

Universidad Católica Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas



**“DISEÑO Y AUTOMATIZACION DE UN SCADA PARA UNA PLANTA
DE CAL EN RSVIEW32, APLICANDO UNA RED INDUSTRIAL
ETHERNET TCP/IP”.**

Tesis presentado por el Bachiller:

Quispe Paredes, Esmelin Ismael

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE SISTEMAS

Asesora de tesis:

Mgter: Rosas Paredes, Karina

Arequipa - Perú

2018

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
URB. SAN JOSE S/N - UMACOLLO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS

INFORME DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El Borrador de Tesis titulado:

Diseño y automatización de un Scada para una planta
de cal en RSW1ew32 aplicando una red industrial
ethernet TCP/IP

Presentado por (el) (la) (los) Bachiller (es):

Esmelin Ismael Quispe Paredes

Nuestro dictamen es:

Procedente

OBSERVACIONES:

Ninguna

Arequipa, 12 de enero de 2018


1567



ACTA TITULO PROFESIONAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

En Arequipa, a los 17 días del mes de ENERO del 2018 siendo las 13:00 horas, en el local de la Universidad Católica de Santa María, se reunió el Jurado

Presidido por: ING. KARINA ROSAS PAREDES

Integrantes: ING. JOSÉ ALFREDO SULLA TORRES

ING. FREDY DELGADO DELGADO

Actuando este último como Secretario con la finalidad de recibir las previas orales del(os) (la) (s) Señor(ita) Bachiller(s)

QUISPE PAREDES ESMELIN ISMAEL

Quien(es) pretende(n) optar el Título Profesional de INGENIERO DE SISTEMAS, sustentando: LA TESIS:

Titulado" DISEÑO Y AUTOMATIZACION DE UN SCADA PARA UNA PLANTA DE CAL EN RS VIEW 32, APLICANDO UNA RED INDUSTRIAL ETHERNET TCP/IP "

El Presidente del Jurado invitó al (los) Titulando(s) a hacer una exposición de su trabajo, conclusiones y recomendaciones, para luego proceder a realizar las preguntas que los Miembros del Jurado consideraron pertinente plantear. Posteriormente, se pasó a deliberar y emitir su voto en la forma establecida por el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales siendo el resultado el siguiente:

APROBADO POR UNANIMIDAD

Con lo que se dio por terminado el Acto siendo las 14:45 horas, para dar fe firmamos a continuación los Miembros del Jurado y el (los) Titulado(s).

PRESIDENTE

SECRETARIO

INTEGRANTE

TITULANDO

TITULANDO

PRESENTACION

Sr. Director de Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas.

Sres. Miembros del Jurado Examinador de Tesis

De conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos del Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas, pongo a vuestra consideración el presente trabajo de investigación titulado: “Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”, el mismo que al ser aprobado me permitirá optar el título profesional de Ingeniería de Sistemas.

Arequipa, Enero 2018

Esmelin Ismael Quispe Paredes

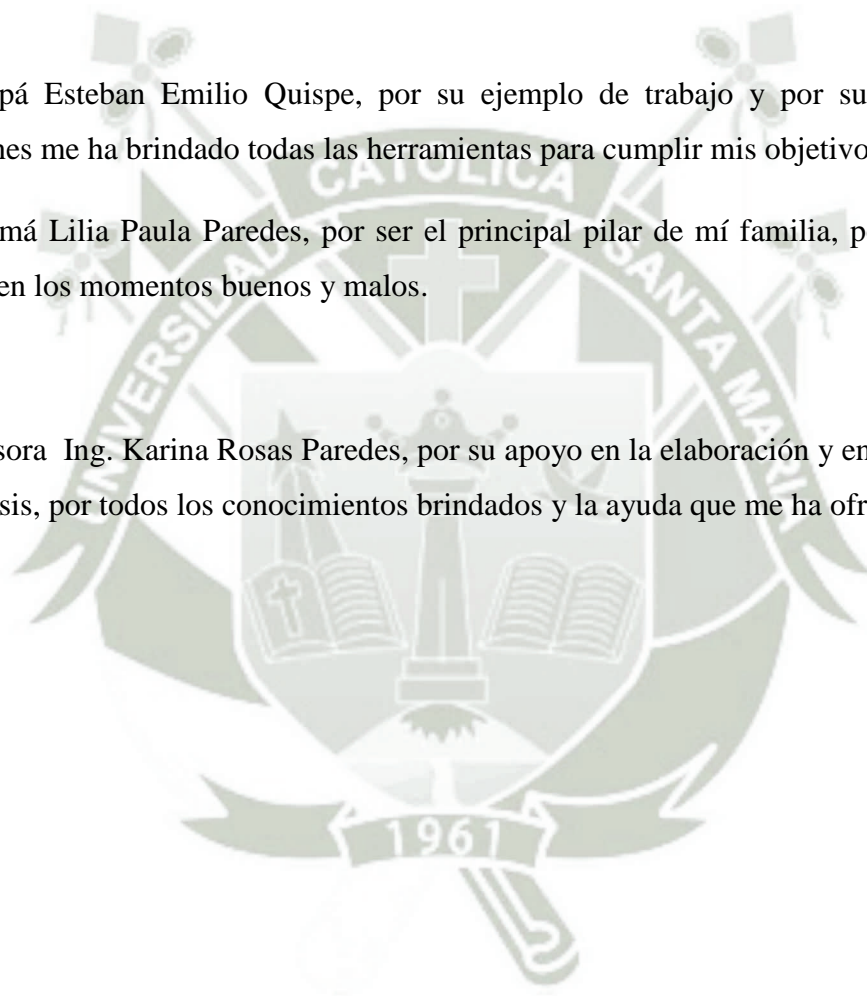
DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a Dios por haberme permitido cumplir unos de mis objetivos hasta este momento, por haberme dado la oportunidad de tener unos padres maravillosos.

A mi papá Esteban Emilio Quispe, por su ejemplo de trabajo y por su apoyo sin condiciones me ha brindado todas las herramientas para cumplir mis objetivos y metas.

A mi mamá Lilia Paula Paredes, por ser el principal pilar de mi familia, por haberme apoyado en los momentos buenos y malos.

A mi asesora Ing. Karina Rosas Paredes, por su apoyo en la elaboración y en la revisión de esta tesis, por todos los conocimientos brindados y la ayuda que me ha ofrecido.



RESUMEN

Hoy en día, las industrias han crecido de la mano de la tecnología con mecanismos de sistemas industriales de control, instrumentación y automatización, que es posible tener centrales de producción autónomas que permanecen activas por largas jornadas de trabajo, entre ellas existen nuevas herramientas que nos ayudan en el mejoramiento de los procesos continuos dentro de las plantas de cal, disminuyendo el costo de la mano de obra, optimizando el desplazamiento de la distribución de la cal, la supervisión y control de los instrumentos de medición de campo, las cuales serán las que veremos en la presente Tesis, lo cual permitirá una mejor producción en la empresa. Desarrollaremos un sistema de diseño y automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, aplicando una red industrial Ethernet TCP/IP, que tiene como objeto diseñar un sistema manual y automático para operar dicha línea de transporte de cal, empezando en los silos de almacenamiento al granel de la cal hasta los silos auxiliares, desde donde se lo despacha a la mezcla de otros procesos.

Los sistemas industriales, la automatización y control de procesos, permitirá a la empresa una operación del proceso eficiente, eficaz y estable del transporte de la cal a través de tuberías, así como la supervisión y medición de las variables del proceso de una manera rápida y en tiempo real para el desarrollo de las actividades industriales.

El diseño de este sistema de automatización “SCADA” se desarrollará con el software el RSView32, y el controlador lógico programable “PLC” CompactLogix 5000, con su respectivo software el cual desarrollaremos el programa con todas las secuencias necesarias para operar el transporte neumático de la cal en un silo a distancia, además mediante el uso del software RSView32 de automatización industrial se elabora el interfaz hombre-máquina “HMI”, el cual permitirá una monitorización y operación de los instrumentos de medición y todos los elementos de campo desde un computador ubicado en el cuarto de la sala de control .

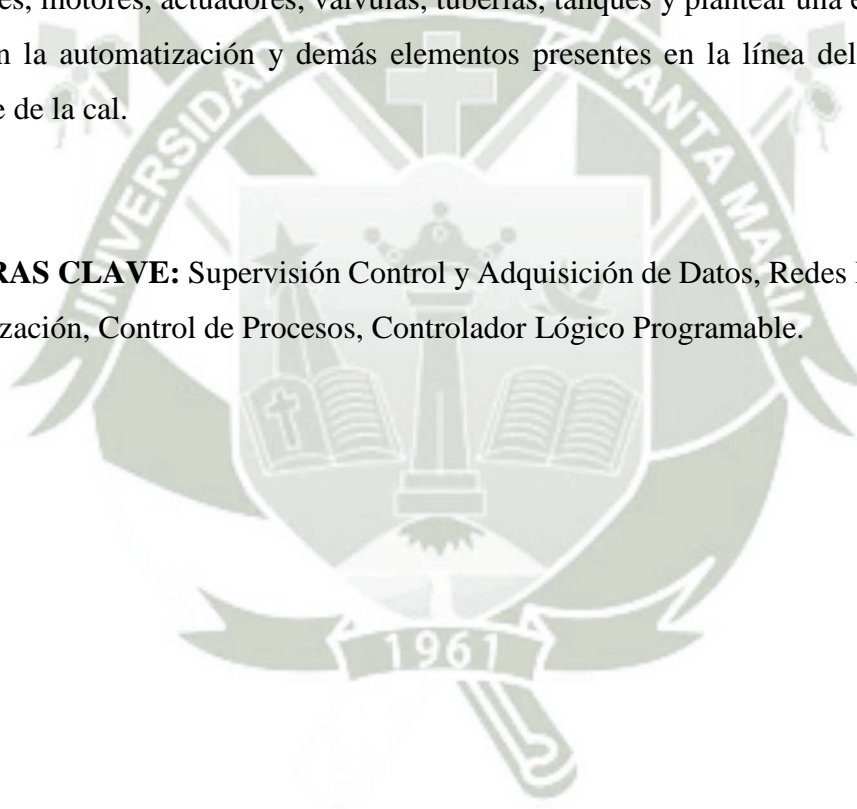
En el presente trabajo de investigación, se aplica las redes de comunicación de datos utilizadas para el monitoreo y control del proceso del Transporte Neumático de Cal, se aplica la red Ethernet TCP/IP para los instrumentos de medición como los sensores de 4-20mA y para los actuadores, los variadores de velocidad que usaremos y así como otros

protocolos de comunicación empleados, procurando de esta manera un material adicional en lo referente a modos de transmisión de datos del modelo OSI, siendo este un tema muy importante actualmente en lo que a sistemas de automatización se refiere.

Se ha utilizado tres herramientas para el desarrollo de esta tesis, Diseñar el proceso a través de un lenguaje de programación de escalera Ladder, la segunda es controlar el funcionamiento del proceso mediante un control PID, y la tercera Automatizar el proceso de transportación de la cal a través de un HMI.

Finalmente las pruebas de funcionamiento del sistema se realizó con la ayuda de simuladores, máquina virtual, capaces de crear todas las condiciones de operación del sistema en sitio, logrando de esta manera recrear de una mejor forma el funcionamiento de sensores, motores, actuadores, válvulas, tuberías, tanques y plantear una estrategia de control en la automatización y demás elementos presentes en la línea del proceso de transporte de la cal.

PALABRAS CLAVE: Supervisión Control y Adquisición de Datos, Redes Industriales, Automatización, Control de Procesos, Controlador Lógico Programable.



ABSTRACT

Nowadays, industries have grown hand in hand with technology with mechanisms of industrial control systems, instrumentation and automation, which is possible to have autonomous production centers that remain active for long days of work, among them there are new tools that they help in the improvement of the continuous processes within the lime plants, decreasing the cost of labor, optimizing the displacement of the lime distribution, the supervision and control of the field measuring instruments, which will be the that we will see in the present project, which will allow a better production in the companies.

We will develop a SCADA Design and Automation System for a Cal plant in RSView32, applying an Ethernet TCP / IP industrial network, which aims to design a manual and automatic system to operate said lime transport line, starting in silos of bulk storage of the lime to the auxiliary silos, from where it is sent to the mixture of other processes.

The Industrial Systems, automation and process control, will allow the company an efficient, effective and stable operation of the lime transport process through pipelines, as well as the monitoring and measurement of process variables in a fast and efficient manner. in real time for the development of industrial activities.

In the design of this automation system "SCADA" will be developed with the software RSView32, and the programmable logic controller "PLC" CompactLogix 5000, with its respective software which will develop the program with all the necessary sequences to operate the pneumatic transport of the lime in a remote silo, also through the use of RSView32 industrial automation software is developed the human-machine interface "HMI", which will allow monitoring and operation of measuring instruments and all field elements from a computer located in the room of the control room.

In our thesis project, the data communication networks used for the monitoring and control of the lime pneumatic transport process are applied, the Ethernet TCP / IP network is applied for measuring instruments such as 4-20mA sensors, and for the actuators, variable speed drives that we will use and as well as other communication protocols used,

thus procuring an additional material in relation to modes of data transmission of the OSI model, this being a very important issue currently in terms of systems of automation is concerned.

Three tools have been used for the development of this thesis, designing the process through a ladder programming language, the second is to control the operation of the process through a PID control, and the third is to automate the process of lime transportation. through an HMI.

Finally the functioning tests of the system were carried out with the help of simulators, virtual machines, capable of creating all the operating conditions of the system on site, thus achieving a better recreating of the functioning of sensors, motors, actuators, valves, pipes, tanks and propose a control strategy in the automation and other elements present in the lime transport process line.

Keywords: Supervision Control and Acquisition of Data, Industrial Networks, Automation, Process Control, Programmable Logic Controller.

INDICE

PRESENTACION.....	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE TABLAS.....	XIV
LISTA DE FIGURAS.....	XVI
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO TEORICO	1
1.1.- Título.....	1
1.2.- Descripción del problema.....	1
1.3.- Justificación.....	1
1.4.- Objetivos.....	2
1.4.1.- Objetivos Generales.....	2
1.4.2.-Objetivos Específicos	2
1.5.- Alcances.....	3
1.5.1.-Alcance Interno	3
1.5.2.-Alcance Externo	3
1.6.- Hipótesis	3
1.7.- Variables.....	3
1.7.1.-Variables Independientes.....	3
1.7.2.-Variables Dependientes	3
1.7.2.1.-Indicadores	4
1.8.- Área y línea de investigación.....	4
1.8.1.-Área de investigación	4
1.8.2.-Línea de Investigación.....	4
1.9.- Tipo y Nivel de Investigación.....	4

1.9.1.- Tipo de Investigación	4
1.9.2.- Nivel de Investigación	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEORICO.....	5
2.1.- REVISION HISTORICA	5
3.1.1. Historia del PLC:.....	5
2.1.2. Historia de Redes Industriales:.....	6
2.1.3 Historia de la Plataforma RSLogix 5000:	7
2.1.4 Plataforma SCADA RSVIEW WORKS 32.....	10
2.2.- CONCEPTOS:.....	11
2.3.- ESTADO DEL ARTE:	16
2.3.1 Diseño de un Sistema SCADA para el monitoreo del proceso:	16
2.3.2 Implementación de un prototipo de control y comunicación en procesos industriales:.....	17
2.3.3 Diseño del Sistema SCADA del Proceso de Transporte:	18
2.3.4 Integración de Redes Industriales:.....	20
CAPITULO III.....	21
DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN: HARDWARE Y SOFTWARE	21
3.1. Diseño y Configuración de Hardware:	21
3.1.1 Plataforma del Controlador Lógico Programable CompactLogix 5000	21
3.1.2 Sensores	27
3.1.3 Presostato	30
3.1.4 Colector de polvo Modu-Kleen serie 681	32
3.1.5 Válvulas	34
3.1.6 Actuadores	38
3.2.1 Software RSLogix 5000.....	43
3.2.2 Software RSLinx Classic	45

3.2.3 Software RSView32 Works.....	47
3.3 Comunicación Industrial	48
3.4 Modo de Control	59
3.4.1 Modo de Control PID (Proporcional, Integral y Derivativo).....	59
3.4.2 Funcionamiento del Bloque PID en la programación Ladder.....	60
3.4.3 Método de Sintonización de Ziegler – Nichols en PID	61
3.4.4 Lazo de Control Cerrado.....	62
3.5 Diagrama de Instrumentación de Tuberías P&ID	65
3.6 Diagrama de Conexiones Eléctricas.....	66
3.7 Diagrama de Transición de Datos	68
3.8 Programación en PLC Ladder RSLogix 5000.....	69
CAPITULO IV.....	75
VALIDACIÓN DE PRUEBAS EN OPERACIÓN Y EJECUCIÓN DEL SISTEMA UTILIZANDO EL HMI.....	75
4.1.- Para evaluar la Usabilidad de la Presentación de Tesis:.....	75
4.2.- Para evaluar la Usabilidad del Sistema en el MENU PRINCIPAL	76
4.3.- Para evaluar eficacia en la Supervisión del Proceso del TRATAMIENTO DE CAL:76	
4.4.- Pantalla de MOLINOS DE BOLAS:.....	78
4.5.- Para evaluar la Confiabilidad en el Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal, de manera segura y rápida el transporte de la cal del punto de inicio al punto final en el ELEVADOR DE CANGILONES:.....	79
4.6.- Para evaluar la eficacia en el Control de los instrumentos y la comunicación de datos en el MEZCLADOR DE CAL:	80
4.7.- Para evaluar la Operatividad entre el operador y el proceso industrial en el LLENADO DE CAL:	81
4.8.- Para evaluar la Optimización de tiempos de operación del proceso industrial es través del de TREAT DE LLENADO DE LOS SILOS DE CAL:	82
4.9.- Para evaluar la Estabilidad del Proceso en MEDIDORES ANALIZADORES DE RED ELECTRICA DEL TRATAMIENTO DE CAL:	83

CAPITULO V	85
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	85
5.1.- Estudio Técnico:	85
5.2.- Estudio de Operatividad:	86
5.3.- Estudio Económico para la implementación:	87
5.4.- Resumen de los Costos de inversión para la implementación:	93
5.5.- Análisis de Costo de Beneficio del Sistema.....	94
5.5.1.- Flujo de Caja	94
5.5.2.- Criterios económicos.....	95
CAPITULO VI.....	99
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO	99
6.1.- Perfil de Especialistas	99
6.2.- Marco de la Evaluación de Especialistas	99
6.2.1.- Interpretación de encuestas.....	99
6.3.- Muestreo por Cuotas	107
6.3.1.- Universo de cuotas en el centro de trabajo	107
6.3.2.- Población de Estudio	107
6.3.3.- Enfoque del estudio	107
6.3.4.- Criterios de Evaluación de Cuotas.....	107
CONCLUSIONES.....	108
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS:.....	110
ANEXOS	115
ANEXO A	116
ANEXO B.....	117
ANEXO C	119

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificación del Módulo 1769 – IQ16	23
Tabla 2: Especificación del Módulo 1769 – OW16	24
Tabla 3: Especificación del Módulo 1769 – IF4	25
Tabla 4: Especificación del Módulo 1769 – OF2	26
Tabla 5: Especificación del Sensor de Vibración de Nivel Vm31	28
Tabla 6: Especificación del Presostato ASHCROFT modelo B7	28
Tabla 7: Especificación del Actuador YTC	32
Tabla 8: Especificación del ASCO serie 8362g62	40
Tabla 9: Velocidades de la Red DeviceNet	43
Tabla 10: Método del Ziegler – Nichols	58
Tabla 11: Lista de Materiales Electrónicos	61
Tabla 12: Costos de Materiales Electrónicos	88
Tabla 13: Lista de Materiales Informáticos	89
Tabla 14: Costos de Materiales Informáticos	90
Tabla 15: Lista de Materiales Eléctricos	91
Tabla 16: Costos de Materiales Eléctricos	92
Tabla 17: Costo de Implementación de la Planta de Cal	94
Tabla 18: Flujo de Caja	95
Tabla 19: Flujo de Caja Acumulada	96
Tabla 20: Evaluación del procedimiento de Interfaz entre hombre – máquina	100
Tabla 21: Evaluación de integridad del control automatizado vía web	101

Tabla 22: Necesidad de agregar otros atributos en la determinación del tipo PLC y SCADA	102
Tabla 23: Eficacia en la supervisión del proceso en la sala de control	103
Tabla 24: Necesidad de mejorar los equipos seleccionados de los instrumentos de medición de campo	104
Tabla 25: Evaluación de Confiabilidad del Diseño en la distribución de la cal	105
Tabla 26: Mejora en el desplazamiento de cal en los sistemas industriales	106



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Chasis del CompacLogix 5000	22
Figura 2: Procesador 1769 – L32E del CompacLogix 5000	22
Figura 3: Módulo Eléctrico 1769 – IQ16	23
Figura 4: Módulo Eléctrico 1769 – OW16	24
Figura 5: Módulo Eléctrico 1769 – IF4	25
Figura 6: Módulo Eléctrico 1769 – OF2	26
Figura 7: Sensor de nivel on-off para partículas VM31	27
Figura 8: Funcionamiento del Sensor de vibración de Nivel	30
Figura 9: Presostato ASHCROFT modelo B7	32
Figura 10: Colector de Polvo Modu-Kleen serie 681	34
Figura 11: Válvula Mariposa BRAY/McCANNALOK ASME Clase 150	36
Figura 12: Válvula de Alivio Modelo 632	37
Figura 13: Válvula de Cuchilla Clarkson Figure KGD AC	38
Figura 14: Actuador YTC Posicionador Electro-Neumático de serie 1000/1050	39
Figura 15: Actuador ASCO RedHat serie 8262g62	42
Figura 16: Software RSLogix 5000	44
Figura 17: Software RSLinx Classic	45
Figura 18: Software RSLinx Classic con Ethernet	46
Figura 19: Software RSView32 Works	47
Figura 20: Protocolo de Capa de Transporte	50

Figura 21: Protocolo de Capa de Internet	51
Figura 22: Comunicación HART	53
Figura 23: Comunicación Punto a Punto Red HART	54
Figura 24: Comunicación Multipunto Red HART	55
Figura 25: Lazo de Conexión de la Red HART	55
Figura 26: Estructura del Mensaje HART	56
Figura 27: Topología de la Red DeviceNet	58
Figura 28: Ejemplo de Conexiones en el Protocolo DeviceNet	59
Figura 29: Tipos de Conectores DeviceNet	59
Figura 30: Bloque PID Ladder	60
Figura 31: Señal Escalón de un lazo de Control	61
Figura 32: Sistema de Lazo Cerrado	63
Figura 33: Funcionalidad del Sistema de Lazo Cerrado	65
Figura 34: Bloque de entradas discretas, de conexiones eléctricas del PLC	66
Figura 35: Bloque de salidas discretas, conexiones eléctricas del PLC	66
Figura 36: Bloque de salidas analógicas, eléctricas del PLC	67
Figura 37: Usabilidad de la Presentación de Tesis	75
Figura 38: Usabilidad del Sistema en el Menú Principal	76
Figura 39: Evaluar el Proceso del Tratamiento de la Cal	77
Figura 40: Funcionamiento del Molino de Bolas	78
Figura 41: Elevador de Cangilones	80
Figura 42: Mezclador de Cal	81

Figura 43: Operación del llenado de la Cal	83
Figura 44: Trends de llenado de los silos de la Cal	83
Figura 45: Medidores, Analizadores de la Red Eléctrica de la planta de Cal	84
Figura 46: Fórmula Valor Actual Neto (VAN)	95
Figura 47: Periodo de Retorno de Inversión	97
Figura 48: Fórmula Tasa Interna de Retorno (TIR)	97
Figura 49: Evaluación del procedimiento de Interfaz entre hombre – máquina	100
Figura 50: Evaluación de integridad del control automatizado vía web.	101
Figura 51: Necesidad de agregar otros atributos en la determinación del tipo PLC y SCADA	102
Figura 52: Eficacia en la supervisión del proceso en la sala de control	103
Figura 53: Necesidad de mejorar los equipos seleccionados de los instrumentos de medición de campo	104
Figura 54: Evaluación de Confiabilidad del Diseño en la distribución de la cal	105
Figura 55: Mejora en el desplazamiento de cal en los sistemas industriales	106

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1.- Título

“Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”.

1.2.- Descripción del problema

Actualmente se tiene cuatro tolvas principales al final de la línea de producción de cal, las cuales sirven para almacenamiento previo, estas tolvas se utilizan para el llenado de los vagones de carga del tren de transporte hacia el puerto, cuando estas cuatro tolvas se están por llenar se tiene que bajar la carga del horno, aparte de las cuatro tolvas hay una quinta tolva pero esta solo se usa si la cuatro primeras tolvas se encuentran llenas y se necesita transportar cal hacia el silo de almacenamiento, este transporte por exceso se hace por medio de tornillos sin fin.

Se pudo observar y evaluar que el transporte por tornillos es muy lento por lo que se tiene que bajar la carga del horno cuando las cuatro tolvas se encuentran llenas, por tal razón se propone implementar un transportador neumático para el transporte de la cal hacia el silo de almacenamiento.

1.3.- Justificación

Los transportadores de cal son ampliamente usados en las plantas industriales de cal para su uso en los silos de almacenamiento, con la finalidad de incrementar los índices de producción y calidad, asimismo disminuir los costos de producción de las industrias, esto lo convierte en un sistema que debe ser conocido y manejado eficazmente por el personal de la planta. No obstante la utilización de tornillos u otro sistema en este tipo de transporte para cal resulta sumamente costosa, la compra, diseño y una capacitación constante para aquellas personas que dan mantenimiento.

Tomando en cuenta como prioridad el objetivo fundamental de este proyecto, el cual es diseñar y automatizar una planta de cal con un transportador neumático en

lo que se refiere a control de proceso para el cual es el automatismo con un PLC RSlogix 5000 y utilizando redes industriales para la comunicación de datos. Cuya finalidad es determinar a corto o mediano plazo un sistema de transporte de cal automatizada cuyos costos de construcción en lo que se refiere a control en la parte automatizada, sean menores en el presupuesto planificado durante el proyecto y así mismo esto genere un ahorro para la industria.

El propósito de los objetivos de esta propuesta de tesis, es poder integrar en un proyecto de investigación las normas y estándares en lo que se refiere a programación en ladder y el diseño de SCADA con el PLC bajo sus diferentes planos.

1.4.- Objetivos

1.4.1.- Objetivos Generales

Diseñar y Automatizar un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP, con un transportador neumático para el almacenamiento de cal en un silo a distancia.

1.4.2.- Objetivos Específicos

1. Automatizar el proceso del transporte de la cal hacia el silo auxiliar.
2. Realizar un control automatizado vía web para que interactúe el operador de planta con el sistema automatizado.
3. Diseñar la estructura del controlador del proceso
4. Determinar el tipo de PLC y SCADA que se va utilizar para la automatización.
5. Supervisión del proceso en la sala de control.
6. Seleccionar los instrumentos de medición para el funcionamiento de un transportador neumático de cal.
7. Mejorar la distribución de la cal.
8. Seleccionar el modelo adecuado para el control del proceso.

1.5.- Alcances

1.5.1.- Alcance Interno

1. Implementar un transportador neumático, que transporte la cal desde el silo de exceso hacia el silo de almacenamiento de gran capacidad, manteniendo la pureza de la cal y haciéndola de manera rápida y sin atascamientos.
2. Utilizar el diseño de la planta cal en empresas mineras como Southern Copper Corporation en el área de mantenimiento e instrumentación en la sede de ILO.
3. Determinar compresoras exclusivas para el transportador de cal que no tengan humedad en el aire y que permitan que este se mantenga seco, limpio y mantenga su calidad.

1.5.2.- Alcance Externo

La tecnología de transporte de cal por el medio neumático el cual permite realizar transportes de forma rápida, de bajo coste de desarrollo, incluso para la producción de pocas cantidades en el sector industrial.

1.6.- Hipótesis

Es probable que con el diseño propuesto de un transportador neumático para el almacenamiento de cal en un silo a distancia ayude a mejorar la Automatización y el Monitoreo en la producción de plantas industriales de cal.

1.7.- Variables

1.7.1.- Variables Independientes

Sistema de Automatización en la transportación de la cal.

1.7.2.- Variables Dependientes

Control y monitoreo del proceso de transportación de la cal al silo a distancia.

1.7.2.1.-Indicadores

- Eficacia en la supervisión del proceso.
- Confiabilidad en el diseño y automatización de un SCADA para una planta de cal, de manera segura y rápida el transporte de la cal del punto de inicio al punto final.
- Usabilidad del sistema.
- Control de los instrumentos de comunicación de datos.
- Optimización de tiempos de operación del proceso industrial.
- Operatividad entre el operador y el proceso industrial.
- Estabilidad del proceso.

1.8.- Área y línea de investigación

1.8.1.- Área de investigación

Sistemas de Redes industriales

1.8.2.- Línea de Investigación

Simulación de Procesos Industriales

1.9.- Tipo y Nivel de Investigación

1.9.1.- Tipo de Investigación

Cuasi Experimental aplicada en el análisis del desplazamiento del transporte de cal y la automatización porque se deberá aplicar conceptos teóricos a problemas del sector industrial de manera práctica, ya que se cuenta con las personas que poseen el conocimiento sobre la forma de cómo operar e interactuar el proceso de transportación de la cal en tiempo real, se construye este software dentro del desarrollo para plantas industriales de cal.

1.9.2.- Nivel de Investigación

Descriptiva, porque los resultados de dicho modelo de diseño y la automatización a desarrollar, nos ayudara a mejorar el rendimiento del proceso del mismo, tomando en cuenta los indicadores anteriormente señalados.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.- REVISION HISTORICA

3.1.1. Historia del PLC:

Se toma como fuente Según: [1].

- En el año de 1963, cuando la fábrica de autos General Motors pidió a sus ingenieros la implementación de equipos de control que no resultaran tan costosos, ya que al cambio de modelos se tenían que construir máquinas con diferente proceso, por lo que cambiaba también, al sistema de control, si reconsidera que cada máquina estaba gobernada por una gran cantidad de relevadores de control temporizadores, contadores, arrancadores y pistones; entonces, a cada cambio de modelo, la gran mayoría de este equipo se desechaba, por lo que los costos de producción se elevaban considerablemente.
- En el año de 1969 se construyen los primeros controladores programables que en realidad eran relevadores electrónicos que se podían reprogramar para no desecharse.
- En el año de 1971 se empiezan a aplicar los primeros controladores programables fuera de la industria automotriz.
- En 1973 aparecen los primeros controladores programables inteligentes en los que se integran, en otras cosas, operaciones aritméticas, capacidad para almacenar listados de datos, movimiento de la información, operaciones por matrices e interconexión de terminales de video.

- Para el año 1975 se logran la integración de funciones analógicas por medio de los operadores matemáticos P.I.D. los cuales hacen posible el acceso de mandos como acopladores térmicos, sensores de presión y todas aquellas señales que no son de tipo digital, sino que se establecen parámetros comparativos para lograr que esa señal analógica sea detectada por el equipo y comience y termine su proceso, dependiendo del tipo de señal que envíe el mando.
- En 1976 se empleaban por primera vez los controladores programables en configuraciones jerárquicas como parte de un sistema integrado de manufactura.
- En el año 1977 se logran integración de los controladores programables compactos basados en set y reset.

2.1.2. Historia de Redes Industriales:

Se toma como fuente Según: [2].

- AGOSTO, 1964: la compañía MODICON invento el concepto de autómatas programables, su gran flexibilidad de uso ofrece numerosas ventajas durante cada etapa de la vida de una instalación industrial.
- NOVIEMBRE, 1970: La compañía Xerox Parc invento la Red Ethernet, y diez años más tarde se convertiría en un estándar internacional y que se equiparía de forma natural.
- MARZO, 1979: los intercambios fueron formalizados por los protocolos como Modbus (MODICON BUS), que se ha convertido en un estándar de facto.
- FEBRERO, 1980: A principios de 1980 el desarrollo de redes originó desorden en muchos sentidos. Se produjo un enorme crecimiento en la cantidad y tamaño de las redes. A medida que las empresas tomaron conciencia de las ventajas de usar tecnologías de conexión, las redes se

agregaban o expandían a casi la misma velocidad a la que se introducían las nuevas tecnologías de red.

- AGOSTO, 1994: Las redes de comunicaciones industriales dieron origen a la fundación Fielbus (Redes de campo). Desarrollo un nuevo protocolo de comunicación para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.
- JUNIO, 1997: La fundación FielBus, que buscaba la creación y desarrollo de esquemas de Comunicaciones universales y de una arquitectura abierta. Esa organización que agrupan a ciertos fabricantes, que en algunos casos tuvieron como punto de partida estándares establecidos en algunos países. Entre estos tenemos a Profibus, WorldFip, LonWorks y dieron orígenes a otros protocolos de comunicación como Devicenet y Profibus que son sistemas abiertos, que poseen como principal ventaja su amplia base instalada
- ABRIL, 2006: MAP (Manufacturing Autmation Protocol) nació como un producto especialmente diseñado para el entorno industrial, proporcionando un medio de transmisión determinista, fue impulsado por General Motors y normalizado por el IEEE. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas hacia estos buses mediante terminales. También permite integración de otras redes, se desarrolló paralelamente con la arquitectura OSI y su implementación es compatible con los siete niveles de ese modelo y la red más antigua es la de Ethernet.

2.1.3 Historia de la Plataforma RSLogix 5000:

Se toma como fuente Según: [3].

- La Versión 1.20.00 del RSLogix 5000, Rockwell-Automation dio acceso a los inicios del PLC Logix5550, se desarrolló para soportar drivers de ControlNet y la versión 2.0 del RSLink.

- La Versión 2.25.00 del RSLogix 5000: la empresa Rockwell lanza al mercado para la utilización del PLC ControlLogix con su manual de Instrucciones, Adicionalmente crearon un Módulo 1756 para la plataforma de ControlNet, para la interface de RSWho, monitorea la data y editar los Tags, implementaron un Módulo de Soporte de 1794 FLEX I/O.
- La versión 5.02.00 del PLC RSLogix 5000: la empresa SERCOS genero un drivers para soportear el Modulo 1756-M08SE, implementaron un panel de funcionamiento rápido, generaron una plataforma de Lenguaje de desarrollo como el Diagrama de Bloques de Funciones.
- La versión 6.01.00 del PLC RSLogix 5000: crearon un soporte para el PLC SoftLogix, FlexLogix y mejoraron la plataforma de Diagrama de Bloques de Funciones.
- La versión 7.00.00 del PLC RSLogix 5000: dieron origen a la compatibilidad con Windows 2000, crearon un soporte para el PLC CompactLogix, configuración con Protocolo Ethernet IP, iniciaron una sincronización de las copias de archivos, crearon un nuevo Módulo de soporte del 1794.
- La versión 8.00.00 del PLC RSLogix 5000: Siguieron con la extensión de las mejoras del Ethernet IP, implementaron la transmisión de la data con el Protocolo DH485 a través del Logix5000, crearon drivers para el Logix, se mejoró el tamaño de los arrays de las instrucciones.
- La versión 9.00.00 del PLC RSLogix 5000: SERCOS implemento soporte para los instaladores del Módulo 1756-M08SE.
- La versión 10.07.00 del RSLogix 5000: Rockwell-Automation implemento la primera fase múltiple de revisión y otras nuevas mejoras de desarrollo del RSLogix 5000, la protección de seguridad de password, las nuevas rutinas de mejoras de los diagramas de bloques de funciones, implementaron el control

PID, desarrollaron nuevos modelos del ControlLogix5555, desarrollaron nuevas mejoras de los Módulos del 1756, 1769, 1794 y otros.

- La versión 11.16.00 del RSLogix 5000: Rockwell-Automation implemento la segunda fase múltiple de revisión y otras nuevas mejoras de desarrollo del RSLogix 5000, crearon nuevas herramientas para los lenguajes de Bloques de Funciones, Estructura de Texto, Diagrama de Ladder.
- SETIEMBRE 2004: Rockwell-Automation implemento la tercera fase múltiple de revisión y otras nuevas mejoras de desarrollo del RSLogix 5000, se desarrolló la compatibilidad con el software de RSNetWorx para ControlNet, desarrollaron nuevas herramientas para el RSLogix 5000, compatibilidad con el Emulate 5000, desarrollaron nuevas mejoras de los Módulos del 1734, 1756,1757 1769, 1784 y 1788.
La empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 12.06.00 para el PLC RSLogix 5000.
- NOVIEMBRE, 2004: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 13.04.00 para el PLC RSLogix 5000.
- AGOSTO 2005: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 14.01.00 para el PLC RSLogix 5000.
- ABRIL, 2007: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 16.03.00 para el PLC RSLogix 5000.
- JULIO, 2008: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 17.01.02 para el PLC RSLogix 5000.
- OCTUBRE, 2010: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 18.02.00 para el PLC RSLogix 5000.

- ENERO, 2011: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 19.01.01 para el PLC RSLogix 5000.
- DICIEMBRE, 2013: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 20.01.01 para el PLC RSLogix 5000.
- ABRIL, 2014: la empresa Rockwell-Automation lanza al mercado la versión 21.00.03 para el PLC RSLogix 5000.

2.1.4 Plataforma SCADA RSVIEW WORKS 32

Se toma como fuente Según: [4].

La monitorización y el control de los procesos y de las máquinas de automatización exigen versatilidad y capacidad de escalado para poder conectarse a toda una serie de tecnologías abiertas. RSVIEW®32™ es un interface de operador hombre-máquina integrado para monitorear y para controlar procesos y máquinas de automatización. Su versatilidad se hace patente en la integración transparente con otros productos de Rockwell Software y Microsoft, así como con aplicaciones de otros fabricantes. La sustitución de idioma y sus funcionalidades en inglés, chino, francés, alemán, italiano, japonés, portugués, coreano y español le añaden versatilidad que satisface a múltiples usuarios de distintas regiones del planeta. INTEGRACIÓN DESDE LA MÁQUINA HASTA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y TODA LA PLANTA Las funcionalidades núcleo ofrecen la versatilidad adecuada para aceptar una amplia gama de necesidades de integración. RSVIEW32 es un sistema abierto que permite compartir los datos de planta de producción con otros sistemas de fabricación de toda la empresa. De este modo se crea un vínculo que proporciona información de fabricación en tiempo real para toda la empresa. RSVIEW32, diseñado para entornos Microsoft® Windows®, interactúa fácilmente con la línea de productos integrados de Rockwell Software, con productos de Microsoft y de otros fabricantes.

2.2.- CONCEPTOS:

- **RSLOGIX 5000:** Este software permite diseñar el programa en lógica de Escalera, Diagrama de Bloques de Funciones, Estructura de Texto, Grafcet, Lista de Instrucciones usado por la familia de PLC's SLC 5, 500, 5000, está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

Según: [5].

- **RSVIEW WORKS 32:** Es un software de supervisión y control de procesos que integra la adquisición de datos, el control de supervisión y las funciones de manejo de la información del procesamiento de la información industrial. Está diseñado para aplicaciones industriales donde se requiere:
 - Adquisición de datos en forma rápida y confiable.
 - Manejo de datos.
 - Interacción del operador con actividades de planta.
 - Comunicación desde el nivel de planta hasta el más alto nivel de la empresa.

Es una arquitectura abierta con los cuales encaja con una variedad de aplicaciones industriales. Interface del operador con la planta de producción. Sistema de recolección de datos y concentrador de datos. Unidad de red y el controlador de supervisor incluyendo gráficos, análisis de datos manejo de alarmas, almacenamiento de datos históricos e interconexión con el más alto nivel de planta. Plataforma para el desarrollo de aplicaciones del cliente. Con las herramientas del RSVIEW32 se puede crear aplicaciones que van desde paquetes sofisticados de análisis de datos hasta la integración de dispositivos partes terceras con sistema de control Allen Bradley.

Según: [6].

- **RSLINK:** Es un Software que se encarga de la comunicación entre los PLC y periféricos instalados en una red, se debe establecer el dispositivo que utilizará cada elemento de la red para comunicarse con los demás nodos. Proporciona el

acceso de los controlares Allen Bradley a una gran variedad de aplicaciones de Rockwell Software tales como el RSLogix 5000.

Según: [7].

- **SENSORES:** Las investigaciones de [Torres, et al-2002] amplían la definición de sensor expuesta por [García, et al-2000]. Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, calor, movimiento) a valores medibles de dicha magnitud. Los sensores aportan información tanto del entorno de trabajo como del estado interno del robot o del elemento donde estén instalados, para que realice: los descriptores estáticos y los descriptores dinámicos.

Esta conclusión se obtiene tras observar que los transductores están formados por un sensor y un circuito de acondicionamiento de señal. Estos autores plantean una clasificación de los sensores.

- Detección de la Posición Lineal o Angular: Potenciómetros, Encoders, Sincro y resolver
- Detección Pequeños desplazamientos o deformaciones: Transformador diferencial, Galga Extensiométrico.
- Detección Velocidad Lineal o Angular: Dinamo tacométrica, Encoders, Detector inductivo u óptico.
- Detección de Aceleración: Acelerómetro, Sensor de velocidad.
- Detección de Fuera y Par: Medición indirecta (galgas diferenciales).
- Detección de Presión: Piezoeléctricos, Membrana de desplazamiento.
- Detección de Caudal: De turbina, Magnético.
- Detección de Temperatura: Termopar, Bimetálicos, Resistencia PT100, NTC, PTC.
- Detección de Presencia o proximidad: Inductivos, Capacitivos, Ópticos, Ultrasonidos.
- Sensores táctiles: Matriz de contacto, capacitiva, piezo-eléctrica.

Según: [8].

- **ACTUADORES:** Los actuadores según [García, et al-2000] actúan como reguladores de la potencia de la planta. Existen multitud de actuadores como por ejemplos los destinados a movimientos (motores, cilindros), los términos (hornos, intercambiadores) etc. Los actuadores se pueden clasificar según el tipo de energía empleada en el accionamiento.

Según: [9].

- **VARIADORES DE VELOCIDAD:** Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas transportadoras, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras etc. Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. El Control de procesos y el ahorro de la energía son dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad.

Según: [10].

- **MAQUINA VIRTUAL:** Es un software que simula un sistema de computación y puede ejecutar programas como si fuese una computadora real. Este software en un principio fue definido como "un duplicado eficiente y aislado de una máquina física". La acepción del término actualmente incluye a máquinas virtuales que no tienen ninguna equivalencia directa con ningún hardware real.

Según: [11].

- **TRANSPORTADOR NEUMATICO:** Son máquinas de transporte continuo que se emplean ampliamente en la industria para transportar materiales secos, finos y a granel. El transporte neumático se basa en los movimientos de sólidos en una corriente de aire a una velocidad determinada y en dirección predeterminada.

Según: [12].

- **REDES INDUSTRIALES**

- **RED INDUSTRIAL ETHERNET TCP/IP:** Es por ello que hoy en día la tecnología permite que Ethernet cumpla tanto con la misión de comunicación de datos entre los sistemas de control y los sistemas de producción como que realice el control en tiempo real, con el beneficio de emplear una única red en planta. La solución industrial completa sobre red Ethernet para la automatización de procesos de fabricación que incluye control, seguridad, sincronización, movimiento, configuración e información.

Según: [13].

- **RED INDUSTRIAL HART:** Actualmente propiedad de la Fundación HART, y se basa en la parte física, en una señal digital de 0's y 1's, modulada en codificación por desplazamiento en frecuencia de 2200Hz y 1200Hz respectivamente, y en la parte no tangible, es un mensajes de bytes o información estructurado de modo que pueda ser comprendido e implementado por diversos fabricantes de equipos de medición. Este protocolo fue diseñado tomando como referencia el modelo OSI.

Según: [14].

- **RED INDUSTRIAL DEVICENET:** Bus basado en el protocolo CAN. Su capa física de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosch 2.0. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN. DeviceNet fue desarrollado por Allen Bradley a mediados de los noventa, posteriormente paso a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association).

Según: [15].

- **COLECTOR DE POLVOS:** Es un sistema que mejora la calidad del aire liberado por procesos industriales mediante la recolección de polvos y otras impurezas de un gas o aire. Diseñado para separar grandes volúmenes de polvo, y consiste en un escape de aire, un filtro de polvo, un limpiador del filtro, y un receptáculo o un

sistema removedor del polvo. Estos equipos se emplean principalmente para el manejo de materiales sólidos pulverulentos.

Según: [16].

- **AUTOMATIZACION INDUSTRIAL:** Es un dispositivo que realiza una labor de manera automática de acuerdo a los parámetros con los cuales ha sido diseñado. Con un sistema automático se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la calidad y la precisión y disminuyendo los riesgos que normalmente se tendrían en la tarea si fuese realizada en forma manual.

Según: [17].

- **CONTROL DE PROCESOS:** El controlar un proceso, se refiere a como se controlan variables inherentes al mismo para: reducir la variabilidad del producto final, incrementar la eficiencia, reducir impacto ambiental, mantener el proceso dentro de los límites de seguridad que corresponda.

Según: [18].

- **INSTRUMENTACION INDUSTRIAL:** Es el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste.

Se toma como fuente Según: [19].

- **FRAMEWORK:** Para el manejo de todas estas librerías se encuentran unas guías de desarrollo y conexión por medio de Scada por medio de template que ayudan a facilitar el diseño para hacerlo de una forma más dinámica y concisa dependiendo para utilizarla la librería para una cantidad de proceso, el cual nos ayudara a realizar de una forma más práctica para que los usuarios puedan utilizar estos bloques y sus facultados de una forma dinámica.

Según: [20].

- SILO: Es una construcción diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel. Los más habituales tienen forma cilíndrica, asemejándose a una torre. El diseño, inventado por Franklin Hiram King, emplea por lo general un aparejo mecánico para la carga y descarga desde la parte superior.

Según: [21].

2.3.- ESTADO DEL ARTE:

2.3.1 Diseño de un Sistema SCADA para el monitoreo del proceso:

Se toma como fuente: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6043>

- [TESIS, Néstor Henry Cruz Flores, “**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO DEL CAUDAL DE AGUAS EN TUBERIAS UTILIZANDO EL PROTOCOLO DE REDES INDUSTRIALES MODBUS DE LABVIEW PARA LA EMPRESA LED INGENIEROS**”, Puno -2017]

El desarrollo tecnológico en nuestra región avanza hacia la implementación de procesos automatizados, cada vez las industrias automatizan sus plantas con tecnología moderna. Este proceso continuara, para ello debemos estar con la información y conocimientos más actualizados en un proceso continuo de investigación en el área. Como los procesos industriales tienen sistemas de comunicación basado en las redes industriales por lo que los sensores más comunes son los de comunicación modbus por ello utilizó este tipo de equipos. Además, estos procesos se realizan en tiempo real para ello se necesita ver los procesos de inmediato mediante SCADA que es una supervisión control y adquisición de datos. En el mercado existen diferentes SCADA empleado para realizar un software, para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

Características de la fuente:

El proceso se realizó utilizando productos como sensores industriales para el caudal de aguas en tuberías para ello se utilizó las redes industriales para la

comunicación con un CompactRio de la empresa Texas instruments, compatible con el software Labview. En el presente diseño además se utiliza parámetros de caudal los cuales son almacenados para un uso posterior, como la monitorización del caudal en plantas industriales.

Mi Discusión:

El sistema propuesto, en esta tesis, es pretender usar herramientas y/o mecanismos de bajo costo para darle un enfoque más controlado y supervisado para el sector industrial con un HMI, yo propongo realizar una mejora con la automatización la factibilidad del movimiento sólido de la cal en el transporte neumático con dos compresoras para que el traslado de la cal sea más rápida, y la empresa tenga mayor producción, adquiriendo datos en tiempo real, y gestionando los elementos que contribuyen en el aspecto económico (menos coste), como en el ecológico (menos consumo de energía), menos contaminación en el medio ambiente.

2.3.2 Implementación de un prototipo de control y comunicación en procesos industriales:

Se toma como fuente: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7933>

- [TESIS, Fausto Ernesto Orozco Iguasnia, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN POR INTERNET PARA REPORTE DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA TOMA DE DECISIONES A NIVEL GERENCIAL**”, Quito -2015]

El desarrollo de sistemas de control en la industria va en paralelo a las comunicaciones, cada vez es necesario tener dispositivos inteligentes los cuales serían los encargados de supervisar los diferentes procesos que se dan a nivel industrial. El presente proyectos tiene la finalidad de proporcionar alternativas de control y reportes a nivel Gerencial en procesos industriales mediante la propuesta de un prototipo de sistema de comunicación que permita la comunicación hacia dispositivos móviles o cualquier dispositivo con acceso a internet. Uno de los factores para la el control de los procesos industriales será el PLC (Control Lógico Programable) el cual tiene un campo muy amplio de aplicación como procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, entre otras. La aplicación de un

PLC en este prototipo abarca la simulación de un proceso industrial en la que permite la detección de piezas metálicas y/o no metálicas a través de sensores ópticos, distinguiendo entre los colores primarios Amarillo o Azul para transmitir datos como número de piezas producidas, número de piezas con defectos, cantidad de piezas por color entre otros; Datos que son necesarios en tiempo real a nivel gerencial y pueden ser enviados y recibidos por la nube.

Características de la fuente:

Si bien, la tesis tiene como eje central de este proyecto contemplar en primera instancia la investigación de los diferentes protocolos de comunicación industrial vinculados en la lógica de Redes de Comunicación de datos. En segunda instancia contempla el diseño e implementación de un prototipo de comunicación mediante PLC por wifi y el complemento de comunicación entre el PLC y la nube mediante el sistema SCADA en Labview y la creación del Servidor web. El enfoque general del proyecto está destinado a la alta Gerencia, quien necesita de reportes en tiempo real de los procesos industriales que se puedan dar en una determinada empresa para una posible toma de decisiones de forma oportuna.

Mi Discusión:

El sistema propuesto, en esta tesis, nos aportará una perspectiva del diseño y la configuración del PLC y la comunicación con la redes industriales que vamos a utilizar para poder implementarlo en nuestro sistema del desplazamientos del transporte de la cal y las deficiencias y buena calidad de la adquisición del material, con los conocimientos ya existentes para el transporte neumático de sólidos en fase fluida y a granel, aplicaremos un simulador de RSLogix 5000, cuyos parámetros y datos técnicos que van a ser programador en un lenguaje llamado Diagrama de Contactos para determinar las selección de instrumentos correctos sobre el desplazamiento de la cal en el HMI.

2.3.3 Diseño del Sistema SCADA del Proceso de Transporte:

*Se toma como fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/592>
(Agosto, 2006, Ecuador).*

- [TESIS, “Diseño del sistema SCADA del proceso de transporte de Cemento para HOLCIM-ECUADOR.”(Miguel Ángel Arreaga Medina, Iván Oriolfo Coronel Pérez), 2016].

Utilizando el software Intouch 9.5 para el SCADA –HMI ,se tiene una visualización en tiempo real del proceso, el supervisor desde un computador podrá visualizar, controlar y detener el proceso en el caso de ocurrir alguna falla en el sistema; logrando de esta manera una reducción importante de errores y asegurando un producto elaborado con mayor eficiencia. Por medio del software de programación Concept versión 2., se tiene la capacidad de añadir, modificar, o borrar la programación de la secuencia de control, dependiendo de las necesidades de producción. El software permite monitorear las secciones de programa en ejecución, hacer cambios en la programación en línea facilitando la labor del programador del PLC:

Características de la fuente:

El objetivo de la tesis se considera un diseño de SCADA para que el control del proceso sea 100% interactivo entre el operador y el campo, para dar al mismo la libertad de seleccionar, silo, rutas, máquinas y demás equipos involucrados en el despacho de cemento brindándole así mediante un sistema confiable e inteligente el control completo del proceso. Se toma en cuenta que el control en su mayoría es digital, y por ser un sistema de transporte en donde se incluye varios accionamientos de manera secuencial, da lugar a que existan condiciones que estén ligadas con cada una de las áreas del proceso.

Mi Discusión:

El sistema propuesto, en esta tesis, desarrollaremos un SCADA para el Diseño del Transportador Neumático de cal a un silo a distancia, utilizaremos el programa RSVIEW 32, con la finalidad que interactúe el operador con el proceso en tiempo real, y así mismo pueda optimizar la producción, también nos serviría para generar un plan de contingencia sobre un manual de mantenimiento anual al respectivo proceso industrial mediante un plano P&ID.

2.3.4 Integración de Redes Industriales:

Se toma como fuente:

<http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/328/RianoDiana2010.pdf?sequence=1> (Junio, 2010, Bogotá).

- [TESIS, “ESTUDIO SOBRE INTEGRACIÓN DE REDES DE INSTRUMENTACIÓN DIGITALES EN SISTEMAS DE CONTROL PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS INDUSTRIALES”,(DIANA ALEJANDRA RIAÑO SABOGAL) Bogotá - 2010]

Al estudiar los principios de funcionamiento de las diferentes tecnologías de comunicación de las Redes Industriales, existentes para proyectos de automatización de procesos, tales como señales digitales 4-20mA (miliamperios) basadas en el protocolo HART, DeviceNet, ControlNet, Profibus DP-PA y protocolos más avanzados como FOUNDATION Fieldbus, WirelessHART, entre otros; presentando adicionalmente los diferentes sistemas de control con los cuales se enlazarán las señales

Características de la fuente:

Por mi parte coincido con estos conceptos de Tecnología Redes de Comunicación, ya que nuestra tesis se concentrara en la integración de dos redes industriales como: Protocolo Hart y Protocolo DeviceNet, y así mismo dar a conocer las tecnologías que las empresas usan actualmente para el control y mejoramiento en sus procesos, teniendo en cuenta las tecnologías de comunicación que fueron base para la creación de las actuales tecnologías líderes en automatización de procesos.

Mi Discusión:

El sistema propuesto, en esta tesis, aplicaremos la Red Ethernet TCP/IP industrial, ya que al utilizar nuestros sensores, actuadores de 4 a 20 mA, integraremos con el SCADA para el control y monitoreo del funcionamiento de los instrumentos de medición, y la Red DeviceNet que utilizaremos dos variadores de velocidad de las compresoras, para analizar la salida del flujo del aire que va transportar la cal por la cañería hasta llegar al silo auxiliar.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN: HARDWARE Y SOFTWARE

La finalidad de este capítulo es seleccionar las herramientas de desarrollo, para diseñar un sistema de automatización que permita controlar un proceso en la transportación de la cal en un silo a distancia. En este sentido, el presente capítulo presentará el detalle de las consideraciones tomadas en el diseño de la propuesta de automatización e Instrumentación y Control de procesos.

3.1. Diseño y Configuración de Hardware:

3.1.1 Plataforma del Controlador Lógico Programable CompactLogix 5000

Se comprende como un Autómata Programable, a toda máquina electrónica, está diseñada para controlar en tiempo real un proceso industrial. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Esta plataforma realiza funciones lógicas: serie paralelos, temporizadores, contadores, escalamientos, comparaciones y otros más potentes cálculos matemáticos.

Esto quiere decir que los elementos tradicionales como relés auxiliares, relés de enclavamiento, temporizadores, contadores, son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el programa, que no es más que la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida en una programación de escalera.

3.1.1.1 Hardware del CompactLogix 5000

El procesador de CompactLogix 5000, forma parte de la familia Logix de Allen Bradley, que está bajo la red NetLinx. Este producto es el que vamos a utilizar para implementar de forma física nuestra propuesta de tesis, es flexible y robusto, está en un paquete compacto que ofrece un canal integrado por Ethernet IP, se puede integrar hasta 30 módulos de entrada y salida. La programación se realiza desde la plataforma del RSLogix 5000 que alberga lenguajes dentro de la norma IEC 61131.

Figura 1: Chasis del CompactLogix 5000



Fuente: www.Rockwell-Automation.com

Los productos de Allen Bradley de la familia SCL 500 del RSLogix 5000, se constituyen tipo modular para los cuales en un chasis o rack se va implementando en el PLC, Los elementos de este Módulo 1756 se toman en cuenta que este proyecto es de 7 chasis como son: Módulo IB16 entradas de 16bits, Módulo IM16 el voltaje con que se trabaja, Módulo OW16 Salida del relé de 24v, Analógicos, Módulo I/O digitales, Conectores de comunicación sensores, y actuadores, Módulos especiales para control de procesos y lenguaje básico. También se dispone de módulos de comunicación en redes industriales tales como los protocolos: DH plus, RS-232, RS-485, Ethernet, ControlNet.

3.1.1.2 Procesador 1769 – L32E

Es un procesador potente y versátil con que vamos a trabajar con el CompactLogix 5000, capaz de entender lenguajes de programación bajo la norma IEC 61131. Tiene un sistema operativo multitarea, tiene memoria de 1.5Mb, la comunicación se puede realizar desde el puerto Serial o desde Ethernet/IP, también cuenta con la opción para comunicación con DeviceNet.

Figura 2: Procesador 1769 – L32E del CompactLogix 5000



Fuente: www.Rockwell-Automation.com

3.1.1.3 Tipos de Módulos

- Módulo 1769 IQ16 (entradas discretas de 24VDC)

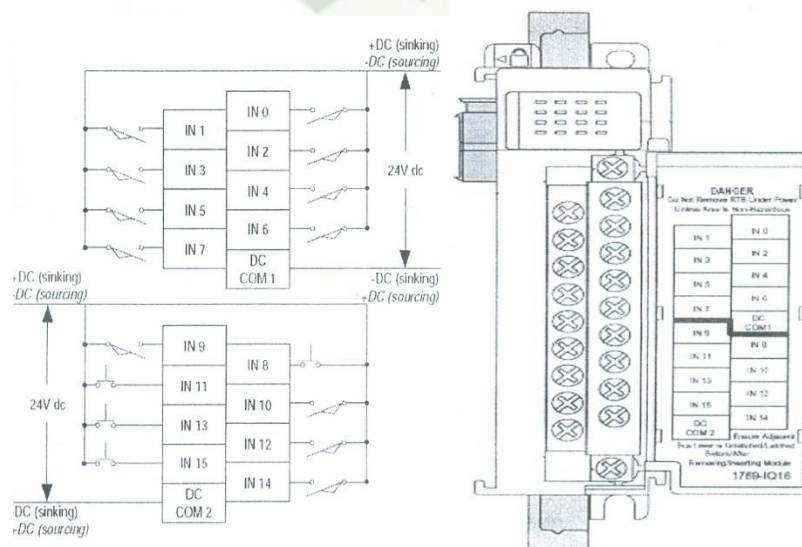
Especificaciones de Entradas

Tabla 1: Especificación del Módulo 1769 – IQ16

Especificación	1769-IQ16
Categoría de Voltaje	24V dc
Rango de Operación de Voltaje	10 a 30V dc hasta 30°C (86°F) 10 a 26.4V dc hasta 60°C (140°F)
Número de Entradas	16
Bus de Corriente	115mA hasta 5V dc (0575W)
Disipador de Calor	3.55 total de Watts.
Retardo de Señal	Retardo Apagado: 8.0ms Retardo Encendido: 8.0ms

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3: Módulo Eléctrico 1769 – IQ16



Fuente: www.Rockwell-Automation.com

➤ MODULO 1769 OW 16 (Salida AC/DC a relé)

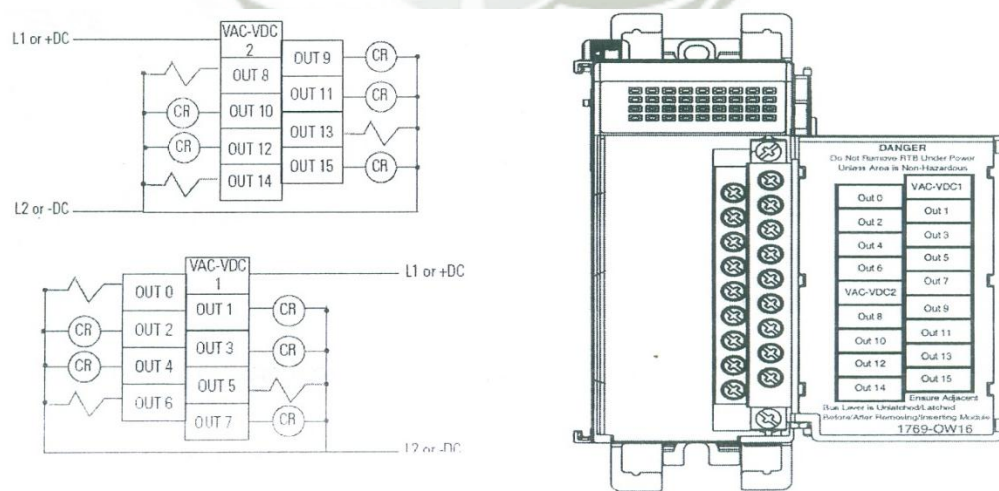
Especificaciones de Salidas

Tabla 2: Especificación del Módulo 1769 – OW16

Especificación	1769-OW16
Categoría de Voltaje	AC/DC
Rango de Operación de Voltaje	5 a 265V ac 5 a 125V dc
Número de Entradas	16
Bus de Corriente	205mA hasta 5V dc 180mA hasta 24V dc
Disipador de Calor	4.75 total de Watts.
Retardo de Señal	Apagado: 10ms Encendido: 10ms

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4: Módulo Eléctrico 1769 – OW16



Fuente: www.Rockwell-Automation.com

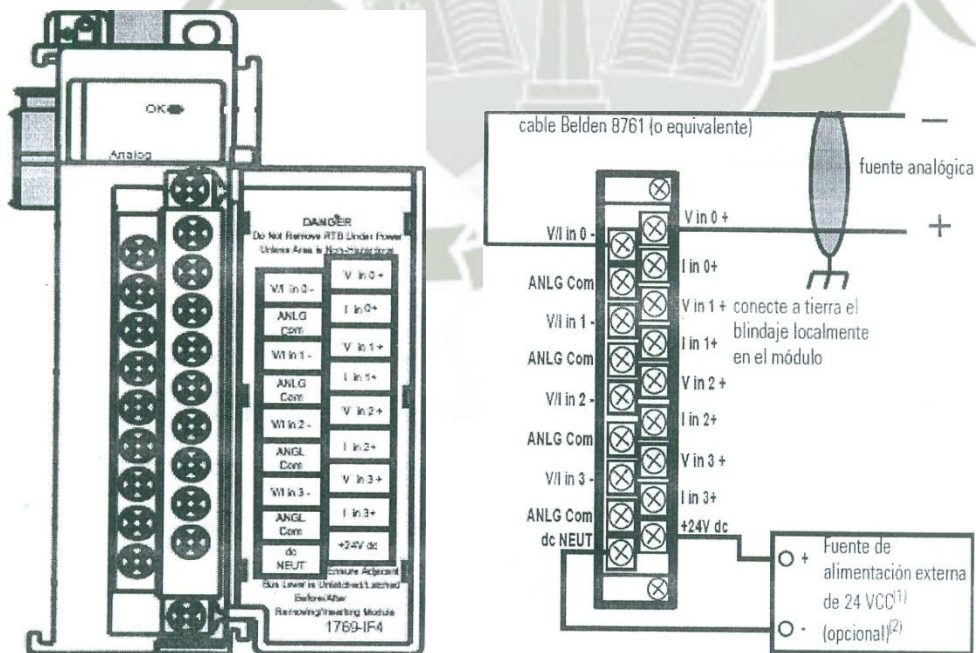
➤ MODULO 1769 – IF4 (Entrada Analógica)

Tabla 3: Especificación del Módulo 1769 – IF4

PALABRA	POSICION DE BIT														
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
0	SGN	Entrada Analógica – Canal de Datos 0													
1	SGN	Entrada Analógica – Canal de Datos 1													
2	SGN	Entrada Analógica – Canal de Datos 2													
3	SGN	Entrada Analógica – Canal de Datos 3													
4		Not used													

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5: Módulo Eléctrico 1769 – IF4



Fuente: www.Rockwell-Automation.com

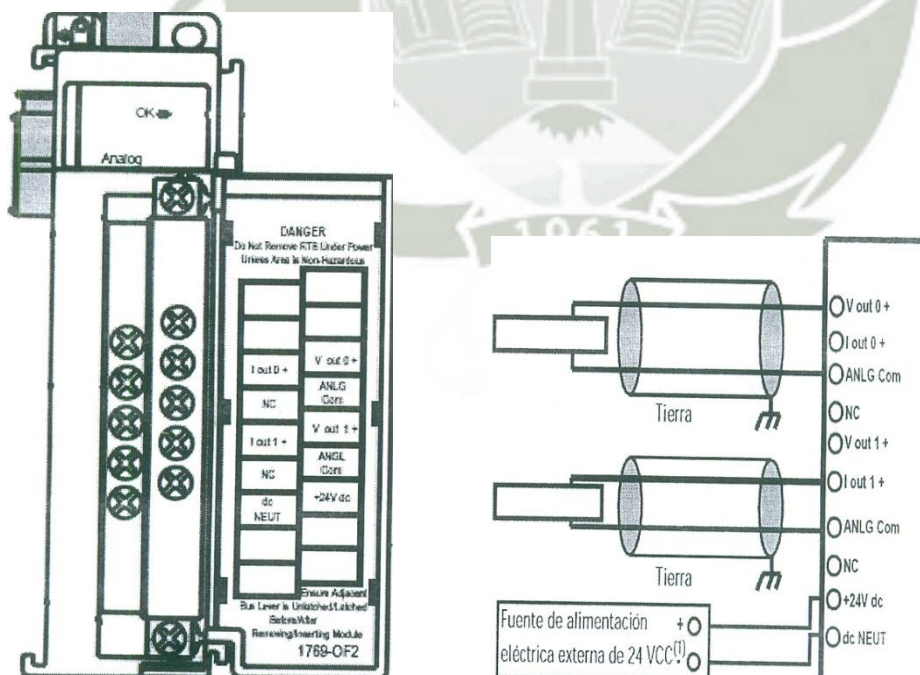
➤ MODULO 1769 – OF2 (Salida Analógica)

Tabla 4: Especificación del Módulo 1769 – OF2

Especificación	1769 – OF2
Rango de Operación Analógica	Voltage +-10 dc, 0 a 10dc, 0 a 5V dc, 1 a 5V dc. Corriente 0 a 20mA, 4 a 20mA.
Rango de Escalamiento Analógico	Voltage: +- 10,5V dc, -0.5 a 10.5V dc, -0.5 a 5.25V dc, 0.5 a 5.25V dc. Corriente: 0 a 21mA, 3.2 a 21mA.
Número de Salidas	2
Bus de Corriente	120mA a 5V dc. 120mA a 24V dc.
Disipador de Calor	2.63 Watts.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6: Módulo Eléctrico 1769 – OF2



Fuente: www.Rockwell-Automation.com

3.1.2 Sensores

Estos dispositivos forman parte de las entradas de nuestro sistema del Transportador Neumático de cal en un silo a distancia, que emplearemos en este diseño de automatización los sensores de tipo de nivel para sólidos (cal). Los sensores de nivel deben de enviar una señal eléctrica de 1 y 0 al PLC CompactLogix 5000 quien procesará esta información en datos reales. La primera distinción entre los medidores de niveles es la debida al tipo de medidor, que puede ser de dos posiciones que usaremos, (nivel mínimo y nivel máximo).

3.1.2.1 Sensor con vibración de Nivel Alto y Bajo

En esta propuesta de Tesis, se va implementar con el sensor de nivel de vibración, cuyo modelo es de tipo VM31, fueron fabricados específicamente para la medición de nivel sólidos en silos. Están diseñados para la densidad aparente tan bajo como $0.3g/cm^3$. El modelo VM31 es utilizable en una amplia gama de especificaciones y características, como el punto de detección de polvo está en la punta de la varilla de detección, no hay un mal funcionamiento de la adhesión en la pared interior de un silo.

Su salida del sensor es de forma discreta. Selección: Sensor con vibración de nivel. O Marca: NOHKEN INC o Modelo: VM31

Figura 7: Sensor de nivel on-off para partículas VM31



Fuente: www.festo.com

3.1.2.2 Especificaciones del Sensor de Vibración de Nivel Vm31

Tabla 5: Especificación del Sensor de Vibración de Nivel Vm31

1. TIPO	Sensor de Vibración de Nivel
1. MODELO	VM31, VM32
1. OBJETO DE MEDICION	Polvo, gránulos y otros materiales sólidos.
CARACTERISTICAS DE OPERACION	
Detención de Sensibilidad	Densidad aparente bajo de los $0.2g/cm^3$
Indicación de Operación	Indicación de salida del Relé: color rojo
Medición de Frecuencia	Aproximado a 500 Hz
CARACTERISTICA ELÉCTRICA	
5.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	VM31 90-132V AC 50/60Hz VM32 180-264V AC 50/60Hz
5.2 CONSUMO DE ENERGIA	Menos que 2.5VA
5.3 SALIDA	Contacto de Relé 1 SPDT Cambia el tiempo de retardo: Encendido, Aprox. 3seg Apagado, Aprox. 3seg
5.4 PUNTUALICIÓN DE CONTACTOS	240V 3A Ac (carga resistiva) 30V 3ª Dc(carga resistiva)
5.5 TENSIÓN SOPORTADA	1500V Ac por minuto, entre cada terminal que va a tierra.
5.6 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	500V Dc mas que 100Mohmio

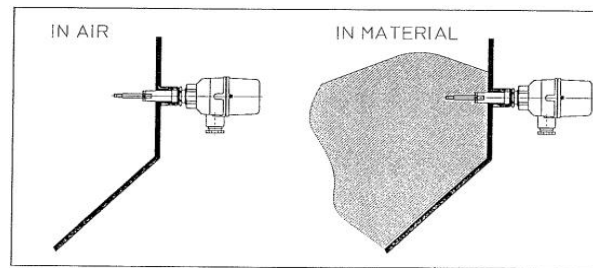
CARACTERISTICA MECÁNICA	
6.1 PRESION DE TRABAJO	1 MPa
6.2 CONCENTRADA DE CARGA	Horizontal 0.12kN Max. Vertical 0.23kN Max.
CONDICION ALREDEDOR	
7.1 Trabajo en Temperatura	Detención de temperatura en -20 a +80°C
7.2 Trabajo en Humedad	5 a 85% Rh
2. CONSTRUCCION	IP 65, IP 68
FISICO	
9.1 Material	Detención de Partes: acero inoxidable, latón , caucho de silicona
9.2 Cable INLET	JIS F 20a (G3/4)
9.3 Montaje	G (3/4), rosca de tornillo

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2.3 Principio de Funcionamiento del Sensor de Vibración de Nivel VM31

Su principio de funcionamiento del sensor de vibración de nivel VM31 que vamos a implementar en la propuesta de esta tesis, consta de una varilla de detección de sólidos, vibra mediante la instalación piezo-eléctrico y elemento aceleración pick-up barra de detección montada en la punta de la varilla de detección interno. El elemento piezoeléctrico proporciona la vibración y la aceleración cuando va detectar humedades en la amplitud de vibración. Está cubierto con sólidos amortigua la vibración de la varilla de detección del circuito electrónico detecta la amortiguación de estas vibraciones y se convierte en la salida de relé.

Figura 8: Funcionamiento del Sensor de vibración de Nivel



Fuente: www.festo.com

3.1.2.3 Propiedades por Presión Diferencial del sensor de Nivel del Sólido

Teniendo en cuenta que la presión es igual a:

$$P = \gamma \cdot H$$

Propiedades:

P = presión

Y = peso específico del sólido

H = altura del Silo del sólido

Al ser γ constante, la presión depende del nivel del sólido, de manera que un transductor Neumatico o electrónico podrá medir el nivel.

En un Silo que es un deposito cerrado, su instalación se hará como se ve en la figura 8, de forma que la toma de alta este por encima del nivel máximo que pueda alcanzar el sólido, de este modo, la presión estática que hay en la cavidad del depósito actúa por igual en ambas ramas.

3.1.3 Presostato

Se utilizará en esta tesis un Presostato para controlar o regular una presión o una depresión en un circuito neumático o hidráulico. Cuyo principio de funcionamiento de este aparato es que transforma un cambio de presión en una señal eléctrica “todo o nada”. Cuando se alcanza una cierta presión seleccionada, el contacto de tipo ruptura brusca cambia de estado. Para lo cual será implementado en esta propuesta de tesis con la finalidad de que exista una

conmutación automática de un control ON/OFF por presión para los procesos químicos, petroquímicos, alimenticios, usinas generadoras de energía, equipos industriales e industrias en general.

3.1.3.1 Presostato ASHCROFT modelo B7

Este Presostato utilizaremos para nuestro sistema de transporte de cal en un silo a distancia, cuando muestre el llenado del tanque de material de cal, llegue a 200psi donde el sensor de nivel alto mande una señal al PLC, como valor máximo de un 100%, donde nuestro presostato mande una señal a nuestras válvulas de alivio para que puedan abrirse y puedan regular la presión del solido de la cal en su desplazamiento.

3.1.3.1.1 Funciones del Presostato ASHCROFT modelo B7

Los presostatos se usan para un amplio número de aplicaciones tanto en la industria como en el comercio.

Sus funciones pueden ser como reguladores, controladores o limitadores:

- Su utilización es importante para la Monitorización y Regulación de las condiciones de presión de líquidos o gases en tuberías de conducción, tanques, depósitos o maquinaria.
- En control de procesos de enfriamiento, neumáticos, hidráulicos.
- Para controlar la presión en sistemas de enfriamiento, de lubricación y en un amplio abanico de máquinas con un circuito neumático.

Además del control automático y la limitación de presión, sus tareas también pueden conseguir, por ejemplo, mantener una presión constante, iniciar y finalizar varios procesos de regulación y control, así como permitir secuencias funcionales y generar señales.

3.1.3.1.2 Especificación del Presostato ASHCROFT modelo B7

Tabla 6: Especificación del Sensor de Vibración de Nivel Vm31

Características del Presostato	
Caja	Caja en aluminio inyectado con acabado en epoxi negro.
montaje	Local o en superficie
Conexión eléctrica	En el modelo B7 opcionalmente con un adaptador para ½”- NPT
Rangos de Presión	Desde el vacío hasta 3000 psi
Ajuste del SetPoint	Entre 15% y 100% del rango nominal
Temperatura de Operación	Ambiente -22°C a 65°C. Fluido de proceso desde -18°C hasta 150°C dependiendo del material del diafragma.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9: Presostato ASHCROFT modelo B7



Fuente: www.festo.com

3.1.4 Colector de polvo Modu-Kleen serie 681

Se llegó a la conclusión que es importante implementar un colector de polvo convencional en esta propuesta de Tesis, la cual optaremos un aire cargado de polvo, que entra desde la parte inferior de la carcasa y fluye hacia arriba a los

filtros mientras que las partículas recogidas están tratando de caer en la tolva de recogida inferior. Sin embargo, con el colector de polvo corriente descendente de aire, el aire entra en la parte superior de la carcasa del colector de polvo y fluye hacia abajo a los filtros de cartucho, empujando partículas recogidas en la tolva de colección. Esto no sólo mejora el proceso de filtrado en sí, sino mejora el material a la relación con el aire. Se puede decir que consta de otra ventaja de la corriente descendente de diseño es que las partículas submicrónicas, que normalmente tienden a permanecer en suspensión, se ven obligados hacia abajo mucho más rápidamente por el flujo entrante y descendente de aire , mejorando así la eficiencia global de filtrado y del performance.

3.1.4.1 Funcionamiento del Colector de Polvo Modu-Kleen serie 681

Nuestro colector de polvo implementado en nuestra propuesta de Tesis, realizará un funcionamiento normal de trabajo y cuando el filtro comienza a cargar con partículas recogidas, naturalmente, se creará una diferencia de presión en el aire limpio y la cámara de aire sucio. Cuando la presión del aire dentro de la cámara de aire sucio comienza a aumentar a un punto de ajuste predeterminado, como preestablecido en el panel de control, el ciclo de back- limpieza del filtro se convertirá en energía y comenzará automáticamente el ciclo de limpieza. Este ciclo de limpieza continuará hasta que la presión cae y alcanza el valor de presión inferior predeterminado. Este método de limpieza de diferencial de presión no sólo prolonga la vida útil del filtro sino que también mejora el filtrado de las partículas más pequeñas que de otra manera posible.

3.1.4.2 Características del Colector de Polvo Modu-Kleen serie 681

- La eliminación del filtro rápido.
- Mejora de la eficiencia.
- Diferencial de presión de limpieza.
- Fácil acceso a los filtros de cartucho.
- Alto material de la relación aire.
- Flujo de aire de corriente descendente.
- Nivel de ruido más bajo.

- Sellos de las puertas de servicio pesado.
- Montaje de filtro de bayoneta
- Requisitos de espacio reducidos.
- Puerta de acceso para limpiar cámara de aire.
- Variedad de estilos disponibles.

Figura 10: Colector de Polvo Modu-Kleen serie 681



Fuente: www.cym.com

3.1.5 Válvulas

3.1.4.1 Válvula Mariposa BRAY/McCANNALOK ASME Clase 150

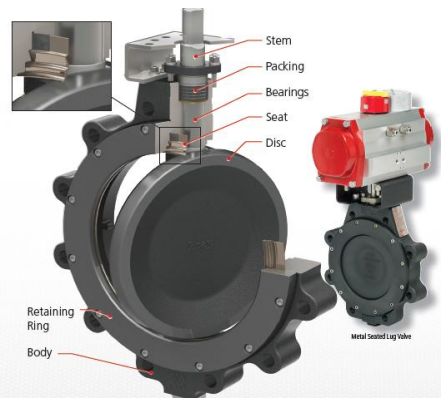
Para nuestro sistema propuesto usamos una válvula de mariposa que tiene un funcionamiento para abrir o cerrar el proceso del flujo de la presión, con la finalidad de cortar y regular el paso de materiales secas granuladas de la cal y este ayudará en su distribución, aumentando o reduciendo la sección del paso que gira sobre un eje, uno de los objetivos importante de esta válvula es por su operación. La utilizaremos para el conducto de aire, y mediante tuberías para el proceso del desplazamiento de la cal. Estas válvulas Bray / McCannalok, se pueden automatizar económicamente con actuadores neumáticos y eléctricos de Bray . El Bray / Válvula de Alto Rendimiento McCannalok ofrece la más alta calidad, alto rendimiento y mayor valor disponible las que serán implementar en nuestra propuesta de Tesis, cumpliendo las necesidades requeridas de los procesos industriales.

3.1.4.1.1 Características de Válvula Mariposa BRAY/McCANNALOK ASME Clase 1F50

- Su operación es neumática, con actuador doble o simple.
- Su presión piloto es de 20 bar.
- La posición del montaje, puede trabajar el proceso en cualquier posición.
 - Es una válvula robusta, de muy larga duración y está constituida por un funcionamiento seguro.
 - Consta de un diámetro nominal de conexiones desde DN 40 hasta DN 300, con caja y disco de material forjado.
 - Su rango de temperatura es de -20°F to 500°F (-29°C to 260°C).
 - Este sistema de la válvula de estanqueidad esta optimizado por un ordenador para una larga de las juntas o presión de junta definida al espacio del producto a través de la pestaña de estanqueidad o ranuras de descarga para que la junta se dilate de forma controlada.
 - Su rango de tamaño y de presión de trabajo de la válvula mariposa es de: 2 1/2”-60” (65mm-1500mm) y 285 psi (20.0 Bar).
 - Su estilo del cuerpo : Wafer , Lug y Doble brida
 - Válvulas Bray / McCannalok requieren un actuador mucho más pequeña que las otras válvulas. Cuando compara con válvulas de globo, compuerta, bola y diafragma, los requisitos de peso y el espacio reducido del Bray / McCannalok es evidente.
 - Ofreciendo ventajas superiores sobre otras válvulas.
 - El ahorro de costes de instalación y mantenimiento son sustanciales. Su eficiencia y rendimiento es superior demostrado por Bray / McCannalok como la mejor solución para las exigentes para aplicaciones de alta presión, alta temperatura.
 - Alta resistencia, anti estallidos una pieza madre.
 - Contorneada disco para maximizar el flujo.
 - Anillo completo la cara de retención protege asiento en aplicaciones abrasivas.
 - Empaquetadura del vástago fácilmente accesible y ajustable.

- Clase IV tasas de fuga bidireccionales a través de rango de presión plena prueba de acuerdo a IEC 60534-4 y ANSI / FCI 70-2-2013.

Figura 11: Válvula Mariposa BRAY/McCANNALOK ASME Clase 150



Fuente: www.bray-controls.com

3.1.4.2 Válvula de Alivio Modelo 632

Para nuestra Propuesta de Tesis, se implementó una válvula que es usada para silos, este funciona para aliviar la presión activado que fluye en el silo, con el propósito de que cuando excede a un valor pre-ajustado se abre instantáneamente por exceso de presión del procedimiento y este ayudó a mejorar el procesamiento de la cal en el transporte Neumático también conocido una válvula de seguridad. Tiene como condiciones inseguras que son fácilmente controladas desde la válvula de alivio, que permite que escape gases de la condición inesperada de presión positiva o negativo.

3.1.4.2.1 Características de la Válvula de Alivio Modelo 632

- Descarga lateral para servicios líquidos.
- Presión máxima de operación: 21.1 Kg/cm² (300 psi).
- Temperatura máxima de operación: 208°C (406°F).
- Medida nominal desde ½" hasta 4".
- Conexión roscada macho a la entrada NPT y hembra a la salida NPT.

- Fabricación especial de válvulas con interiores en acero inoxidable tipo 316.
- Fabricación especial de válvulas totalmente en acero inoxidable tipo 316.
- Válvulas con asiento y disco en acero inoxidable.
- Disponible con asientos suaves (Teflón, vitón, buna, etc.).
- Disponible con palanca empacada.

Figura 12: Válvula de Alivio Modelo 632



Fuente: www.remex-products.com

3.1.4.3 Válvula de cuchilla Clarkson Figure KGD AC (Cilindro de Aire)

Es una válvula que es apropiada para el uso de nuestro sistema, y es utilizada para descargar por gravedad el material granulado de la cal, es decir un corte al fluido del flujo de presión, esta válvula fueron diseñadas para trabajar en procesos donde el fluido del sólido de la cal es espeso, viscoso y con alto grado de desplazamiento, y que con cualquier otra válvula no podría cerrarse el proceso y para que pueda desempeñarse bien en el campo debemos de colocar la compuerta de la válvula apuntando a la dirección contraria del flujo de la presión.

3.1.4.3.1 Características de la Válvula de Cuchilla Clarkson Figure KGD AC (Cilindro de Aire)

- Estas válvulas fueron diseñadas en hierro, con acero al carbón, de material acero inoxidable, también son conocidas por tener poco peso. Se utilizan para la automatización con actuadores neumáticos, permite un buen desempeño en el proceso industrial.
- Su clasificación de presión estándar es de 150psi hasta 200 psi.

- Su rango de temperatura de operación es de 82,2°C (180°F), hasta 204,4°C (300°F).
- Su flujo sin obstrucciones elimina turbulencia y minimiza la caída de presión en la válvula.

Figura 13: Válvula de Cuchilla Clarkson Figure KGD AC



AC Cilindro de aire

Fuente: www.emerson-valve.com

3.1.6 Actuadores

Hablar de actuadores, hay que tener en claro que hoy día para obtener un mejor control del proceso nos referimos siempre al actuador son aquellos sistemas de regulación automática en los que la variable controlada, o variable de proceso, es una magnitud que representa una posición, misma que debe ajustarse al punto de control. Una válvula servo será controlada, por lo tanto, nuestro sistema esta compuesto por una válvula, un actuador y un dispositivo Servo-Posicionador que gobernara la posición de la primera, en función a una variable de referencia o variable de consigna determinada.

3.1.4.1 Actuador YTC Posicionador Electro-Neumático de serie 1000/1050

3.1.4.1.1 Actuador YTC Posicionador Electro-Neumático de serie 1000/1050

El Posicionador analógico Electro-Neumático controla con precisión de carrera de la válvula en respuesta a una señal de entrada de 4-20 mA desde el controlador. Estas válvulas de control neumática son unidades servo controladas que emplean la presión del aire comprimido como fuente de energía y comando.

Como fuente de energía la presión del aire genera el movimiento de un pistón de doble acción al ser sometido a presiones diferenciales o el de un diafragma accionado por resortes. Como fuente de comando un valor de presión de aire que varía entre 3 a 15 psi genera la referencia para que el posicionador regule correspondientemente el eje de la válvula entre 0° y 90°.

Figura 14: Actuador YTC Posicionador Electro-Neumático de serie 1000/1050



Fuente: www.bray-actuadors.com

3.1.4.1.2 Funciones del Actuador YTC Posicionador Electro-Neumático de serie 1000/1050

Características con las que debe contar el sensor: Granulometría de la cal: 10u – 1mm, una densidad de la cal: 3,3 - 3,4 g/cm³ a 20°C, una tensión de 120 VAC/ 50 Hz, seleccionamos su conexión de aire y su desplazamiento del sólido de la cal es por una tubería de ¼".

- El tiempo de respuesta es muy rápido y preciso.
- Cambio parte simple puede configurar medio rango dividido.
- Bajo consumo de aire.
- Simple cambio de acción directa / inversa.
- Ajuste sencillo Cero y Span.
- Conexión de realimentación Fácil.

- Opciones internas , como transmisor de posición (PTM) y / o final de carrera (L / S) está disponible (por falta de explosión Posicionador prueba - opciones externas debe estar instalado para la explosión Posicionador prueba
- Conmutador A / M se puede utilizar para dirigir el aire de suministro al actuador o para operar manualmente el Posicionador o la válvula.

3.1.4.1.3 Especificaciones del Actuador YTC Posicionador Electro-Neumatico de serie 1000/1050

Tabla 7: Especificación del Actuador YTC

MODELO	YT – 1000L		YT – 1000R	
	Simple	Doble	Simple	Doble
SEÑAL DE ENTRADA	4-20mA DC			
IMPEDANCIA	250 +/- 15 Ω			
PRESION DE SUMINISTRO	0.14 - 0.7MPa (1.4 – 7 bar)			
CARRERA	10 – 150 mm		0 – 90°	
CONEXIÓN DE AIRE	PT, NPT 1/4			
CONEXIÓN DE CALIBRADO	PT, NPT 1/8			
ENTRADA POR TUBERIA	PF(G) 1/2			
GRADO DE PROTECCIÓN	IP66			
PRUEBA DE EXPLOSION	Ex dmb IIB T5 (ATEX) Ex dmb IIC T5 (KTL) Ex ia IIB T5 (KTL) Ex dm IIB T5 (FM) Ex ia IIC T6 (NEPSI) Ex dmb IIC T5/T6(NEPSI)			

AMBIENTE DE TEMPERATURA	Temperatura de Operación: -20, 70°C Temperatura de Explosión a prueba: -40 , 60°C			
LINEALIDAD	±1.0% F.S.	±2.0% F.S.	±1.0% F.S.	±2.0% F.S.
HYSTERESIS	±1.0% F.S.			
SENSIBILIDAD	±2.0% F.S.	±0.5% F.S.	±2.0% F.S.	±0.5% F.S.
REPETIBILIDAD	±0.5% F.S.			
CAPACIDAD DE FLUJO	80 LPM (Sup. = 0.14 MPa)			
CONSUMO DE AIRE	2.5 LPM (Sup. = 0.14 MPa @ idle)			
SEÑAL DE REALIMENTACION	4-20 mA(DC 10-30V)			
PESO	2.7 kg		3.5 Kg	
MATERIAL	Aluminio fundido			

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.2 Actuador ASCO RedHat serie 8262g62

3.1.4.2.1 Actuador ASCO RedHat serie 8262g62

El nuestro Actuador ASCO seleccionado está constituido por un solenoide, que es una parte de una válvula electromagnética, compuesto de una bobina, por el núcleo y carcasa. La marca RedHat ASCO ofrece una variedad de selección de 2 vías, 3 vías y 4 vías válvulas de solenoide, pero para nuestra propuesta solo utilizaremos 3 vías para su implementación que fueron diseñadas para manejar las aplicaciones de control de la cal para que sea más exigentes. Este actuador tiene como función principal un ON/OFF, un encendido y apagado cada vez que pase el flujo del solido de la cal, activará una señal y será enviada a nuestro PLC CompactLogix 5000.

Figura 15: Actuador ASCO RedHat serie 8262g62



Fuente: www.bray-actuadors.com

3.1.4.2.2 Funciones del ASCO RedHart serie 8262g62

- Diseñado para alto flujo y alta servicio de presión.
- Acción directa, no requiere presión mínima de funcionamiento.
- Materiales de asiento de metal a manejar fluidos agresivos.
- Ideal para las plantas de energía y aplicaciones similares.
- Amplia gama de grados de la presión, tamaños, y resistente mater proporcionan larga vida útil y bajo fugas internas.
- Alta Válvulas de flujo de líquido, corrosivo, y el aire / inerte servicio de gas.
- Las aplicaciones industriales incluyen :
 - Lavado de coches - Equipo de lavanderías
 - Los compresores de aire - Control de aguas industriales
 - Bombas

3.1.4.2.3 Especificaciones del ASCO serie 8262g62

Tabla 8: Especificación del ASCO serie 8362g62

Tubería Pulgada	Orificio	Flujo factor	Presión de Operación		Fluido temp. °F AC	Cuerpo de Aluminio		Ratio Clase de Bobina
			Min.	Max. AC		Num.Catal.	Const. Nro	
NORMALMENTE CERRADO								
1/8	3/8	1.0	0	15	125	8040H6	7	6.1/F
1/4	3/8	1.1	0	15	125	8040H7	7	6.1/F
3/8	3/8	1.2	0	15	125	8040H8	7	6.1/F
1/2	3/4	5.4	0	2	125	8040G22	43	10.1/F
3/4	3/4	9.5	0	2	125	8040G23	44	10.1/F

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Diseño del Software

3.2.1 Software RSLogix 5000

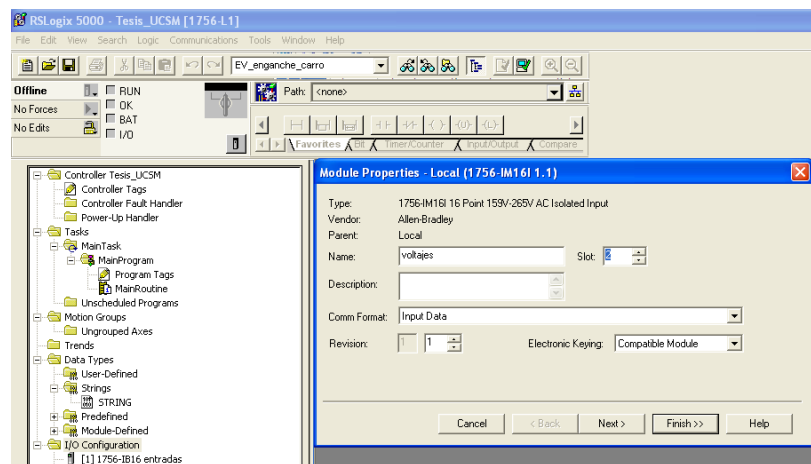
Es el último de la serie de Allen-Bradley de Software PLC. RSLogix5000 utiliza un paquete de software que consta de cinco estilos de lenguajes de programación: escalera lógica, texto estructurado, diagramas de bloques de funciones, diagramas de funciones secuenciales y grafcep. RSLogix 5000 es definitivamente más potente y flexible, pero es mucho más reciente, donde es sofisticado y automatizado.

Estos lenguajes de programación se pueden utilizar para el proceso de control, unidades, secuencial, y control movimiento. Este sistema permite al usuario crear comandos etiquetas a través de una plataforma basada en etiquetas. Esto permite al usuario utilizar una descripción de su / su elección para ese comando. Los parámetros para ese comando a continuación, se pueden especificar para ser un

bit, entero, etc. Rockwell Software ha declarado lo siguiente acerca de la plataforma RSLogix5000:

- Intuitivo y fácil de usar
- Interfaz Compatible IEC1131-3
- Programación estructurada por medio de símbolos y matrices

Figura 16: Software RSLogix 5000



Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.1 Proceso de Conversión de Código del RSlogix 5000

Se decidió que para la utilización de la programación este Software porque es una plataforma plenamente con beneficios y / o caídas de aplicar RSLogix5000 a un mundo real proceso de fabricación, algunos. Esto se hizo en dos etapas. El primero paso fue decidir qué parte de la máquina de código demostraría el mayor contraste entre dos plataformas de software. Y el segundo paso fue la real aplicación del nuevo lenguaje de programación.

- Juego de operaciones suministrar múltiples aplicaciones.
- Se integra sistemas DCS o controladores de lazo único y servo drive o sistemas dedicados en un solo ambiente.
- Capacidad de resolución de problemas en línea.
- Capacidad de crear nuevas etiquetas mientras está en línea.

Además, la capacidad de monitorear y cambiar valores de variables, mientras que el programa está en línea, ha sido un beneficio. Se planteó una estrategia de

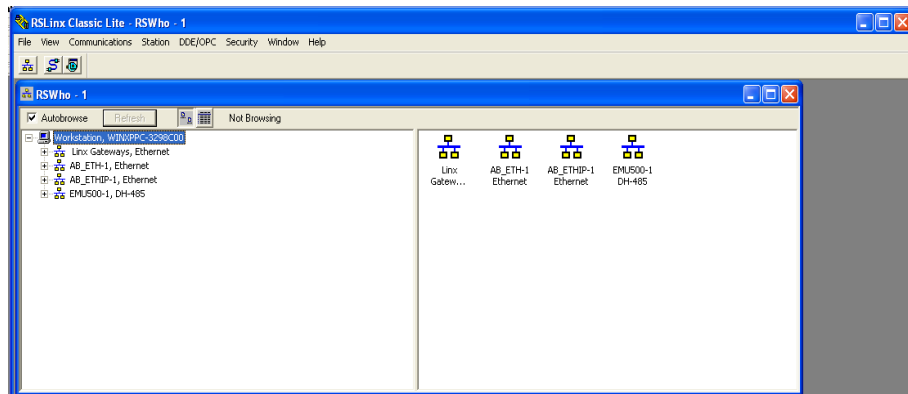
control, con la finalidad de automatizar la variable dependiente y para eso de utilizó un control para lo cuando el Software lo cuenta dentro de un bloque de función PIDE se pueden cambiar en línea para optimizar su curva de PID. El resultado de esta afinación puede verse casi instantáneamente y no interrumpir otras funciones del programa.

3.2.2 Software RSLinx Classic

Para la implementación de nuestra Propuesta de Tesis, se decidió utilizar el software RSLinx Classic es usado como medio de comunicación para redes y dispositivos de Rockwell Automation es una solución completa para comunicaciones industriales que puede utilizarse.

Su principal objetivo del software es seleccionar un controlador, es la interfaz de software para el dispositivo de hardware que se utilizará para establecer la comunicación entre el RSLinx y su procesador.

Figura 17: Software RSLinx Classic



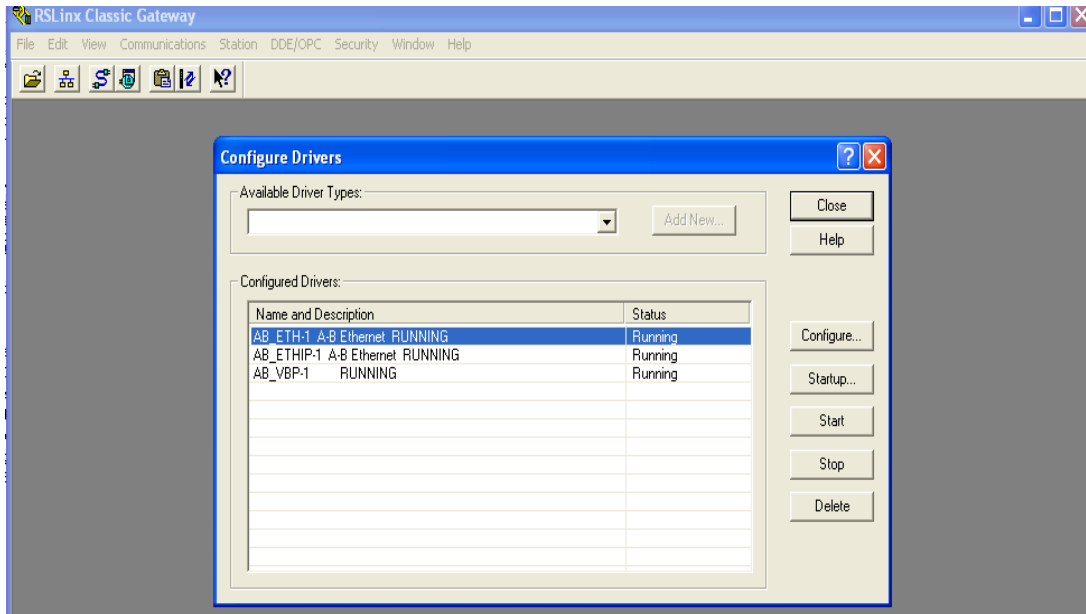
Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.1 Funcionalidad del Software RSLinx Classic con la Red Ethernet

Usaremos un Software que se encargara de la comunicación del PLC y otros periféricos instalados dentro de una red. Para este proyecto se utiliza una red de emulador DH-485, para configurar la red, esto se debe para establecer la comunicación con otros nodos. Al conectar distintos equipos en la red, que utilizaremos Ethernet Industrial, el software RSLinx mostrará la comunicación

indicada en una pantalla en “Who”, que significa que periféricos están enlazados o conectados.

Figura 18: Software RSLinx Classic con Ethernet



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.2 El uso del RSWho en el RSLinx Classic

Lo podemos observar como una ventana que muestra las redes y dispositivo, donde se puede acceder a una variedad de herramientas de configuración y supervisión. Algunas de las herramientas disponibles son la configuración de las herramientas de la red DeviceNet que usaremos para nuestra comunicación de datos, Ethernet, ControlNet y familia del controlador que vamos desarrollar nuestra programación en el PLC CompacLogix5000.

3.2.2.3 Parámetros a configurar en los componentes de la red

Para el mejor desplazamiento de los datos, se debe configurar los bits de paridad, una alta velocidad en baudios, la cual es de 19200. Se configuran todos los dispositivos a esta velocidad, incluyendo nuestro PLC, y también seleccionar el puerto serial que se está usando el controlador PLC con la CPU para la configuración con la red.

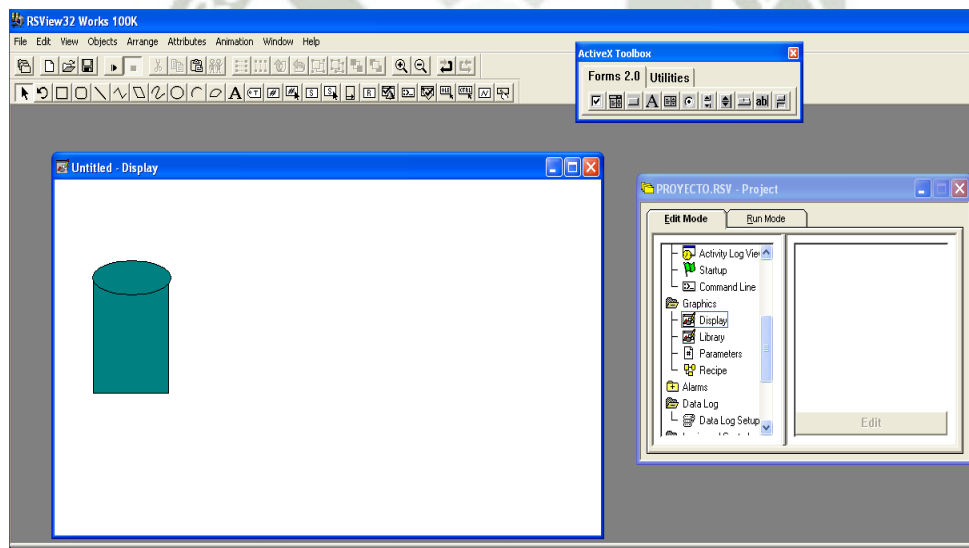
3.2.3 Software RSView32 Works

3.2.3.1 Aplicación del RSView32 Works

Para la implementación de nuestra Propuesta de Tesis, se eligió una plataforma abierta para la Supervisión, control y monitoreo de datos, con los cuales encaja para el desarrollo de nuestro proyecto como aplicación industrial. La relación de la interface del operador con la planta de producción de cal.

Es un sistema de recolección y concentrador de datos. Esta plataforma es para el desarrollo de aplicaciones de plantas industriales. Con las herramientas del RSView32 Works crearemos la aplicación que va desde un paquete del análisis del proceso del transporte de la cal a un silo a distancia hasta la integración de dispositivos por partes terceras con sistema de control Allen Bradley del PLC CompacLogix 5000.

Figura 19: Software RSView32 Works



Fuente: Elaboración Propia

3.2.3.2 Beneficios del Software RSview32 Works

- Reducido costo para el sistema de control total.
- Incrementa la eficiencia de las operaciones.
- Facilidad de desarrollar aplicaciones de uso.
- Incrementa el flujo de información de planta a otras áreas de la organización.

3.2.3.3 Funcionalidad del Software RSView32 Works en nuestro Sistema de Transporte de cal

Al desarrollar nuestro Sistema, su Diseño y Automatización de un Transportador de cal a un silo a distancia, tendrá como función el control de posición, la rotación de la variable el tamaño del proceso, y la visibilidad del desplazamiento del solido de la cal.

Se crea tendencias que muestran variables del proceso, trazadas con el tiempo. Las tendencias pueden mostrar datos en tiempo real o histórico, y pueden utilizar una variedad gráficos y eventos.

En nuestro proyecto desarrollaremos el sistema en el campo (planta de cal) y será supervisada desde la sala de control el operador de planta, así mismo se podrá monitorear y corregir la sintonización del control del procesos, a través de un control PID.

3.3 Comunicación Industrial

3.3.1 Red Ethernet TCP/IP

En este protocolo Ethernet es el nombre de una tecnología de redes de área local (LANs), basada en tramas de datos Ethernet que define las características de la red, su cableado y señalización es de nivel físico, los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI. Además se refiere a las redes de área local y los dispositivos bajo el estándar IEEE 802.3 que define el protocolo CSMA/CD.

La Ethernet Industrial permite a las empresas tomar datos de una línea de manufactura y utilizarlos en el software corporativo, en este caso es para comunicación del PLC, que tiene que estar conectar a nuestro SCADA para la supervisión de los datos y otras aplicaciones de control, estos datos en tiempo real se ofrecen vía navegador Web a los encargados de las tareas de diagnóstico y monitorización remota.

Como primer enfoque respecto a las ventajas que desarrollaremos más adelante:

- Reducción del costo de Hardware
- Redes más sencillas.

- Mejora en compartir información entre los sistemas back office y los de fabricación.

Ethernet Industrial, este sistema de bus basado en IEEE 802.3 apto para la industria se caracteriza por:

- Conexión de sistemas de automatización entre sí y con PC's o estaciones de trabajo para lograr comunicación homogénea.
- Posibilidad de realizar amplias soluciones mediante redes abiertas.
- Elevado rendimiento de transmisión.
- Diferentes soportes de transmisión (cable triaxial, par trenzado industrial y FO)

TCP/IP es una combinación de dos protocolos individuales. IP por sus siglas en inglés (Internet Protocol), opera en la Capa de red (capa 3) y es un servicio no orientado a conexión que proporciona una entrega de máximo esfuerzo a través de una red. TCP por sus siglas en inglés (Transmission Control Protocol), opera en la capa de transporte (capa 4), y es un servicio orientado a conexión que suministra control de flujo y confiabilidad en la transmisión de datos entre el PLC y la estación de trabajo. Al unir estos protocolos, se suministra una gama de servicios más amplia. De forma conjunta, constituyen la base para un conjunto completo de protocolos que se denomina conjunto de protocolos TCP/IP. La Internet se basa en este conjunto de protocolos TCP/IP. A continuación se describe detalladamente las capas del modelo TCP/IP donde operan los protocolos TCP e IP.

3.3.1.1 Capa de Transporte

La capa de transporte del modelo TCP, proporciona servicios de transporte desde el host origen hacia el host destino. Esta capa forma una conexión lógica entre los puntos finales de la red, el host transmisor y el host receptor. Los protocolos de transporte (Ver figura 20) segmentan y re ensamblan los datos mandados por las capas superiores en el mismo flujo de datos, o conexión lógica entre los extremos.

La corriente de datos de la capa de transporte brinda transporte de extremo a extremo.

Generalmente, se compara la Internet con una nube. La capa de transporte envía los paquetes de datos desde la fuente transmisora hacia el destino receptor a través de la nube. El control de punta a punta, que se proporciona con las ventanas deslizantes y la confiabilidad de los números de secuencia y acuses de recibo, es el deber básico de la capa de transporte cuando utiliza TCP. La capa de transporte también define la conectividad de extremo a extremo entre las aplicaciones de los hosts. Los servicios de transporte incluyen los siguientes servicios:

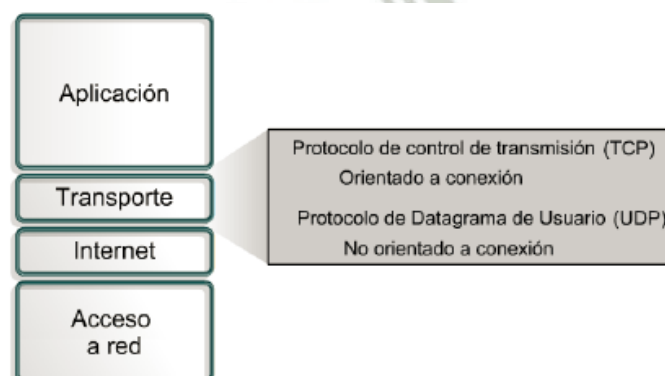
TCP y UDP

- Segmentación de los datos de capa superior.
- Envío de los segmentos desde un dispositivo en un extremo a otro dispositivo en otro extremo.

TCP solamente

- Establecimiento de operaciones de punta a punta.
- Control de flujo proporcionado por ventanas deslizantes.
- Confiabilidad proporcionada por los números de secuencia y los acuses de recibo.

Figura 20: Protocolo de Capa de Transporte



Fuente: www.cisco.com

3.3.1.2 Capa de Internet

El propósito de la capa de Internet es seleccionar la mejor ruta del destino, sino así para enviar paquetes por la red.. La determinación de la mejor ruta y la conmutación de los paquetes ocurren en esta capa, pero en esta propuesta de Tesis haremos que nuestra planta de cal solo estén en una Red Local.

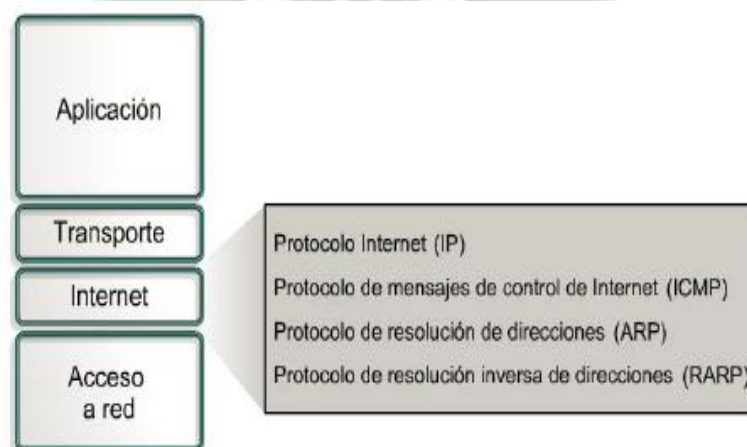
En la figura 21, donde se observan protocolos que operan en la capa de Internet TCP/IP y se describen a continuación:

- IP proporciona un enrutamiento de paquetes no orientado a conexión de máximo esfuerzo. El IP no se ve afectado por el contenido de los paquetes, sino que busca una ruta hacia el destino.
- El Protocolo de mensajes de control en Internet (ICMP) suministra capacidades de control y envío de mensajes.
- El Protocolo de resolución de direcciones (ARP) determina la dirección de la capa de enlace de datos, la dirección MAC, para las direcciones IP conocidas.
- El Protocolo de resolución inversa de direcciones (RARP) determina las direcciones IP cuando se conoce la dirección MAC.

El IP ejecuta las siguientes operaciones:

- Define un paquete y un esquema de direccionamiento.
- Transfiere los datos entre la capa Internet y las capas de acceso de red.
- Enruta los paquetes hacia los hosts remotos.

Figura 21: Protocolo de Capa de Internet



Fuente: www.cisco.com

Por último, a modo de aclaración de la terminología, a veces, se considera a IP como protocolo poco confiable. Esto no significa que IP no enviará correctamente los datos a través de la red. Llamar al IP, protocolo poco confiable simplemente significa que IP no realiza la verificación y la corrección de los errores. Dicha función la realizan los protocolos de la capa superior desde las capas de transporte o aplicación.

Se toma como fuente:

[Tesis “DESARROLLO DE UNA INTERFAZ TCP/IP - HART PARA LA INTEGRACIÓN DE UN MANEJADOR DE ACTIVOS DE INSTRUMENTACIÓN EN LÍNEA, UTILIZANDO HERRAMIENTAS WEB, BAJO SOFTWARE LIBRE”

Arturo José Vila González, Barcelona, Octubre - 2009]

3.3.2 Red HART

Se trabaja con un método tradicional de transmisión de datos con 4-20mA en esta Red HART, solo se limita a transmitir la magnitud de la medición. Con la evolución en los procesos y la aparición de la instrumentación de campo inteligente, es un protocolo híbrido, que mezcla la señal análoga de corriente con la transmisión de datos digitales por los mismo dos cables sin que se distorsionen ninguna de la dos señales. Este tipo de comunicación trae dos grandes ventajas, primero el cableado existente y las estrategias de control actualmente utilizadas, no deberán ser totalmente reemplazados al momento de implementar HART, y segundo toda la información adicional que se puede transmitir (tags, datos de campo y span, información del producto y diagnóstico). La cual puede ahorrar mucho tiempo y dinero a la hora de la mantención, y además mejora el manejo y la utilización de las redes de instrumentos inteligente.

HART es un protocolo que puede funcionar como Maestro- Esclavo (un dispositivo de campo solo responde cuando se le ha pedido algo previamente). Así como también puede funcionar en modo ráfaga. Puede haber hasta dos maestros y hasta 15 dispositivos esclavos se pueden conectar en configuración multipunto.

Figura 22: Comunicación HART

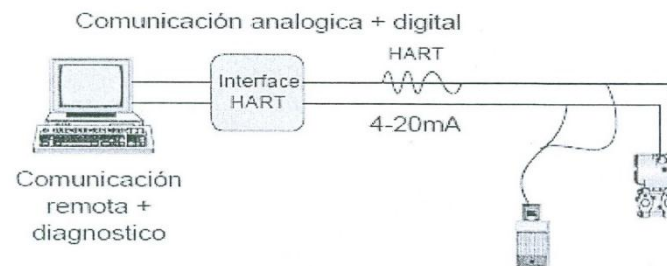


Figura. Configuración con dos maestros para acceder a la información de campo.

Fuente: www.emerson-proces.com

3.3.2.1 Método de Operación del Protocolo de Comunicación HART

HART opera usando el principio de modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK), el cual está basado en el estándar de comunicación BELL 202. La señal digital se construye a través de un ciclo 1200 Hz para representar el bit 1 y aproximadamente dos ciclos de 2200Hz que representan el bit 0. La tasa de transmisión de datos es de 1200 baudios. Lo que significa que los dígitos binarios se transmiten a 1200 bits por segundo.

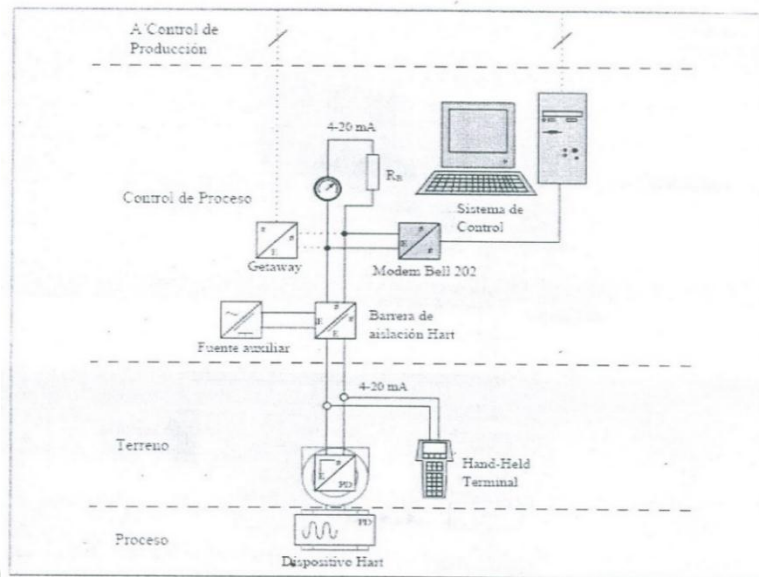
3.3.2.2 Topología de la Red HART

3.3.2.2.1 Comunicación Punto a Punto de la Red HART

En las operaciones punto a punto el dispositivo de campo tiene la dirección 0 y su salida de corriente es de 4-20mA. En el caso de los instrumentos pasivos, es decir que obtienen alimentación del lazo se dispone una fuente que alimentara al lazo. Esta se conectara en serie al instrumento y a una resistencia de carga, los estándares HART permiten resistencias de 230 a 1100.

La señal HART debe introducirse y leerse desde el lazo de corriente, la fuente se encuentra casi en corto circuito para las frecuencias HART, por esto los dispositivos maestros deben ir en paralelo al instrumento o a la resistencia de carga. Además un equipo HART no debe contribuir con ninguna carga DC al lazo. Para esto se conectan a través de un condensador de $5\mu F$ o más.

Figura 23: Comunicación Punto a Punto Red HART

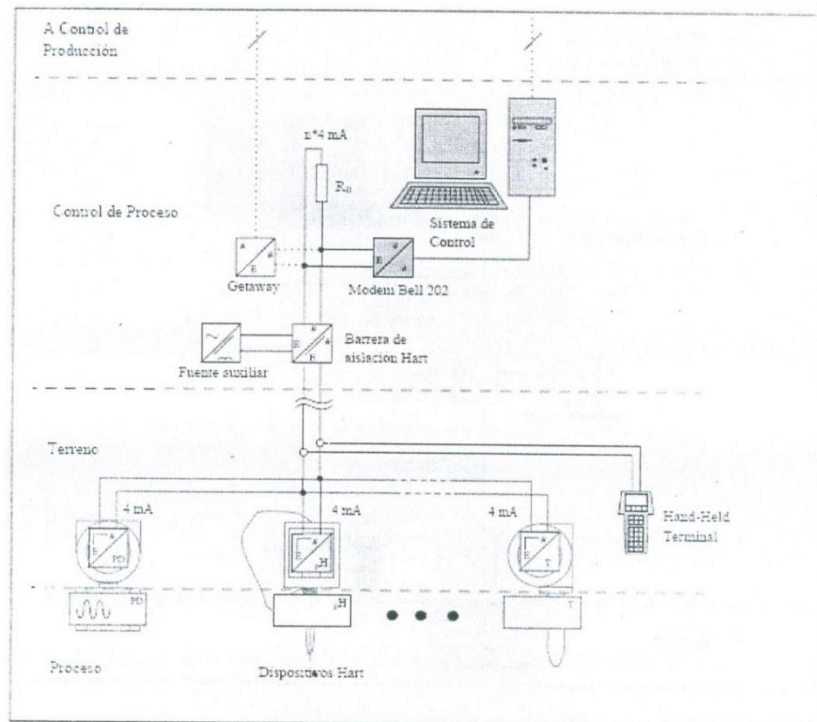


Fuente: www.emerson-proces.com

3.3.2.2.2 Comunicación MultiPunto de la Red HART

En este modo se pueden conectar hasta 15 instrumentos en paralelo, usando un par de cables, y una fuente en caso que se requiera, A diferencia del modo punto a punto las direcciones de los dispositivos van del 1 al 15 y las salidas de corriente de cada uno se digan en 4mA. Para este modo de operación los controladores e indicadores de deben contar con un HART MODEM. Las consecuencias más destacables de este modo de transmisión son dos, retardo en la comunicación Maestro-Esclavo. Y pérdida de la señal análoga, ya que como se dijo anteriormente, la corriente de salida de cada instrumento se fija en 4mA.

Figura 24: Comunicación Multipunto Red HART

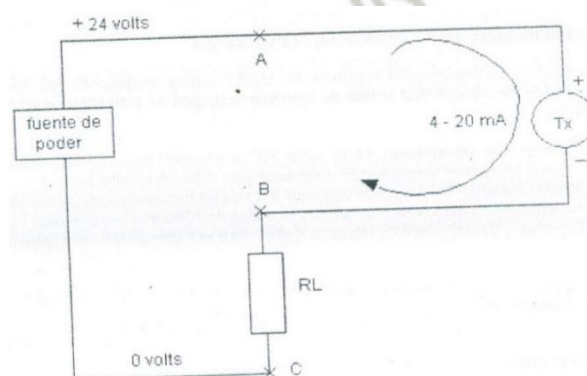


Fuente: www.emerson-proces.com

3.3.2.3 Lazo de Conexión de la Red HART

Se aplica una conexión convencional para un transmisor alimentado por lazo de corriente de dos hilos, en la práctica los tres elementos (la fuente de poder, el transmisor TX y la resistencia de carga, RL) se pueden conectar en cualquier orden, ya que se conectan en serie, y cualquier punto del circuito puede ir a tierra. Las especificaciones de HART permiten resistencia de carga de 230 a 1100 ohms.

Figura 25: Lazo de Conexión de la Red HART

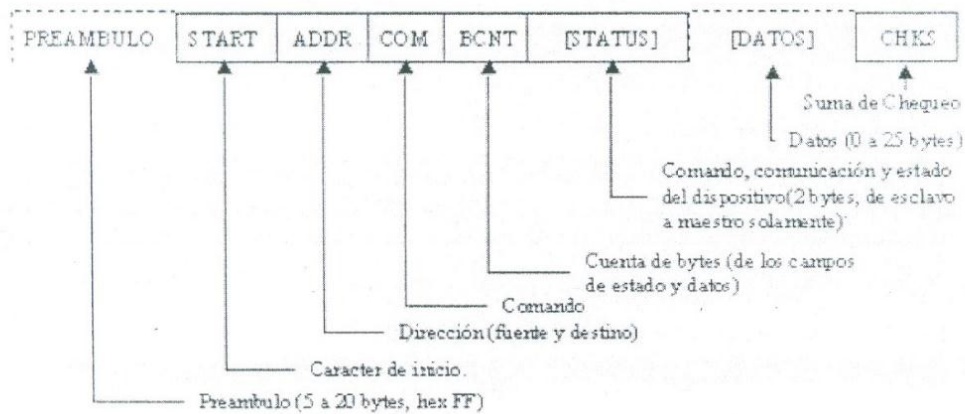


Fuente: www.emerson-proces.com

3.3.2.4 Estructura del mensaje HART

Cada mensajes en el protocolo HART, incluye las direcciones de su fuente y destino, para asegurarse de que es recibido por el dispositivo correcto, y tiene una suma de verificación (cheksum) para poder detectar cualquier corrupción del mensaje. El estado del dispositivo de campo está incluido en cada mensaje de respuesta, indicando su estado de operación correcto. Puede o no haber información o datos incluidos en el mensaje, dependiendo del comando en particular. Dos o tres transacciones de mensajes se pueden realizar cada segundo.

Figura 26: Estructura del Mensaje HART



Fuente: www.emerson-proces.com

3.3.3 Red DeviceNet

DeviceNet es una red abierta creada por Rockwell Automation en el 1993. Se basa en el protocolo CAN (Controller Area Network), es una red de control inteligente de bajo costo que conecta una amplia gama de dispositivos inteligentes como sensores, válvulas, lectores de código de barras, actuadores, variadores de frecuencia, PC's, controladores lógicos programables.

DeviceNet permite que los dispositivos industriales puedan ser fácilmente interconectados en una red y ser manejados remotamente, es ideal para aplicaciones que se beneficien de una estrecha integración entre dispositivos.

3.3.3.1 Método de Operación de la Red DeviceNet

Se basa en el estándar ISO de siete capas para redes de comunicaciones (modelo OSI). Utiliza el protocolo CAN, que es un protocolo orientado a mensajes, para la capa de enlace y CIP (Common Industrial Protocol), que es un protocolo orientado a objetos. El método de acceso al medio es el CSMA/NBA, lo que significa que antes de transmitir un nodo “escucha” si alguien más está transmitiendo y solo en el caso de estar libre el canal comienza a transmitir (CSMA: Acceso Múltiple por Detección de Portadora). Si dos nodos comienzan a transmitir al mismo tiempo se da prioridad al que tenga el identificador más bajo pero no se pierde la información transmitida (NBA: Arbitraje de Bit No destructivo). Una vez que un nodo está transmitiendo” escucha” también lo que el mismo transmite para detectar errores.

A través del protocolo CIP pueden enviar mensajes explícitos o de información, que generalmente requieren una respuesta de otra unidad pero no son de tiempo crítico) o Implícitos (o de control, son paquetes de información crítica usados para transmitir datos en tiempo real). Una vez hecha la conexión el identificador CAN direcciona la información al nodo correspondiente.

Las funciones que cumple el protocolo CIP en las distintas capas son:

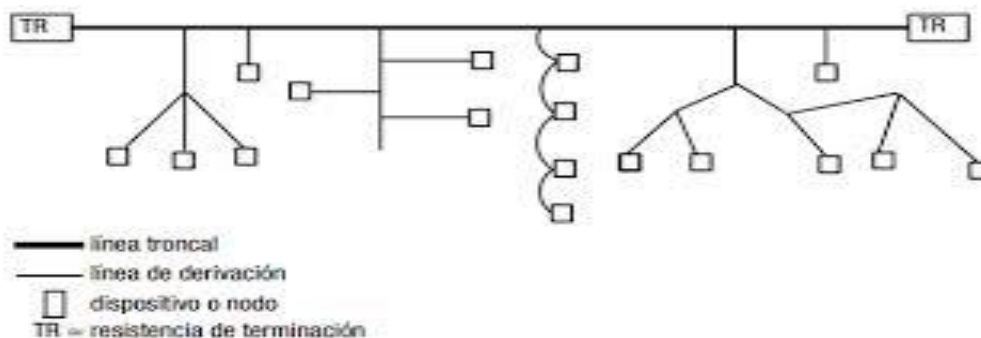
- Capa de Aplicación: le presenta al usuario una lista de nodos, con sus objetos y a su vez la clase, los servicios, los atributos y las distintas reacciones de estos últimos.
- Capa de Presentación: se encarga de traducir los datos ingresados por el usuario en datos que pueda entender la capa inferior.
- Capa de Sesión: lleva un control de las conexiones abiertas y se encarga de enrutar los datos. Se colocan las MAC ID del nodo en el que se encuentra el objeto, el número de clase e instancia y el servicio requerido, de modo que la capa inferior pueda realizar el ruteo.

3.3.3.2 Topología de la Red DeviceNet

En esta Topología de Red DeviceNet soporta una topología “trunk-line/drop-line”, lo que significa que los nodos se pueden conectar directamente a la línea principal o mediante derivaciones cortas, con longitudes máximas de 6 metros.

Cada red DeviceNet permite entonces conectar hasta 64 nodos donde un nodo es utilizado por el “scanner” maestro y el nodo 63 es reservado como el nodo por defecto, quedando disponibles 62 nodos para los dispositivos. Sin embargo la mayoría de los controladores industriales permiten conectarse a múltiples redes DeviceNet, con lo cual se puede ampliar la cantidad de nodos interconectados.

Figura 27: Topología de la Red DeviceNet



Fuente: www.emerson-proces.com

3.3.3.3 Velocidad de la Red DeviceNet

Se utilizan cables gruesos para la línea principal ya que permiten una mayor longitud de distribución de la red. Menores velocidades de transmisión de datos posibilitan también mayores distancias de transmisión, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 9: Velocidades de la Red DeviceNet

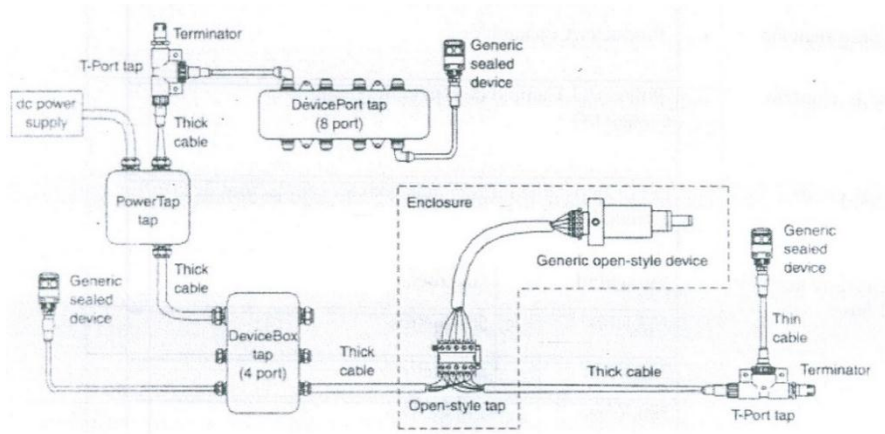
VELOCIDADES	125 KBPS	250 KBPS	500 KBPS
Longitud de cable grueso	500 m	250 m	100 m
Longitud de cable fino	100 m	100 m	100 m
Cable Plano	380 m	200 m	75 m
Máxima longitud de línea de bajada	6 m	6 m	6 m
Longitud de bajada acumulativa	156 m	78 m	39 m

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.4 Derivaciones y Conexiones

Las derivaciones se hacen a través de unos conectores especiales (taps). También es necesario el uso de terminaciones con impedancia de 121 ohm, aproximadamente.

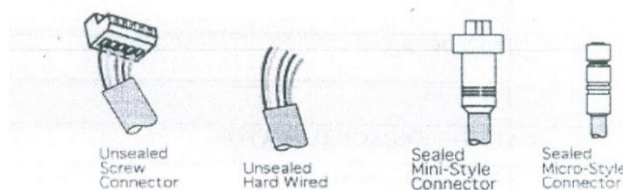
Figura 28: Ejemplo de Conexiones en el Protocolo DeviceNet



Fuente: www.emerson-proces.com

Los conectores terminales de los dispositivos pueden ser diversos tipos en el Protocolo DeviceNet.

Figura 29: Tipos de Conectores DeviceNet



Fuente: www.emerson-proces.com

3.4 Modo de Control

3.4.1 Modo de Control PID (Proporcional, Integral y Derivativo)

En este proyecto aplicaremos un modelo complejo de control, que es la combinación de los modos de control proporcional, integral y derivativo. En este sistema puede ser usado virtualmente para cualquier condición del proceso de transportación de la cal a un silo a distancia.

Esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones individuales. La ecuación de un controlador combinada usaremos una expresión analítica como es:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Y su función transferencia resulta:

$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

Donde todos los términos han sido definidos previamente

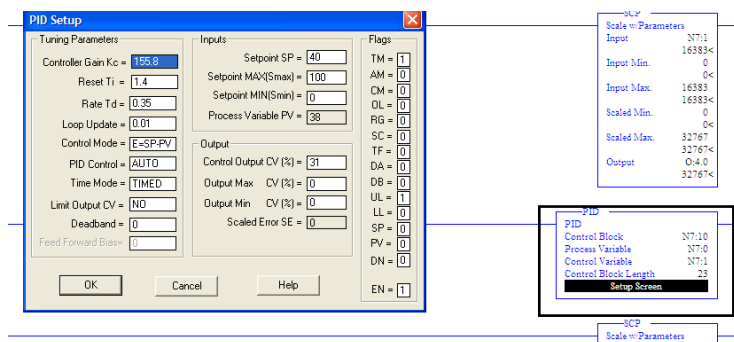
Este modo de control PID, se elimina el offset del modo proporcional y también provee una rápida respuesta como muestra en la figura.

3.4.2 Funcionamiento del Bloque PID en la programación Ladder

Existen algunos términos especiales usados en el control de procesos. El siguiente resumen define algunos de estos términos y muestra como ellos se relacionan con las ecuaciones presentadas. Funciona bien, cuando el proceso es lineal.

Al desarrollar la programación en el Software RSLogix 5000, realizaremos un Control PID, y seleccionaremos dentro de la programación en Ladder un bloque llamado PID, que se encargara de realizar toda la función matemática del control seleccionado.

Figura 30: Bloque PID Ladder



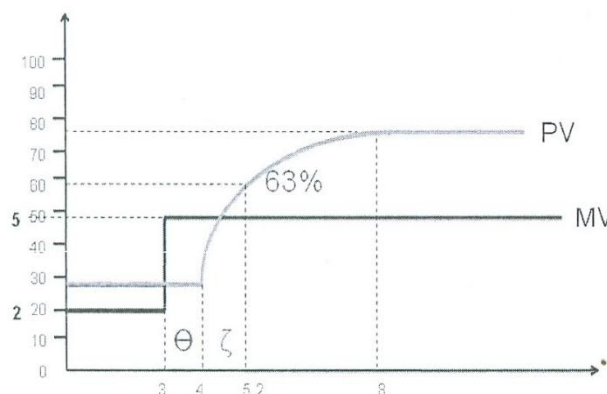
Fuente: Elaboración Propia

La instrucción PID necesita de un bloque de 23 palabras de un archivo tipo entero para operar debidamente. Ese bloque contiene los valores de resultados parciales que la instrucción obtiene mientras realiza la operación PID.

3.4.3 Método de Sintonización de Ziegler – Nichols en PID

Para controlar el proceso, necesitamos emplear un método de respuesta a escalón de Ziegler – Nichols, también llamada método de ciclo último, que caracteriza un sistema mediante dos parámetros, θ y τ obtenido a partir de la respuesta a lazo abierto o cerrado.

Figura 31: Señal Escalón de un lazo de Control



$$G(s) = \frac{k}{\zeta s + 1} \cdot e^{-\theta s}$$

Fuente: www.automation-instruments.com

Según este procedimiento de sintonización los parámetros del controlador puede obtenerse de acuerdo con las expresiones de la siguiente tabla. Seleccionamos el cuadro de PID, que es el control que usaremos.

Tabla 10: Método del Ziegler - Nichols

$\frac{Ke^{-\theta*s}}{\tau s + 1}$	Kc	Ti	Td
P	$\frac{1}{K} \left(\frac{\tau}{\theta} \right)$	-	-
PI	$\frac{0.9}{K} \left(\frac{\tau}{\theta} \right)$	3.33 θ	-
PID	$\frac{1.2}{K} \left(\frac{\tau}{\theta} \right)$	2 θ	0.5 θ

Fuente: Elaboración Propia

Los ajustes del controlador están basados en las condiciones que generan la oscilación. El método está desarrollado a través de los siguientes pasos.

- Reducir cualquier acción integrativa y derivativa para minimizar su efecto.
- Empezar gradualmente a incrementar la ganancia proporcional mientras aplica pequeños disturbios periódicos a proceso.
- Anotar la ganancia crítica K_c a partir de la cual la variable dinámica empieza a exhibir ciclos sostenidos. Es decir, oscilaciones alrededor del setpoint.
- Anotar el periodo crítico T_c de estas oscilaciones medidos en minutos.

3.4.4 Lazo de Control Cerrado

El paso final para la implementación de un lazo de control consiste en ajustar los parámetros del controlador. Si el controlador puede ser ajustado para dar una respuesta satisfactoria, se presume que el lazo de control ha sido bien diseñado.

Al aplicar el método de sintonización Ziegler y Nichols de los controladores Proporcional-Integral - Derivativo o simplemente controlador PID, consiste en determinar del ajuste de sus parámetros (K_c , T_i , T_d), para lograr un comportamiento del sistema de control aceptable y robusto de conformidad con nuestro proceso.

Donde:

K_c = ganancia del controlador

T_i = Tiempo integral (minutos)

T_d = Tiempo derivativo (minutos)

Para poder realizar la sintonización del controlador, primero debe identificarse la dinámica de nuestro proceso y a partir de esta determinamos los parámetros del control para nuestro sistema de lazo cerrado.

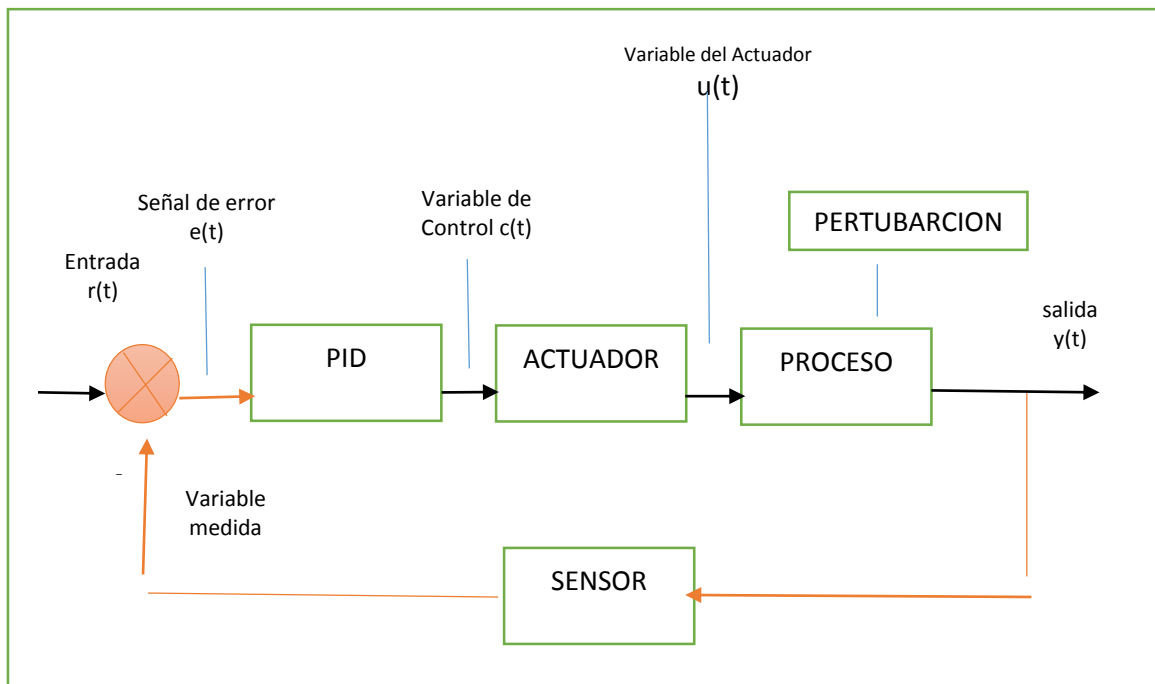
Debemos de encontrar una zona optima, tener nuestro proceso de cal que funcione bajo un criterio, a través de la sintonización ajustaremos el estado de nuestro proceso. La diferencia entre ambos valores es el error: VA =Variable de Proceso, VR =Variable de Referencia o también conocida como el Setpoint o la señal de entrada.

$$E = VR - VA$$

Donde el error debe ser menor a 1.

Nuestro lazo de control Cerrado.

Figura 32: Sistema de Lazo de Control Cerrado



Fuente: Elaboración Propia

3.4.4.1 Funcionalidad del Sistema de Control

El objetivo de un sistema de control es hacer que el error en la ecuación, sea exactamente 0. Pero los sistemas de control solo responden a errores (cuando ocurre un error el sistema de control toma una acción que procura llevarlo a cero). Por el contrario si el error fue cero y permanece en cero el sistema de control se mantiene estacionario ya que no necesita modificar. Por otro lado, este objetivo puede no ser perfectamente alcanzado, ya que siempre existe un error. La pregunta sería que tan grande puede ser el error y como varía el tiempo.

El objetivo de nuestro proyecto es tomar en cuenta los regímenes del sistema de control, que son la estabilidad, Regulación, regulación transitoria, criterio de Evaluación, la finalidad del primer concepto simplemente significa que el sistema de control debe ser diseñado y ajustado tal que el sistema alcance la inestabilidad.

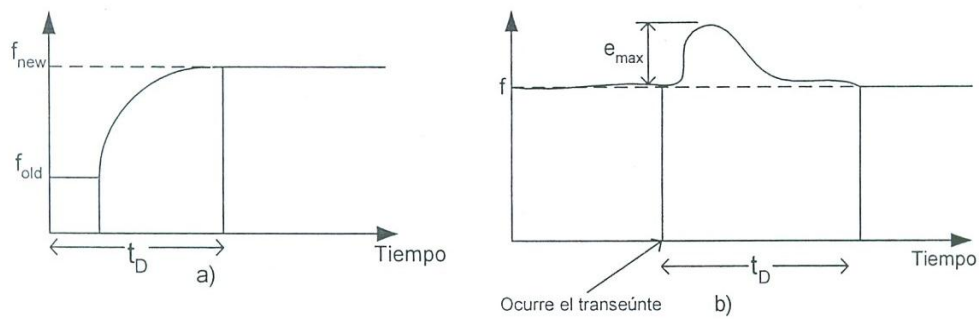
Típicamente, a medida que el sistema de control es ajustado para mejorar el control, el riesgo de inestabilidad también se incrementa.

- Estabilidad: puede causar que la variable del proceso pueda llegar a ser inestable. Considere un proceso con una variable tal “presión” etc. La cual está sin regular pero varía con suaves desplazamientos. Un sistema de control que intente regular la variable puede causar una variación inestable. La variable controlada es regulada cuando el sistema es encendido súbitamente empieza a mostrar gruesas oscilaciones, esto se debe a que muestra una inestabilidad.
- Regulación: significa que el error permanente debe ser mínimo. Generalmente, cuando un sistema de control es diseñado se busca una desviación permitida de, esto significa que las variaciones de la variable dentro de este rango son esperadas y aceptadas.
- Regulación Transitoria: este procedimiento es cuando la variable controlada ocurre algún evento súbito que pueda causar una variación. Por ejemplo, pudo haber ocurrido un cambio en el setpoint en la presión de nuestro silo. Supongamos que el setpoint en el caso de la presión antes mencionado cambió repentinamente a 30 Bar. La regulación transitoria específica como el sistema de control debe reaccionar para llevar la presión a este setpoint.
- Criterio de Evaluación: el término sintonizar es usado para indicar como el lazo de control de proceso es ajustado para permitir el mejor control.

Donde el criterio a aplicar requiere que la variable controlada exhiba una respuesta tal como la mostrada la figura 25, para excitaciones consecuencia de cambios en el setpoint y efectos transitorios.

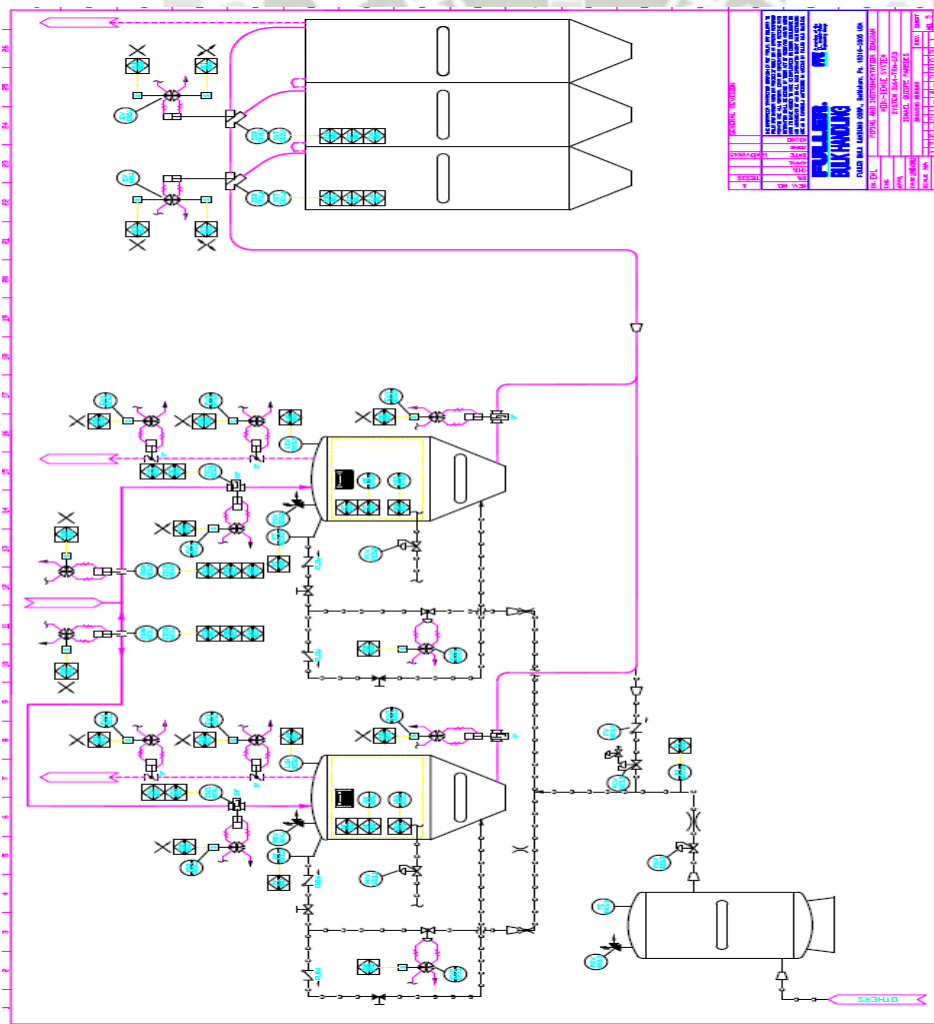
Observar que el error tiene solamente una polaridad (nunca oscila alrededor del setpoint) para este caso las medidas de calidad son duración T_d de la excursión y para el transitorio el máximo error $e_{máx}$. La duración es el tiempo en que tarda el error en recuperar su valor permitido.

Figura 33: Funcionalidad del Sistema de Lazo Cerrado



Fuente: www.automation-instruments.com

3.5 Diagrama de Instrumentación de Tuberías P&ID



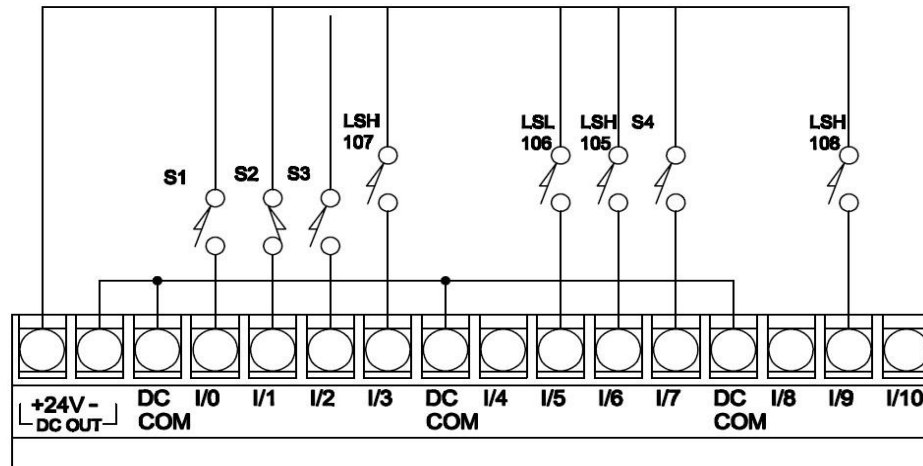
Fuente: Elaboración Propia Plano en AutoCad PI&D

3.6 Diagrama de Conexiones Eléctricas

Entradas

Se tiene las entradas que son por contacto NO y NC las cuales permiten obtener una señal de entrada para el PLC.

Figura 34: Bloque de entradas discretas, de conexiones eléctricas del PLC



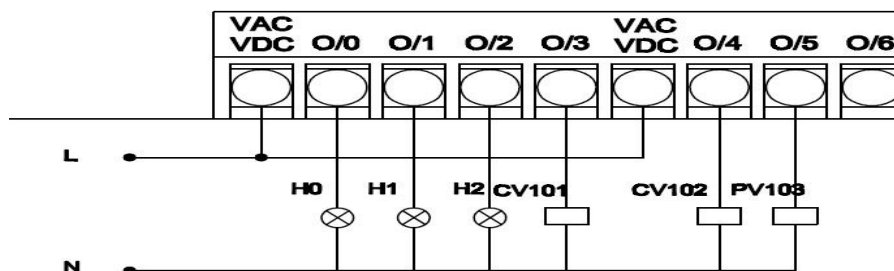
Fuente: www.sneider-electrical.com

Revisar anexos donde se encuentra el plano de conexiones eléctricas del PLC RSLogix 5000.

Salidas

Se tiene las salidas del PLC de las cuales 3 son para lámparas indicadoras y 4 para solenoides que permitirán la apertura de las válvulas neumáticas.

Figura 35: Bloque de salidas discretas, conexiones eléctricas del PLC



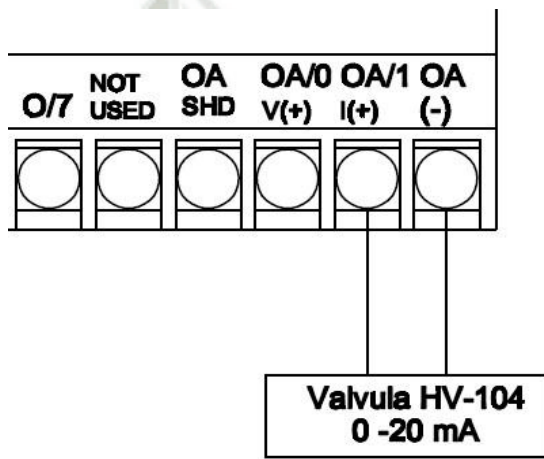
Fuente: www.sneider-electrical.com

Revisar anexos donde se encuentra el plano de conexiones eléctricas del PLC RSLogix 5000.

Salida analógica

Se tiene la salida analógica que permite a la válvula HV_1 posicionarse de acuerdo al operario para aliviar la presión interna del tanque de transportación esto viene de acuerdo a proceso y es variado por el operario.

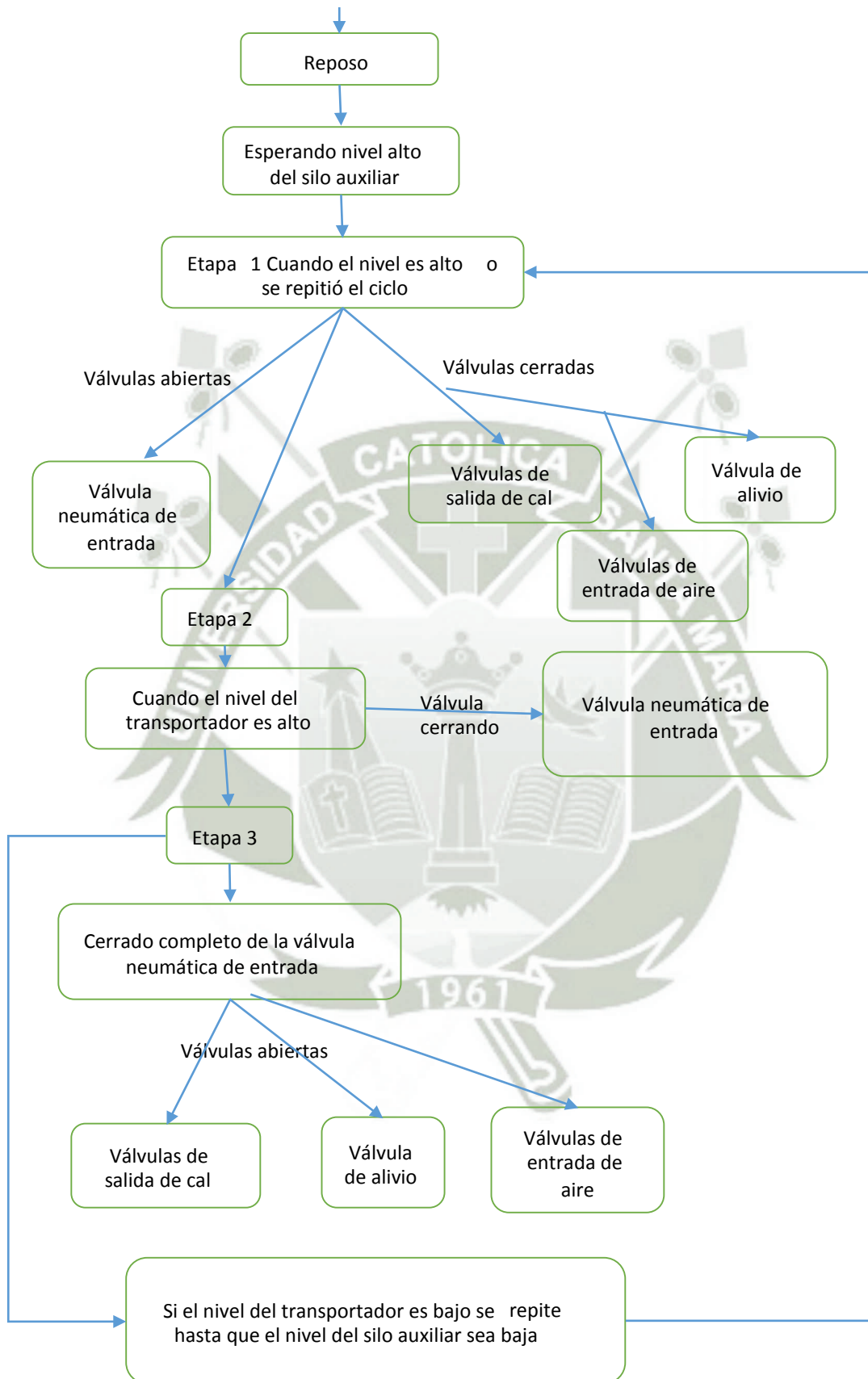
Figura 36: Bloque de salidas analógicas, eléctricas del PLC



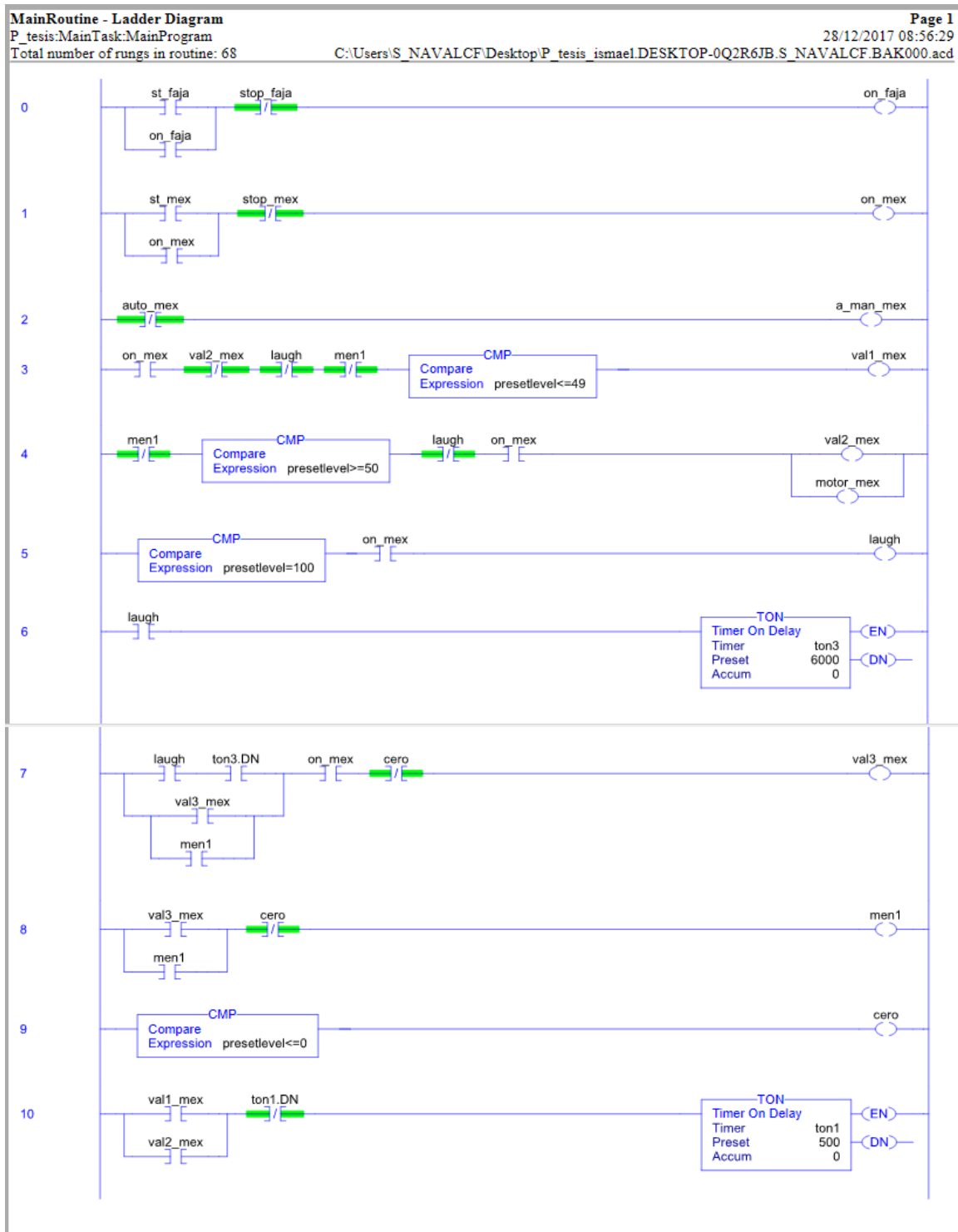
Fuente: www.sneider-electrical.com

Revisar anexos donde se encuentra el plano de conexiones eléctricas del PLC RSLogix 5000.

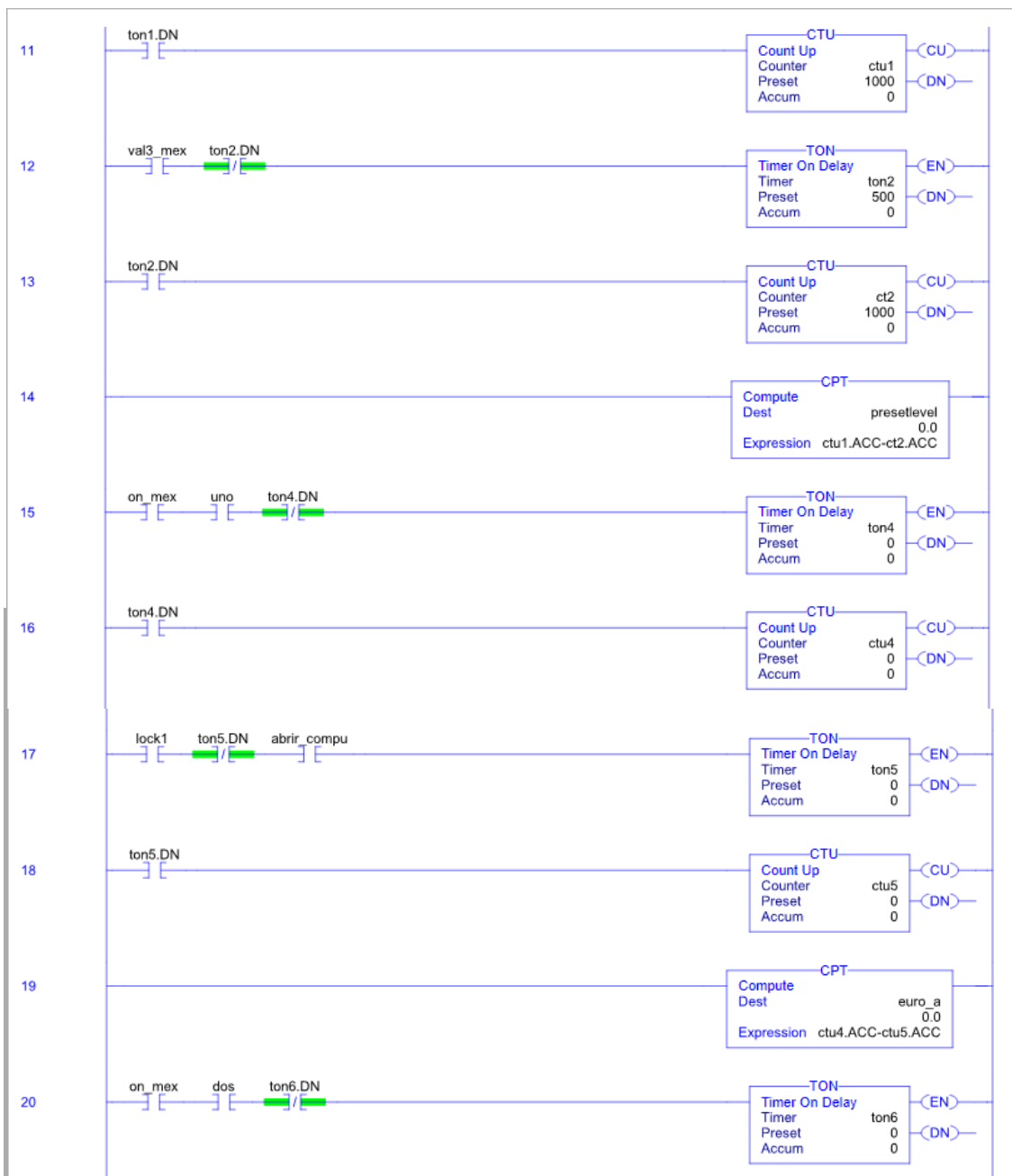
3.7 Diagrama de Transición de Datos



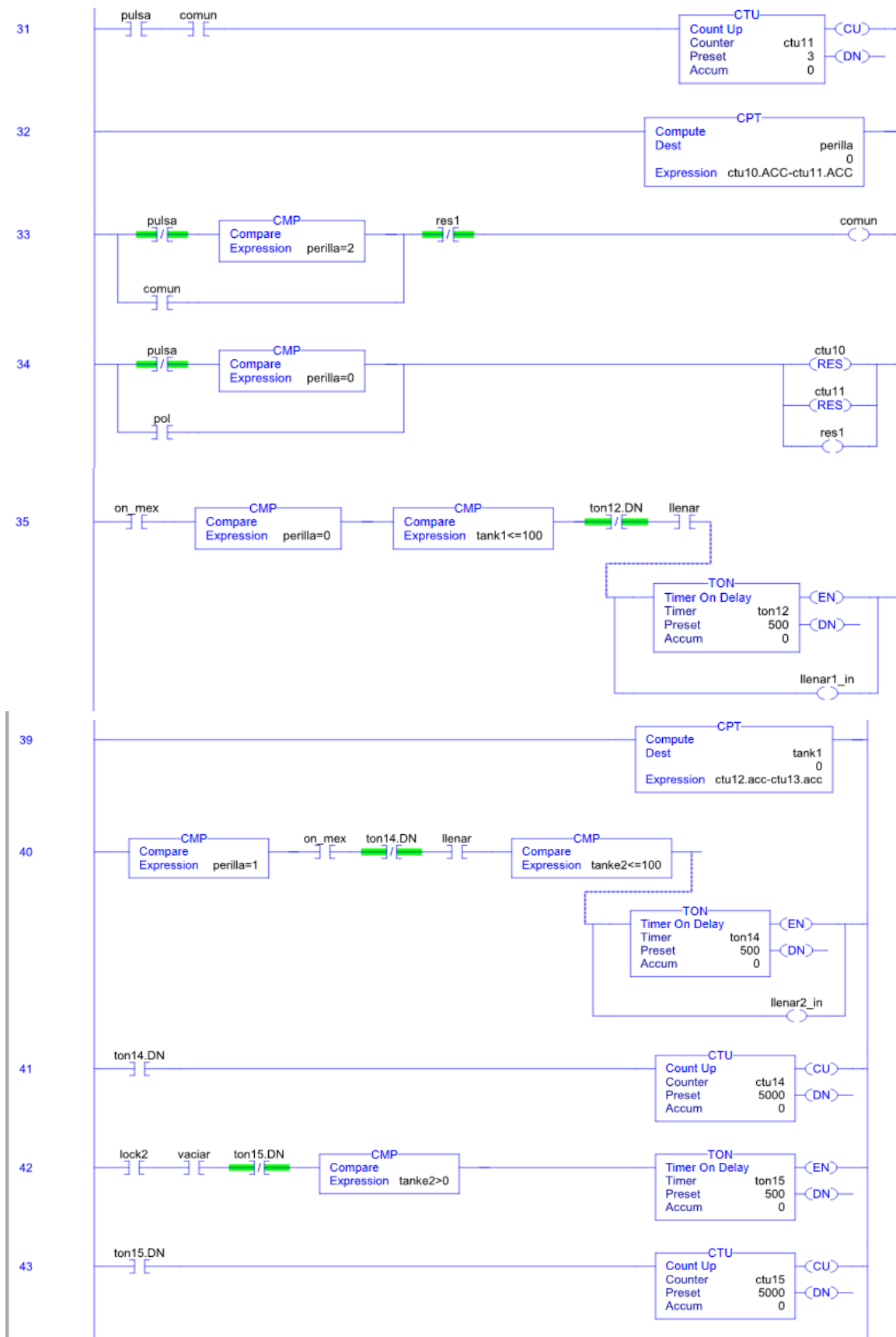
3.8 Programación en PLC Ladder RSLogix 5000

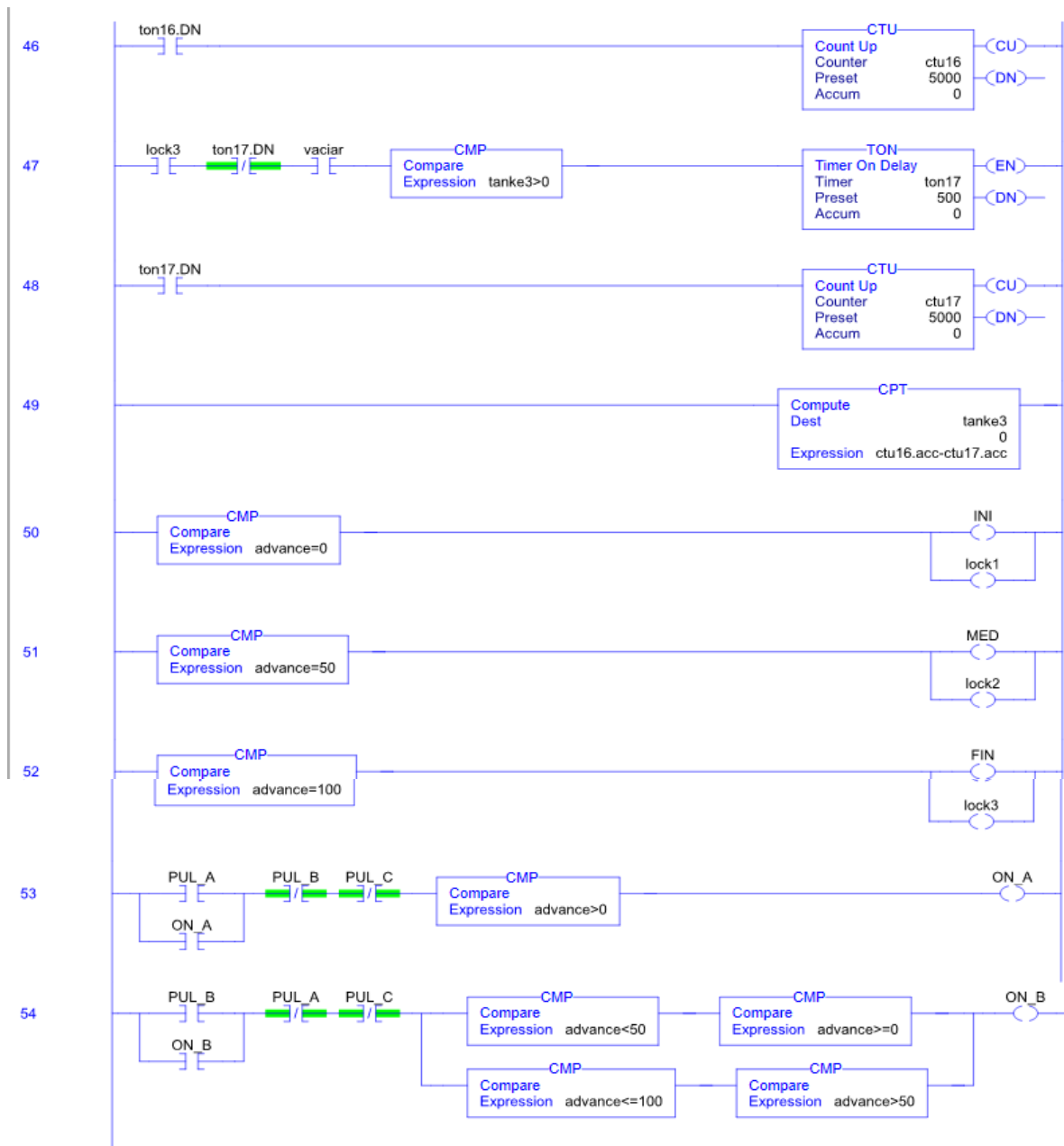


En esta es la secuencia de programación de la faja trasportador de cal hacia los molinos de bolas, también se aquí también se muestra la programación del dosificador químico tanque de mesclado, también está la simulación del nivel del tanque del mezclador del mismo proceso.

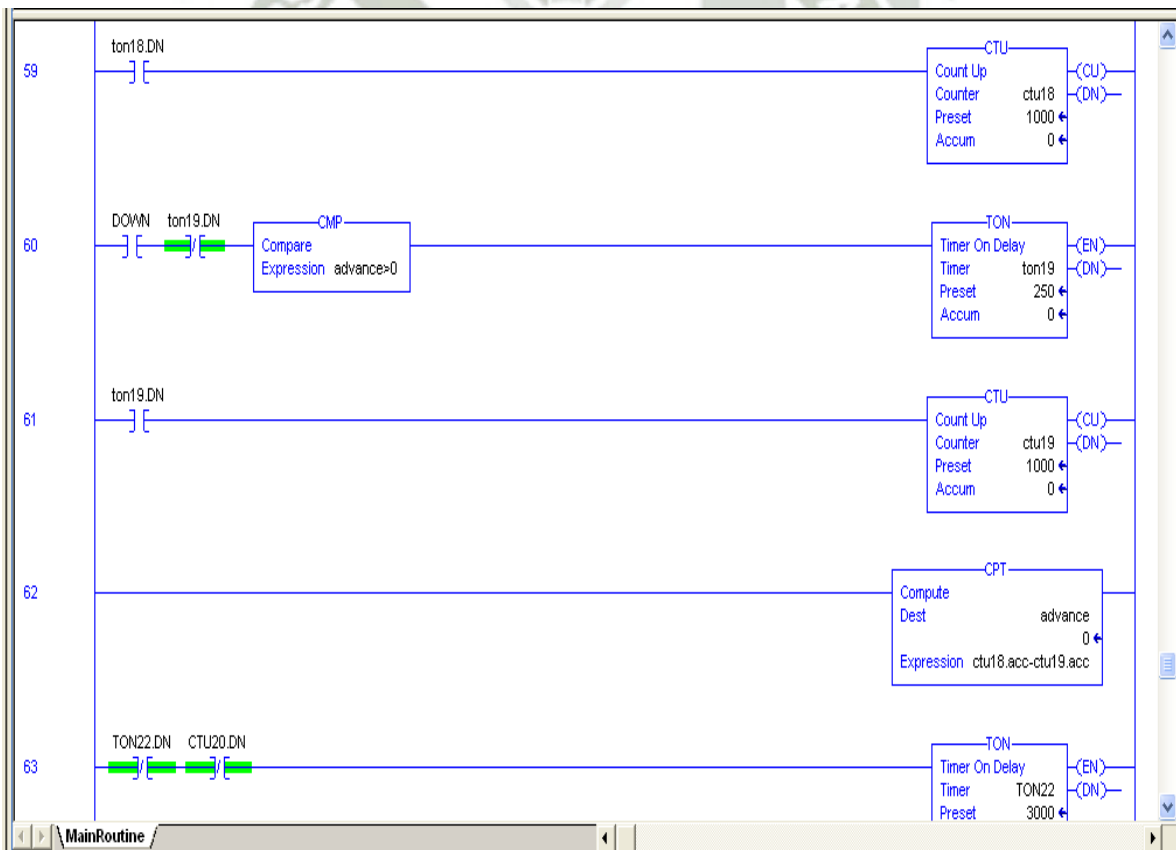
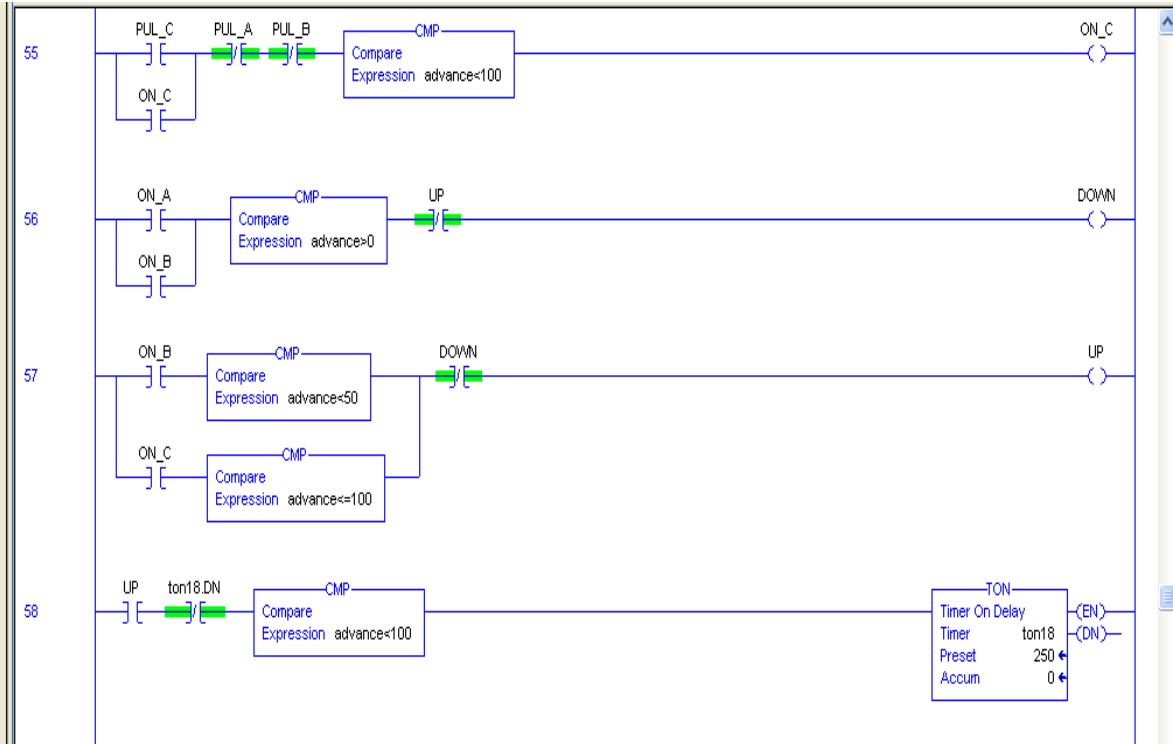


En esta es la secuencia de contadores de nivel y temporizadores de cada proceso de llenado y de vaciado del silo 1 la secuencia se repite para los silos 2 y 3.

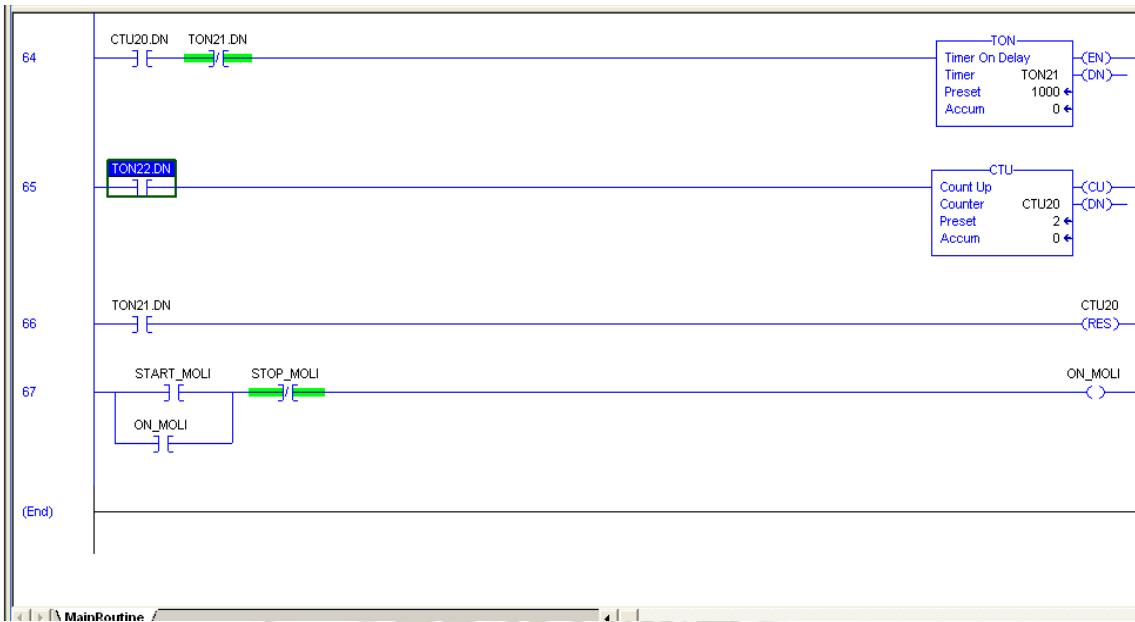




En esta página y en la anterior se muestra la secuencia de movilidad del hooper desde una lado hacia el otro lado de los silos estos movimientos los hace a través de los sensores limit swith aquí se representa con los tags pul_b y pul_c los cuales están enseriados con los bloques comparadores como se muestra aquí arriba en línea 54.



En esta página y en la anterior se muestra la secuencia de movilidad del procesamiento de la cal, activando los sensores capacitivos enviando una señal, para la comunicación.



En esta página el código fuente en ladder, da inicio a la operatividad del funcionamiento de los silos y estos van generando una señal eléctrica donde los medidores, analizadores en la planta van que generar un bit de señal.



CAPITULO IV

VALIDACIÓN DE PRUEBAS EN OPERACIÓN Y EJECUCIÓN DEL SISTEMA UTILIZANDO EL HMI

Las pruebas realizadas para verificar la operación y ejecución de sistema a través de las Funciones implementadas en el HMI son:

4.1.- Para evaluar la Usabilidad de la Presentación de Tesis:

En esta imagen nos muestra el nombre de la tesis con el respectivo logo de la Universidad Católica de Santa María, y quien es el desarrollador del HMI (Human Machine Interface) en la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta que lleva por nombre “Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSVIEW32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”.

Figura 37: Usabilidad de la Presentación de Tesis

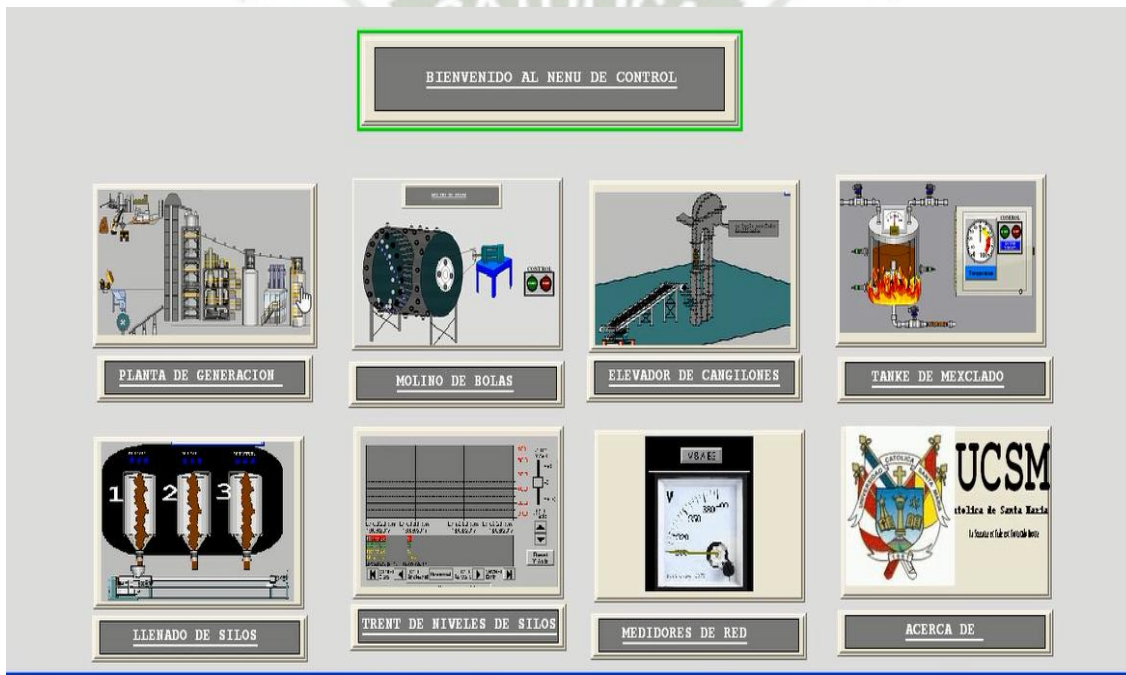


Fuente: Elaboración Propia

4.2.- Para evaluar la Usabilidad del Sistema en el MENU PRINCIPAL

Aquí tenemos nuestro MENU principal, con la finalidad de acceder a la supervisión de los diferentes procesos en tiempo real según sea nuestro criterio o prioridad en los eventos, para acceder a cualquier instancia debemos hacer clic en la figura o en su defecto en su respectivo nombre, nos mostrará nuestras diferentes funciones que vamos a presentar en esta propuesta de “Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”. Dado lugar a la utilización de un manual con especificaciones e indicaciones de uso de la distribución de la cal.

Figura 38: Usabilidad del Sistema en el Menú Principal



Fuente: Elaboración Propia

4.3.- Para evaluar eficacia en la Supervisión del Proceso del TRATAMIENTO DE CAL:

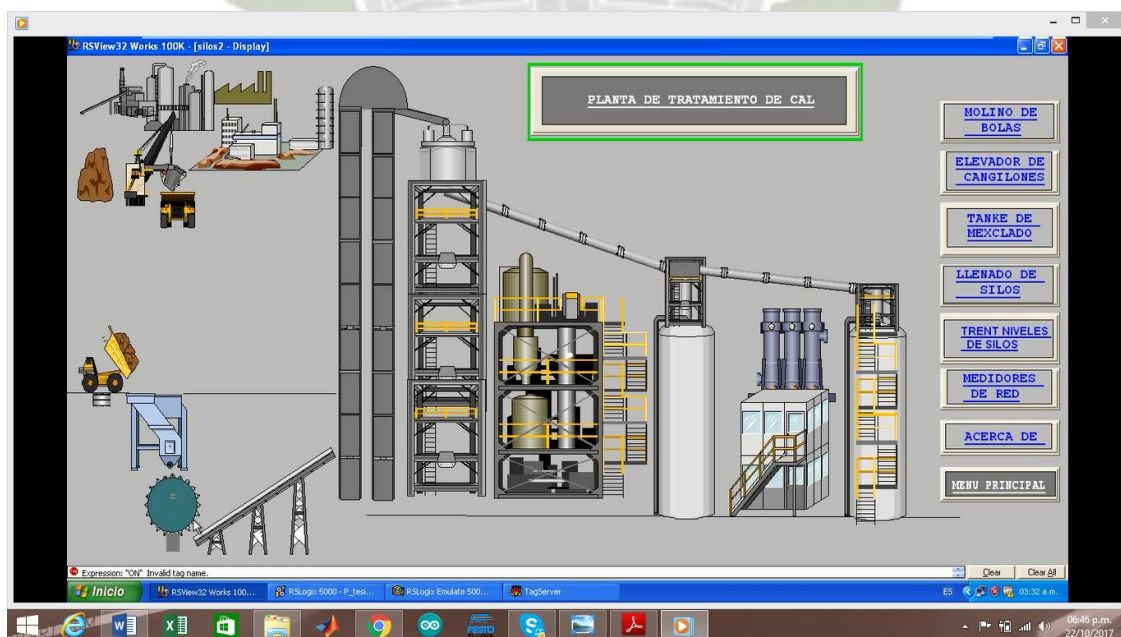
Mostramos la planta industrial de tratamiento de cal, hay una área de voladura de mineral para lo cual la maquinaria pesada como la retroexcavadora es llenado del material solido de cal a un camión minero Caterpillar 797F donde los camiones transportan el sólido de cal a una faja transportadora y esto permite la distribución

de la cal por tubería de gran dimensión manteniendo el producto limpio, puro y seco. Una vez distribuida la cal por tubería, logra llegar a los silos auxiliares para determinar a otros procesos. O también para su almacenarían y/o comercialización, en la parte derecha nos muestra los botones de acceso rápido, que nos permitirá acceder remotamente a los diferentes procesos de monitorización de la planta así como tomo de decisiones por lo cual cada botón puede ser comando por el operador adiestrado para operar la planta remotamente desde cualquier ubicación e incluso desde su hogar o desde un aplicativo app en su celular teniendo en cuenta los niveles de seguridad o de acceso.

Se refiere niveles de seguridad o de acceso según sea el cargo del operador por ejemplo un operador solo tendrá acceso de operación cuando este dentro de la planta más un jefe supervisor de área tendrá acceso cuando este dentro de la planta como fuera de ella a través de internet.

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

Figura 39: Evaluar el Proceso del Tratamiento de la Cal



Fuente: Elaboración Propia

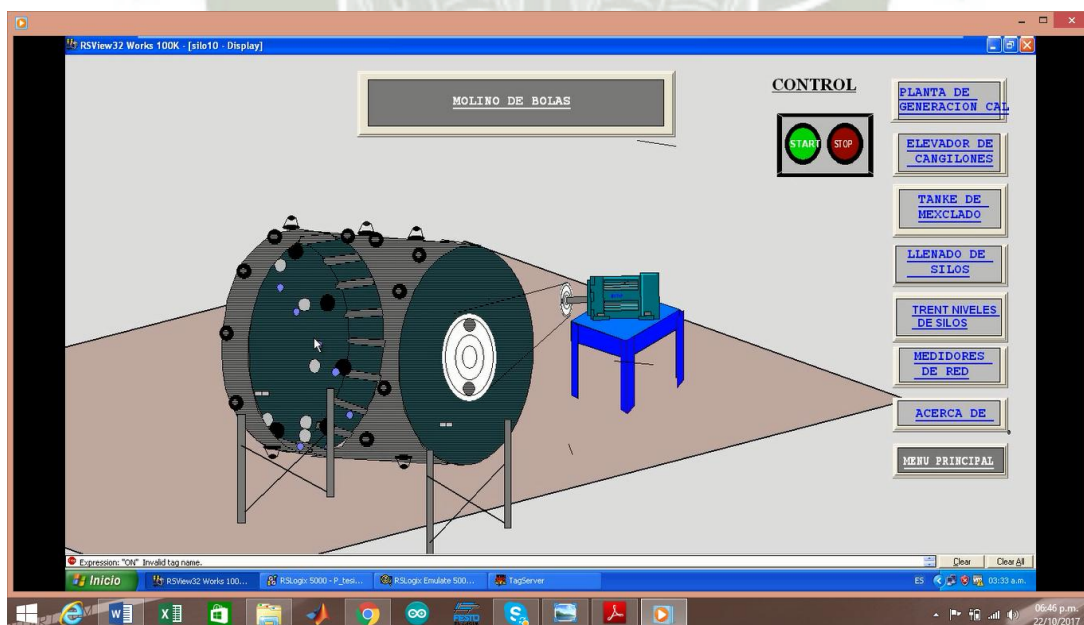
4.4.- Pantalla de MOLINOS DE BOLAS:

Mostramos la planta industrial de cal, el molino de bolas está constituido por un control de encendido o apagado, la puesta en marcha será por un variador de velocidad el cual nos hará un arranque suave y sin picos de corriente elevada, el PLC manda un bit de inicio cuando se presiona el pulsador de start, y manda un bit cuando se presiona el pulsador de stop para paralizar el proceso, el operador tendrá a su cargo a través del HMI el inicio o parada del molino.

El molino de bolas es el encargado del chancado y tamizado de las piedras de cal pasando luego a la distribución de la cal, cabe destacar que al incrementar la frecuencia aumenta la velocidad de trabajo del motor eléctrico rotativo de un motor de corriente continua.

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta

Figura 40: Funcionamiento del Molino de Bolas



Fuente: Elaboración Propia

4.5.- Para evaluar la Confiabilidad en el Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal, de manera segura y rápida el transporte de la cal del punto de inicio al punto final en el ELEVADOR DE CANGILONES:

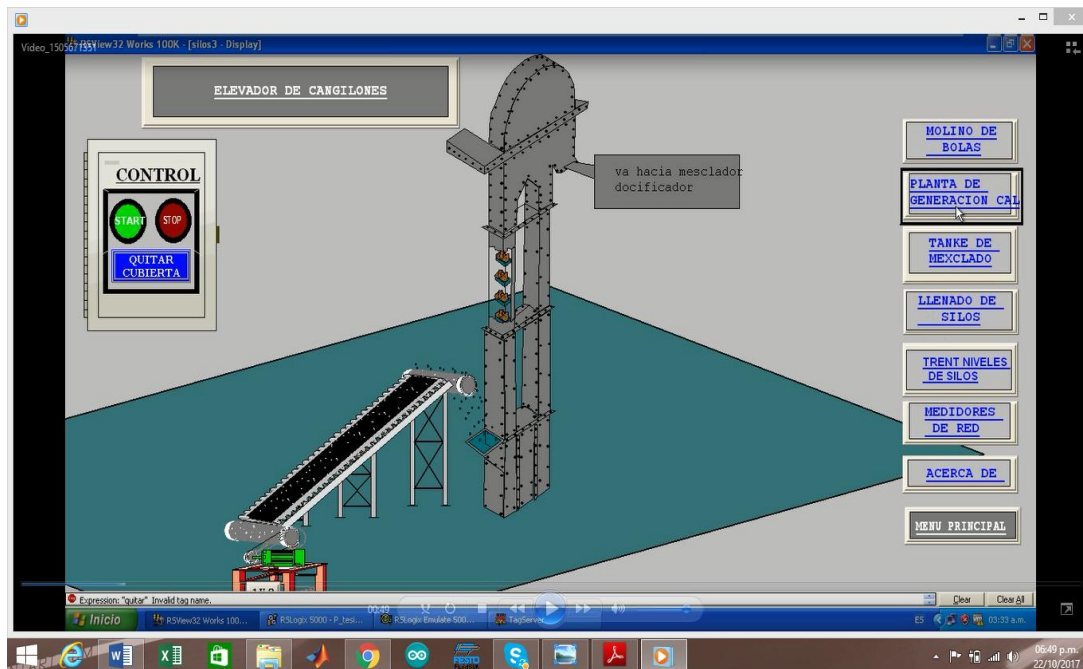
Mostramos la planta industrial de cal, el elevador de cangilones, la puesta en marcha será por un variador de velocidad el cual nos hará un arranque suave y sin picos de corriente elevada, el PLC mandará un bit de inicio cuando se presione el pulsador de start, y mandará un bit de para cuando se presione el pulsador de stop, el operador tendrá a su cargo a través del HMI el inicio o parada del elevador.

Se precisa que la faja transportadora esta conexas en paralelo con el elevador de cangilones es decir que si pulsamos start tanto la faja como el elevador de cangilones empezarán a funcionar en simultaneo puesto que si no hay material en la faja transportadora, entonces tampoco funcionará el elevador.

Una vez que el camión minero Caterpillar 797F descarga el mineral, esto es transportado por la faja transportadora en donde el sólido de cal es llevado a un mezclador de dosificador de cal.

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

Figura 41: Elevador de Cangilones



Fuente: Elaboración Propia

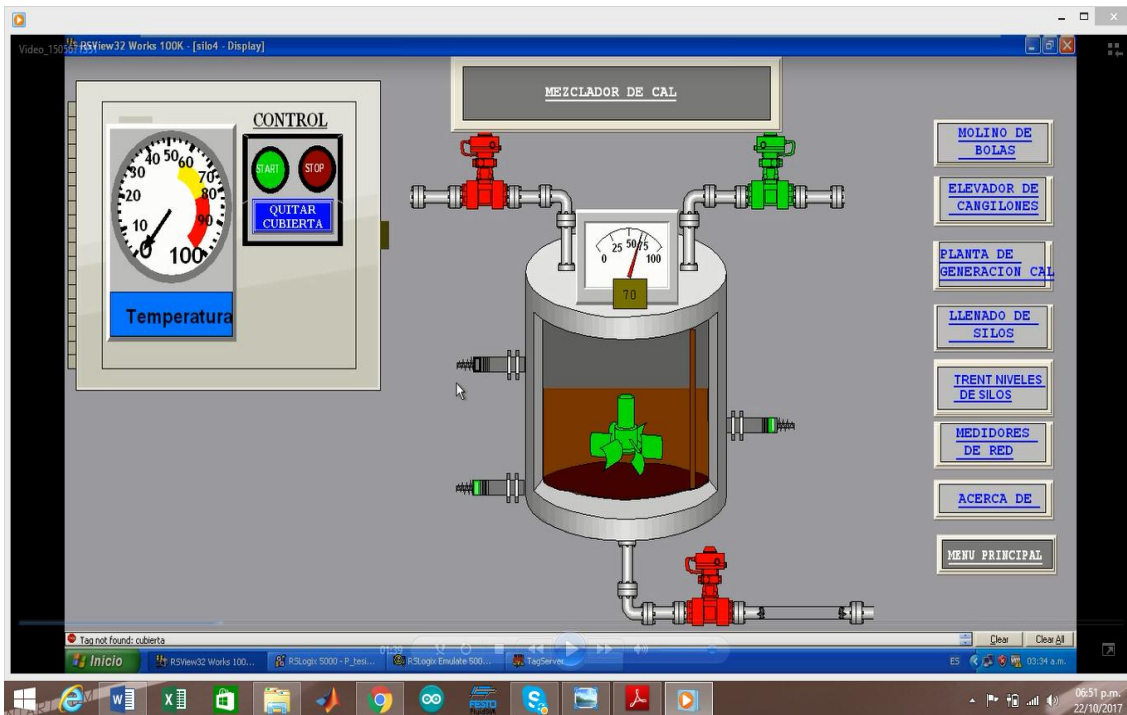
4.6.- Para evaluar la eficacia en el Control de los instrumentos y la comunicación de datos en el MEZCLADOR DE CAL:

Mostramos la planta industrial de cal, el mezclador de cal, se muestra el dosificador de cal es decir que aquí se realiza el mezclado de cal con aditivos químicos para su comercialización dicho procesos se representa con la entrada del aditivo cuando el nivel del tanque está a 50 % seguidamente cuando el tanque alcanza el 100 % de nivel se acciona una agitador para luego químicamente a través de un quemador a una temperatura de diseño pueda terminar dicho proceso de mezcla y dosificación, el operador tiene a su cargo la responsabilidad de supervisar desde el HMI el correcto funcionamiento de este proceso, a través de los sensores de nivel, en este caso se usaron sensores capacitivos de 4 silos una vez que el proceso termina empieza otra vez según el material acumulado.

Tanto el mando como la fuerza del sistema eléctrico están conectados a un PLC Allen Bradley a sus entradas digitales como también a sus salidas digitales el proceso es un lazo cerrado

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

Figura 42: Mezclador de Cal



Fuente: Elaboración Propia

4.7.- Para evaluar la Operatividad entre el operador y el proceso industrial en el LLENADO DE CAL:

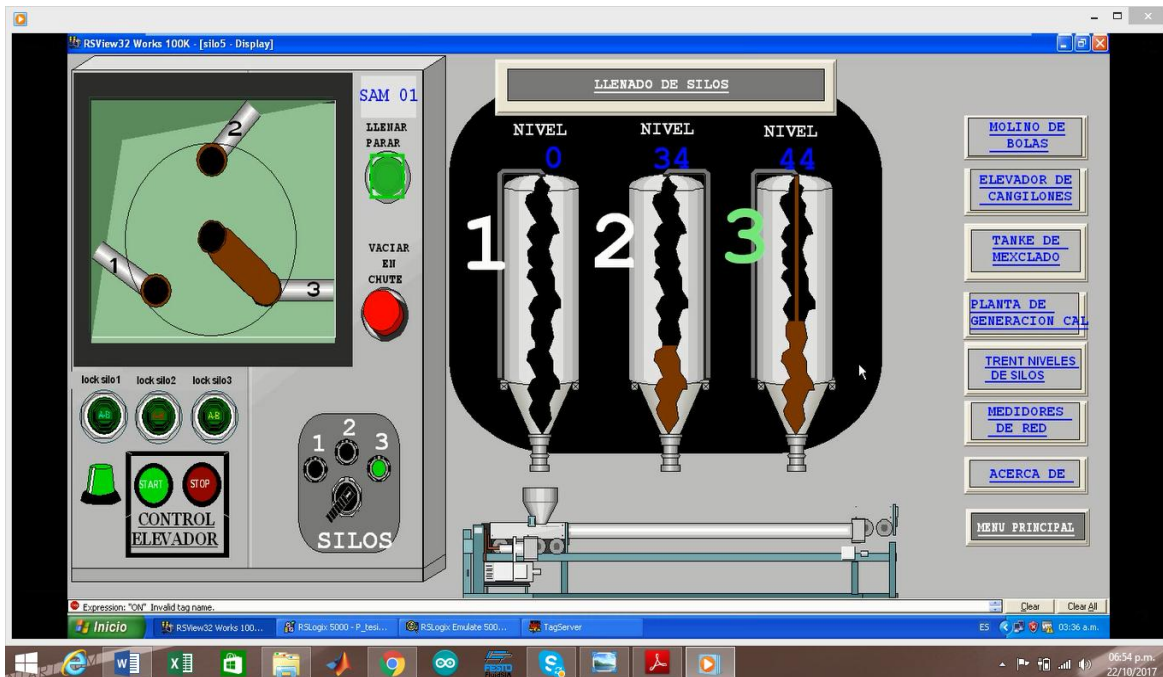
Aquí se muestra la manga que lleva la cal hacia los silos de almacenamiento. Que funciona de la siguiente manera:

El operador selecciona cualquier silo del silo N° 1 al silo N°3 según vea en el HMI el nivel de cada silo según sea el criterio de llenado del operador cada silo cuenta con un sensor ultrasónico conectado a un transmisor de nivel el cual nos dará el nivel que ocupa la cal dentro del silo.

Así como el operador puede llenar un silo también puede abrir el Hopper de descarga este Hopper está montado a un anillo sin fin el cual consta con dos limit switch para la detección del Hopper en los extremos del tornillo sin fin.

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

Figura 43: Operación del llenado de la Cal



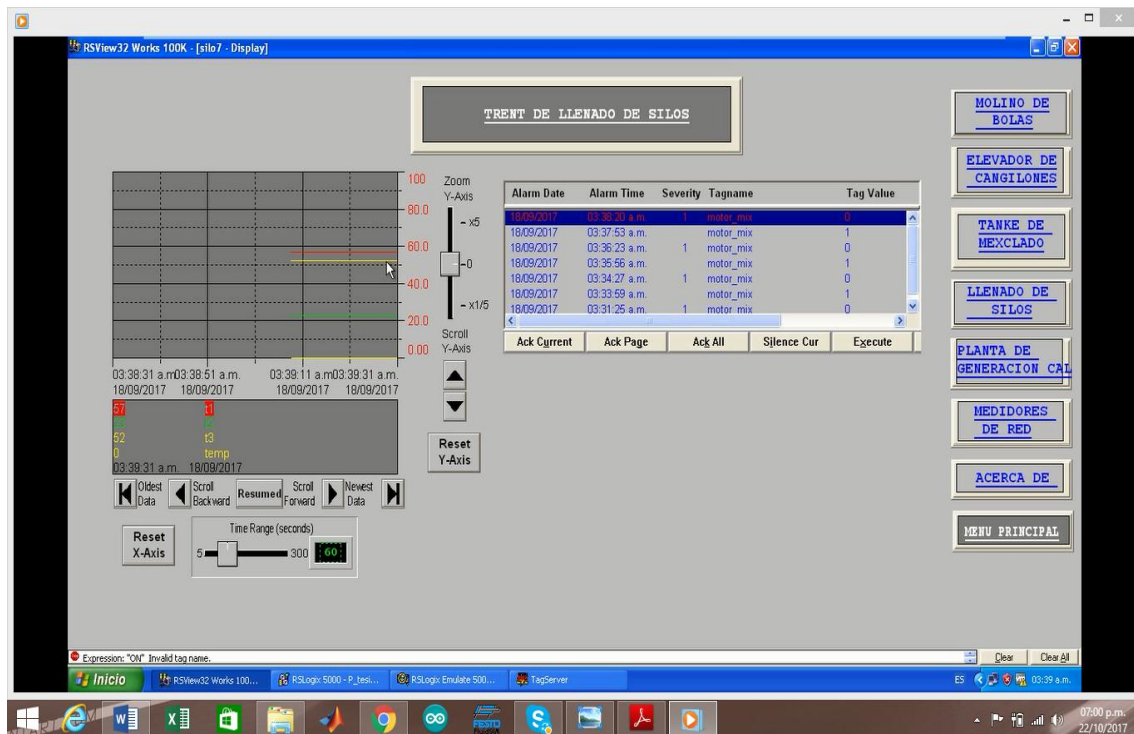
Fuente: Elaboración Propia

4.8.- Para evaluar la Optimización de tiempos de operación del proceso industrial es través del de TRENT DE LLENADO DE LOS SILOS DE CAL:

Aquí se muestra el trent de evento es decir que podemos acceder a lecturas analógicas de nuestros medidores de la planta así como algunas eventos anormales de funcionamiento de resumen.

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

Figura 44: Trends de llenado de los silos de la Cal



Fuente: Elaboración Propia

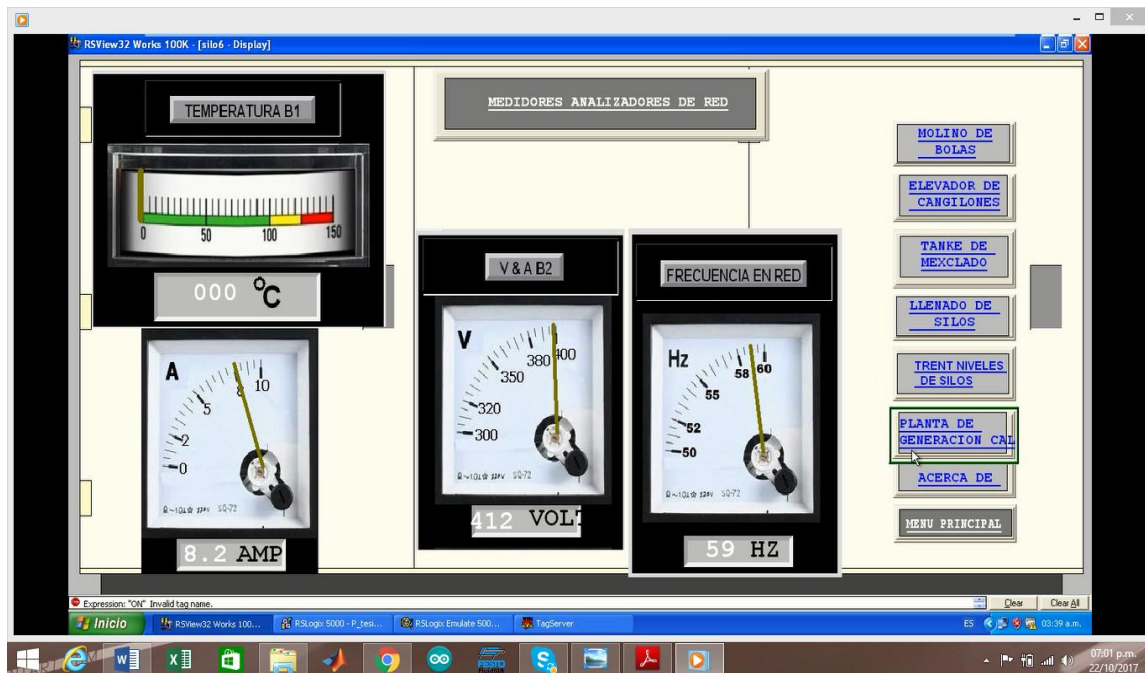
4.9.- Para evaluar la Estabilidad del Proceso en MEDIDORES ANALIZADORES DE RED ELECTRICA DEL TRATAMIENTO DE CAL:

De la misma manera aquí se puede apreciar los medidores de energía como voltaje o corriente de la planta así como la temperatura de funcionamiento del tanque dosificador en este HMI solo de visualización cualquier toma será con los HMI ya vistos y detallados anteriormente.

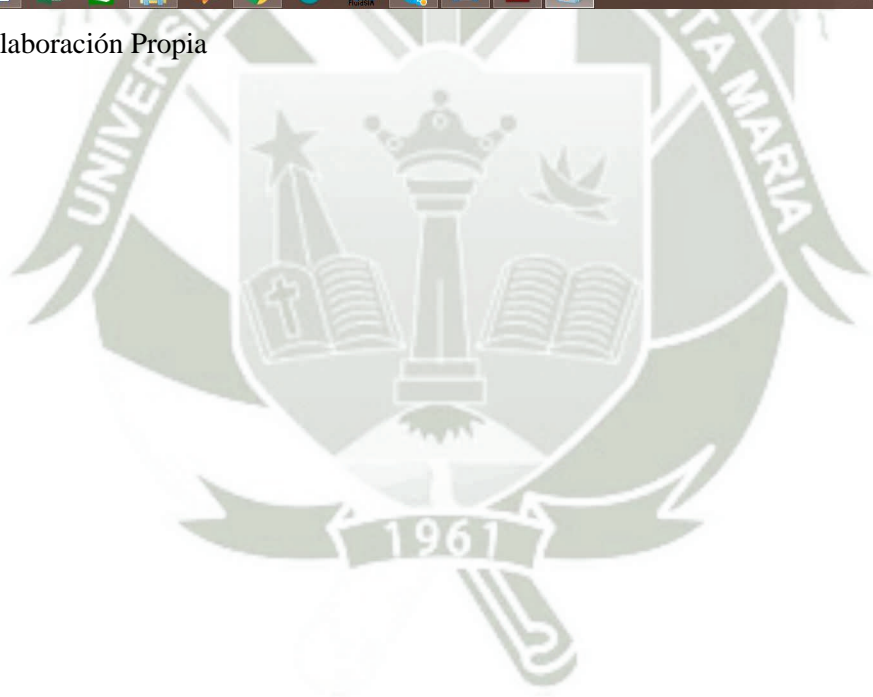
En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

En la parte derecha se representa los botones de navegación por los diferentes procesos de la planta pudiendo ingresar haciendo un clic encima de los botones, cada botón tiene un nombre específico representando un determinado proceso de la planta.

Figura 45: Medidores, Analizadores de la Red Eléctrica de la planta de Cal



Fuente: Elaboración Propia



CAPITULO V

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

5.1.- Estudio Técnico:

El análisis de factibilidad técnica de esta propuesta de tesis, se evalúa los equipos a utilizar y los simuladores de software, ya que estos se aplica en máquinas virtuales para el uso de aprendizaje y no institucional, ni comercial, con los software mencionado anteriormente se puede proponer, diseñar, evaluar, monitorear diferentes procesos de plantas industriales. La persona capacitada en desarrollar una propuesta industrial lograr determinar un informe técnico con referencia de insumos evaluados para la implementación del proyecto y así como la producción de bienes y servicios para la industria, el objetivo de esta factibilidad técnica es lograr satisfacer los requerimientos mediante tecnologías necesarias con un equipamiento tecnológico que haga posible un escalamiento, que en virtud logre el análisis y resultados de los aspectos de este proyecto propuesto.

Se ha desarrollado la interfaz máquina hombre, con la finalidad de lograr la interacción entre el operador de sala de control y los instrumentos de medición de datos en tiempo real, se ha desarrollado según las necesidades de una empresa industrial de planta de cal, esta propuesta puede modificarse para aumentar mayor cantidad de desplazamiento de cal, para lo cual tendríamos que optar una evaluación y lograr una estandarización de medir las variables independientes.

Con esta factibilidad técnica se logra determinar una mejor continua para esta propuesta de tesis, logrando así mantener las condiciones de seguridad humana, impacto ambiental y la seguridad de información, la seguridad humana porque evitará un trabajo aplicando fuerza, y solo será la monitorización y la supervisión del proceso de forma visual analizando datos, asimismo evitando enfermedades ergonómicas, la mejora continua se realiza según las necesidades de la empresa, pero este diseño se realizó para cumplir diferentes funciones en una mejor

distribución de transportador de cal, también se aplica seguridad de datos, porque esa información que se utilizara durante la supervisión del proceso debe de filtrado los resultados y los márgenes de distribución deben de estar bajo una base de datos industrial, que administre los tags que son generadores por la distribución de cal por minutos.

5.2.- Estudio de Operatividad:

El análisis de factibilidad de operatividad de esta propuesta de tesis, se logra tratar determinar actividades durante el proceso del transporte de la cal de la supervisión de control con los resultados de obtención de datos del operador, para esta propuesta es necesario vincular con un personal capacitado en conocer las variables a medir durante el proceso para que el diseño propuesto sea eficientemente bueno en sus grandes márgenes de producción y distribución de cal, es necesario lograr una operación garantizada en este sentido debe analizarse aspectos de comportamiento del personal si se implanta la propuesta de tesis se tiene que lograr preparar al personal en dos aspectos importante en el desenvolvimiento laboral.

Un aspecto importante en la evaluación del operador de planta que se sienta afectado en caso si se implementa esta propuesta de tesis, y la posibilidad de capacitarlo en caso que no lo este.

Por un lado el nivel de capacitación alcanzado por el personal afectado si se implanta el proyecto y la posibilidad de capacitarlo en caso de que no lo esté.

Por otro lado es la reacción natural durante la capacitación del operador de planta muestra de resultados, a través de actitud y aptitud y la relación con el Software planteado. Esto implica un buen manejo de botones en el panel View y buen diagnóstico de variables pres establecidos durante el proceso.

La propuesta de tesis implementada puede ser un cambio radical que favorezca o perjudique al que lo experimenta (operador de planta), y esto conlleva a una incertidumbre en la administración del Diseño propuesto. Se desea contar con un

manual de apoyo con sus diferentes características y funcionalidades en cada etapa del proceso, para que el aprendizaje del usuario sea eficaz.

5.3.- Estudio Económico para la implementación:

En esta propuesta de tesis, presenta un beneficio para la institución que lo implementará, y hoy en día las tecnologías que se encargan en el diseño de software industrial de producción de planta de cal son competitivos, en el análisis económicos de un proyecto cobra cada vez mayor relevancia, con lo que se pretende demostrar las expectativas económicas que ofrece este proyecto.

En estas partes se analizará los costos de cada proceso, que para su análisis se dividirá en 3 partes cómo se muestra a continuación:

1. Proceso Electrónico (Automatización Industrial)
2. Proceso Informático (Redes Industriales)
3. Proceso Eléctrico (Sistema Eléctrico)

Empezaremos describiendo el Proceso Electrónico

Son instrumentos de medición que se utilizará únicamente con la finalidad de optimizar el desplazamiento del transporte de cal, se selecciona de acuerdo a las necesidades del proceso y la estrategia que se desea proponer, hemos recurrido a revistas o catálogos para su selección y su utilización en el proceso de instrumentación industrial.

Tabla 11: Lista de Materiales Electrónicos

PROYECTO		“Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”					
REALIZADO POR:		Quispe Paredes Esmelin Ismael					
Proceso	1	I	1		FECHA		28/12/18
LISTA DE MATERIALES ELECTRONICOS							
ITEM	DESCRIPCION					UNIDAD	CANT.
1	Multímetro Fluke					1	1
2	Sensor de Temperatura					1	1
3	Válvula Mariposa BRAY/McCANNALOK ASME Clase 150					1	3
4	Sensores ultrasónicos					1	3
5	Colector de Polvos					1	3
6	Actuador ASCO RedHat serie 8262g62					1	3
7	Tanque forma de Silo					1	3
8	PLC Allen Bradley					1	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Costos de Materiales Electrónicos

COSTO DE MATERIALES					
ITEM	UNIDAD	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	Multímetro Fluke	1	s/.800.00	s/.800.00
2	1	Sensor de Temperatura	1	s/.1200.00	s/.1200.00
3	1	Válvula Mariposa BRAY/McCANNALOK ASME Clase 150	3	s/.3700.00	s/.11000.00
4	1	Sensores ultrasónicos	3	s/. 4000.00	s/. 12000.00
5	1	Colector de Polvos	3	s/. 2000.00	s/. 6000.00
6	1	Actuador ASCO RedHat serie 8262g62	3	s/. 5000.00	s/. 15000.00
7	1	Tanque forma de Silo	3	s/. 300000.00	s/. 900000.00
8	1	PLC Allen Bradley	1	s/. 15000.00	s/. 20000.00
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES ELECTRÓNICOS					s/. 966000.00

Fuente: Elaboración Propia

Empezaremos describiendo el Proceso Informático

En este proceso se utilizará únicamente la comunicación de los diferentes dispositivos, para la supervisión en la sala de control con la finalidad de analizar el desplazamiento del transporte de cal por simuladores de Software, se selecciona de acuerdo a las necesidades del proceso y la estrategia que se desea proponer, hemos recurrido a revistas o catálogos para su selección y su utilización en el proceso de comunicación industrial.

Tabla 13: Lista de Materiales Informáticos

PROYECTO		“Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”					
REALIZADO POR:		Quispe Paredes Esmelin Ismael					
Proceso	2	1	2	FECHA	28/12/18		
LISTA DE MATERIALES INFORMATICOS							
ITEM	DESCRIPCION					UNIDAD	CANT.
1	CPU con Windows XP					1	1
2	teclado					1	1
3	Simulador de Software RSLogix 5000					1	1
4	Simulador de Software RSView Works 32					1	1
5	Simulador de Software RSLink					1	1
6	Tarjeta de Red Ethernet TCP/IP					1	1
7	Cable de Red Cat. 5e					1	1
8	Televisor					1	2
9	mouse					1	1
10	Cable HMI					1	2
11	Programación y Diseño					1	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Costos de Materiales Informáticos

COSTO DE MATERIALES					
ITEM	UNIDAD	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	CPU con Windows XP	1	s/. 1500.00	s/. 1500.00
2	1	teclado	1	s/. 40.00	s/. 40.00
3	1	Simulador de Software RSLogix 5000	1	s/. 15000.00	s/. 15000.00
4	1	Simulador de Software RSView Works 32	1	s/. 15000.00	s/. 15000.00
5	1	Simulador de Software RSLink	1	s/. 10000.00	s/. 10000.00
6	1	Tarjeta de Red Ethernet TCP/IP	1	s/. 400.00	s/. 400.00
7	1	Cable de Red Cat. 5e	1 rollo	s/. 200.00	s/. 200.00
8	1	Televisor	2	s/. 2500.00	s/. 5000.00
9	1	mouse	1	s/. 30.00	s/. 30.00
10	1	Cable HMI	2	s/. 10.00	s/. 20.00
11	1	Programación y Diseño	1	s/. 5000.00	s/. 5000.00
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES INFORMATICOS					s/. 52190.00

Fuente: Elaboración Propia

Empezaremos describiendo el Proceso Eléctrico

En este proceso se utilizará únicamente la comunicación eléctrica de los diferentes dispositivos, para la eficacia del funcionamiento del transportador neumático con la finalidad de mantener en producción la planta de cal a través un cableado eléctrico normalizado con políticas eléctricas que será implementadas por una planta eléctrica, se selecciona de acuerdo a las necesidades del proceso y proponer un plano eléctrico para determinar a futuro un mantenimiento, hemos recurrido a revistas o catálogos para su selección y su utilización en el proceso de comunicación industrial

Tabla 15: Lista de Materiales Eléctricos

PROYECTO		“Diseño y Automatización de un SCADA para una planta de cal en RSView32, utilizando una Red Industrial Ethernet TCP/IP”					
REALIZADO POR:		Quispe Paredes Esmelin Ismael					
Proceso	3	I	3	FECHA	28/12/18		
LISTA DE MATERIALES ELECTRICOS							
ITEM	DESCRIPCION					UNIDAD	CANT.
1	Tablero eléctrico de control					1	3
2	Rollos de cable 14					1	1
3	relés					1	16
4	Máquina de motor de 5hp					1	3
5	Transmisores					1	8
6	interruptores					1	16
7	Cajas de Paso					1	10
8							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Costos de Materiales Eléctricos

COSTO DE MATERIALES					
ITEM	UNIDAD	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	Tablero eléctrico de control	3	s/. 1500.00	s/. 3000.00
2	1	Rollos de cable 14	1	s/. 90.00	s/. 90.00
3	1	relés	16	s/. 120.00	s/. 1920.00
4	1	Máquina de motor de 5hp	3	s/. 3500.00	s/. 10500.00
5	1	Transmisores	8	s/. 800.00	s/. 6400.00
6	1	interruptores	16	s/. 400.00	s/. 6400.00
7	1	Cajas de Paso	10	s/. 200.00	s/. 2000.00
TOTAL DE COSTO DE MATERIALES ELECTRICOS					s/.23910.00

Fuente: Elaboración Propia

5.4.- Resumen de los Costos de inversión para la implementación:

Para obtener una inversión en esta propuesta de tesis revisando un impacto económico del Proyecto se utilizaran los valores de cotización de los componentes electrónicos, informáticos y eléctricos, que se necesitara invertir para implementar una automatización y control de procesos de una planta de cal. En resumen el costo de la inversión total:

Tabla 17: Costo de Implementación de la Planta de Cal

Costo de Implementación en una Planta de cal	
Costo de Inversión Electrónico	S/. 960,000.00
Costo de Inversión Informático	S/. 52,190.00
Costo de Inversión Eléctrica	S/. 23,910.00
Total en Soles.	S/. 1,036,100.00

Fuente: Elaboración Propia

5.5.- Análisis de Costo de Beneficio del Sistema

5.5.1.- Flujo de Caja

Tomando en cuenta para la realización de nuestro flujo de caja en beneficio a esta propuesta implementada, donde se ha tomado en consideración los siguientes parámetros:

- Tiempo de Vida de equipos a adquirir = 10 años.
- Depreciación = equipos adquiridos se depreciaran totalmente en 10 años, sin valor residual. La tasa de depreciación anual (T) es de 30%.
- Costo de Oportunidad de la empresa (TMAR)= 8%.

Tabla 18: Flujo de Caja

Periodo (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gastos electronicos	-960,000.00										
Gastos informatico	-52,190.00										
Gastos electricos	-23,910.00										
Inversión Total	-1,036,100.00										
Gastos Mantenimiento		0	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00
Ahorro		1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00	1,036,100.00
Ingresos											
I-E		1,036,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00	1,011,100.00
(I-E) X (1-T)		725,270.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00	707,770.00
D x T		31083	31083	31083	31083	31083	31083	31083	31083	31083	31083
St	-1,036,100.00	756353	738,853.00	738,853.00	738,853.00	738,853.00	738,853.00	738,853.00	738,853.00	738,853.00	738,853.00
FCN Actualizado	-1,036,100.00	912,100.45	850,140.77	725,987.11	690,554.71	580,472.91	385,300.59	207,480.81	109,378.19	100,469.23	30511.89
VPN	4,592,396.66										

Fuente: Elaboración Propia

5.5.2.- Criterios económicos

En el estudio de factibilidad económica del sistema propuesto se considerarán evaluar tres indicadores: VAN (Valor Actual Neto), TIR (TIR Tasa Interna de Retorno) y el PRI (Período de Recuperación de la inversión).

Valor Actual Neto (VAN)

Para obtener el valor actual neto el costo del Sistema se suman todos los flujos de caja netos actualizados (FCN ACTUALIZADO). El VAN es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Compara todos los ingresos y egresos esperados del proyecto en un solo momento del tiempo. El proyecto debe ser aprobado solo si el VAN es mayor a 0. Finalmente el valor de VAN se muestra en la Tabla 5.3.

Figura 46: Fórmula Valor Actual Neto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Flujo de Caja Acumulado

PRI	FCN Acumulado
AÑO 0	-1,036,100
AÑO 1	-361700
AÑO 2	256780.2
AÑO 3	510370.5
AÑO 4	847200.11
AÑO 5	1,200,460.14
AÑO 6	1,908,230.14
AÑO 7	2,500,100.00
AÑO 8	3,300,450.00
AÑO 9	4,000,012.50
AÑO 10	4,707,720.00

VAN	4,500,193.12
------------	--------------

Fuente: Elaboración Propia

El Valor Actual Neto es mayor que cero lo cual significa que el monto a invertir es menor al ahorro estimado en el período de vida del proyecto. Este es un primer indicador para no descartar invertir en este proyecto.

Periodo de Retorno de Inversión (PRI)

El período de retorno de inversión se obtiene de la gráfica de los FCN (Flujo de caja neto) acumulados para cada período como se muestra en la Figura 36: El PRI es el momento en que la recta se interseca con el eje X.

Figura 47: *Periodo de Retorno de Inversión*



Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico anterior se puede observar que el Período de Recuperación de Inversión es de aproximadamente 1 año, lo cual hace un proyecto atractivo para la empresa pues se han llegado a implementar proyectos que tienen un PRI de 5 años.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Finalmente, como última revisión del Sistema se obtiene la Tasa Interna de Retorno igualando el VAN a cero. Ésta es la tasa de interés que hace el Valor Actual Neto igual a cero. El TIR es un índice de rentabilidad que busca determinar hasta cuánto podría el inversionista aumentar la TMAR (Tasa Mínima Atractiva de Retorno) para que el proyecto siga siendo aceptado en su operación.

Figura 48: *Fórmula Tasa Interna de Retorno (TIR)*

$$VAN = -I_0 + \sum \frac{S_t}{(1+i)^t} = 0$$

Fuente: Elaboración Propia

Resolviendo se obtiene la Tasa Interna de Retorno de 62.18% anual, por lo que el Sistema es claramente rentable para implementarlo en una empresa industrial. Estos resultados superan algunas expectativas previas a la formulación de este proyecto. Con el ahorro a consecuencia de la implementación de este proyecto se optimiza el transporte neumático de la cal a un silo auxiliar de una planta de cal, lo cual implica una reducción de costos para la empresa, haciéndola más competitiva en la industria.



CAPITULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

En este capítulo se realizará el análisis y discusión de resultados a partir de la evaluación de los especialistas del área operarios de planta. El análisis principal se enfoca en los reportes obtenidos por el sistema propuesto en esta tesis.

6.1.- Perfil de Especialistas

Experiencia en manejo de aplicaciones en la supervisión y monitoreo de procesos industriales vinculadas en la empresa minera de Southern Perú de Grupo México.

6.2.- Marco de la Evaluación de Especialistas

Con la finalidad de evaluar la situación actual del sistema de automatización utilizado actualmente en una sala de control de operadores de Southern Peru Copper Corporation y respaldar el desarrollo del sistema de diseño y automatización de un transportador neumático en una planta de cal propuesto en la presente tesis, se realizó la siguiente dinámica:

- Presentación del sistema propuesto mediante el desarrollo de un caso de prueba propuesto, mediante el cual se evidencia la obtención de información relevante a partir de la usabilidad del sistema y la eficacia funcionamiento del tratamiento de planta de cal registradas en la explicación breve del funcionamiento adecuado de la propuesta de tesis.
- Evaluación de 8 especialistas o usuarios finales del sistema requerido en la sala de control de operaciones, a través de un cuestionario (ver Anexo C).
- Interpretación de encuestas.

6.2.1.- Interpretación de encuestas

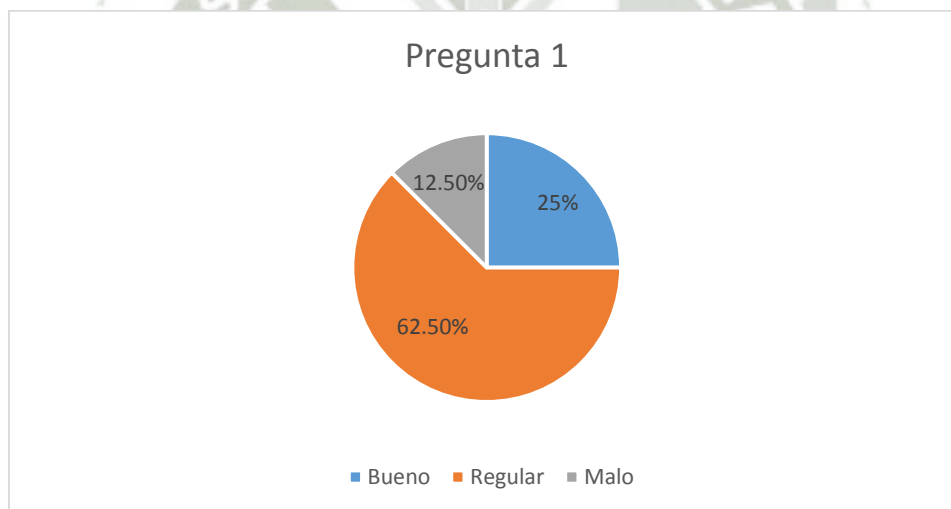
1. ¿Cómo calificaría la interfaz máquina humano requerido en la automatización el proceso del transporte de la cal hacia el silo auxiliar?

Tabla 20: Pregunta 1: Evaluación del procedimiento de Interfaz entre hombre – máquina

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Bueno	2	25%
Regular	5	62.5%
Malo	1	12.5%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 49: Pregunta 1: Evaluación del procedimiento de Interfaz entre hombre – máquina



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: de acuerdo a la información obtenida un 62,5% de los especialistas consideran que el procedimiento de la interfaz máquina humano requerido en la automatización el proceso del transporte de la cal hacia el silo auxiliar es regular, mientras que un 25%, califican al HMI automatizado como bueno, y finalmente un 12.5% malo. Los datos obtenidos reflejan que el HMI, es óptimo para la implementación en una planta de cal.

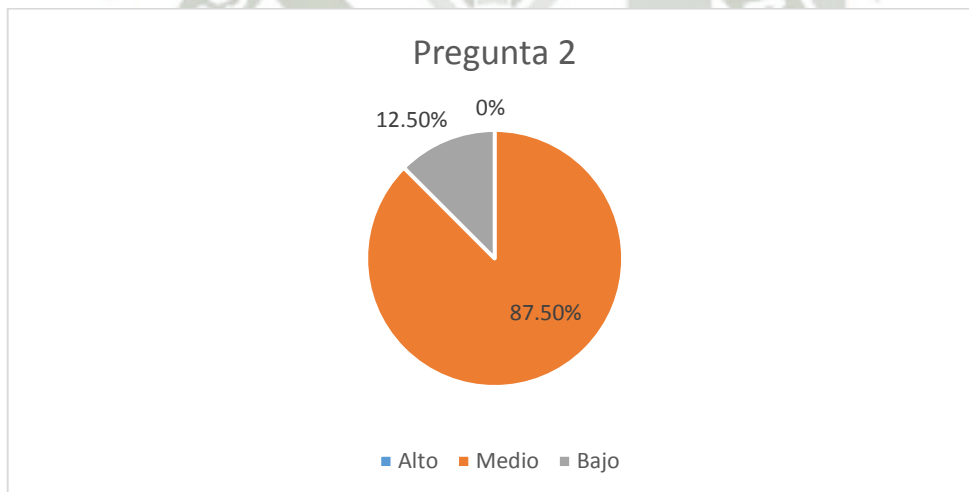
2. ¿Cuál es el nivel de integridad del control automatizado vía web para que interactúe el operador de planta con el sistema automatizado?

Tabla 21: Pregunta 2: Evaluación de integridad del control automatizado vía web.

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Alto	0	0%
Medio	7	87.5%
Bajo	1	12.5%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 50: Pregunta 2: Evaluación de integridad del control automatizado vía web.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: 7 expertos equivalentes al 87.5%, señalan que el nivel de integridad del control automatizado vía web es medio, y un solo especialista que es 12.5% indican lo contrario. Una razón de esta casi la inconformidad se debe a la falta de claridad de las variables que se va medir en el control de procesos, vinculado en la planta de tratamiento de cal.

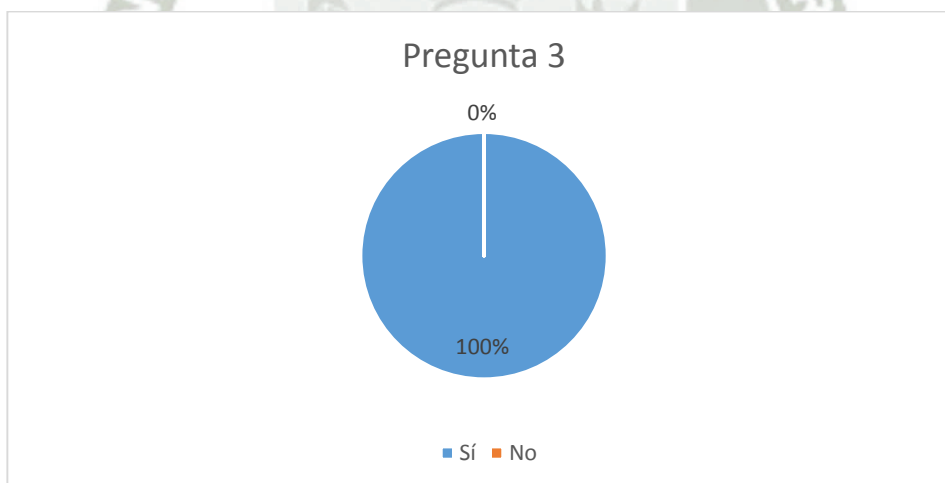
3. ¿Consideras que se necesita agregar otros atributos en la determinación de tipo de PLC y SCADA en la implementación que se va utilizar para la automatización de la planta de cal?

Tabla 22: Pregunta 3: Necesidad de agregar otros atributos en la determinación del tipo PLC y SCADA

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Sí	8	100%
No	0	0%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 51: Pregunta 3: Necesidad de agregar otros atributos en la determinación del tipo PLC y SCADA.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: el 100% de los especialistas consideran que sí es necesario agregar atributos en la determinación del tipo de PLC y SCADA que se va utilizar para la automatización, de esta manera podemos apreciar o distinguir una nueva necesidad al momento de determinar otros tipos Software en los diseños de planta industriales.

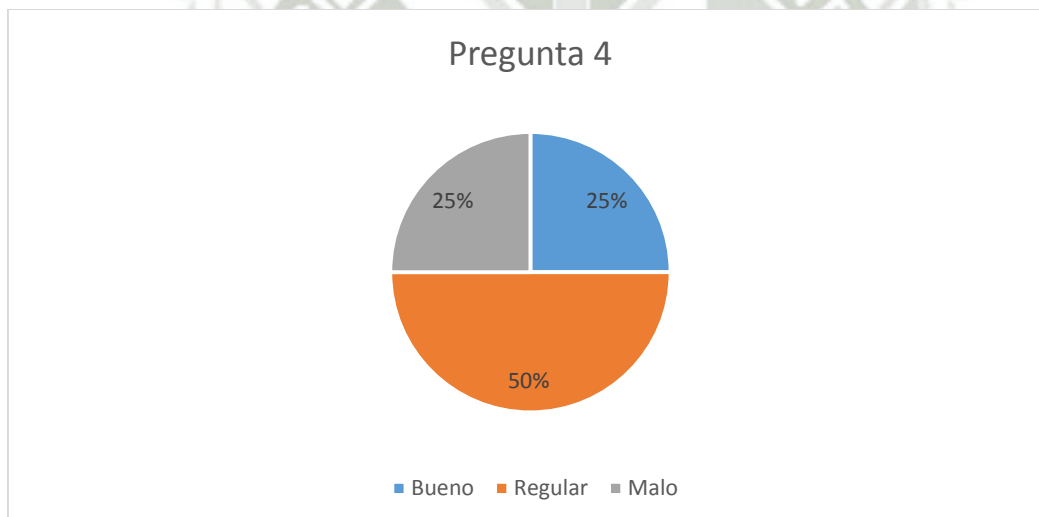
4. ¿Cómo consideras la eficacia en la supervisión del proceso en la sala de control del transporte de la cal en el HMI?

Tabla 23: Pregunta 4: Eficacia en la supervisión del proceso en la sala de control.

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Bueno	2	25%
Regular	4	50%
Malo	2	25%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Pregunta 4: Eficacia en la supervisión del proceso en la sala de control.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: 50% de los especialistas consideran como la eficacia de la supervisión del proceso en la sala de control es regular la funcionalidad que permite la disponibilidad de información en datos en el HMI, el 25% de los especialistas restantes califican como bueno dicha funcionalidad y los otros 25% restantes opinan que es malo.

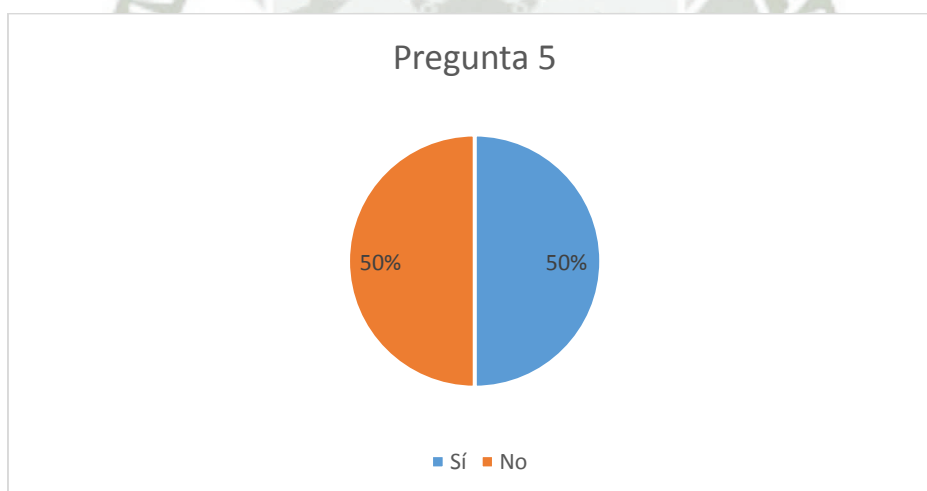
5. Usted cree que los equipos seleccionados de los instrumentos de medición de campo puedan optimizar el funcionamiento del transportador neumático.

Tabla 24: Pregunta 5: Necesidad de mejorar los equipos seleccionados de los instrumentos de medición de campo

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Sí	4	50%
No	4	50%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Pregunta 5: Necesidad de mejorar los equipos seleccionados de los instrumentos de medición de campo.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: el 50% de los especialistas indican que los equipos seleccionados de los instrumentos de medición de campo en el Diseño propuesto pueden optimizar el desplazamiento de la cal, y los otros 50% restantes señalan que no pueden realizar una buena optimización en la planta de cal.

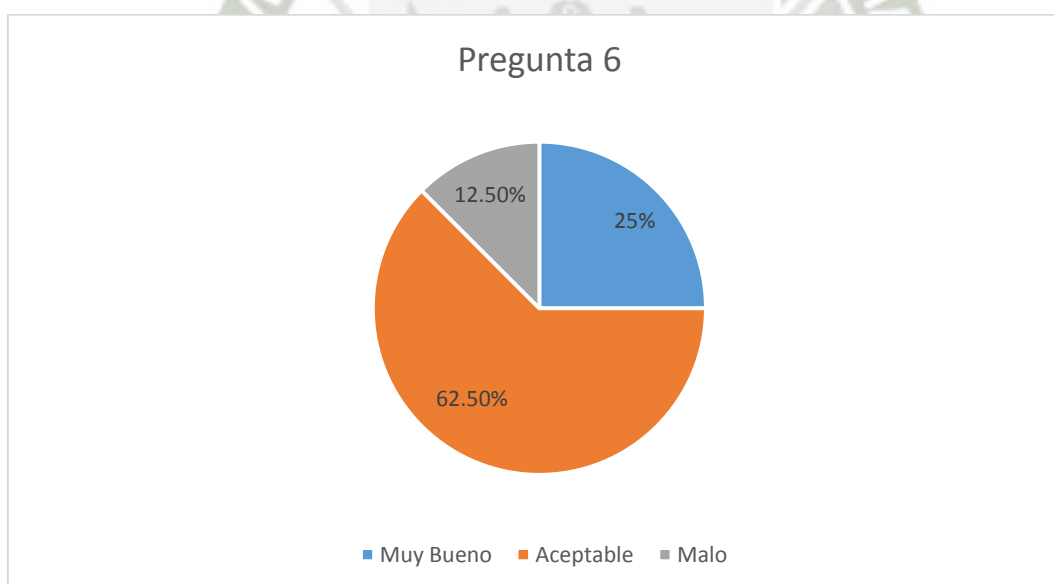
6. ¿Cuál es el nivel de confiabilidad del Diseño en la distribución de la cal hacia los silos Auxiliares?

Tabla 25: Pregunta 6: Evaluación de Confiabilidad del Diseño en la distribución de la cal.

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Muy Bueno	2	25%
Aceptable	5	62.5%
Malo	1	12.5%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 54: Pregunta 6: Evaluación de Confiabilidad del Diseño en la distribución de la cal.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: el 62.5% de los especialistas consideran que es confiable el diseño propuesto en la distribución de la cal, el 25% de ellos manifiestan su conformidad que es muy buena en la transmisión de valores medidos y los otros especialistas restantes del 12.5% proponen que es malo el diseño.

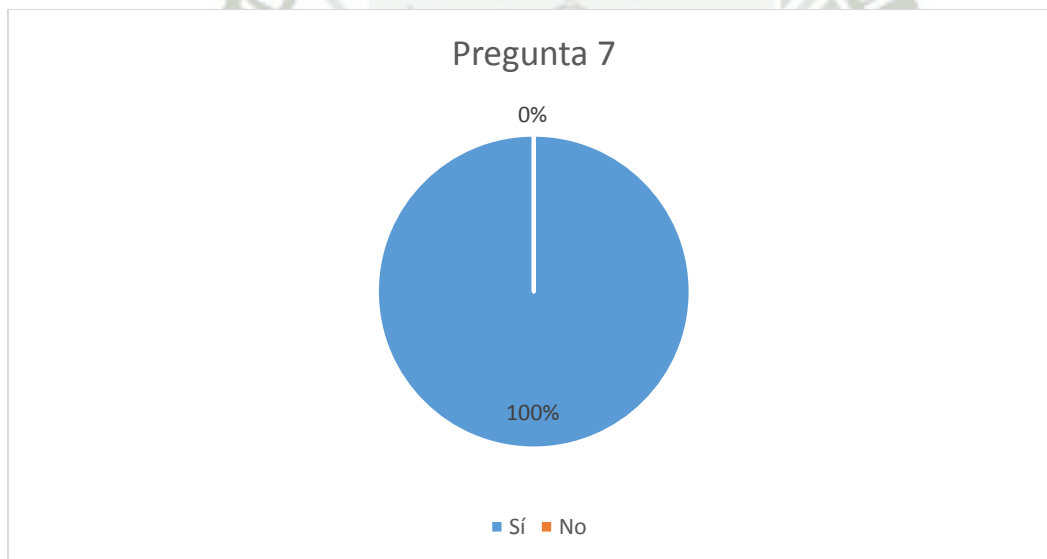
7. El flujo de trabajo en el sistema propuesto, ofrece un mejor control de procesos en el desplazamiento de cal, en comparación a los sistemas utilizados en otras empresas industriales?

Tabla 26: *Pregunta 7: Mejora en el desplazamiento de cal en los sistemas industriales*

Respuesta	Periodicidad	Porcentaje
Sí	8	100%
No	0	0%
Total	8	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 55: *Pregunta 7: Mejora en el desplazamiento de cal en los sistemas industriales.*



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: el 100% de los especialistas señalan que para el flujo de trabajo en el Diseño propuesto en comparación a los sistemas industriales utilizados en los diferentes procesos, sí ofrece un mejor control de procesos en el desplazamiento de la cal del transportador neumático.

6.3.- Muestreo por Cuotas

6.3.1.- Universo de cuotas en el centro de trabajo

La Propuesta de Tesis, puede lograr cumplir las expectativas en la implementación y funcionamiento en las diferentes empresas mineras como Cerro Verde, Southern Perú, Hochschild mining y empresas relacionadas en la producción de cobre en la Región Macro Sur.

6.3.2.- Población de Estudio

En esta propuesta de tesis, ha reunido la información de 8 especialistas de control de procesos en un rango de edad de 23 a 55 años, de sexo masculino con una semejanza de conocer sistemas industriales para la utilización de procesos en plantas mineras. Estas personas actualmente son trabajadores de la empresa minera Southern Perú Copper Corporation.

6.3.3.- Enfoque del estudio

- Regional Moquegua (Ilo – Cuajone)
- Regional Tacna (Toquepala)

6.3.4.- Criterios de Evaluación de Cuotas

La mayoría de los encuestados, son técnicos operadores de planta, son personal capacitado en la usabilidad y monitoreo del control de los diferentes procesos mineros en tiempo real y que cumplen una serie de normas de seguridad, haciéndolos que sus opiniones y sus experiencias en muchas horas de trabajo, me puedan brindar un consejo para mejorar el sistema.

TEMAS:

- Conocer diferentes estrategias de control de procesos industriales.
- Conocimiento de Instrumentación y Automatización Industrial.
- Eficiencia en la Supervisión, Adquisición y Control de Datos en Sistemas Industriales.
- Configuración de PLC y HMI.

CONCLUSIONES

1. Se logró desarrollar un sistema de diseño y automatización de un SCADA para una planta de cal, aplicando una red industrial Ethernet que permita determinar grandes márgenes de producción en el sector minero; dicha solución tecnológica se muestra como una herramienta para realizar un análisis del desplazamiento del transporte de cal.
2. El modelo de Diseño y la Automatización aplicada, permite registrar, vigilar y monitorear de manera rápida, los parámetros principales del proceso de la planta de cal en tiempo real, que cumple con una finalidad y es válido para los operadores de sala de control o personal encargado de realizar una supervisión del proceso de transporte de cal en los silos a distancia.
3. La efectividad del sistema propuesto se ve reflejada en la obtención del control del proceso útil, aplicando una estrategia de control ON OFF, considerando además, que la funcionalidad para determinar la variable de proceso sea permisible para una mejor optimización de variables según la necesidad del operador de sala de control.
4. Sí es posible obtener un flujo de trabajo orientado a desarrollar una SCADA con una mejor supervisión, control y adquisición de datos del proceso de la cal, el cual brinda un flujo de trabajo diferenciado y más completo en operar todos los instrumentos de medición de campo desde un computador ubicado en la sala de control.
5. Se determinó el tipo de PLC, el HMI y los instrumentos de medición de campo adecuados, considerando optimizar el tiempo de distribución del transporte de cal con una mejor calidad, limpia y seca.
6. Este sistema propuesto, puede representar el respaldo necesario en la toma de decisiones debido a la operatividad entre el operador y el proceso industrial a que genera un valor agregado al desarrollar la aplicación de sistema de automatización del transporte de la cal, a los silos de distancia.

RECOMENDACIONES:

1. Obtener licencias software para una mejora continua en el diseño del SCADA, para las nuevas actualizaciones y modificaciones.
2. Capacitar al personal para la manipulación del modelo industrial y un adiestramiento entre el HMI y el operador.
3. Aplicar este modelo industrial para plantas industriales de cal, esto dará una mejor distribución del desplazamiento de cal hacia los silos auxiliares.
4. Plantear una estrategia de control para la toma de decisiones de acuerdo a protocolos establecidos entre el operador y el proceso continuo.
5. Tener una base de datos de eventos con respecto a la seguridad de alguna alarma, para evitar emergencias durante el proceso con la finalidad de proteger la calidad de distribución de la cal.
6. Diseñar un plan de contingencia para realizar un mantenimiento, que con el tiempo permite determinar un historial para hacer un mantenimiento preventivo y posibles fallas.
7. Utilizar una máscara de red privada para el direccionamiento del PLC, asimismo evitar el ingreso por vía web de otros usuarios ajenos de la planta industrial.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS:

ENLACES LINKS:

- [1] [Tesis “Automatización de una Casa Inteligente con PLC’s”, Castro Rangel Mauricio Javier, Enríquez Lozano Diego, Pacheco Contreras Aldrin, México, Febrero - 2012]
- [2] [Revista-schneiderelectric.es]
- [3] [<http://compatibility.rockwellautomation.com/>]
- [4] [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/vw32-pp002_-es-p.pdf]
- [5] [Tesis “Diseño de un Sistema de Automatización para el sector de Iluminación de una Planta Industrial”, Anguie María del Milagros Contreras Iglesias, Lima, Agosto - 2010]
- [6] [<https://es.scribd.com/document/314104023/Texto-Supervision-2016-RSVIEW>]
- [7] [Tesis “Diseño de un Sistema de Automatización para el sector de Iluminación de una Planta Industrial”, Anguie María del Milagros Contreras Iglesias, Lima, Agosto - 2010]
- [8] [Tesis Doctoral “Automatización de una Planta Industrial”, Gonzalo Lorenzo Lledó, España, Setiembre - 2009]
- [9] [Tesis Doctoral “Automatización de una Planta Industrial”, Gonzalo Lorenzo Lledó, España, Setiembre - 2009]
- [10] [Tesis “Implementar una Red DeviceNet para la Automatización de un Sistema de Bandas Transportadoras”, Jonathan Israel García Ruiz, Jordi Alejandro Lorenzana Sánchez, Raúl Ricardo Salinas Juárez Gonzalo Lorenzo Lledó, México, Mayo - 2013]
- [11] [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_virtual (2017, Diciembre)]

- [12] [https://www.ecured.cu/Transportador_neum%C3%A1tico]
- [13] [Revista “Protocolo de Comunicación EtherNet/IP Rockwell Automation”, Enric Fabregas Zaragoza, Mayo - 2009]
- [14] [Tesis “Protocolo de Comunicación HART para los Instrumentos de Flotech S.A.”, Erika Febres Urdaneta, Febrero - 2001]
- [15] [Tesis “Implementar una Red DeviceNet para la Automatización de un Sistema de Bandas Transportadoras”, Jonathan Israel García Ruiz, Jordi Alejandro Lorenzana Sánchez, Raúl Ricardo Salinas Juárez Gonzalo Lorenzo Lledó, México, Mayo - 2013]
- [16] [https://es.wikipedia.org/wiki/Colector_de_polvo (Setiembre, 2015)]
- [17] [Tesis Pregrado, “SISTEMA DE INSTRUMENTACION CONTROL Y MONITOREO DE PROCESO INDUSTRIALES ASISTIDO POR COMPUTADORA” Almanza Sánchez Yonathan Ángel, Márquez López Oscar José, Rosas Ochoa Jaime, México (2006, Abril)]
- [18] [<http://dea.unsj.edu.ar/sinc/Control-ISA.pdf>]
- [19] [https://es.wikipedia.org/wiki/Instrumentaci%C3%B3n_industrial (Junio, 2017)]
- [20] [Tesis: “Diseño e implementación de un framework para desarrollos controladores PID, medición de parámetros de estimación e identificación bajo plataforma Rockwell y plataformas de procesos”]
- [21] [<https://boletinagrario.com/ap-6,silo,722.html> (2017, Diciembre)]

REVISTAS

- [1] [UMPAL1988-2009] José Umpert Ibáñez, "**Manual de Cálculo de Transporte Neumatico**", España: Dirección General de Industria y Energía, 2009.

- [2] [WYPYCH1995] Peter W. Wypych, "**Design Consideration of long – distance Pneumatic transport and Pipe Branching**", *Pneumatech 4, Int. Conf. on Pneumatic Conveying*, 1995.
- [3] [Wypych 1993], P. W., "**Optimising & Uprating Pneumatic Transport Systems**," *Nat. Conf on Bulk Materials Handling*, Yeppoon, Qld., IEAust. Proc., pp. 197–203 (1993).

TESIS:

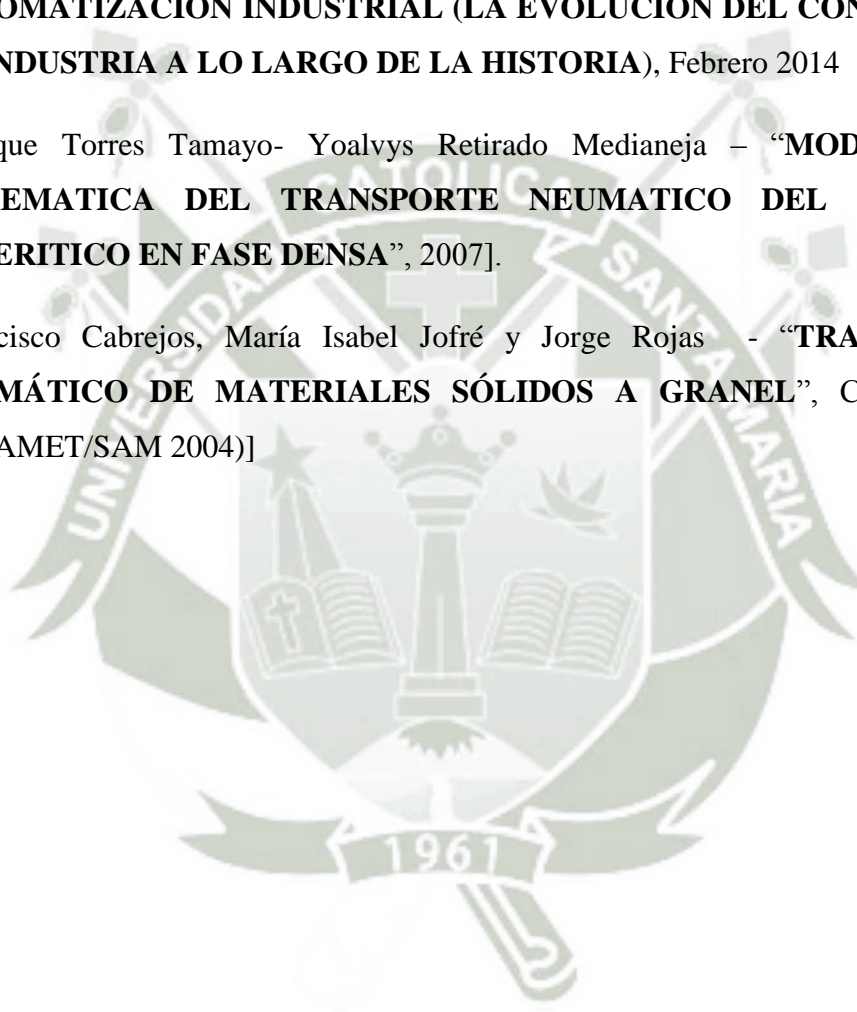
- [1] [José Carlos Huayta Sucasaca, Elmer Wilson Suaña Humpire, "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL CONTROL DE NIVEL DE AGUA PARA USO DOMOTICO MEDIANTE REDES INDUSTRIALES**", Puno -2017]
- [2] [Néstor Henry Cruz Flores, "**DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO DEL CAUDAL DE AGUAS EN TUBERIAS UTILIZANDO EL PROTOCOLO DE REDES INDUSTRIALES MODBUS DE LABVIEW PARA LA EMPRESA LED INGENIEROS**", Puno -2017]
- [3] [Fausto Ernesto Orozco Iguasnia, "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL Y COMUNICACIÓN POR INTERNET PARA REPORTE DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA TOMA DE DECISIONES A NIVEL GERENCIAL**", Quito -2015]
- [4] [Aaron Vladimir Aguilar Gordillo, Willinton Samir Briones Escobedo "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL PARA EL PROCESO DE OBTENCION DE CLINKER EN EL HORNO VERTICAL 4 DE LA PLANTA INDUSTRIAL CEMENTOS SELVA**", Trujillo- 2015]
- [5] [Jonathan Israel García Ruiz, Jordi Alejandro Lorenzana Sánchez, Raúl Ricardo Salinas Juárez Gonzalo Lorenzo Lledó "**IMPLEMENTAR UNA RED DEVICENET PARA LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE BANDAS TRANSPORTADORAS**" , México, Mayo - 2013]

- [6] [Castro Rangel Mauricio Javier, Enríquez Lozano Diego, Pacheco Contreras Aldrin, Febrero “**AUTOMATIZACION DE UNA CASA INTELIGENTE CON PLC’s**”, México- 2011]
- [7] [Anguie María del Milagros Contreras Iglesias “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACION PARA EL SECTOR DE ILUMINACION DE UNA PLANTA INDUSTRIAL**” Lima, Agosto - 2010]
- [8] [Iana Alejandra Riaño Sabogal, “**ESTUDIO SOBRE INTEGRACIÓN DE REDES DE INSTRUMENTACIÓN DIGITALES EN SISTEMAS DE CONTROL PARA EL MEJORAMIENTO DE PROCESOS INDUSTRIALES**”, Bogotá – 2010]
- [9] [Alex Paolo Pozo Gutiérrez, Edgar Santiago Molina Verdugo “**IMPLEMENTACION DE UNA RED INDUSTRIAL BASADO EN ASI-BUS. CASO PRACTICO: ESTACION DE DISTRIBUCION DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL DE LA EIS**”, Ecuador - 2010]
- [10] [Gonzalo Lorenzo Lledó, “**AUTOMATIZACION DE UNA PLANTA INDUSTRIAL**”, España, Setiembre - 2009]
- [11] [Arturo José Vila González, “**DESARROLLO DE UNA INTERFAZ TCP/IP - HART PARA LA INTEGRACIÓN DE UN MANEJADOR DE ACTIVOS DE INSTRUMENTACIÓN EN LÍNEA, UTILIZANDO HERRAMIENTAS WEB, BAJO SOFTWARE LIBRE**”, Barcelona, Octubre - 2009]
- [12] [Hernández, V.”**DISEÑO DE UNA MANEJADOR DE ACTIVOS PARA INSTRUMENTACION DIGITAL CON PROTOCOLO HART, BASADO EN HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE SOFTWARE LIBRE**”, Universidad de Oriente, Anzoátegui-Venezuela, 2007]
- [13] [Miguel Ángel Arreaga Medina, Iván Ariolfo Coronel Pérez, “**DISEÑO DEL SISTEMA SCADA DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO PARA HOLCIM-ECUADOR**”, Ecuador - 2006].

- [14] [Erika Febres Urdaneta, Febrero “**PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN HART PARA LOS INSTRUMENTOS DE FLOTECH S.A.**”, Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela, Febrero - 2001]

PAPERS:

- [1][Abreu M. Edgar L – Márquez O. Francisco E.-“**INTRODUCCION A LA AUTOMATIZACION INDUSTRIAL (LA EVOLUCION DEL CONTROL EN LA INDUSTRIA A LO LARGO DE LA HISTORIA)**”, Febrero 2014
- [2] [Enrique Torres Tamayo- Yoalvys Retirado Medianeja – “**MODELACION MATEMATICA DEL TRANSPORTE NEUMATICO DEL MINERAL LATERITICO EN FASE DENSA**”, 2007].
- [3] [Francisco Cabrejos, María Isabel Jofré y Jorge Rojas - “**TRANSPORTE NEUMÁTICO DE MATERIALES SÓLIDOS A GRANEL**”, CONGRESO CONAMET/SAM 2004)]





ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

PLC	Controlador Lógico Programable.
HART	Highway Addressable Remote Transducer.
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos.
MAP	Manufacturing Automation Protocol.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol Overview.
CPU	Unidad Central de Proceso.
AC/DC	Corriente Alterna/Corriente Continua.
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos.
CAN	Controller Área Network.
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
PID	Proporcional Integral y Derivativo.
I/O	Entrada y Salida.
NC	Normalmente Cerrado.
NA	Normalmente Abierto.
HMI	Interfaz Máquina Hombre
CV	Variable de Control.
PV	Variable del Proceso.
PI&D	Diagramas de Instrumentación de Tuberías.
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet

ANEXO B

CUESTIONARIO

Marque con una **X** su respuesta

1. ¿Cómo calificaría la interfaz máquina humano requerido en la automatización el proceso del transporte de la cal hacia el silo auxiliar?

Bueno		Regular		Malo	
-------	--	---------	--	------	--

2. ¿Cuál es el nivel de integridad del control automatizado vía web para que interactúe el operador de planta con el sistema automatizado?

Alto		Medio		Bajo	
------	--	-------	--	------	--

3. Consideras que se necesita otros atributos en la determinación de tipo de PLC y SCADA en la implementación que se va utilizar para la automatización de la planta de cal?

SI		NO	
----	--	----	--

4. ¿Cómo consideras la eficacia en la supervisión del proceso en la sala de control del transporte de la cal en el HMI?

Bueno		Regular		Malo	
-------	--	---------	--	------	--

5. Usted cree que los equipos seleccionados de los instrumentos de medición campo puedan optimizar el funcionamiento del transportador neumático.

SI		NO	
----	--	----	--

6. ¿Cuál es el nivel de confiabilidad del Diseño en la distribución de la cal hacia los silos Auxiliares?

Muy Bueno		Aceptable		Malo	
-----------	--	-----------	--	------	--

7. El flujo de trabajo en el sistema propuesto, ofrece un mejor control de procesos en el desplazamiento de cal, en comparación a los sistemas utilizados en otras empresas industriales?

SI		NO	
----	--	----	--

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ANEXO C

LISTA DE ESPECIALISTAS

ESPECIALISTA ENCUESTADO 1				Foto
Nombres:	Julian Alberto Raa retamoso	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	09131	
Área:	Mantenimiento Horno Fundición	Sede	ILO	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 2				Foto
Nombres:	Slyn Katonat Quispe Paredes	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	93036	
Área:	Horno Convertidores	Sede	ILO	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 3				Foto
Nombres:	Jhonatan León Durand	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	095290	
Área:	Mantenimiento e Instrumentación	Sede	TOQUEPALA	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 4				Foto
Nombres:	Victor Manuel Mendoza Herrera	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	09060	
Área:	Mantenimiento Horno Fundición	Sede	ILO	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 5				Foto
Nombres:	Villanueva Omar Néstor Jesús	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	09598	
Área:	Mantenimiento Horno Fundición	Sede	ILO	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 6				Foto
Nombres:	Lozada Ruelas Jhackson Leonel	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	95544	
Área:	Mantenimiento Horno Fundición	Sede	ILO	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 7				Foto
Nombres:	Esteban Quispe Mamani	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	009060	
Área:	Mantenimiento Horno Fundición	Sede	ILO	

ESPECIALISTA ENCUESTADO 8				Foto
Nombres:	Augusto Gustavo Martínez Mamani	Mina:	Southern Peru Copper Corporation	
Cargo:	Operador	Registro:	10163	
Área:	Mantenimiento Horno Fundición	Sede	ILO	