	6
2.3 Sistema de Control de la caldera.....	7
2.3.1 Nivel del Domo	7
2.3.2 Medición de datos de combustible (Bunker y Bagazo)	10
2.3.3 Desareador.....	11
2.3.4 Control de la purga continua.....	12
2.3.5 Purga de calderas (purga de fondo)	13
2.3.6 Combustión	13
2.3.7 Control del caudal del aire .. ¡Error! Marcador no definido.	
2.4 Arquitectura Global de Control	14
2.5 Instalación Eléctrica.....	16

2.5.1	Diseño de Tableros	17
2.5.2	Bandeja y Tuberías	18
2.5.3	Precauciones para ambiente peligroso	19
2.6	Elaboración del sistema SCADA	20
CAPÍTULO 3.....		21
3	RESULTADOS.....	21
3.1	Condiciones del sistema.....	21
3.2	Automatización del proceso.....	21
3.3	Sistema SCADA	21
3.3.1	Tablero de Control.....	23
3.4	Problemáticas y Soluciones.....	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		26
BIBLIOGRAFÍA.....		27
ANEXOS.....		29
A1.	Tabla de selección de instrumentos.	29

CAPÍTULO 1

1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se desarrollará la delimitación del problema concerniente al control obsoleto, riesgoso e incómodo de una caldera acuotubular necesaria para la generación de energía eléctrica para los procesos productivos y operacionales de una planta azucarera, con el fin de automatizar su funcionamiento y reducir los riesgos físicos que conllevan su intervención por parte del personal de planta.

1.1 Planteamiento del Problema

En la industria azucarera, como consecuencia de su proceso productivo, se genera como residuo el bagazo de la caña de azúcar, el cual es aprovechado como biocombustible para generar vapor y energía eléctrica. El bagazo de la caña es quemado en calderas de tipo acuotubulares, por lo que son una parte vital para generar energía y por ende mantener en operación la planta. El vapor generado en estas máquinas es utilizado para generar energía eléctrica mediante turbogeneradores y el excedente de vapor se usa para proveer calor en los otros subprocesos de la planta. Una planta azucarera realiza la compra de un caldero acuotubular que utiliza el bagazo de la caña como combustible, la máquina adquirida ha sido usada desde hace más de 30 años, por lo que la empresa decide modernizarlas para mejorar su funcionamiento y garantizar una operación segura.

Con el sistema actual la operación es lenta e incómoda para el personal ya que tienen que manipular elementos de control en áreas cercanas a la caldera donde están sometidos a altas temperaturas y residuos de combustible, lo cual genera fatiga e insatisfacción en el personal. Las condiciones de trabajo de la caldera pueden generar riesgos físicos y materiales debido al manejo de temperaturas y presiones a la que es sometida son extremas. Debido a la importancia que tiene para la operación de la planta y a los riesgos que se producen al operar esta máquina, es necesario implementar un sistema de control confiable que opere de manera automática, para garantizar un funcionamiento seguro de la caldera, sin poner en riesgo la vida de sus operarios.

Esta máquina cuenta en la actualidad con un sistema de control antiguo, discontinuado y obsoleto que no permite un correcto y eficiente funcionamiento acarreado consigo altos consumos de energía, poco rendimiento, además de un número exagerado de operadores a cargo de su operación y mantenimiento.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

Implementar un sistema de automatización de un caldero acuotubular en una planta azucarera que reduzca el riesgo físico y material durante el funcionamiento del equipo garantizando parámetros de operación adecuados.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar los equipos necesarios para la implementación de un sistema de control y supervisión.
- Automatizar el funcionamiento de la caldera controlando los parámetros que intervienen en ella.
- Implementar un cuarto de operación para la supervisión automática de la caldera reduciendo los riesgos físicos para los trabajadores.

1.3 Justificación

Las calderas acuotubulares trabajan con valores de variables de proceso, peligrosamente altas, de presión y temperatura, utilizando más de un tipo de combustible por lo que genera un alto riesgo en su operación, por este motivo es indispensable la implementación de un sistema de control seguro y confiable para precautelar condiciones de operación seguras de estos parámetros ciertamente peligrosos. En el sistema de control original muchas variables quedaron bajo control del operador y dependían de la experiencia y pericia del mismo para no llegar a valores peligrosos, siendo susceptible a el riesgo de un fallo humano, en muchas ocasiones se han reportado accidentes que han causado graves pérdidas materiales y físicas lamentables por no tener un sistema de control apropiado para dicho proceso.

Mediante el uso de un sistema de control apropiado se logrará mejorar el rendimiento de los equipos y reducir los costos de operación, ya que se reduce el personal necesario para el control de su funcionamiento optimizando consigo los recursos personales y físicos de la Industria.

Se pretende seleccionar equipos de última tecnología que permitan optimizar el uso de la energía eléctrica como los variadores de frecuencia para el accionamiento de bombas y ventiladores.

Al reemplazar los elementos de control que funcionaban de manera manual por equipos que funcionan de manera automática se pueden reubicar los puestos de operación de los trabajadores a un lugar más confortable para ellos.

1.4 Alcance

Este proyecto se enfocará en el diseño e implementación de un nuevo sistema de automatización para una caldera de tipo acuotubular para una planta Azucarera.

En primera instancia se analizarán todas las condiciones del proceso para hacer una correcta selección de la instrumentación a utilizar, a continuación, se diseñará, seleccionará y planificará la adecuada instalación de los equipos y accionamientos eléctricos para los motores que intervendrán en el proceso considerando una arquitectura de control que garantice al máximo la operación segura y confiable del nuevo sistema de automatización.

Posteriormente, se diseñarán los diagramas de interconexión, la ruta del cableado para cada uno de los equipos, considerando un algoritmo de control y desarrollo de la programación para la integración de los equipos y sistema de supervisión, pero no se profundizará en el ajuste individual de los lazos de control que intervienen en el proceso.

Se tendrá un Sistema de Control Distribuido (DCS), el cual contará con una sola base de datos, así como la capacidad de monitoreo, diagnóstico y control de la planta, con disposición a expansión e integración de otros sistemas en caso de ser requerido. El sistema de control será de tipo redundante e integrará todas las funciones requeridas para la operación normal de la planta, tales como detectar condiciones anormales de operación, protegiendo de esta manera al personal y a los equipos de posibles eventualidades.

Este proyecto de materia integradora no contempla el análisis de distribución y protecciones eléctricas.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA.

En este capítulo se detallan los métodos y estrategias usadas para el desarrollo del proyecto considerando las variables físicas y condiciones reales entorno al proceso, para el diseño e implementación de la arquitectura control y fuerza en la planta azucarera.

2.1 Detalles del proceso

Para el diseño de una estrategia de control e implementación de una solución acorde a las necesidades del proceso es necesario conocer todos los parámetros de entrada y salida que intervienen en él, por lo que se bosquejó un diagrama de bloques del proceso como se verá a continuación Figura 2.1.



Figura 2.1: Diagrama de E/S del proceso

Los parámetros claves de entrada del proceso son: Entrada GAS GLP, Entrada Vapor (en este caso se cuenta con dos entradas de vapor en paralelo), Entrada de Bunker, Alimentación Bagazo, Entrada de agua, Entrada de aire. En donde el abastecimiento del GAS GLP es determinado por el controlador propio de caldera, los demás parámetros de entrada por su parte son controlados por el diseño de control implementado basándose en el proceso de combustión interna en el caldero. Adicionalmente, se hace uso de diferentes sensores y actuadores tales como transmisores (presión, nivel, temperatura), válvulas, etcétera, la retroalimentación de estos parámetros es vital para el control total del proceso. Los parámetros de salida del proceso son: agua de purga, gases de chimenea, vapor a “manifold” y muestra de laboratorio, debido a que son consecuencia del proceso es necesario llevar un control de los mismo, ya que una variación en los mismos puede deberse a una serie de problemas internos tales como pérdidas del proceso, sensores descalibrados, mal uso de los equipos, errores de comunicación, entre otros.

2.2 Condiciones físicas del proceso

Para el desarrollo de una solución confiable, segura y eficiente se estudiaron las diferentes variables físicas que conforman el proceso de generación de energía eléctrica a partir de la energía de la biomasa proveniente de la caldera acuatubular de la planta, las cuales son: presión relativa, presión diferencial, temperatura, flujo, nivel. El estudio de las condiciones del sistema se llevó a cabo por dos semanas consecutivas con lo que se obtuvo los siguientes datos mostrados en la tabla del Anexo 1. Además, en la tabla del Anexo 2 se listan los datos de placa de la caldera.

2.3 Sistema de Control de la caldera

Los instrumentos seleccionados proveen la información necesaria al sistema de control para mantener la caldera dentro de los parámetros óptimos. En la Figura 2.2 se muestra un diagrama de bloques general del control de la caldera.

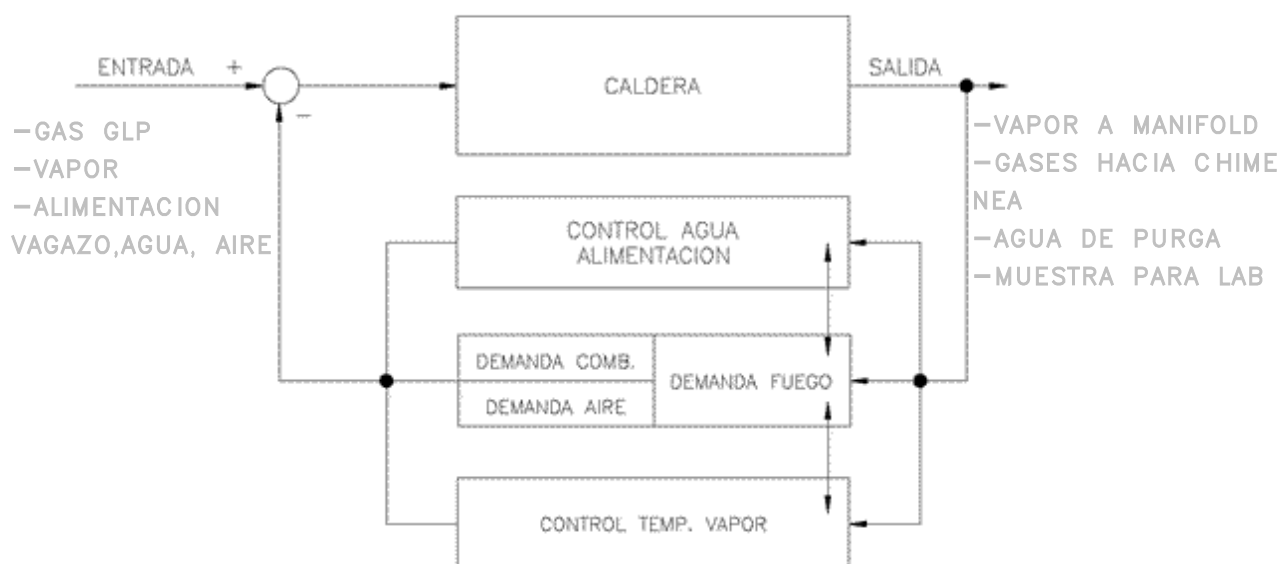


Figura 2.2: Esquema de control de la Caldera [1]

El sistema de control busca mantener un equilibrio energético, el aumento de la demanda de carga genera un aumento en la demanda de aire, combustible y agua, los lazos de control deben responder de manera rápida ante estas variaciones para ir equilibrando la operación, el aumento de consumo de vapor debe ser compensado con el ingreso de agua y el control debe reaccionar de manera apropiada ante los cambios del proceso.

2.3.1 Nivel del Domo

El nivel del domo se podría decir que es el punto de control de mayor importancia en la caldera, valores de nivel del domo fuera del punto de control genera situaciones peligrosas.

Para garantizar la seguridad se utiliza una medición de nivel redundante, se utiliza un transmisor de presión diferencial (Figura 2.3) para tener una medida continua del nivel, y un equipo de medición discreta que nos da señales digitales según el nivel medido.

La señal recibida del transmisor de presión diferencial se utiliza en un PID que actúa sobre una válvula automática para regular el ingreso de agua al domo.

El transmisor de presión diferencial es:

PDIT-102 – Transmisor indicador de presión diferencial para el domo de la caldera.

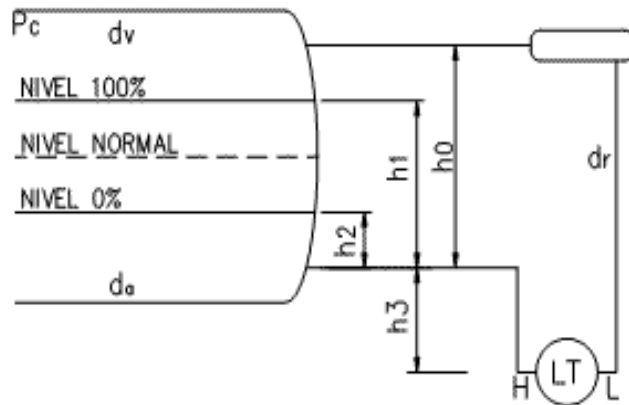


Figura 2.3: Medida del nivel por presión diferencial del calderín [2]

Por la importancia de la medición de nivel se colocó un medidor de tecnología discreta como redundante, esto es un transmisor con medidas discretas de nivel y se disponen en el mismo equipo 4 switches de nivel LSLL, LSL, LSH, LSHH que se conectó directamente al sistema de control. A continuación, se indica el esquema en la Figura 2.4.

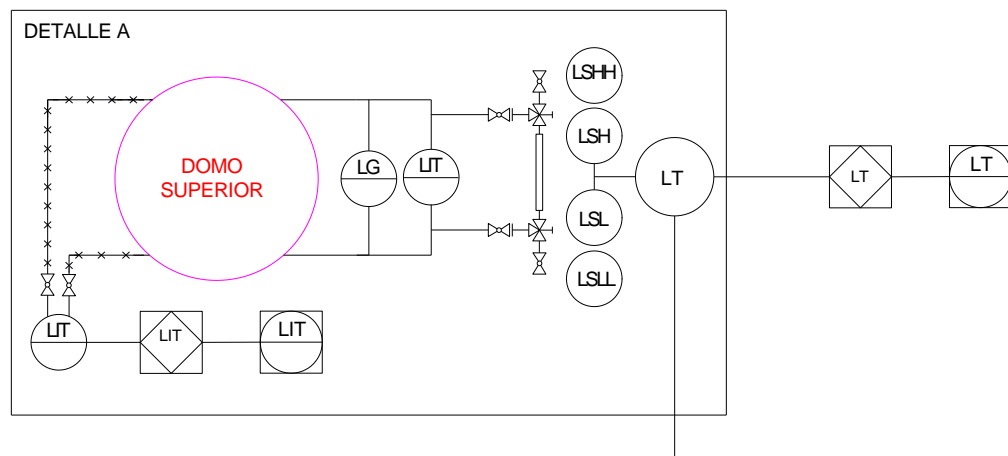


Figura 2.4: Medida discreta del nivel del domo superior

LIT 101 (LSHH 101, LSH 101, LSL 101, LSLL101) Transmisor de medida discreta de nivel la caldera.

El valor del nivel es comparado todo el tiempo y se toma el valor de presión diferencial por ser un valor continuo, ante una desviación de lectura entre los dos medidores de nivel debe mostrarse una alarma y en el HMI se puede seleccionar el equipo con el que se va a realizar el control.

Control de Nivel del Domo

El nivel del domo tiene la peculiaridad que al aumentar el caudal de vapor el nivel en el domo tiende a presentar un aumento durante un corto tiempo y al bajar bruscamente la demanda de tiende a bajar por un corto tiempo, lo cual provoca perturbaciones que un lazo de control simple no puede corregir de manera adecuada, y por tanto es necesario implementar un controlador en cascada que ya viene integrado entre los bloques de programación del PLC.

Debido a lo indicado a continuación se indica la relación que existe entre el flujo de agua y vapor considerando el efecto sobre el nivel (Figura 2.5).

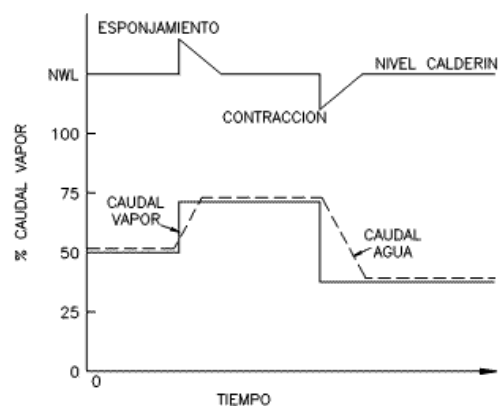


Figura 2.5: Relaciones deseadas agua-vapor [2]

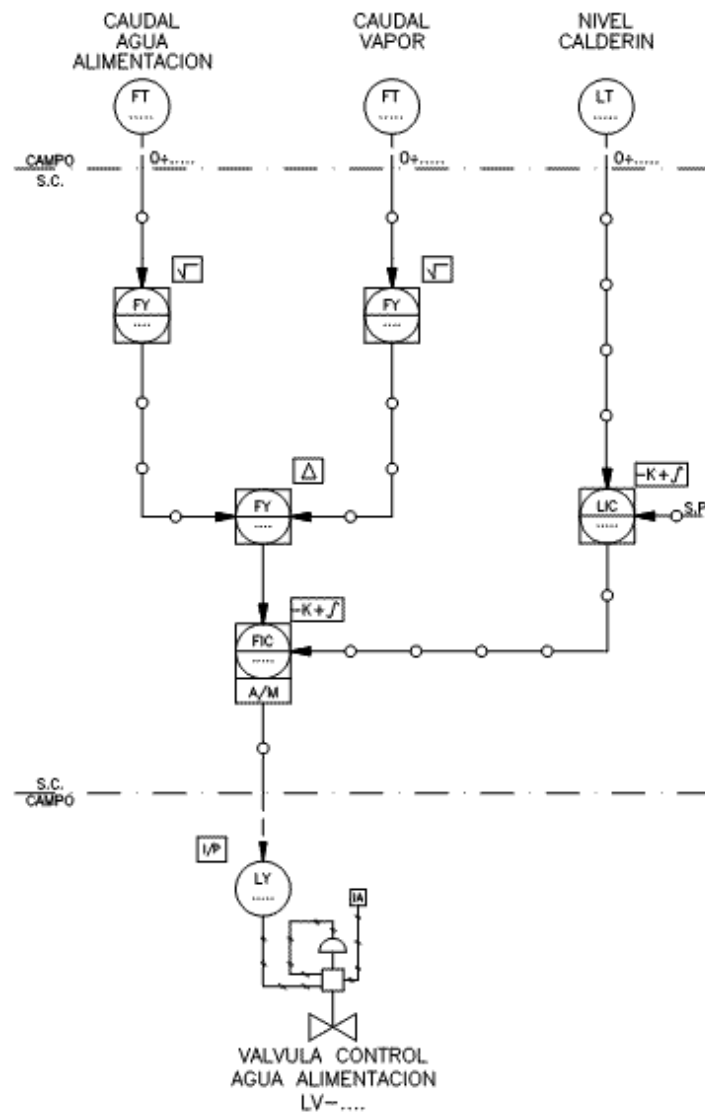
Control a tres elementos

En el control a tres elementos se utilizan el nivel, el caudal de vapor y el caudal de agua de ingreso a la caldera.

Se trata de un control en cascada donde el lazo principal es el control de nivel y el secundario es la diferencia del flujo de salida de vapor y entrada de agua, de esta manera se logra compensar las perturbaciones producidas por los cambios bruscos de demanda de vapor.

Este control brinda una buena respuesta ante demandas variables de carga. Se muestra la configuración del control a tres elementos en la Figura 2.6.

Figura 2.6: Control de nivel a tres elementos [2]



2.3.2 Medición de datos de combustible (Bunker y Bagazo)

La caldera tiene un sistema autónomo manual para la inyección de combustible a la misma, sin embargo, se monitorea la presión y la

temperatura para asegurar que están en los rangos de operación de acuerdo con los requerimientos que suministrara el cliente.

2.3.3 Desareador

El desareador o degasificador tiene la función de eliminar los gases disueltos (oxígeno y dióxido de carbono) en el agua de alimentación de la caldera para prevenir problemas de corrosión, en él se implementaron lazos de control de presión, nivel y temperatura.

Control de presión

El desaereador tiene una entrada de vapor de baja presión, el ingreso de vapor se regula a través de una válvula automática que trabaja con un posicionador electro neumático controlado por una señal de 4-20 mA.

Se implementó un lazo de control PID programado en el PLC que recibe la señal del transmisor de presión y actúa sobre la válvula automática.

A la vez se monitorea la temperatura del agua en el interior del desaereador, al aumentar la presión existe un aumento en la temperatura del agua y en el PLC se programaron alarmas para evitar que la temperatura se eleve a valores no aceptables para el sistema de bombeo de agua de alimentación a la caldera.

Control de nivel

El desaereador se puede alimentar desde dos fuentes distintas, el tanque de recolección de agua condensada y el tanque de reposición.

La fuente normal de alimentación es desde el tanque de recolección de agua condensada que previa a un análisis de la calidad es bombeada hacia el desaereador, a través de un lazo de control PID se mantiene el nivel tomado la señal de un transmisor de presión diferencial y regulando el ingreso de agua a través de una válvula automática.

En el caso de que el nivel del desaereador caiga por debajo de ciertos valores programados como alarma se habilita un control de dos niveles (on/off) que envía agua desde el tanque de reposición hasta que el nivel suba a un nivel aceptable y luego se detendrá el bombeo quedando habilitado el control normal.

2.3.4 Control de la purga continua

Es muy importante la calidad del agua dentro de la caldera. Se debe mantener los sólidos disueltos en el agua dentro de los valores recomendados por el fabricante de la caldera.

El domo superior posee en la parte inferior una purga en la cual se instaló una válvula solenoide que se utiliza para regular la calidad del agua.

Mediante un control de tres posiciones sobre la válvula, tomado como referencia la medición de conductividad se logra regular esta característica del agua como se muestra en la Figura 2.8.

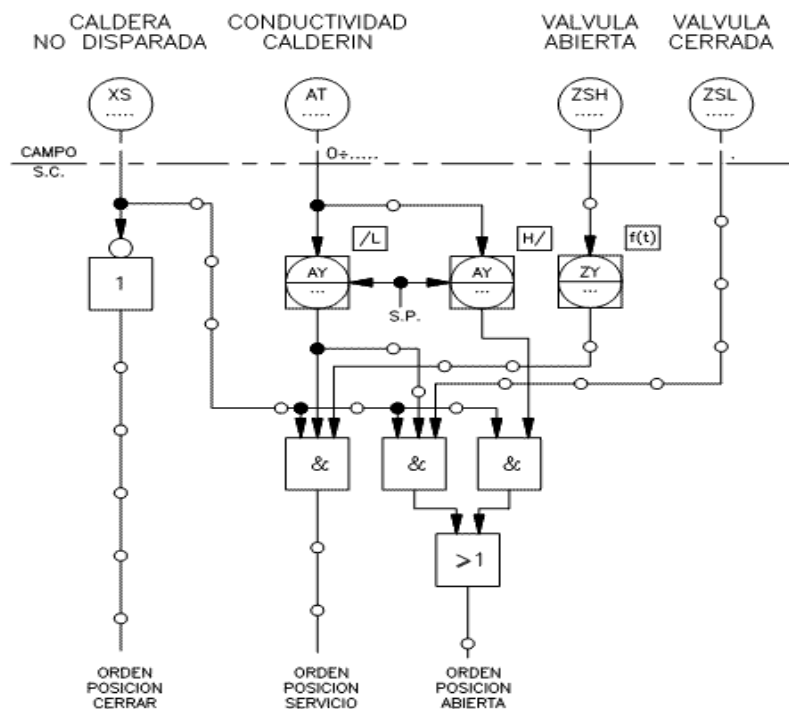


Figura 2.8: Control de conductividad de tres posiciones [3]

La electroválvula permanece normalmente en la posición de servicio. Al aumentar la conductividad sobre los límites la válvula se cambiara de posición para empezar la purga. Cuando la caldera sufre un disparo la electroválvula permanece cerrada. Al poner en línea la caldera, la electroválvula pasa a una posición abierta y después de un tiempo, y si los valores de conductividad están por debajo del valor aceptable, se cambia a la posición de servicio.

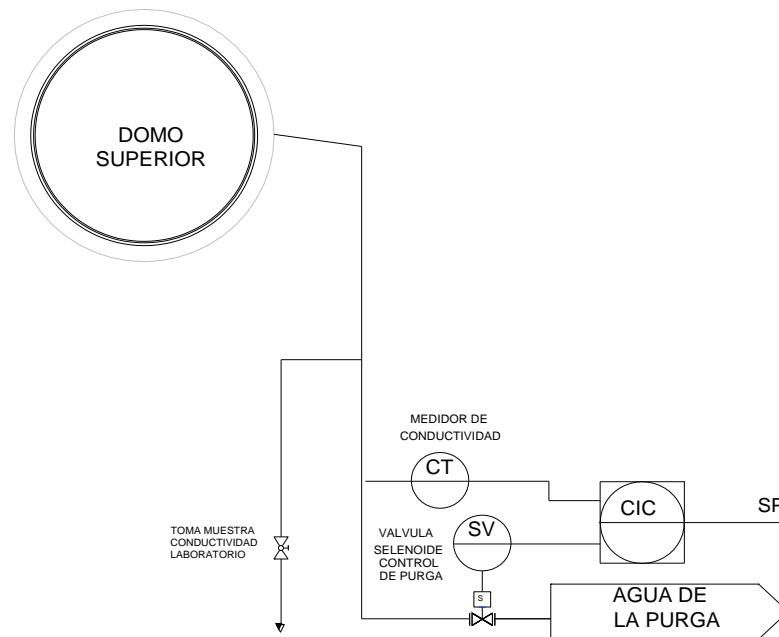


Figura 2.9: Control de agua de purga continua

CT – 101.- Medidor de conductividad, agua de purga continua caldera.

2.3.5 Purga de calderas (purga de fondo)

El objetivo de este control es garantizar que en caso de presentarse un nivel alto del nivel del domo superior o calderin haya la opción de poder abrir rápidamente la purga de fondo. Este control se lo pudo realizar mediante una válvula on – off que la abriría el operador solo en casos de emergencia (agua de alimentación contaminada).

2.3.6 Combustión

La combustión se arranca de manera manual con bunker y madera una vez que la temperatura ha llegado a valores aceptable se empieza a dosificar el combustible (bagazo de caña) para controlar la cantidad del combustible se instalaron variadores de velocidad en los motores de los

dosificadores, estos variadores se integran al sistema de control mediante una red profibus.

Otro punto para el control de la combustión es el ingreso y la salida de aire, también se instalaron variadores de velocidad para accionar los motores de los ventiladores de tiro forzado (ingreso de aire) y tiro inducido (escape de gases de combustión) que también son integrados a la red profibus.

Para poder medir la eficiencia de la combustión se analizan los gases de combustión mediante un analizador de oxígeno que envía una señal de 4-20mA al PLC.

De esta manera se mantiene una relación de aire y combustible y se corrige por oxígeno (Figura 2.10).

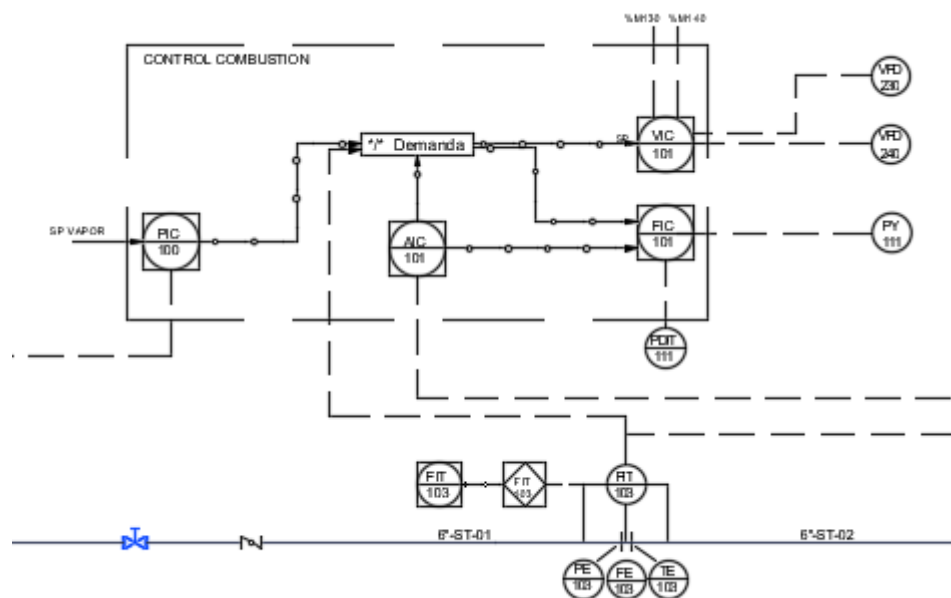


Figura 2.10: Control de combustión con límites cruzados

2.4 Arquitectura Global de Control

La arquitectura global de control fue diseñada considerando como premisa los diferentes niveles de la pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing), localización, gestión y accesibilidad de los periféricos del sistema. El nivel más

bajo concierne al de sensores y actuadores, interactúan con el sistema por medio del protocolo de comunicación HART, se conectan al ET200M (IM Redundante) que sirve como estación modular de entradas/salidas para el armario de distribución. El medio físico de comunicación usado es Fibra óptica dado a su fiabilidad, escalabilidad, seguridad y rapidez, por lo es necesario el uso de OLM (Optical Link Module) necesarios para la conversión de interfaces PROFIBUS eléctricas (nivel RS-485) en interfaces de PROFIBUS óptico y viceversa. Se tiene un Cuarto de Variadores Calderas para el control de velocidad de motores usados en la gestión del proceso, se comunican por medio del protocolo PROFIBUS DP (MonoCanal), para el cuarto de variadores se usa el Y Link redundante para conectarlos a la red dado a su localización remota. Se programa el control en los PLCs S7-400, se precisan dos debido al sistema redundante, es decir que uno llegase a fallar el otro está listo para intervenir de manera inmediata evitando así paradas innecesarias, ambos están ubicados en el tablero y conectados a dos SCALANCE X414-3E redundantes respectivamente, los mismo que sirven de enlace a la “Estación de Ingeniería”, la cual está conformada por dos terminales BCE CP1613, destinados para el monitoreo y control (manejo automático/manual) del proceso, las terminales se conectan a los terminales del SCALANCE X208, la arquitectura de control se puede apreciar en la Figura 2.14.

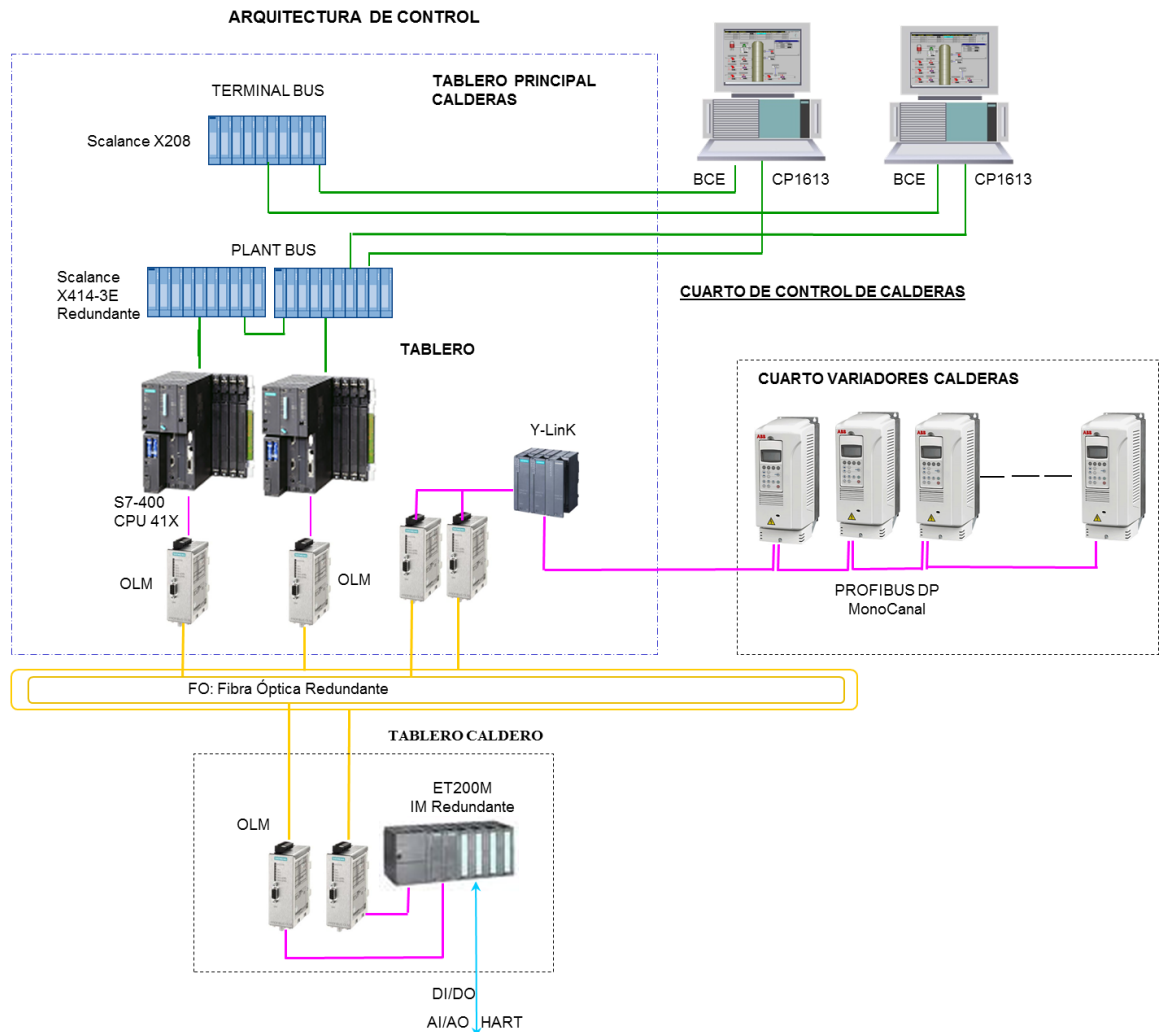


Figura 2.14: Arquitectura Global de Control

2.5 Instalación Eléctrica

Para la implementación de este proyecto se realizaron las siguientes tareas: Diseño de los tableros (Tablero PLCs y Tablero E/S del Sistema), canalización, Bandeja y Tuberías, conductores y diagramas de conexión.

2.5.1 Diseño de Tableros

Se diseñó dos tipos de tableros, el primero concerniente al Gabinete de Control en el que se ubicaran todos los elementos de control y redundancia tales como PLCs, Scalance X208, Scalance X414-3E, incluyendo alimentación y protecciones ver Figura 2.15. El segundo corresponde al rack (armario) donde está ubicado el ET200M y borneras para la conexión de todos los instrumentos (sensores y actuadores) ubicados de manera remota respecto a este gabinete ver Figura 3.15.

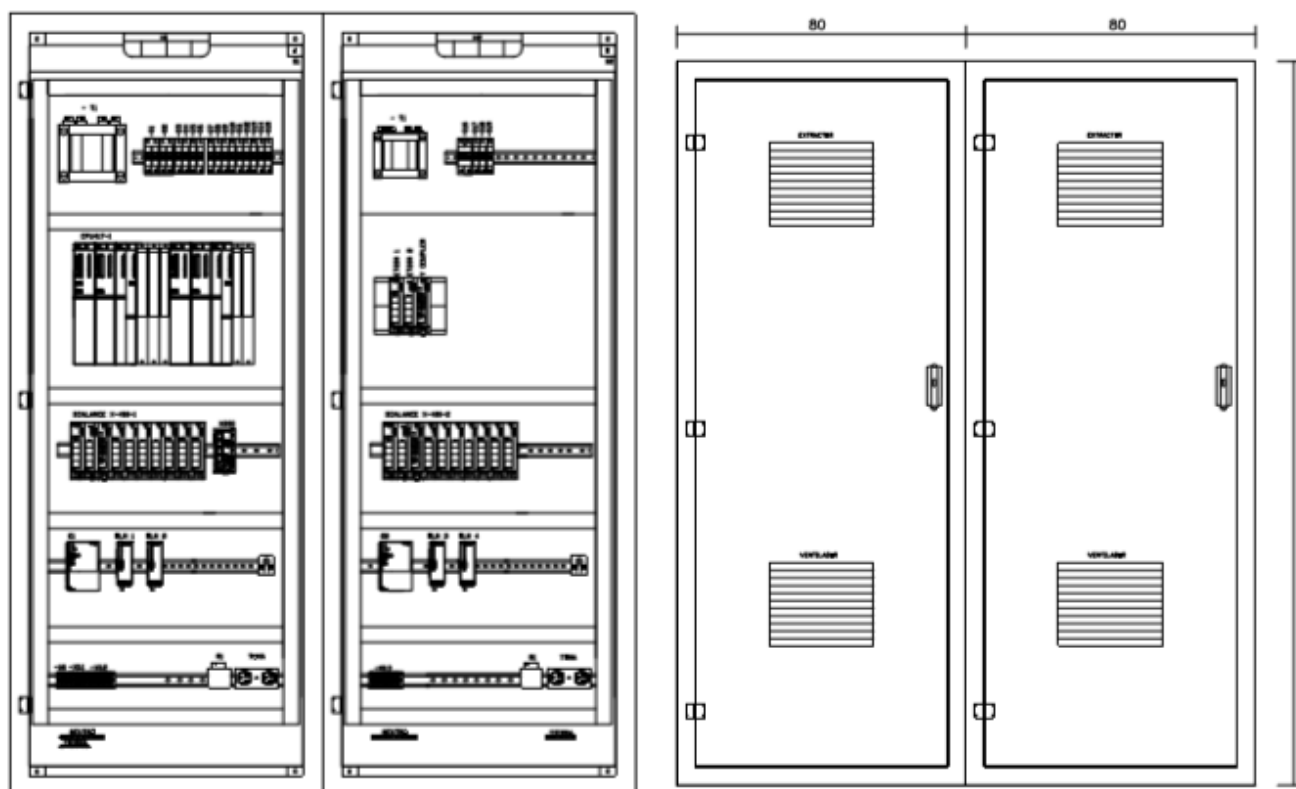
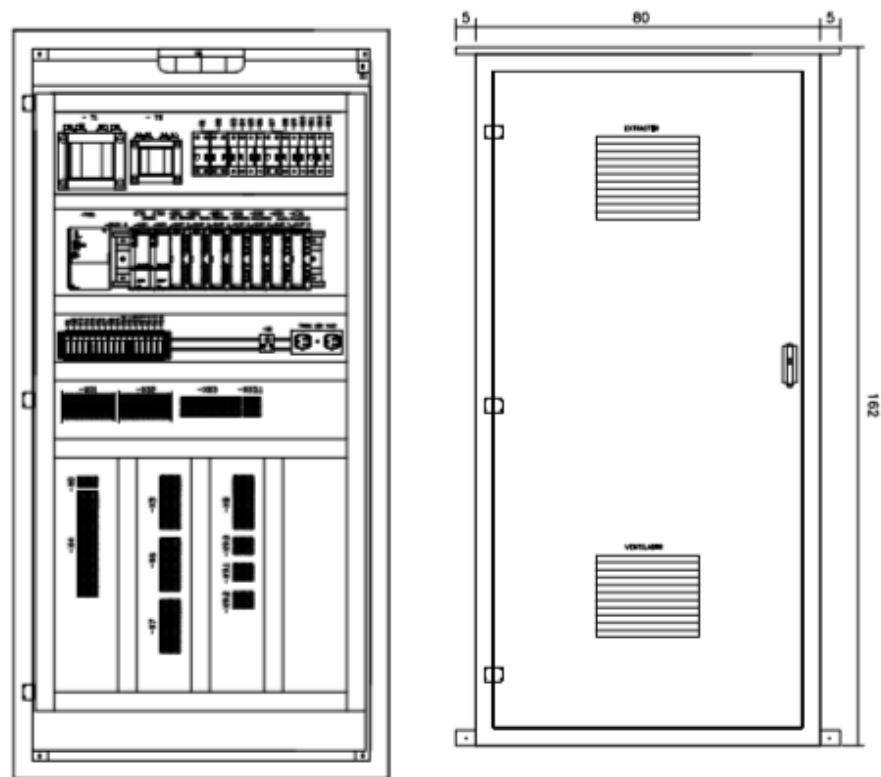


Figura 2.15: Distribución del Gabinete de Control principal

El diseño del tablero a continuación permite el acondicionamiento de borneras para la conexión de E/S analógicas y digitales (Tarjeta de entrada analógica SM331 / Tarjeta de salida analógica Siemens SM 332), sistema de alimentación y protección de los dispositivos de control. Cabe recalcar que ha sido sobredimensionado permitiendo la escalabilidad del

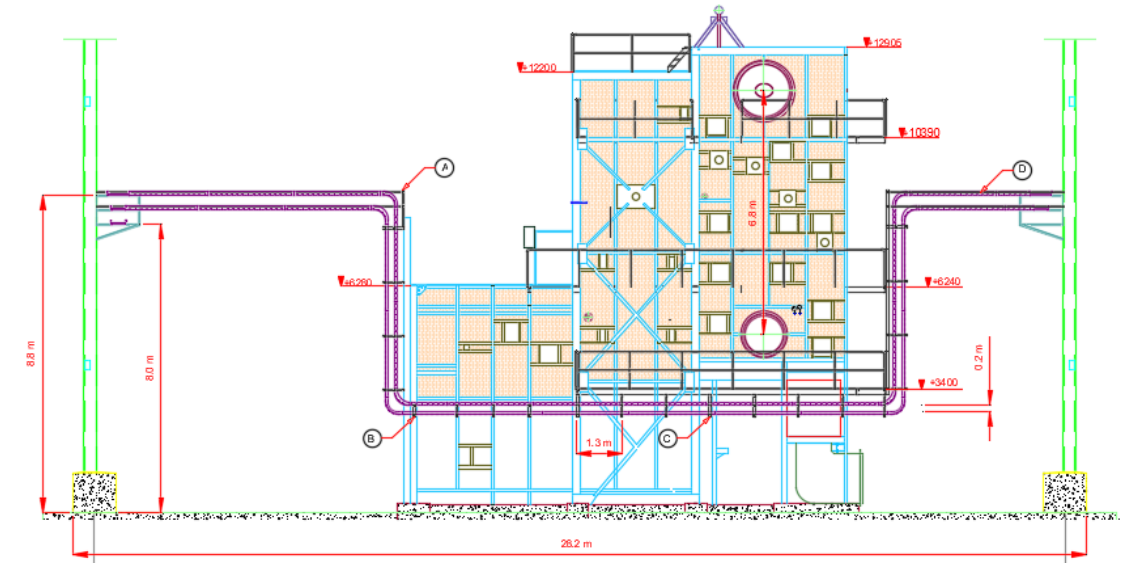
sistema. El cable usado para el montaje de este tablero (instrumentación) fue el 18 AWG.

Figura 2.16: Armario de conexión de E/S de instrumentación

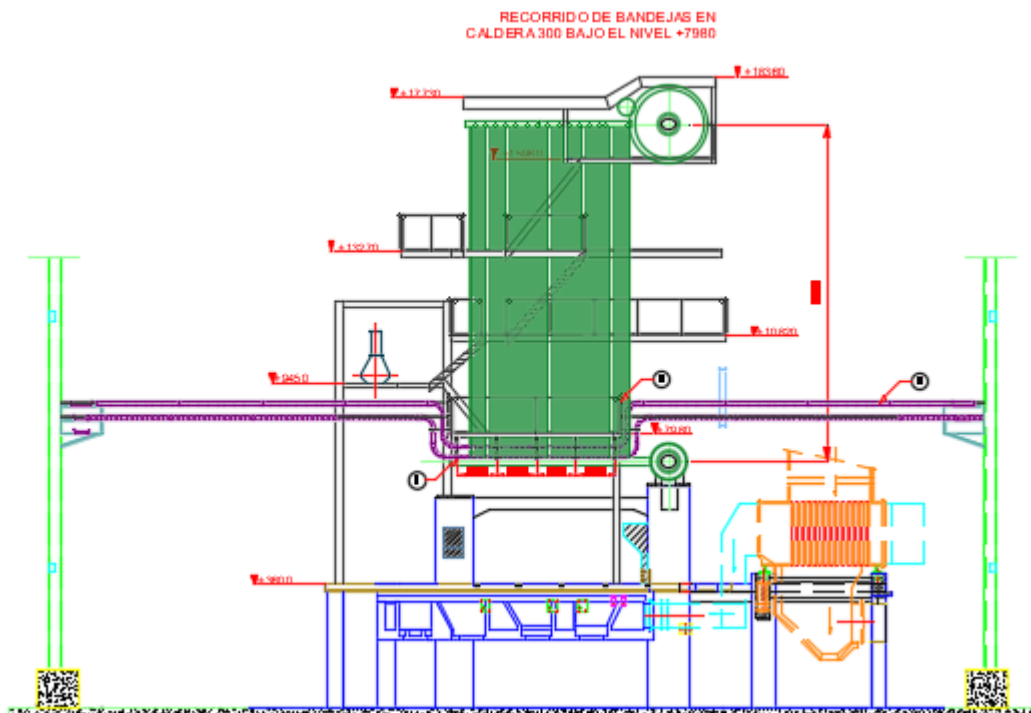


2.5.2 Bandeja y Tuberías

Para la colocación de las bandejas necesarias que recorren todas las instalaciones del área de trabajo de la caldera se examinaron las rutas óptimas de distribución, buscando evitar la cercanía a purgas, tuberías que condujeran vapor o que estén muy expuestas al polvo del bagazo presente en el ambiente. Se tomó todas estas consideraciones dado que el ambiente es altamente inflamable dado al manejo de altas temperaturas, presiones y demás. A través de las bandejas se distribuyó fibra óptica como medio de comunicación dada a su capacidad para alcanzar grandes distancias y escalabilidad. A continuación, se muestra el diseño del recorrido de las bandejas y tuberías a través de los niveles del área de trabajo de la caldera, ver Figura 2.17.



a) Recorrido de bandejas en caldera 200 bajo el nivel +3400



b) Recorrido de bandejas en caldera 300 bajo el nivel +7980

Figura 3.17: Vista frontal recorrido de bandejas en caldera

2.5.3 Precauciones para ambiente peligroso

Para la intervención en este ambiente peligroso, se realizó una planeación previa y la evaluación de los riesgos; las altas temperaturas, presiones, el proceso de combustión en la caldera, puntos de

alimentación de GAS GLP, entre otros, son de los puntos de mayor consideración para la implementación.

Todos los instrumentos usados en el proceso (sensores, transmisores, válvulas, y demás) cuentan con su respectivo certificado de seguridad NFPA, con características para soportar ambientes tóxicos, explosivos, inflamables, comburente y demás.

Se procuró alejar y resguardar las instalaciones eléctricas del suministro de GAS GLP, salidas de vapor, Tuberías de fluido y demás.

2.6 Elaboración del sistema SCADA

El sistema SCADA del proceso de control de la caldera se elaboró en base al P&ID del sistema que muestra una visión clara de todas variables de entrada y salida que intervienen e interactúan entre sí para obtener el resultado final que es la generación de energía eléctrica a partir de la energía por biomasa. Para el control y programación del SCADA se usó los softwares de SIEMENS: Simatic PDM, Simatic Manager, Simatic WinCC. El sistema SCADA permite el manejo del sistema total, pero básicamente se centra en dos funciones principales, el primero concierne a la alimentación de bagazo a la caldera y la segunda a la alimentación de combustible al mismo.

El manejo del Sistema SCADA parte desde la activación del proyecto en el sistema operativo en el WinCC Explorer, validación de usuario, una vez validado el usuario se tiene la pantalla de operación de la caldera, el sistema permite los modos de operación local o automática, conocer las condiciones de los equipos vinculados al proceso, acción en caso de falla, así como las tendencias (mediciones analógicas del proceso) almacenadas en un histórico del comportamiento. Se buscó hacer un SCADA amigable al usuario, de tal manera que puede ser manejado de manera sencilla por cualquier persona autorizada para su uso.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el transcurso del diseño e implementación del proyecto planteado, siendo esta una solución adecuada a la problemática señalada en el capítulo 1. Para tener una mejor visión de los resultados alcanzados se detallarán en base al alcance planteado, que concierne a la automatización de la caldera, sistema de control, sistema SCADA, comunicación de dispositivos de instrumentación y demás.

3.1 Condiciones del sistema

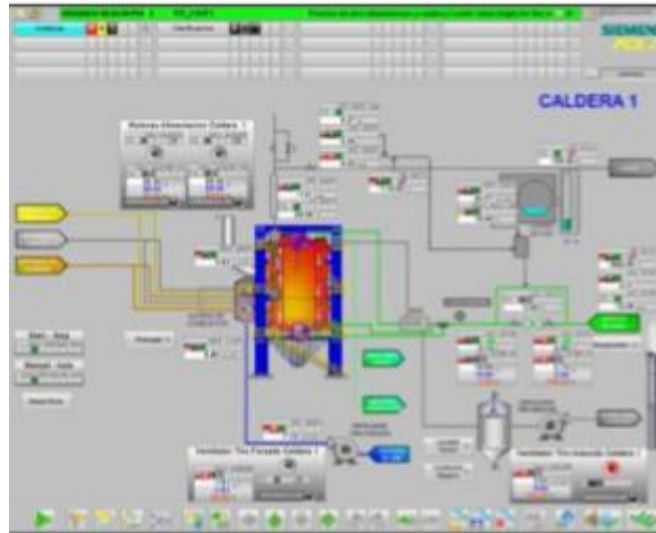
En el proceso entorno a la generación de energía eléctrica a través de biomasa en la caldera acuotubular intervienen parámetros (temperatura, presión, flujo) variables desde la parte inicial, intermedia y final, por lo que fue necesario el uso de instrumentos de medición de diferentes rangos y protección acorde a la necesidad de acción de cada parte del proceso; considerando desde la alimentación de bagazo, el abastecimiento de combustible hasta la emisión de gases estimado acorde al volumen de bagazo quemado. Los detalles de las condiciones del proceso se detallan en capítulo 2.

3.2 Automatización del proceso

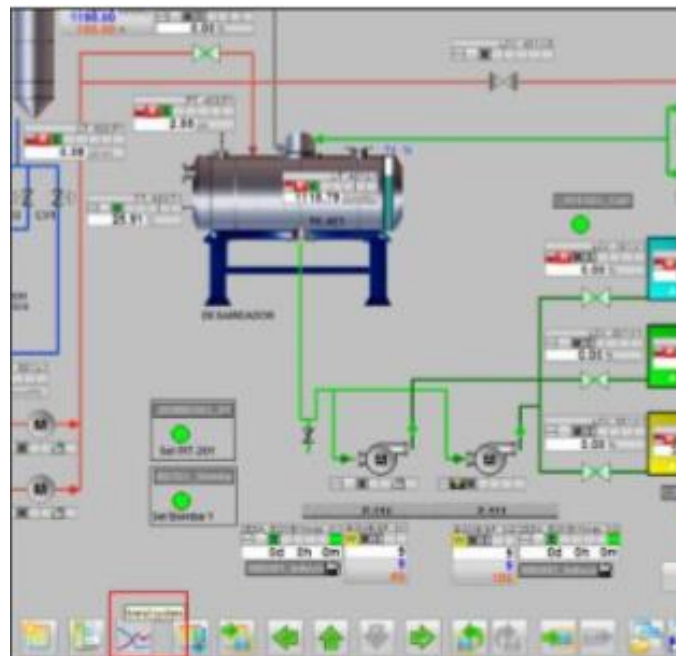
El control del proceso de la caldera era obsoleto, se basaba únicamente en contactos y relés, no había monitoreo ni control de las variables del sistema siendo este un procedimiento extremadamente riesgoso. Se creó un sistema redundante en el que se adquirió controladores de alta gama, S7-400, para el procesamiento y control de toda la operación de generación de vapor. El control permite verificar en línea las condiciones del proceso, operación de los equipos periféricos (actuadores y sensores), control de abastecimiento de bagazo y otros combustibles, establecer puntos de referencia de operación óptimos y realizar las respectivas acciones para mantener la estabilidad del sistema.

3.3 Sistema SCADA

Se diseñó un sistema SCADA para el manejo total del proceso, creando consigo una estación de ingeniería enfocada netamente en la supervisión y control del sistema, condiciones de operación, adquisición de datos (tendencias), operación remota o manual. El sistema permite la detección de condiciones de fallo



c) Pantalla de operación



d) Sistema de tendencias

Figura 3.1: Pantallas principales sistema SCADA

3.3.1 Tablero de Control

Como se especificó en el capítulo 2 se realizó dos tipos de tableros para el control general y la conexión de los dispositivos periféricos del proceso al sistema de control. Los tableros son completamente nuevos de acero, sobredimensionados para darle escalabilidad al sistema. A continuación, se muestran los tableros finales ya instalados con comunicación PROFIBUS DP y Fibra Óptica multimodo, ver Figura 3.2.



Figura 3.2: Tablero control central

Se realizó las pruebas de campo en la cual los equipos quedaron conectados y cerrando todos los anillos.

Se instaló bandejas de fibra óptica en todos los puntos de tableros y se la dejó segura y empernada a la estructura de los tableros así también se la dejó etiquetada con letras y números, e identificado todos los módulos.



Figura 3.3: Bandejas de Fibra Óptica instalada en tablero de control central

3.4 Problemáticas y Soluciones

No hubo mayores inconvenientes en la ejecución de este proyecto, dado que la obra civil y mecánica se realizó a la par que la parte eléctrica, se tuvieron que importar los equipos usados para la implementación. El mayor inconveniente fue la medición de las condiciones reales de los procesos, debido a las altas y variantes temperaturas y presiones del proceso. Otro inconveniente fue dificultad en la elección de la ruta adecuada para la instalación de las bandejas usadas a lo largo de la planta, se seleccionó un recorrido de tal manera que menguara la acumulación del polvo del bagazo, lejos de purgas y tubos de presión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La automatización de la caldera de la planta azucarera fue un gran proyecto debido a su condición crucial, interdisciplinar, e importancia para el abastecimiento de energía eléctrica a varias áreas de la planta en general. A través del conocimiento de las condiciones reales de operación se pudo escoger toda la instrumentación necesaria para tener un control fiable de las diferentes secciones del proceso, por lo que se pudo concluir que no es bueno generalizar y usar el mismo sensor y actuador para todas las secciones dadas las diferentes circunstancias de operación; siendo crucial el buen funcionamiento de los mismos debido a que un dato erróneo puede ser determinante para acarrear problemas de control en los diferentes subprocesos continuos.

La interfaz desarrollada en el Sistema SCADA permitió tener una mejor visibilidad del proceso en general, permitiendo consigo evaluar cada una de las variables que intervienen en el proceso y controlarlos dentro de la misma red local o manualmente por un operador en una estación de Ingeniería segura, siendo este uno de los más grandes problemas antes de la intervención, debido al ambiente riesgoso e inaccesible. Este fue un cambio completo, dado que la estación de Ingeniería está en un lugar seguro, accesible, por lo que las personas (supervisor y operador encargado) autorizadas para su manejo pueden operarla de la manera fiable y sencilla.

La caldera automatizada es sumamente antigua, gracias a la automatización mejoró la eficiencia del proceso y alargó el tiempo de vida de la caldera. Se puede concluir que es necesario invertir en nuevas estrategias de control y automatización para mejorar procesos, aprovechar la tecnología para optimizar recursos y obtener beneficios a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A.S.Sanz, S.G.Marcos, J.B.Lino, "Control y seguridades de calderas", Fi Controles S.A., Madrid, España, Reporte técnico, 2000.
- [2] J.C.Villajulca (2009, Diciembre 4) "Control de nivel de agua de alimentación de calderas" [Online] Disponible en: <https://instrumentacionycontrol.net/cap-3-3-control-de-nivel-de-agua-de-alimentacion-de-calderas/>
- [3] J.C.Villajulca (2009, Diciembre 3) "Controles auxiliares de una caldera" [Online] Disponible en: <https://instrumentacionycontrol.net/cap-3-2-controles-auxiliares-de-una-caldera/>
- [4] J.C.Villajulca (2009, Diciembre 11) "Control de combustión en calderas" [Online] Disponible en: <http://instrumentacionycontrol.net/cap-3-6-control-de-combustion-en-calderas/>
- [5] P.A.Bahamondes, "Descripción de calderas y generadores de vapor", ACHS, Chile, 2010.
- [6] J.Z.Ortiz, "Calderos Acuotubulares", Universidad nacional de Callao, Peru, 2007.
- [7] "Turbinas de vapor prediseñadas", SIEMENS, Alemania, Frankenthal, 2009.
- [8] J.C.Villajulca (2009, Diciembre 14) "Introduccion a los DCS: Sistema de control distribuido" [Online] Disponible en: <http://instrumentacionycontrol.net/introduccion-a-los-dcs-sistemas-de-control-distribuido/>.
- [9] "Control de cascada", CEIISA, Mexico, Monterrey, 2015.
- [10] "Essentials of the modern DCS", Rockwell Automation, Phillipines, EEUU, 2015
- [11] "Fiabilidad y redundancia", Emerson, Misuri, EEUU, 2005.
- [12] "Accionamiento de CA universal para la automatización de maquinaria", Emerson, Misuri, EEUU, 2005.
- [13] "Fan/Damper actuators with optional foundation™ fieldbus communications", Foundation, Data Sheet, PDS 102-222.A01, 2011.
- [14] "Termometro modelo A y E", Ashcroft, Disponible: http://www.ashcroft.eu/pictures/pdf/BIM_E.pdf
- [15] "Switch pression tipo B", Ashcroft, Disponible: http://www.ashcroft.com/datasheet_pdf/upload/datasheet_b_series_press_diff_hydraulic_switch.pdf

[16] “Transmisor de temperature Foundation Fielbus Rosemount 848T”, Emerson, Disponible: <http://www2.emersonprocess.com/es-es/brands/rosemount/temperature/high-density-measurement/848t-fieldbus/pages/index.aspx>.

[17] “Rosemount 3051L”, Emerson, Disponible: <http://www2.emersonprocess.com/es-es/brands/rosemount/pressure/dp-level-products/3051l/pages/index.aspx>

[18] “Rosemount 2051”, Emerson, Disponible: <http://www2.emersonprocess.com/es-es/brands/rosemount/pressure/pressure-transmitters/2051-pressure-transmitters/pages/index.aspx>

[19] “Actuadores de diafragma 657 y 666: valvula de control”, Emerson, Disponible: http://www2.emersonprocess.com/es-ES/brands/fisher/actuators/pneumaticactuators/diaphragm/657_667/Pages/657_667.aspx

[20] “Valvulas Fischer easy-e diseños ET y EAT clases CL125 a CL600”, Emerson, Disponible: <http://www.emerson.com/documents/automation/v%C3%A1lvulas-fischer-easy-e-dise%C3%B1os-et-y-eat-clases-cl125-a-cl600-fisher-et-eat-easy-e-valves-cl125-through-cl600-spanish-universal-es-124672.pdf>

ANEXOS

A1. Tabla de selección de instrumentos.

Tag No.	Elemento Seleccionado	Descripción del Servicio	Condiciones del proceso			
			Mín	Normal	Máx	
LCV-101	Válvula de control de nivel	Alimentación de agua al Domo	0	500	560	Presión [psig]
			20	23	100	Temp proceso [°C]
			10	25	30	Temp ambiente[°C]
LIT-101	Transmisor de nivel	Nivel agua domo	-25		25	Nivel [cm]
					40	Presión [Kg/cm ²]
FE-101	Placa orificio	Agua antes del economizador	0	25	55	Flujo [Ton(M)/hr]
			0	40	50	Presión [kg/cm ² -g]
			0	200	250	Temperatura [°C]
TE-101	Rtd y termopozo	Agua antes del economizador	0	40	50	Presión [kg/cm ² -g]
			0	200	250	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
FIT-101	Transmisor indicador de flujo	Multivariable (f,t,p) agua antes economizador	0	40	50	Presión [kg/cm ² -g]
			0	200	250	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
FE-103	Placa orificio	Vapor salida caldera	0	25	55	Flujo [Ton(M)/hr]
			0	40	50	Presión [kg/cm ² -g]
			0	500	550	Temperatura [°C]
TE-103	Rtd assembly w/ thermowell	Vapor salida caldera	0	40	50	Presión [kg/cm ² -g]
			0	265	550	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
FT-103	Transmisor de flujo	Vapor salida caldera	0	40	50	Presión [kg/cm ² -g]
			0	500	530	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
PDIT-102	Transmisor indicador de presión diferencial	Nivel de Agua	0	30	40	Presión [kg/cm ² -g]
			15	400	500	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
PDI-108/PDI T-108	Transmisor indicador de presión diferencial	Presión diferencial del hogar	-15		10	Presión [mmH ₂ O-g]
			0	600	840	Temp proceso [°C]
			15	30	40	Temp ambiente [°C]
PT-109	Transmisor de presión	Aire entrada antes de damper	-250	120	250	Presión [mmCA]
			15	30	100	Temp proceso [°C]
			15	30	50	Temp ambiente [°C]
PDIT-111	Transmisor indicador de presión diferencial	Aire de entrada	-250	120	250	Presión [mmCA]
			30	100	121	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]

PDIT-116	Transmisor indicador de presión diferencial	Filtro de combustible	0	10	100	Presión [mmH2O]
			0	200	210	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
PIT-104	Transmisor indicador de presión	Vapor de salida de la caldera	0	40	40	Presión [Kg/cm2]
			0	200	300	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
PT-105/106/107	Transmisor de presión	Gases: Antes del Economizador/D después del Economizador/D después de lavado	-100	300	100	Presión [mmCA]
			0	500	600	Temp proceso [°C]
			15	30	40	Temp ambiente [°C]
PT-116	Transmisor de presión	Combustible	0	40	60	Presión [Kg/cm2-g]
			0	160	180	Temp proceso [°C]
			15	30	40	Temp ambiente [°C]
TE-102	Rtd assembly w/ thermowell	Temperatura de agua después del economizador		500		Presión [psig]
			0	180	200	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
TE-109	Rtd assembly w/ thermowell	Temperatura de:Aire de entrada antes de damper	0		250	Presión [mmCA]
			0	30	100	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
TE-116	Rtd assembly w/ thermowell	Temperatura de: Combustible		500		Presión [PSI]
			0	180	200	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
TE-100/104	Rtd assembly w/ thermowell	Vapor: sobrecalentador/S alida de la caldera	0		40	Presión [Kg/cm2]
			0	265	300	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
TE-105/106/107	Rtd assembly w/ thermowell	Gas: antes/ después del economizador/de spués del elevador		100		Presión [mmCA]
			0	500	600	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
TIT-100	Transmisor indicador de temperatura	Vapor sobrecalentado	0	40	50	Presión [Kg/cm2]
			0	265	400	Temp proceso [°C]
			10	20	40	Temp ambiente [°C]
TT-102/104/105/106/107/109/116	Transmisor de temperatura	Transmisor TX01 multipunto que llevará la información al Controlador	0	40	50	Presión [Kg/cm2-g]
			0	500	600	Temp proceso [°C]
			10	20	40	Temp ambiente [°C]

PS-101	Switch de presión	Agua antes del economizador	0	40	40	Presión [Kg/cm ² -g]
			0	200	250	Temp proceso [°C]
			15	30	35	Temp ambiente [°C]
AIT-101	Transmisor analizador de O ₂	Analizador de O ₂	-500	300	500	Presión [mmCA]
			0	220	300	Temp proceso [°C]
			15	30	40	Temp ambiente [°C]
CT-101	Transmisor de conductividad	Medidor de conductividad	0		40	Presión [Kg/cm ² -g]
			0	220	600	Temp proceso [°C]
			15	30	40	Temp ambiente [°C]
SV-101	Válvula solenoide	Válvula solenoide de agua de purga	0	100	200	Presión [PSI]
			0	80	100	Temp proceso [°C]
			0	28	35	Temp ambiente [°C]
PI-100/101/102/104	Indicador de Presión	Domo superior	0		40	Presión [Kg/cm ²]
		Agua antes del Economizador				
		Agua después del Economizador				
		Vapor salida de caldera				
PI-105/106/107	Indicador de Presión	Gas antes del Economizador	-500		500	Presión [mmCA]
		Gas después del Economizador				
		Gas después del lavador				
PI-109/110/111/112/113/114/115	Indicador de Presión	Aire de entrada antes del damper/después del damper/hacia horno/inferior/hacia horno medio/hacia horno superior/hacia alimentador de	-1200		1200	Presión [mmCA]
PI-116	Indicador de Presión	Combustible	0		64	Presión [Kg/cm ²]
PI-117/118	Indicador de Presión	Vapor atomización quemador 1/Vapor atomización quemador 2	0		40	Presión [Kg/cm ²]
TI-101/102	Termómetro	Agua antes y después del Economizador	0	100	200	Temp proceso [°C]

TI-104	Termómetro	Vapor de salida de la caldera	0	400	500	Temp proceso [°C]
TI-105	Termómetro	Gas antes del Economizador	0	220	600	Temp proceso [°C]
TI-106/107	Termómetro	Gas después del Economizador/d espués del lavador	0	220	500	Temp proceso [°C]
TI-109	Termómetro	Aire de entrada antes de Damper	0	20	100	Temp proceso [°C]
TI-116	Termómetro	Combustible	0	20	200	Temp proceso [°C]
TI-117/118	Termómetro	Vapor atomización quemador 1/Vapor atomización quemador 2	0	400	500	Temp proceso [°C]

Tabla 1: Condiciones reales del proceso

A2. Características de la caldera Buckau R Wolf

Caldera Buckau R Wolf				
Capacidad	15	t/h	18	t/h
Presión	20	At		
Temperatura del vapor	265	°C		
Temperatura del agua	100	°C		
Poder Calorífico del Bunker	9600	Kcal/hr	Generación 50%	50%
Poder Calorífico del Bagazo	1930	Kcal/hr	Generación 50%	100%
Banco Principal	600	m2		
Economizador	307	m2		
Sobrecalentador	65	m2		
Condiciones del vapor				
Presión	18	At	265°C	ND40
Presión	7	At	170 °C	ND16
Presión	19	At		ND25
Presión	2	At	200°C	ND10
Eficiencia	76%	PCS ***		
	60%	PCI ***		
* , ** , *** Datos suministrados por Ing. Nikolaus Mocker				

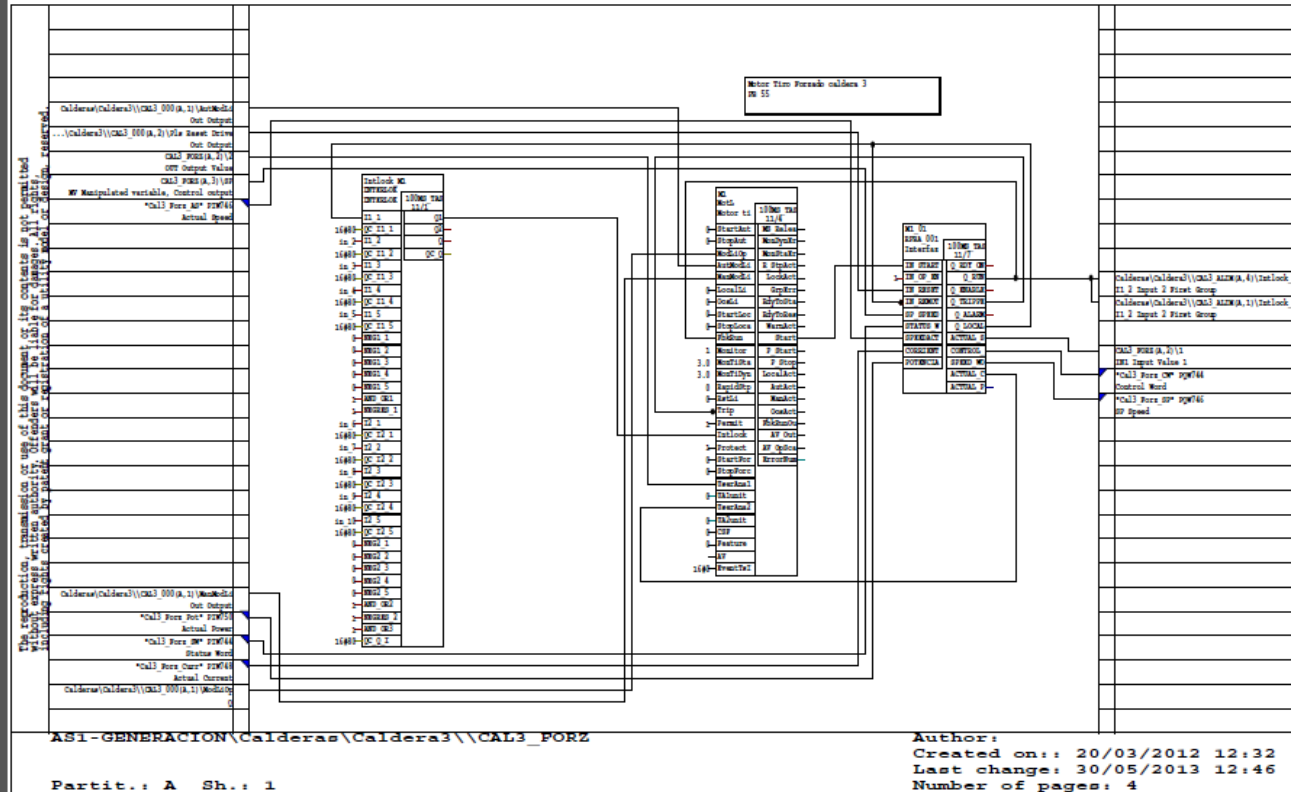
Tabla 2: Datos caldera Buckau R Wolf

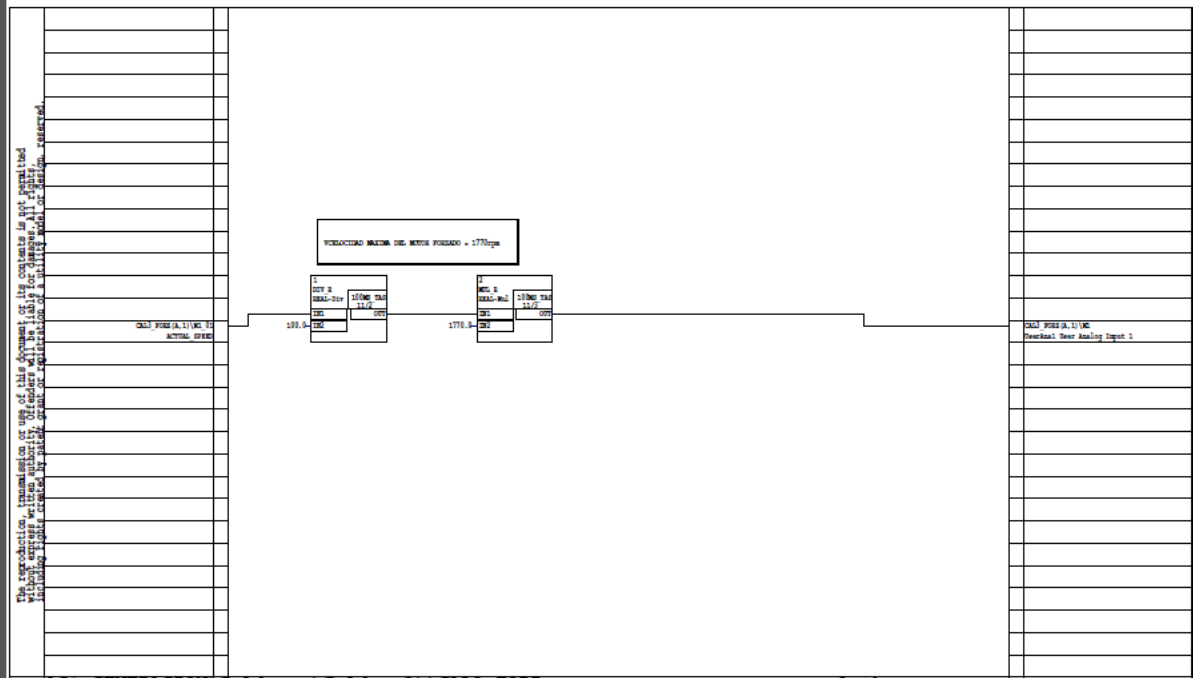
BLOQUES DE PROGRAMACION.

SIEMATIC

AS1-GENERACION\Calderas\Caldera3\CAL3_FORZ

05/04/2018 12:20:41

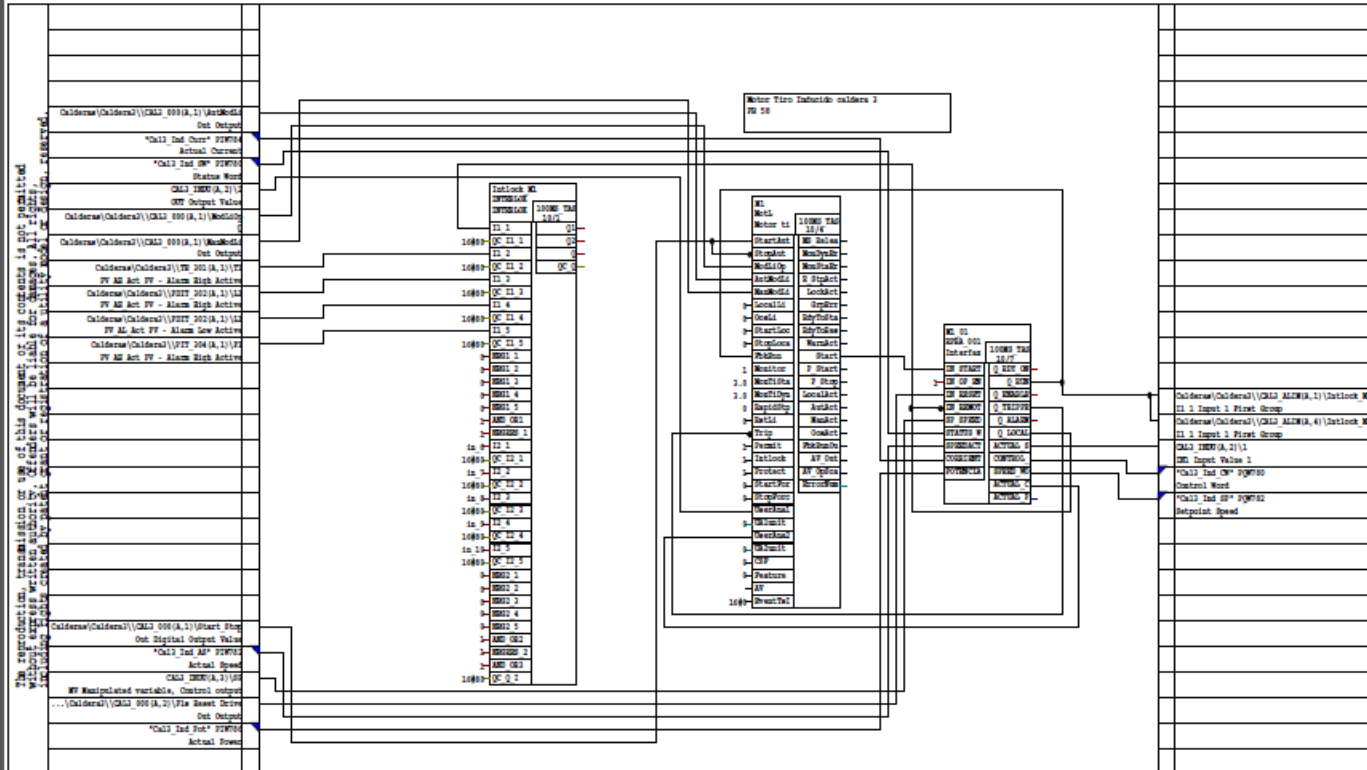




ASI-GENERACION\Calderas\Caldera3\CAL3_FORZ

Partit.: A Sh.: 2

Author:
 Created on: 20/03/2012 12:32
 Last change: 30/05/2013 12:46
 Number of pages: 4

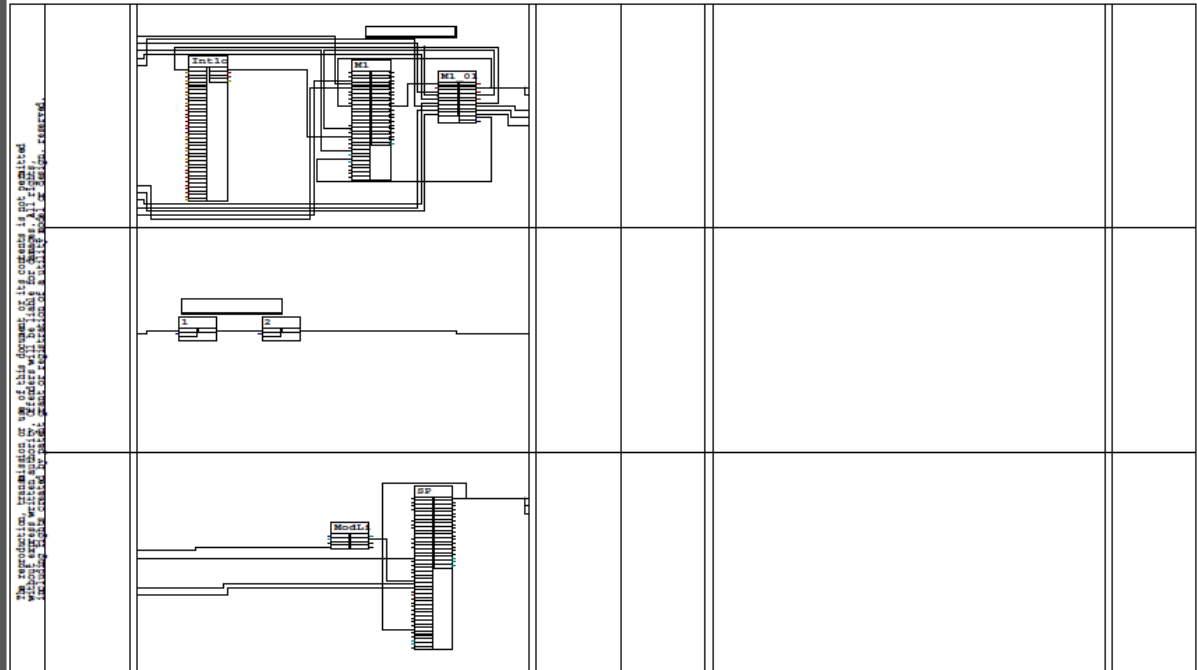


The reproduction, translation or use of this document is not permitted without express written authority. Reproduction will be liable for damages. All rights reserved.

ASI-GENERACION\Calderas\Caldera3\CAL3_INDU

Author:
 Created on: 20/03/2012 12:32
 Last change: 30/05/2013 12:46
 Number of pages: 4

Partit.: A Sh.: 1



ASI-GENERACION\Calderas\Caldera3\CAL3_FORZ

Author:
Created on: 20/03/2012 12:32
Last change: 30/05/2013 12:46
Number of pages: 4

Partit.: A Overview