



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN
DE MINERAL**

Luis Estuardo Peinado Marroquín

Asesorado por el Ing. Doroteo Pascual Tzul Tzul

Guatemala, febrero de 2017.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN
DE MINERAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ESTUARDO PEINADO MARROQUIN

ASESORADO POR EL ING. DOROTEO PASCUAL TZUL TZUL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2017.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magali Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Saúl Cabezas Duran
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, con fecha 07 de julio de 2014.



Luis Estuardo Peinado Marroquín

Guatemala 12 de mayo del 2016.

Ing. Otto Fernando Andrino
Coordinador del Área de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

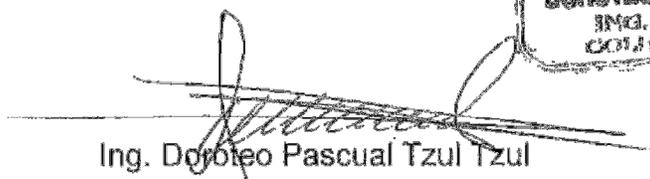
Señor Coordinador

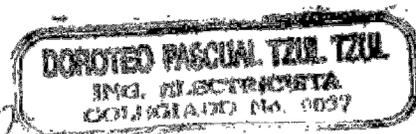
Por medio de la presente me permito informarle que he revisado completamente el trabajo de graduación titulado: **“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACION DE MINERAL”**, desarrollado por el señor Luis Estuardo Peinado Marroquí, dicho trabajo cumple con los objetivos propuestos en el anteproyecto de tesis.

Por lo tanto, el autor de este trabajo y yo, como su asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,


Ing. Doroteo Pascual Tzul Tzul
Asesor
Colegiado No. 9037





Ref. EIME 203. 2016.

Guatemala, 9 de AGOSTO 2016.

Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE
TRITURACIÓN DE MINERAL.** del estudiante Luis Estuardo
Peinado Marroquín, que cumple con los requisitos establecidos para
tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. 
Otto Fernando Andriano González
Coordinador Área Electrotécnica

MSc. OTTO F. ANDRINO G.
ING. ELECTRICISTA
COL. # 4,038



sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 55. 2016.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **LUIS ESTUARDO PEINADO MARROQUÍN** titulado: **SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL,** procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López



GUATEMALA, 9 DE SEPTIEMBRE 2016.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Estuardo Peinado Marroquín**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, enero de 2017

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por derramar muchas bendiciones sobre mi persona, por tantas cosas buenas que me ha regalado
- Mis padres** Emilio Peinado Cún (†) y Julia Marroquín García. Por haberme guiado por el camino del bien y haberme dado estudios, la mejor herencia.
- Mis hermanos** Gustavo Adolfo, Víctor Emilio, Julio Cesar e Iris Marisol por su cariño e incondicional apoyo.
- Mi esposa** Mariela Calmo Blanco por creer en mí y darme fortaleza para culminar mi carrera.
- Mis amigos** Por los momentos gratos y su ayuda incondicional, éxitos a todos en el futuro.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos	Templo del saber y centro de sabiduría que a cada paso me ayudo a culminar la carrera con éxito.
Facultad de Ingeniería	Gracias por brindarme la oportunidad de poder pertenecer a tan honorable y digna facultad.
Mis catedráticos	Agradeciéndoles por sus sabias enseñanzas.
Mi asesor	Ing. Doroteo Tzul gracias por haber contribuido a la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL	1
1.1. ¿Qué es una planta de trituración de mineral?.....	1
1.1.1. Trituración primaria.....	2
1.1.2. Trituración secundaria y terciaria.....	3
1.2. Equipo y funcionamiento de la planta de trituración	5
1.2.1. Criba estacionaria.....	5
1.2.2. Semáforos	6
1.2.3. Sistema controlador de polvo	7
1.2.4. Quebradora de roca hidráulica	9
1.2.5. Alimentador vibratorio tipo criba	10
1.2.6. Trituradora primaria	11
1.2.7. Banda transportadora.....	12
1.2.8. Báscula de banda	14
1.2.9. Electroimán auto limpiante	15
1.2.10. Detector de metales.....	15
1.2.11. Tamiz secundario	16
1.2.12. Trituradora de cono secundaria.....	17
2. ELEMENTOS DE CONTROL PARA PROCESOS INDUSTRIALES.....	21
2.1. Controladores lógicos programables (PLC).....	21

2.1.1.	Historia de los PLC.....	21
2.1.2.	Componentes un PLC	22
2.1.3.	Lenguajes de programación de los PLC	23
2.2.	Interface hombre máquina (HMI)	24
2.2.1.	¿Qué es una HMI?	24
2.2.2.	Funciones de un software HMI.....	26
2.3.	Instrumentación industrial	26
2.3.1.	Características de los instrumentos de medición	27
2.3.2.	Transmisores.....	30
2.4.	Protocolos industriales de comunicación	30
2.4.1.	Protocolos serie.....	30
2.4.2.	Protocolos híbridos.....	31
2.4.3.	Protocolos abiertos.....	32
2.5.	Centros de control de motores	33
3.	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	35
3.1.	Programación con RSLogix 5000.....	35
3.1.1.	RSLinx.....	35
3.1.2.	RSLogix 500.....	36
3.2.	Programación con Factory TalkView.....	49
3.2.1.	Creación de una aplicación	49
3.2.2.	Configuración de RSLinx Enterprise	51
3.2.3.	Creación de ruta.....	51
3.2.4.	Creación de un indicador.....	54
3.2.5.	Creación de un pulsador	60
4.	SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL.....	65
4.1.	Descripción	65
4.1.1.	Control del proceso	65
4.1.2.	Enclavamientos	71

4.1.3.	Alarmas	87
4.2.	Programa en RSLogix 5000	87
4.2.1.	Mapeo de entradas.....	87
4.2.2.	Mapeo de salidas.....	88
4.2.3.	Escalamiento de entrada analógica.....	89
4.3.	Programa en Factory TalkView ME	91
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES.....		99
BIBLIOGRAFÍA.....		101
APÉNDICES		103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema general planta de trituración.....	1
2.	Trituración primaria	3
3.	Trituración secundaria y terciaria	5
4.	Arreglo de trituradora primaria	7
5.	Principio de operación.....	8
6.	Quebradora hidráulica.....	9
7.	Alimentador vibratorio tipo criba.....	11
8.	Trituradora de mandíbula	12
9.	Banda transportadora.....	13
10.	Báscula de banda	14
11.	Electroimán auto limpiante	15
12.	Detector de metales	16
13.	Tamiz vibratorio.....	17
14.	Trituradora de cono	18
15.	PLC modular	23
16.	Lenguajes de programación.....	24
17.	HMI.....	25
18.	Definiciones de los instrumentos.....	29
19.	Centro de control de motores.....	34
20.	RSLinx.....	35
21.	Ventana principal RSLogix 5000	36
22.	Nuevo proyecto	37
23.	Proyecto definido	37

24.	Definición módulo de salidas digitales	38
25.	Tags del módulo de salidas digitales	39
26.	Configuración de los datos de diagnóstico	41
27.	<i>Tags</i> de controlador definidos por módulos de E/S	42
28.	Ventana de programación.....	42
29.	Zona de edición	43
30.	Creación de un <i>tag</i>	43
31.	Creación de un tag basado en alias.....	44
32.	Zona de edición	45
33.	Depuración del programa	46
34.	Configuración de las tareas y programas	47
35.	Búsqueda de CPU	48
36.	Puesta en marcha.....	48
37.	Ejecución del programa	49
38.	Acceso al <i>Factory Talk View</i>	49
39.	Tipo de aplicación	50
40.	Creación de nuevo proyecto	50
41.	<i>Communication setup</i>	51
42.	Configuración RSLinx Enterprise.....	51
43.	Ruta de comunicación	52
44.	Creación de acceso directo	52
45.	Nombre ruta de acceso.....	53
46.	Terminar de definir ruta.....	53
47.	Diagrama en escalera RSLogix 5000	54
48.	Creación de un nuevo <i>display</i>	54
49.	Creación de un indicador	55
50.	Definir posición del indicador	55
51.	Propiedades del indicador.	56
52.	Propiedades del indicador	56

53.	Definir estados del indicador	57
54.	Propiedades del estado 0.....	57
55.	Propiedades del estado 1.....	58
56.	<i>Tag</i> disponible para el indicador	58
57.	Ruta del <i>tag</i> indicador	59
58.	Definir <i>tag</i> para el indicador	59
59.	Ruta de conexión para el indicador.....	60
60.	Creación del pulsador	60
61.	Definir ubicación del pulsador	61
62.	Propiedades del pulsador.....	61
63.	Definir estado 0 del pulsador.....	62
64.	Definir estado 1 del pulsador.....	62
65.	Definir tag para el pulsador	63
66.	Ruta de conexión para pulsador	63
67.	Seleccionar Tag para el pulsador.....	64
68.	Guardar proyecto	64
69.	Diagrama de bloques lazo de control simple.....	66
70.	Control automático simple.....	66
71.	Ejemplo de permisivo	72
72.	Enclavamiento.....	74
73.	Enclavamientos trituración primaria	77
74.	Enclavamientos trituración secundaria.....	80
75.	Enclavamientos trituración terciaria.....	83
76.	Enclavamientos transporte de mineral fino	86
77.	Mapeo de entradas	88
78.	Mapeo de salidas.....	89
79.	Escalado de señal de entrada analógica.....	90
80.	Control de trituradora de mandíbula.....	90
81.	Control de transportador 150CV001.....	91

82.	Vista general del proceso	92
83.	Trituradora primaria	93
84.	Trituradora secundaria.....	93
85.	Silos de almacenamiento.....	94
86.	Alimentadores.....	94
87.	<i>Faceplate</i> arranque de transportador.....	95
88.	<i>Pull cord switch</i>	103
89.	Especificaciones <i>pull cord switch</i>	104
90.	Sensor de banda rota	105
91.	Especificaciones sensor banda rota	106
92.	Interruptor de desalineamiento	107
93.	Especificaciones sensor de desalineamiento	108
94.	Sensor de velocidad cero	109
95.	Especificaciones sensor de velocidad cero	110
96.	Báscula	111
97.	Especificaciones báscula.....	112
98.	Interruptor de inclinación (<i>tilt switch</i>).....	113
99.	Especificaciones <i>tilt switch</i>	114
100.	Sensor detector de nivel Vegamip	115
101.	Sensor de nivel Vegapuls	116
102.	Add On MOTOR_CRUSHER.....	117
103.	Add On MOTOR_CRUSHER.....	118
104.	Add On MOTOR_CRUSHER.....	119
105.	Add On MOTOR_CRUSHER.....	120

TABLAS

I.	Símbolos típicos	68
II.	Abreviaciones típicas	69

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hz	Hertz
KW	Kilo Watt
mA	miliamperio
mm	milímetro
s	segundo

GLOSARIO

AC	<i>Alternating current</i> , se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la senoidal, con la que se consigue una forma más eficiente de transmisión de la energía.
Chute	Canal de descarga o llenado.
Criba	Utensilio consistente en una lámina agujereada o una tela sujeta a un aro de madera, que se emplea para separar granos de distintos tamaños o cosas similares.
DC	<i>Direct current</i> , corriente directa se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo.
Devicenet	Es un protocolo de comunicación usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos. Las aplicaciones típicas incluyen dispositivos de intercambio, dispositivos de seguridad de grandes redes de control con entradas y salidas.

Electroimán	Es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente.
Embebido	Un sistema embebido (anglicismo de <i>embedded</i>) o empotrado (integrado, incrustado) es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas funciones dedicadas. Al contrario de los ordenadores de propósito general los sistemas embebidos están diseñados para cubrir necesidades específicas.
Ethernet	También conocido como estándar IEEE 802.3 es un estándar de transmisión de datos para redes de área local.
Handheld	El término <i>handheld</i> es un anglicismo que traducido al español significa “de mano”, describe al tipo de computadora portátil que se puede llevar en la mano mientras se utiliza, en esta categoría entran los equipos de interface entre usuarios e instrumentos de medición de variables de proceso (tales como transmisores de presión, temperatura, etc.).
HART	Acrónimo en inglés de <i>highway addressable remote transducer</i> es un protocolo abierto de uso común en los sistemas de control, que se emplea para la configuración remota y supervisión de datos con instrumentos de campo.

HMI	Interfaz hombre-máquina (HMI). Una interfaz de usuario asistida por ordenador, también conocida como HMI, forma parte de un programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como “todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo.
ISO	La Organización Internacional de Normalización o ISO, nacida tras la Segunda Guerra Mundial, es el organismo encargado de promover el desarrollo de las normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales.
<i>Jostick</i>	Es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se usa desde una computadora o videoconsola hasta un transbordador espacial.
Lazo de control	conjunto de componentes que consta de: elemento sensor, transductor de señal, receptor de señal, comparador de punto de ajuste, mecanismo de control (neumático, electrónico, etc.) y elemento final de control (válvula, calentador, interruptor, etc.) configurados en forma de circuito de tal manera que la señal de control es transmitida al elemento final de control para ajustar el proceso a un punto de

consigna dependiendo de la magnitud del estímulo generado por el proceso.

Magneto

Material u objeto capaz de producir un campo magnético.

MCC

Un centro de control de motores (CCM) es un tablero que alimenta, controla y protege circuitos cuya carga esencialmente consiste en motores y que usa contactares o arrancadores como principales componentes de control.

Modbus

Es un protocolo de comunicación situado en el nivel 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo. Entre las razones por las cuales el uso del *modbus* es superior a otros protocolos de comunicaciones se encuentran: es público, su implementación es fácil y requiere poco desarrollo, maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

Molienda

Proceso que consiste en desmenuzar una materia sólida, especialmente granos o frutos, golpeándola con algo o frotándola entre piezas duras hasta reducirla a trozos muy pequeños, a polvo o a líquido.

PC

Computadora personal. Una computadora personal suele estar equipada para cumplir tareas comunes de la informática moderna es decir, permite navegar por Internet, escribir textos y realizar otros trabajos

de oficina o educativos, como editar textos y bases de datos.

PH El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El PH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$ presentes en determinadas disoluciones.

PLC *Programmable Logic Controller.* Es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos: el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje, líneas de producción, etc.

Profibus Es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras *process field bus*.

Pulpa Es la mezcla de una porción constituida por sólidos a una granulometría uniforme y otra constituida por un líquido, generalmente agua.

RAM Memoria de acceso aleatorio (*Random Access Memory*), se utiliza como memoria de trabajo de computadoras para el sistema operativo, los programas y la mayor parte del software. En la RAM se cargan todas las instrucciones que ejecutan la unidad central de procesamiento (procesador) y otras unidades de cómputo.

Relé	Es un dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que por medio de una bobina o electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos independientes.
ROM	<i>Run of mine</i> : producción en bruto de una mina.
<i>Run Time</i>	Software que queda corriendo en la computadora después de haber sido configurado.
<i>Slot</i>	Ranura de expansión, es un elemento de la placa base de la computadora que permite conectarla a una tarjeta de expansión o tarjeta adicional.
<i>Tag</i>	Marca o etiqueta que se asigna a un dispositivo o equipo.
Tonelada métrica	Unidad de peso equivalente a 1000 Kg.
<i>Touch Screen</i>	Pantalla táctil (en inglés <i>touch screen</i>) es una pantalla que mediante un toque directo en su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo. Puede actuar como periférico de entrada y salida de datos.
Trituración	Acción que consiste en disminuir el tamaño de los minerales pero sin llegar a convertirlos en polvo.

RESUMEN

El uso de PLC y HMI para el control y monitoreo de procesos industriales es de suma importancia hoy día, ya que hace disponer de diversas herramientas para mejorar la calidad de los productos y optimizar los procesos. En la minería de metales preciosos hay varias etapas: extracción del mineral, trituración, molienda, flotación, filtrado de concentrados, filtrado de colas. El presente trabajo está enfocado a la aplicación del uso de PLC y HMI para el control y monitoreo de una de estas etapas, específicamente la etapa de trituración.

Se inicia con la descripción de la etapa de trituración la cual se divide básicamente en trituración primaria, trituración secundaria y almacenamiento, también se describen los equipos que se utilizan en esta etapa: trituradora de mandíbula, trituradora de cono, parrilla vibratoria, transportadores, detectores de metal, magnetos, etc. Luego se describen los elementos para el control y monitoreo de una planta, los PLC y las HMI, instrumentación industrial: características de los instrumentos, protocolos de comunicación y centros de control de motores.

El capítulo siguiente es una breve introducción a los softwares de programación: RSLogix 5000 y Factorytalk View SE. En el RSLogix se describe como crear un proyecto, configuración de módulos de entrada y salidas, creación de tags. En el Factorytalk View se describe como crear un indicador, como crear un pulsador. En el capítulo final se describe el ejemplo de aplicación, se enumeran las variables del proceso, los lazos de control, los enclavamientos y los permisivos de los equipos, también se muestran segmentos de los programas tanto del RSLogix5000 como del Factorytalk View.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de control y monitoreo de una planta de trituración de mineral utilizando software de programación tanto para controlador lógico programable (PLC) como para interface hombre-máquina (HMI).

Específicos

1. Mostrar las herramientas básicas del software de programación RSLogix 5000 para la programación de PLC.
2. Introducir a la programación de interface hombre-máquina (HMI) con el software Factory Talk View SE.
3. Conocer ventajas y desventajas de la automatización.
4. Conocer características de las redes de comunicación industriales.
5. Describir los diferentes equipos que se utilizan en una planta de trituración de mineral.

INTRODUCCIÓN

Una planta de trituración de mineral en un proceso de minería tiene como objetivo reducir las rocas minerales provenientes directamente de la mina subterránea de un tamaño aproximado de 500 mm hasta un tamaño de menos de 10 mm, listo para el proceso de molienda. Entre los equipos empleados en este proceso están las cribas vibratorias, transportadores, trituradoras de quijada y de cono, detectores de metales, electroimanes, básculas, etc.

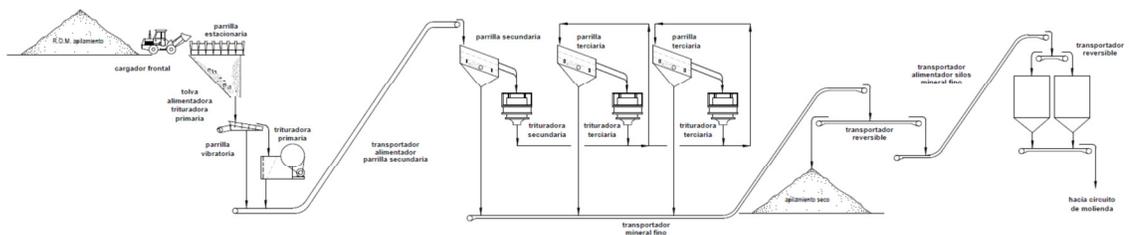
En todo proceso industrial es necesario mantener el control y visualización del proceso, con el fin de monitorear las variables del proceso (flujos, densidades, presiones, velocidades, etc.), llevar control de horas de funcionamiento de los equipos, el control de insumos y por supuesto la producción, todo esto es posible mediante el uso de PLC (por sus siglas en inglés, controladores lógicos programables), HMI (por sus siglas en inglés, interface hombre-máquina), MCC (por su siglas en ingles centro de control de motores) y redes de comunicación industriales (por ejemplo *ethernet*, *devicenet*, *profibus*, *modbus*). El presente trabajo hace un breve resumen de cada uno de estos componentes y como se integran para lograr el control de una planta trituradora de mineral.

1. PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL

1.1. ¿Qué es una planta de trituración de mineral?

El circuito de trituración reduce el tamaño del mineral directo de la mina (ROM) usando una trituradora primaria (quijada) y dos etapas de trituración fina (cono). El circuito de trituración fina consiste en una trituración secundaria en circuito abierto y una trituración terciaria en circuito cerrado. El mineral triturado se transporta y contiene en tolvas de mineral fino previo a la molienda. El mineral fino triturado producido tiene un rango de tamaño de partícula un 80 por ciento menor que 9 mm. Rociadores de agua minimizan las fugas de polvo desde los puntos de transferencia al medio ambiente. Un sistema colector de polvo tipo cámara de mangas también minimiza las fugas de polvo en el área.

Figura 1. Esquema general planta de trituración



Fuente: elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

1.1.1. Trituración primaria

El mineral ROM se entrega desde la mina vía camión de acarreo a una tolva de alimentación de la trituradora primaria o pila de almacenamiento ROM antes de la trituradora primaria. Se usa un cargador frontal para mover mineral desde la pila de almacenamiento hacia la tolva de vaciado de la trituradora primaria. El mineral pasa a través de una criba estacionaria ubicada sobre la tolva de vaciado de la trituradora.

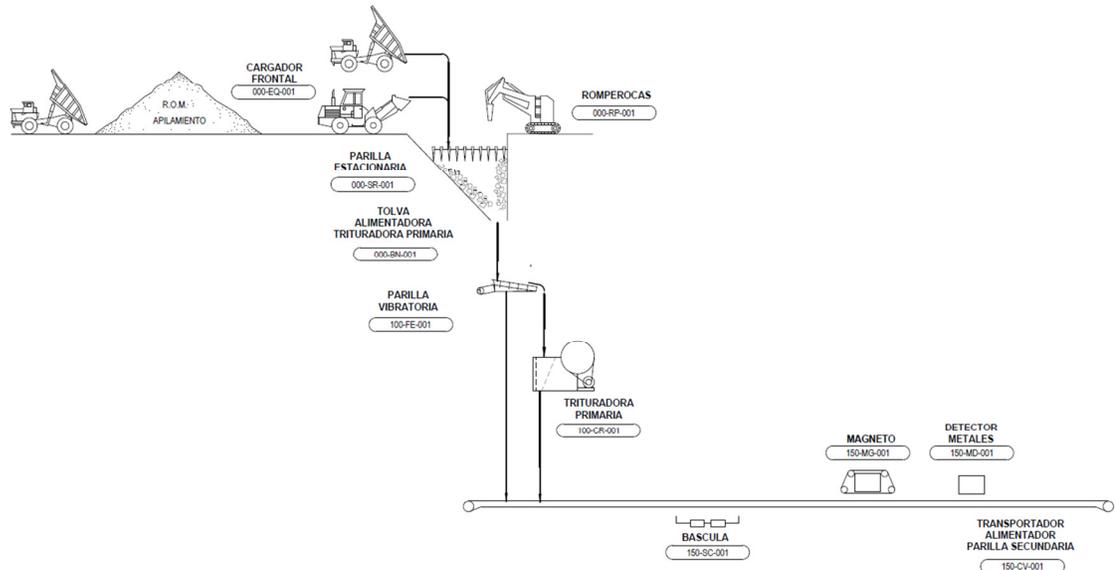
El mineral ROM se remueve de la tolva de vaciado de la trituradora primaria mediante un alimentador vibratorio tipo criba. El alimentador descarga el mineral sobretamaño directamente dentro de una trituradora primaria y el subtamaño (mineral fino) cae sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario ubicado debajo. La trituradora primaria es una trituradora de quijada que reduce el tamaño del mineral a un 80 por ciento pasando 150 mm para alimentarse al circuito de trituración secundaria terciaria. El producto de la trituradora de quijada descarga sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario, el cual entrega mineral al circuito de trituración secundaria-terciaria.

El mineral ROM se remueve de la tolva de vaciado de la trituradora primaria mediante un alimentador vibratorio tipo criba. El alimentador descarga el mineral sobretamaño directamente dentro de una trituradora primaria y el subtamaño (mineral fino) cae sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario ubicado debajo.

La trituradora primaria es una trituradora de quijada que reduce el tamaño del mineral a un 80 por ciento pasando 150 mm para alimentarse al circuito de trituración secundaria terciaria. El producto de la trituradora de quijada se

descarga sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario, el cual entrega mineral al circuito de trituración secundaria-terciaria.

Figura 2. Trituración primaria



Fuente: elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

1.1.2. Trituración secundaria y terciaria

El transportador de alimentación de tamiz secundario descarga mineral directamente sobre el tamiz secundario. El material de subtamaño del tamiz secundario (material que es suficientemente pequeño para pasar a través del tamiz) se descarga sobre el transportador de transferencia de mineral fino. El material de sobretamaño del tamiz secundario se descarga directamente dentro de la trituradora secundaria. La trituradora secundaria es una trituradora de cono que reduce el tamaño del mineral y descarga sobre el transportador de descarga de trituradora, donde el material de descarga de la trituradora

secundaria se combina con el material de las trituradoras terciarias y se descarga sobre el transportador de alimentación de tamices terciarios.

El mineral transportado mediante el transportador de alimentación de tamices terciarios se descarga dentro de las tolvas de alimentación de tamices terciarios y se alimenta sobre los dos alimentadores de tamices terciarios. Cada alimentador de banda se descarga directamente sobre su tamiz terciario respectivo. El material de subtamaño de los tamices terciarios se descarga sobre el transportador de transferencia de mineral fino, donde se combina con el material de subtamaño del tamiz secundario.

El material de sobretamaño de los tamices terciarios se descarga directamente dentro de las trituradoras terciarias asociadas que son también trituradoras de cono. El material de descarga de las trituradoras terciarias se combina con el material de descarga de la trituradora secundaria en el transportador de descarga de trituradora. El material grueso del transportador de descarga de trituradora circula a través del circuito de trituración terciaria hasta que se reduzca de tamaño lo suficiente para pasar a través de los tamices terciarios.

Un circuito con carga circulante y equipos como las trituradoras y tamices terciarios de este proceso, se conoce como circuito cerrado. Esto difiere de la trituradora secundaria, que no tiene carga circulante, y, por lo tanto, se conoce como circuito abierto. El material triturado del transportador de transferencia de mineral fino descarga sobre el transportador reversible, donde se transporta como desperdicio (intermitentemente) a una pila de almacenamiento de desperdicio triturado o como mineral al transportador de alimentación de tolvas de mineral fino. El mineral descarga desde el transportador de alimentación de tolvas de mineral fino sobre el transportador reversible de tolvas de mineral fino,

El mineral es tamizado dos veces antes de ser alimentado a la trituradora primaria. El primer tamiz es una criba estacionaria ubicada sobre la tolva de alimentación de la trituradora primaria que no permite el paso de ninguna roca demasiado grande para ser aceptada por la trituradora de quijada. Un alimentador vibratorio tipo criba separa luego el mineral lo suficientemente pequeño para no tener que ser alimentado dentro de la trituradora primaria.

La criba estacionaria retiene mineral más grande que 600 mm como mineral grueso. El material grueso es quebrado con la quebradora de roca hidráulica hasta que pasa a través de la criba. El mineral cae dentro de la tolva de alimentación de la trituradora primaria de 100 toneladas de capacidad total (50 toneladas de capacidad útil).

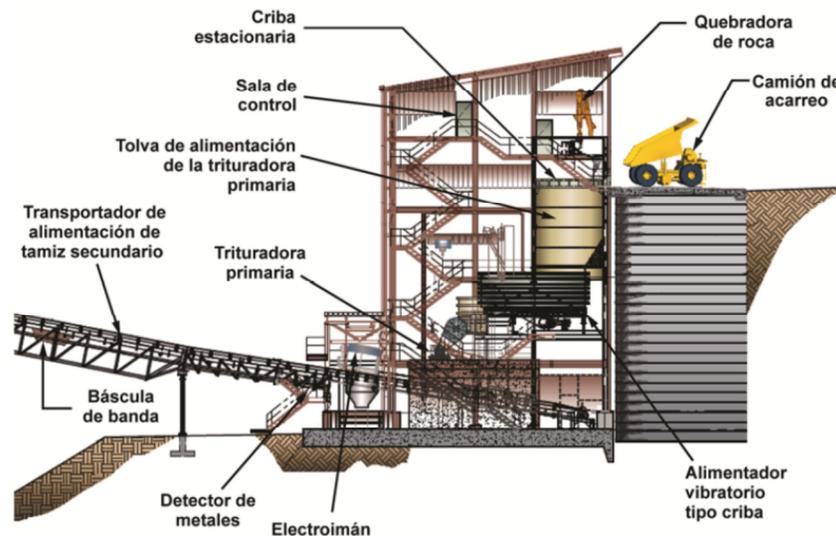
El mineral es luego extraído desde la tolva a través de un chute sobre un alimentador vibratorio tipo criba que separa el mineral fino de menos 100 mm de la alimentación de mineral grueso a la trituradora. El mineral fino cae luego directamente desde el alimentador vibratorio tipo criba sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario.

1.2.2. Semáforos

Hay dos juegos de semáforos montados en forma adyacente a la tolva de alimentación de la trituradora primaria para notificar al conductor del camión u operador del cargador frontal cuando es permisible vaciar. Cada juego de semáforos se muestra en rojo o verde según lo determina el operador de la trituradora. Una luz verde de Vaciar indica autorización para que un camión de acarreo o cargador frontal vacíe mineral dentro de la tolva de alimentación de la trituradora primaria. El operador activa una luz roja de no vaciar cuando las

condiciones de proceso indican la necesidad de parar el vaciado, tal como cuando la quebradora de roca está en uso sobre la criba estacionaria.

Figura 4. **Arreglo de trituradora primaria**

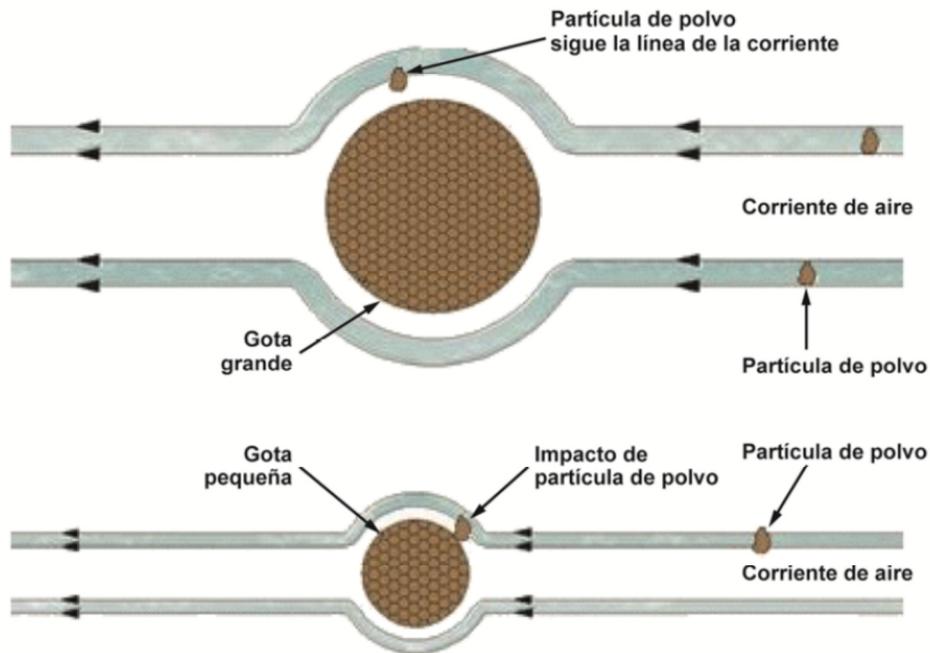


Fuente: Manual de operación de trituración
Performance Associates International, Inc. P. 120.

1.2.3. Sistema controlador de polvo

Un sistema controlador de polvo (vea el principio de operación de los sistemas controladores de polvo) controla el polvo generado cuando el mineral es vaciado dentro de la tolva de alimentación de la trituradora primaria. Los rociadores de agua se activan cuando el transportador de alimentación de tamiz secundario está funcionando, y pueden ser controlados por el operador vía accionamiento manual.

Figura 5. Principio de operación



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

Las boquillas de rociado de agua ayudan a asegurar que este aire que escapa, llevando consigo polvo fino, pase a través de una nube de gotas finas de agua. Las partículas de polvo que impactan con las gotas se adhieren a las gotas. Eventualmente, puede haber varias partículas de polvo adheridas a la gota, y la aglomeración resultante de partículas crea el peso suficiente para hacer que la gota caiga conjuntamente con la corriente de mineral principal, liberándose del arrastre de la corriente de aire.

El sistema funciona efectivamente sólo si las gotas de agua son muy pequeñas, casi tan pequeñas como las partículas de polvo. La corriente de aire que se enfrenta a la gota más grande se lleva la partícula de polvo con ella,

mientras que el aire debe efectuar un giro mucho más apretado alrededor de la gota más pequeña. De esta manera, la partícula de polvo colisiona con el agua.

1.2.4. Quebradora de roca hidráulica

Las grandes rocas pueden saturar las aberturas de la criba estacionara y causar el bloqueo parcial de la alimentación dentro de la tolva de alimentación de la trituradora primaria. Las rocas gruesas deben ser quebradas usando la quebradora de roca hidráulica. Las grandes losas planas de piedra pueden hacerse girar de modo que caigan a través de la abertura de la criba de 600 mm, pero aún pueden ser demasiado grandes para pasar a través del sistema y llegar a la trituradora de quijada. Estas grandes rocas deben quebrarse en vez de voltearse cuando son detenidas por la criba.

Figura 6. Quebradora hidráulica



Fuente: http://www.tramac.com/pdfs/TX_BOOMS.pdf

Consulta: 08 de mayo de 2015.

La quebradora de roca hidráulica Tramac modelo TX62 es operada usando un *joystick* electrohidráulico montado sobre soporte. Está equipada con un sistema de pluma montada sobre pedestal con su propia unidad hidráulica y

un motor de 56 KW que impulsa una bomba de pistón variable. También está disponible una quebradora de roca móvil Tramac modelo V1800, la cual es un martillo de impacto hidráulico adosado a una excavadora Case CX350B, para usarse como una opción para la quebradora de roca montada sobre pedestal.

1.2.5. Alimentador vibratorio tipo criba

El alimentador vibratorio tipo criba cumple el doble propósito de tamizar el mineral para remover el material que ya es más pequeño que el producto de la trituradora primaria, mientras actúa al mismo tiempo como el alimentador que abastece el mineral grueso dentro de la trituradora. Rociadores de agua de supresión de polvo apuntan al mineral ROM a medida que pasa a través del chute de alimentación en camino al alimentador vibratorio tipo criba.

El espaciamiento de 100 mm de las barras de la criba (parrilla) separa el mineral grueso de más de 100 mm del mineral fino inferior a 100 mm que puede derivar la trituradora. El alimentador vibratorio tipo criba es un Telsmith Modelo VGF SD un alimentador electromecánico de 1,524 mm por 6,100 mm. El alimentador está equipado con una unidad vibratoria Modelo 280HF accionada por un motor eléctrico de 37 KW y un mando de frecuencia variable (VFD, por sus siglas en inglés). La capacidad máxima del alimentador es de 430 toneladas métricas secas por hora.

Figura 7. **Alimentador vibratorio tipo criba**



Fuente: <http://www.golden-mill.com/es/vibrating-feeder-20.html>

Consulta: 09 de junio de 2015.

1.2.6. Trituradora primaria

El material grueso del alimentador vibratorio tipo criba cae dentro del chute de alimentación de la trituradora primaria que alimenta directamente dentro de la trituradora primaria (vea la figura 4). El mineral ROM es triturado al 80 por ciento inferior a 150 mm y luego es descargado sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario vía el chute de descarga de la trituradora de quijada.

La trituradora primaria es una trituradora de quijada de articulación única Telsmith modelo 3055 Standard impulsada por bandas V con un motor eléctrico de 160 KW, y tiene un volante de 1,370 mm de diámetro. La abertura de alimentación de la trituradora es de 762 mm por 1,397 mm y la capacidad de operación máxima de diseño de la trituradora es de 430 toneladas métricas secas por hora de mineral ROM grueso. El diseño del proceso considera un

promedio de alimentación nominal hacia la trituradora primaria de 219 toneladas métricas secas por hora.

La fuerza de trituración en la trituradora de quijada es creada entre dos grandes placas: la quijada oscilante y la quijada estacionaria. El movimiento de la quijada oscilante muerde y libera alternativamente el mineral, triturándolo en fragmentos más pequeños y permitiéndole moverse hacia abajo por la cámara de trituración. El mineral triturado eventualmente descarga por el fondo de la cavidad de trituración.

Figura 8. **Trituradora de mandíbula**



Fuente: <http://www.ami-crushers.com/wp-content/uploads/images/In%20Stock%20Equipment/New/3055%20Telsmith%20Jaw/New%20Telsmith%203055%20jaw-2.JPG>. Consulta: 09 de junio de 2015.

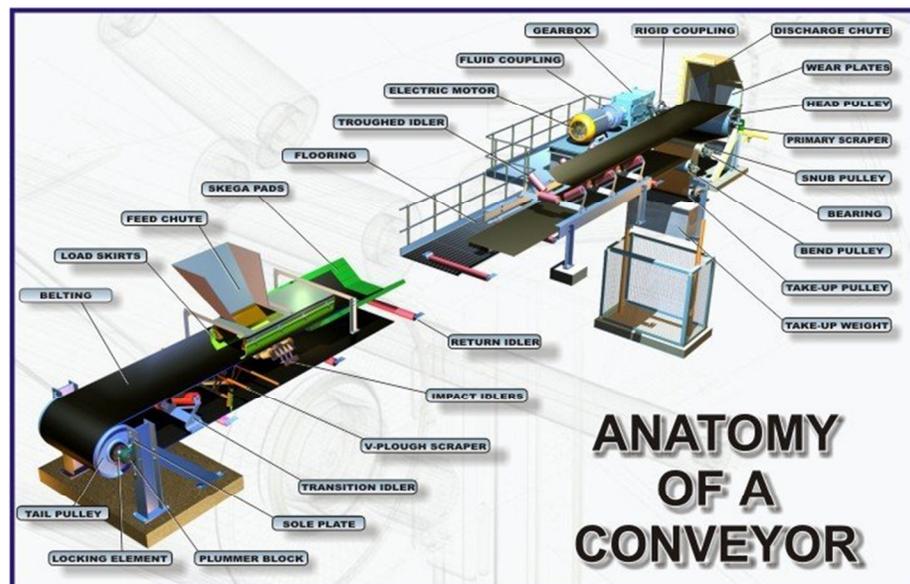
1.2.7. Banda transportadora

El transportador de alimentación de tamiz secundario transporta el mineral grueso de menos 150 mm desde el sistema de trituración primaria al

tamiz secundario en el sistema de trituración secundaria y terciaria. Hay rociadores de agua de control de polvo instalados en el área donde el mineral triturado cae a través del chute de descarga de la trituradora de quijada sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario.

El transportador de alimentación de tamiz secundario es una banda transportadora de 914 mm de ancho. El transportador tiene 49.7 m de largo y está inclinado para subir 8.8 m hasta la descarga de la polea de cabeza sobre el tamiz secundario. La carga de diseño nominal del proceso es de 219 toneladas métricas secas por hora y la capacidad de diseño máxima es de 365 toneladas métricas secas por hora. El transportador es accionado en la polea de cabeza por un motor eléctrico de 56 KW a través de una caja de engranajes reductora de velocidades.

Figura 9. **Banda transportadora**



Fuente: http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/troughed/beginners-guide/beginners_anatomy.htm. Consulta: 16 de junio de 2015.

1.2.8. Báscula de banda

El mineral triturado es pesado en el transportador de alimentación de tamiz secundario usando una báscula de banda (vea el principio de operación de las básculas de banda). El peso del mineral triturado que pasa a lo largo del transportador se mide para informar al operador el promedio de trituración real y luego es totalizado con propósitos de contabilidad metalúrgica.

Figura 10. Báscula de banda



Fuente: <http://www.maxcopper.cl/pdfs/Belt%20Scale%20System%20-%20Model%20N-61.pdf>
Consulta: 16 de junio de 2015.

1.2.9. Electroimán auto limpiante

Después que el mineral descarga desde la trituradora primaria sobre el transportador de alimentación de tamiz secundario, pasa debajo de un electroimán auto limpiante utilizado para remover cualquier chatarra presente en el mineral. El electroimán auto limpiante es un electroimán suspendido modelo 542 fabricado por Industrial Magnetics, Inc.

Figura 11. **Electroimán auto limpiante**



Fuente: <http://www.lanzco.cl/LanzyCia/Electroimanes/ingles.php>
Consulta: 16 de junio de 2015.

1.2.10. Detector de metales

Para indicar la presencia de cualquier pieza de metal no removida por el electroimán, hay un detector de metales instalado en el transportador de alimentación de tamiz secundario. El detector de metales en el sistema de trituración primaria es un Advanced Detection Systems modelo 9000.

Figura 12. **Detector de metales**

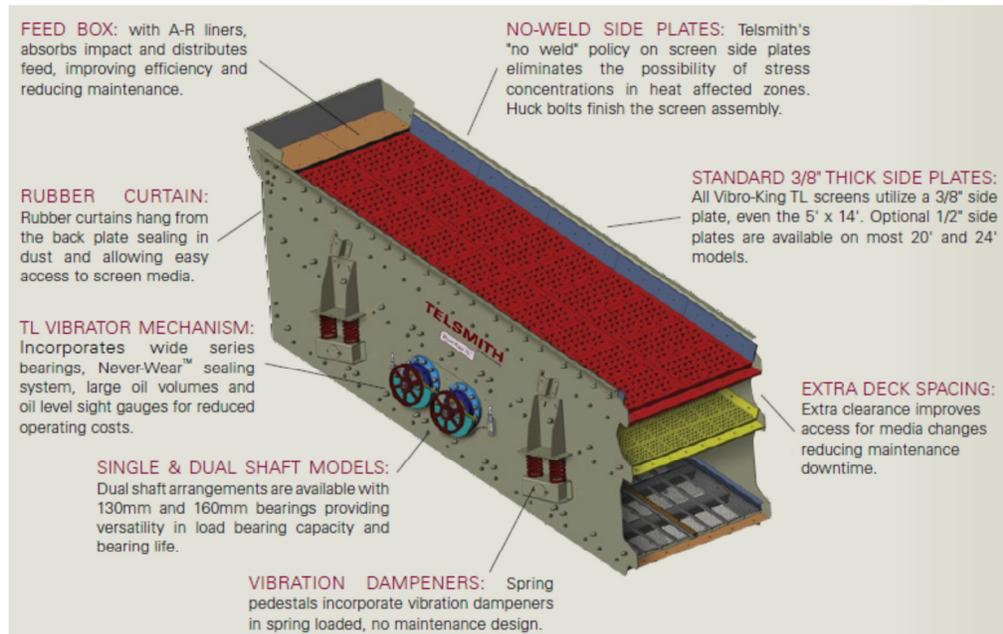


Fuente: <http://magnetix.com.pl/tunnel-metal-detector-dmd,4,en,4,1,86.html>
Consulta: 18 de junio de 2015.

1.2.11. Tamiz secundario

El tamiz secundario, accionado por dos motores eléctricos de 18.8 kW, es un tamiz vibratorio inclinado de tres plataformas que también sirve como el alimentador para la trituradora secundaria. El tamiz secundario es una unidad Telsmith Triple-Deck Vibro-King TL Modelo 6x20 Dual TL26 con plataformas polydeck de poliuretano. Cada plataforma tiene 1,829 mm por 6,096 mm, con cada plataforma haciendo pasar progresivamente material más fino. La plataforma inferior pasa mineral subtamaño de menos 10 mm, el cual cae luego sobre el transportador de transferencia de mineral fino.

Figura 13. Tamiz vibratorio



Fuente: <http://www.telsmith.com/files/VibratingEquipmentBrochure.pdf>

Consulta: 08 de enero de 2015.

1.2.12. Trituradora de cono secundaria

La trituradora secundaria es una trituradora de cono Telsmith Modelo 44SBS impulsada por bandas V mediante un motor eléctrico de 225 kW. La alimentación nominal de diseño promedia 183 toneladas métricas secas por hora.

Figura 14. **Trituradora de cono**



Fuente: <http://a.aggregatesandminingtoday.com/new-telsmith-t300-cone-crusher-offers-maximum-productivity-safety--ease-of-maintenance,2013-8,2866,0,0,featured-story.aspx>

Consulta: 15 de enero de 2015.

En una trituradora de cono, el material es triturado entre un cono de trituración oscilante, o cabeza, y un tazón curvo fijo. Los componentes principales de la trituradora son: el bastidor principal, el ensamble del tazón, el ensamble del eje principal y el sistema de mando.

El bastidor principal de la trituradora proporciona un soporte rígido para el resto de los componentes de trituración. Un anillo de ajuste se asienta sobre la parte superior del bastidor principal y ofrece un medio para ajustar el ensamble del tazón. El eje principal soporta la cabeza de trituración y es impulsado por el sistema de mando.

El ensamble del tazón consiste en el tazón, revestimiento del tazón y tolva. El tazón y revestimiento del tazón proporcionan el miembro triturador estacionario superior. El manto móvil y la cabeza trituran el material contra el tazón estacionario. El tazón y el revestimiento están suspendidos en el anillo de ajuste mediante roscas.

La tolva de alimentación descansa sobre el tazón y proporciona un área para que el material forme una capa muerta, protegiendo de esta manera a la tolva contra el desgaste. La cabeza de trituración está cubierta con un revestimiento reemplazable llamado blindaje de cabeza o manto, el tazón está protegido mediante un blindaje del tazón y el interior del bastidor principal y componentes expuestos también están protegidos mediante blindajes reemplazables.

El eje principal de la cabeza de trituración es impulsado mediante una excéntrica tipo camisa, la cual es accionada por el ensamble del engrane y contra eje. La excéntrica se asienta sobre un cojinete de empuje fijado al bastidor principal. La excéntrica gira por la acción del motor de la trituradora a través de una serie de poleas y roldanas, el contra eje y el engranaje de piñón. La excéntrica rotatoria actúa como una leva y mueve la cabeza de trituración a través de un patrón giratorio, acercándola y alejándola del tazón en ciclos repetidos. La abertura mínima entre los blindajes del manto y tazón se denomina ajuste cerrado (CSS).

2. ELEMENTOS DE CONTROL PARA PROCESOS INDUSTRIALES

2.1. Controladores lógicos programables (PLC)

2.1.1. Historia de los PLC

Los primeros PLC aparecieron a finales de la década de 1960 a raíz de que la industria buscaba nuevas tecnologías para el reemplazo de los circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes utilizados para el control de sistemas de lógica combinacional. El Controlador digital modular (MODICON, *Modular Digital Controller*) fue propuesto por Bedford Associates a un fabricante de automóviles, el MODICON 084 resultó ser el primer PLC producido comercialmente. La marca MODICON fue vendida en 1977 a Gould Electronics y posteriormente fue adquirida por la compañía alemana AEG y por último por Schneider Electric, el actual dueño. La industria automotriz es hoy en día una de las más grandes usuarias de PLC, pero también son utilizados en un sinnúmero de maquinaria.

Entre las marcas reconocidas de PLC están: ABB Ltd., Koyo, Honeywell, Siemens, Trend Control, Trend Controls, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen Bradley), General Electric.

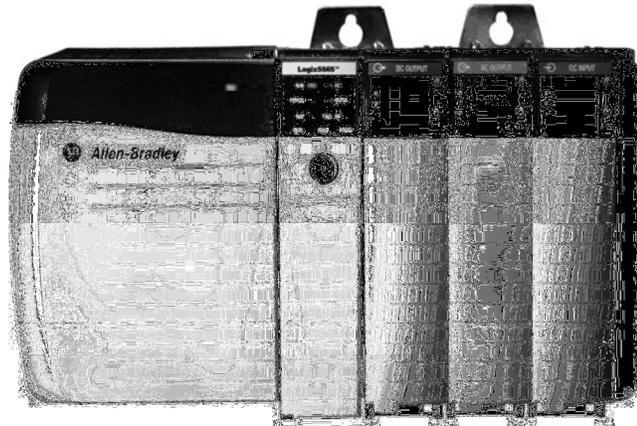
Los PLC en la actualidad son capaces de controlar la lógica de funcionamiento de una máquina, plantas y procesos industriales, también son capaces de comunicarse con otros controladores, constituyen parte fundamental de los sistemas de control distribuido.

2.1.2. Componentes un PLC

Un PLC está compuesto por varios circuitos impresos y por tarjetas sobre los cuales están montados diversos componentes electrónicos. La estructura de los PLC puede ser fija o modular. La estructura básica del hardware de un PLC está básicamente compuesto por:

- Fuente de alimentación: suministra energía a la CPU y demás módulos del PLC.
- Unidad de procesamiento central (CPU): Es la parte más importante el controlador, puede considerarse como el cerebro del controlador, está diseñada base de microprocesadores y memorias, está compuesta por: unidad de control, memoria RAM, temporizadores, contadores, memorias tipo relé (marcas), imágenes del proceso entradas/salidas.
- Módulos o interfaces de entradas/salidas (E/S): proporcionan la comunicación entre la CPU y los dispositivos de campo del sistema. Existe una gran variedad de dispositivos exteriores (sensores, actuadores), por lo cual hay diferentes clases de módulos para manejar las diferentes señales (discretas o analógicas) para diferentes tipos de tensión en DC o AC.
- Módulos de memorias: destinados para almacenar la información de forma temporal o permanente. RAM memoria volátil y EEPROM memoria no volátil.
- Unidad de programación: hay varios tipos de unidades de programación entre los cuales están los *handheld*, las computadoras.

Figura 15. **PLC modular**



Fuente:

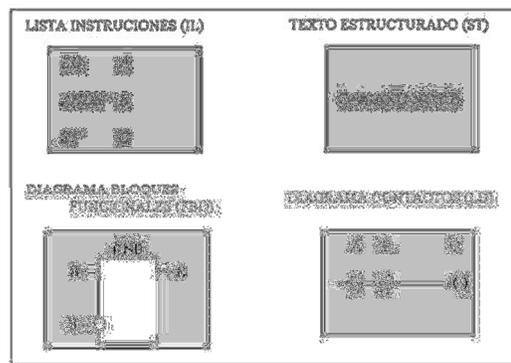
<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/360807/1837516/ControlLogix-5560-Controllers.html>. Consulta: 15 de enero de 2015.

2.1.3. Lenguajes de programación de los PLC

Son necesarios para la comunicación entre el programador y el PLC, esta interacción se realiza por medio de un cargador de programa conocida como consola de programación o por medio de un PC. Los lenguajes de programación para PLC se pueden dividir en dos tipos: visuales y escritos. Los programadores de aplicaciones familiarizados con procesos industriales prefieren los lenguajes visuales mientras que los que tienen formación electrónica e informática optan por los lenguajes escritos. Entre los lenguajes escritos están: lista de instrucciones (IL) y texto estructurado (ST), mientras que en los lenguajes gráficos están: diagrama de contactos (LD), diagramas de bloques funcionales (FBD). El lenguaje de programación a utilizar depende de varios factores: el conocimiento del programador, el problema a tratar, nivel de

descripción del proceso, la estructura del sistema de control, la coordinación con otras personas o departamentos.

Figura 16. **Lenguajes de programación**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables3.shtml>. Consulta: 15 de enero de 2015.

2.2. **Interface hombre máquina (HMI)**

2.2.1. **¿Qué es una HMI?**

Por sus siglas en inglés (*human machine interface*), es un dispositivo que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tiempo atrás estos dispositivos consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos: luces pilotos, indicadores digitales y análogos registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso, en la actualidad las HMI son bastantes poderosas y eficaces, además de que permiten una comunicación sencilla y económica con la máquina, se pueden distinguir actualmente dos tipos de HMI.

- Terminal de operador: dispositivo que generalmente es instalado cerca de la máquina o en la propia máquina (embebido), puede ser de tipo *touch screen* (pantalla sensible al tacto).
- PC+Software: el software de control se instala en una PC apropiada para el proceso, el software permite la interface gráfica de tal forma de poder monitorear el proceso e interactuar con este, también tiene otras ventajas adicionales como es registro en tiempo real e histórico de datos así como el manejo de alarmas. Para programarlos se requiere una herramienta de diseño o desarrollo y luego se deja una aplicación de ejecución (*run time*).

Figura 17. HMI



Fuente: <http://computernewsline.com/552/human-machine-interface-hmi-in-industrial-automation.html>. Consulta: 15 de enero de 2015.

2.2.2. Funciones de un software HMI

- **Monitoreo:** función que permite obtener u mostrar datos de la planta en tiempo real. Los datos pueden mostrarse como números, texto o gráficos de fácil interpretación.
- **Supervisión:** permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- **Alarmas:** las alarmas son reportadas en base a límites de control preestablecidos.
- **Control:** Capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites, el control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana.
- **Históricos:** capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia, este almacenamiento de datos constituye una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

2.3. Instrumentación industrial

En todo proceso industrial es imprescindible el control de la fabricación de los productos obtenidos, no importando a la clase de industria a que pertenezcan (alimenticia, cerámica, petroquímica, minería, etc.). En estos procesos es necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes

como por ejemplo: la presión, el PH, la humedad, la velocidad, la temperatura. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas de las que un operador humano podría realizarlas.

En los procesos industriales es necesario mantener las variables en un valor fijo, un valor variable en el tiempo o bien guardando una relación determinada con otra variable, lo cual se logra por medio de un sistema de control, el cual permite comparar el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y tomar una acción de corrección de acuerdo a la desviación existente sin que el operador intervenga en absoluto.

2.3.1. Características de los instrumentos de medición

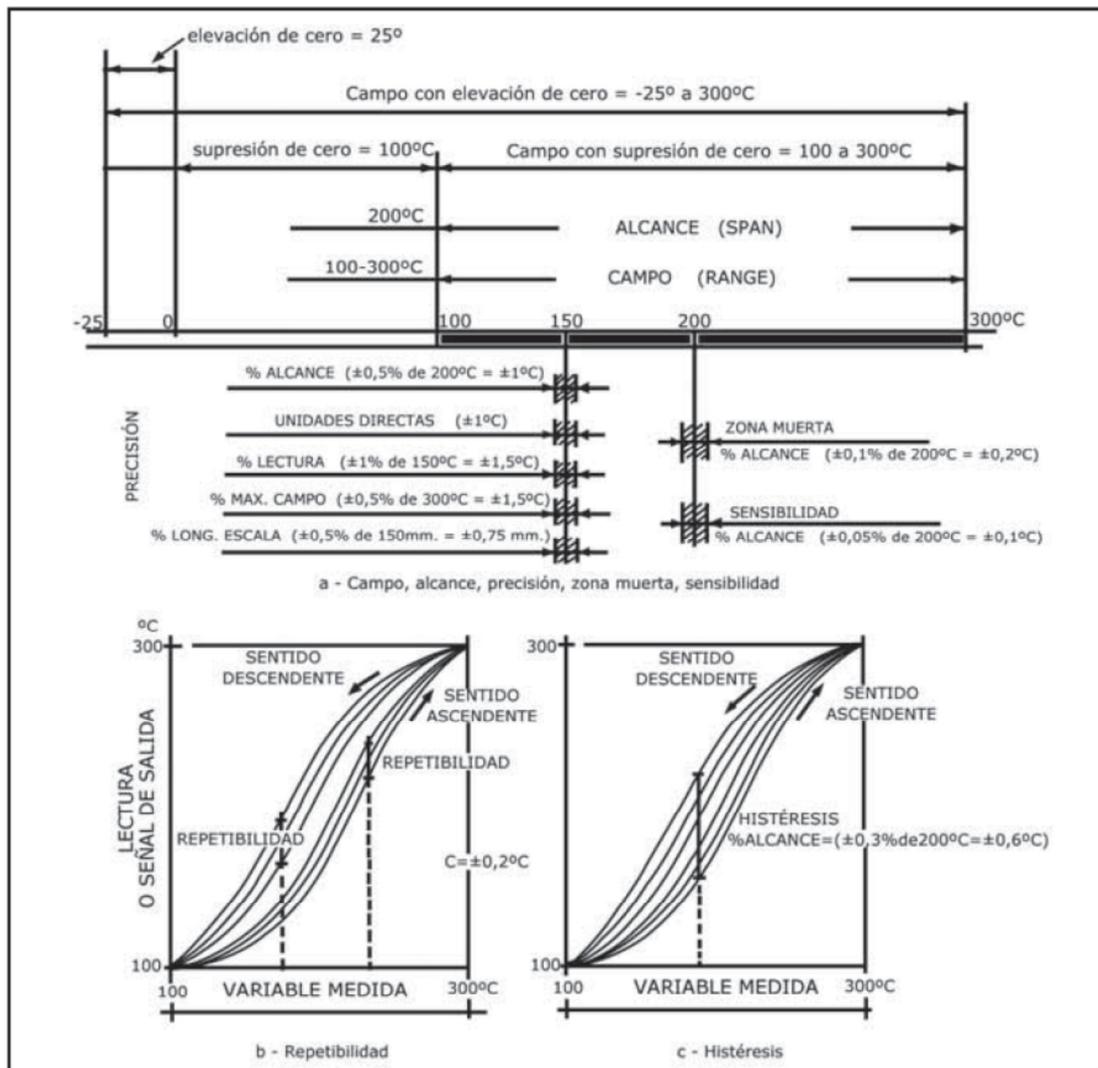
- Intervalo de medida (*range*): es el espectro o conjunto de valores de la variable de medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida, de recepción o de transmisión del instrumento.
- Alcance (*span*): es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.
- Error: es la desviación que presentan las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas teóricas o ideales, como resultado de las imperfecciones de los aparatos y de las variables parasitas que afectan al proceso.

$$\text{Error} = \text{valor leído en el instrumento} - \text{valor ideal de la variable medida}$$

- Incertidumbre de la medida (*uncertainty*): es la diferencia entre el valor leído por el instrumento y el verdadero valor medido con el aparato patrón.
- Exactitud (*accuracy*): es la cualidad de un instrumento de medida por la que tiende a dar lecturas próximas al valor verdadero de la magnitud medida.
- Precisión: es la cualidad de un instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, es el grado de dispersión de las mismas.
- Zona muerta: la banda muerta es la insensibilidad de un sensor en una gama específica de señales de entrada. En aquella gama, la salida no varía cerca de un cierto valor sobre una zona de banda muerta entera. Se expresa en porcentaje del alcance del instrumento.
- Sensibilidad (*sensitivity*): es la razón (cociente) entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo.
- Repetitividad: es la capacidad de reproducción de las posiciones del índice o de la señal de salida del instrumento al medir repetidamente valores idénticos de las variables en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. Se considera en general su valor máximo (repetitividad máxima) y se expresa en tanto por ciento del alcance.

- Histéresis (*hysteresis*): Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos ascendente y descendente. Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida.

Figura 18. Definiciones de los instrumentos



Fuente: CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial 8va. Edición P. 4.

2.3.2. Transmisores

Captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia a un instrumento indicador, registrador, controlador o combinación de estos. Existen varios tipos de señales: en forma de señal neumática (3 a 15 PSI), eléctrica de corriente continua (4 a 20 mA) ó de tensión (0 a 5 V); estas son las señales más comunes aunque existen otras.

2.4. Protocolos industriales de comunicación

2.4.1. Protocolos serie

- RS-232: Dispone de tres conductores (transmisión, recepción y un retorno de corriente). Los datos se transmiten en lógica negativa, el cable debe ser apantallado en instalaciones industriales ya que es susceptible al ruido. La tensión comúnmente utilizada es 12 V CC, la distancia máxima entre equipos de transmisión de datos (DTE) y el equipo de comunicación (DCE) es de 15 m, la velocidad máxima de transmisión es de 20 Kbaudios.
- RS-422: Su aparición fue en 1978, fue diseñado para satisfacer demandas de mayor velocidad y distancia. Se pueden alcanzar distancias de hasta 1200 m, para una velocidad de 10 Mbaudios la distancia queda limitada a 60 m.
- RS-485: fue introducido en 1993 por Electronic Industries Association (EIA), se aplica cuando el número de estaciones es menor de 32. La distancia máxima a cubrir es de 1200 m y la velocidad de transmisión es de 10 Mbits/s.

2.4.2. Protocolos híbridos

Utilizan el estándar analógico 4-20 mA c.c. e incorporan un protocolo de comunicación digital.

- DE: propiedad de la empresa Honeywell, consiste en una modulación en corriente al estado discreto “1” una corriente de 20 mA c.c. y el estado “0” una corriente de 4 mA c.c. Es compatible con la señal analógica de 4-20 mA c.c., pero no simultáneamente.
- Intensor: protocolo propiedad de Endress & Hauser.
- Brain: propiedad de la empresa Yokogawa, consiste en una modulación de impulsos, dicha modulación va montada sobre la señal de 4-20 mA c.c. que no es afectada ya que la señal resultante es nula.
- Foxcom: Protocolo propiedad de la compañía Foxboro.
- FSK: Desarrollado por Elsag Bailey and Braun (grupo ABB), está basado en una modulación de frecuencia. La distancia máxima es de 1.6 Km.
- HART: (*high way addressable remote transducer*) fue desarrollado inicialmente por la firma Rosemount, pero dada su gran aceptación ha sido extendido a muchos otros fabricantes. Rosemount creó la fundación Hart a la que se han adherido decenas de fabricantes de todo el mundo. El protocolo HART utiliza el estándar Bell 202 FSK de codificación por cambio de frecuencia y sigue el modelo de referencia OSI (*open system interconnections*) propuesto por ISO (Organización

Internacional de Normalización), solo implementa del modelo los niveles 1, 2 y 7 ya que los otros niveles no son necesarios para este tipo de comunicación. Esto permite a los usuarios prepararse para la implementación definitiva del bus enteramente digital. El nivel 1 (nivel físico) conecta físicamente los dispositivos y modula en frecuencia una señal de ± 0.5 mA de amplitud superpuesta a la señal analógica de salida del transmisor de 4-20 mA c.c. Codifica los estados lógicos de 1 y 0 en frecuencias de 1,200 Hz para el 1 y 2,200 para el 0, en forma senoidal. Como la señal promedio de una onda senoidal es cero, no se añade ningún componente de c.c. la señal analógica de 4-20 mA c.c.

- MODBUS: primer bus de campo efectivamente abierto, desarrollado en 1979 por la empresa Gould Modicon, solo disponía de los niveles 1 (físico) y 2 (enlace). El protocolo MODBUS TCP/IP desarrollado por Schneider Automation facilita la interoperabilidad entre los aparatos que utilizan los códigos de funciones MODBUS.

2.4.3. Protocolos abiertos

- Profibus: es una red abierta, dispone de tres perfiles de usuario: Profibus FMS (universal), Profibus DP (rápido) y Profibus PA (orientado a la aplicación con automatización de procesos incluso en áreas con riesgos de explosión). Está basado en el modelo de referencia OSI e implementa los niveles 1 y 2. El nivel de usuario normaliza las funciones básicas de todos los instrumentos de tal forma que son intercambiables (no importando el fabricante). Los parámetros accesibles al usuario son suministrados mediante ficheros en lenguaje DDL (*device description language*).

2.5. Centros de control de motores

Un centro de control de motores (CCM) es un tablero que alimenta, controla y protege circuitos cuya carga esencialmente consiste en motores y que usa contactores o arrancadores como principales componentes de control. Los CCM son utilizados como eslabón de unión entre los equipos de generación y los consumidores finales tales como motores, equipos de climatización, etc. Los CCM ofrecen la ventaja de integrar dentro de un mismo gabinete los sistemas arrancadores de motores de distintas áreas de una planta, así como su sistema de distribución.

Un CCM está dividido en compartimientos en los cuales se alojan los equipos necesarios para el óptimo arranque y protección de los motores eléctricos. En cada compartimiento se instala un sistema de rieles y en la puerta del compartimiento se instalan los elementos de maniobra: pulsadores, luces piloto, regulación de velocidad, etc. Dentro del compartimiento sobre plataformas fijas, semiextraíbles o extraíbles se instalan los equipos para protección y arranque: *breakes*, guardamotores, relés térmicos, contactores, variadores, etc. El tener todos los equipos en una misma área facilita las tareas de mantenimiento así como la fácil integración de los sistemas arrancadores que están dentro del MCC a un sistema de automatización.

Figura 19. **Centro de control de motores**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/shihlin-electric-engineering-corporation/product-65405-452393.html>. Consulta: 26 marzo de 2015.

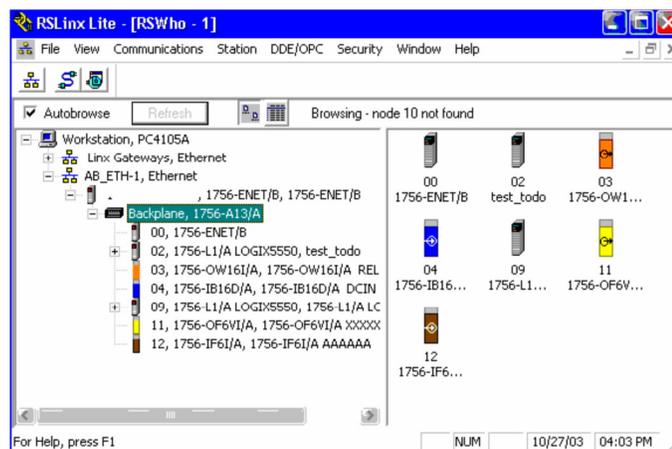
3. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

3.1. Programación con RSLogix 5000

3.1.1. RSLinx

El RSLinx es el software que permite configurar y supervisar la red de comunicación en la que se encuentra conectado el autómata ControlLogix. En la figura 20 se muestra un detalle de la red Ethernet en la que se encuentra montado el PLC. Desde cualquier PC se puede entrar en la CPU remotamente, a través de la dirección de IP y con el software de programación RSLogix se puede descargar un programa en la memoria de la CPU del PLC. Es de notar la ventaja de este sistema que no es necesario estar físicamente al lado del PLC para realizar los programas y depurarlos.

Figura 20. RSLinx

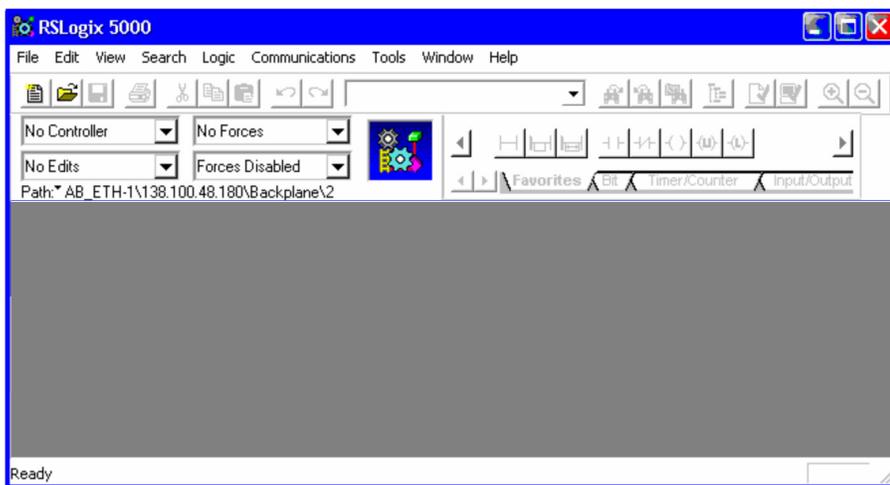


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000, año 2015.

3.1.2. RSLogix 500

- Inicio del programa: para iniciar el programa hacer doble clic sobre el icono que se encuentra en el escritorio o en el menú de programas.

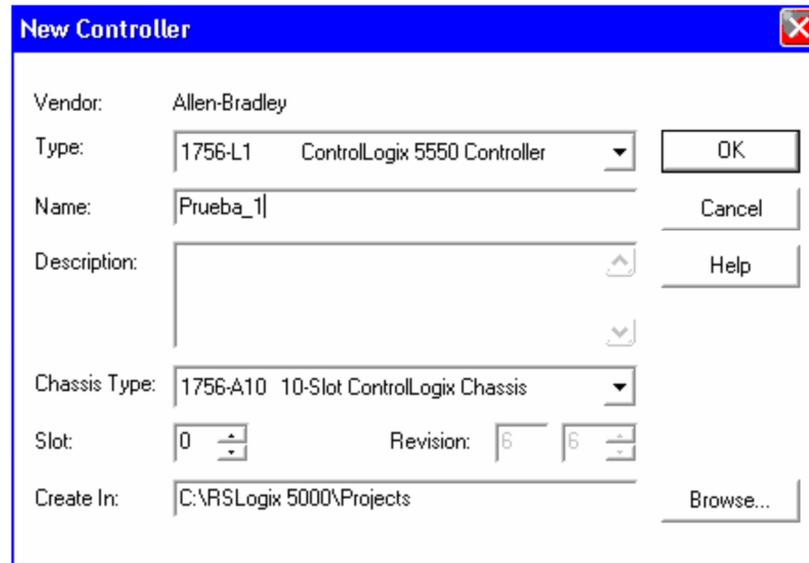
Figura 21. Ventana principal RSLogix 5000



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- Configuración de nuevo proyecto: Haga clic en “file” y luego en “new” en el menú principal, aparecerá la ventana de la figura 22, en la casilla “type” seleccione el tipo de controlador, en “name” escriba el nombre del proyecto, en “description” escriba una breve descripción del proyecto, “chassis type” seleccione el tipo de chasis si aplica, “slot” ingrese el slot donde se encuentra ubicado el controlador, si aplica, en “create in” puede asignar el directorio donde se guardara el proyecto. Finalmente haga clic en OK.

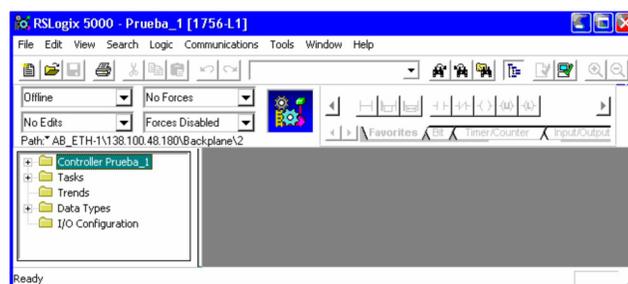
Figura 22. **Nuevo proyecto**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Ya se tiene creado el proyecto, no se tiene asignada ninguna entrada o salida asociada al proyecto, tampoco existe código de ejecución.

Figura 23. **Proyecto definido**



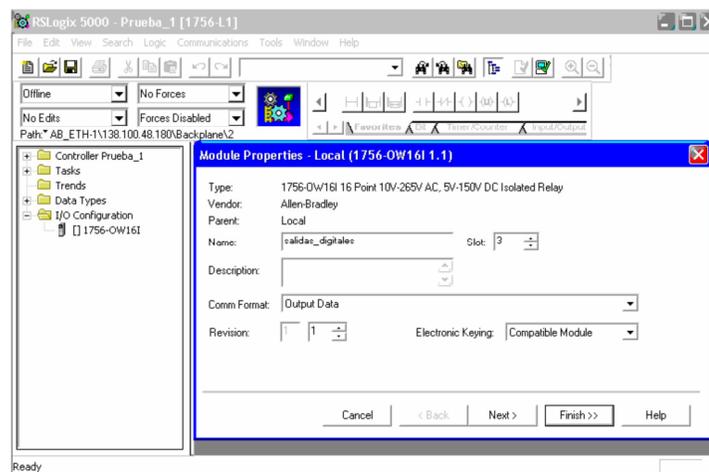
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Las carpetas más importantes del proyecto son: *Controller* donde se definen las variables y los tags del programa y controlador; *tasks* donde se escribirá el código de los algoritmos de control; *I/O configuration*

donde se definen y configuran los módulos de entradas y salidas ya sean digitales o analógicos y otros tipos de módulos.

- Configuración módulo de salida: Configure el módulo de salida digital para este controlador, se debe tener especial cuidado en elegir el módulo (por su referencia, por ejemplo 1756-OW16I) y obtener por inspección el *slot* que ocupa dentro del *backplane*. Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *configuration I/O* y seleccione *new module* para abrir una lista de módulos disponibles. Haga doble clic en el módulo 1756-OW16I, configure el módulo llamándolo “salidas digitales” por ejemplo, seleccione el número de *slot* en el que se encuentra conectado y actualizando el número de revisión, que se ha anotado físicamente en la parte frontal del módulo (banda color naranja). Haga clic en siguiente y vaya confirmando las ventanas de configuración y establezca un RPI (*Request Packet Interval*) de 25 ms en la ventana que se le solicite.

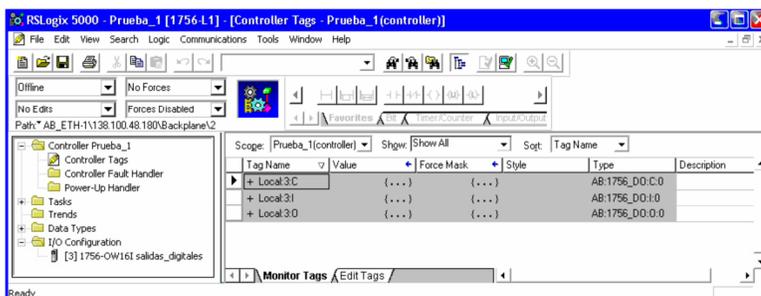
Figura 24. Definición módulo de salidas digitales



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- Tags* de salida: vea los tags de salida creados para el 1756- OW16I en el *slot* correspondiente, haga clic en *tags* del *controller* en el organizador del controlador aparece la figura 25, deben aparecer entradas bajo “nombre de *tag*” del tipo “Local:X:C”, “Local:X:I” ó “Local:X:O”. Estas entradas son estructuras de *tags* que contienen más *tags* de los que se muestran en la pantalla. El nombre “Local” indica que estos son *tags* para un módulo que está en el mismo chasis que el controlador, a través de la red se podría haber definido otro módulo conectado físicamente en otro chasis, en este caso aparecería con el nombre de “*Remote*”. El numero X entre los signos de dos puntos será el número de *slot* del módulo. Los caracteres después del signo de dos puntos, C, I u O indicarán si el dato es de configuración, entrada o salida. El campo “ámbito” (*scope*) situado encima de “nombre de *tag*” muestra el alcance (o ámbito de control definido) para los *tags* que aparecen en la pantalla. En este caso, el ámbito de los *tags* es “Prueba 1 (*controller*)” lo cual indica que los *tags* son válidos para todos los programas en este archivo de controlador. Si el campo ámbito mostrara el nombre de un programa, entonces los *tags* serían válidos solo para el archivo de programa mostrado en el campo “ámbito”.

Figura 25. Tags del módulo de salidas digitales

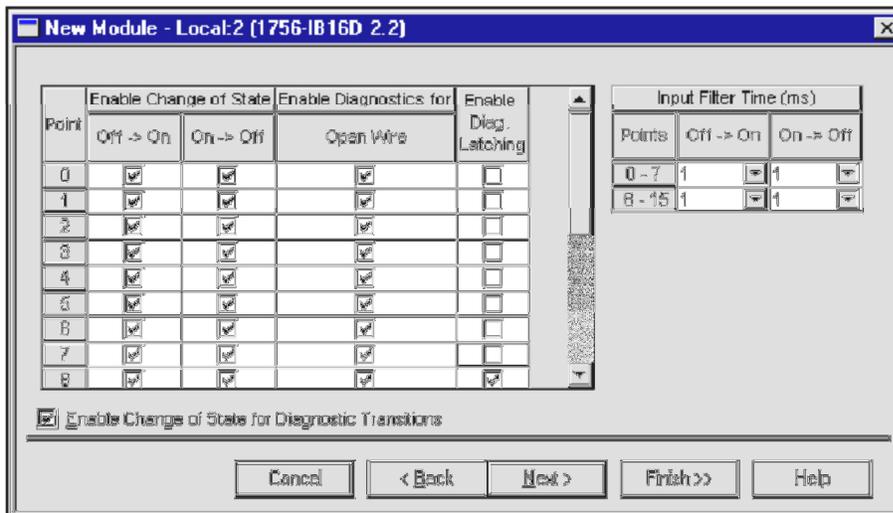


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Haga clic en el pequeño signo “+” situado delante del nombre de un *tag* para ver los *tags* que jerárquicamente por debajo de él. Los valores que se visualizan representan el estado de configuración o valor de cada ítem mostrado. Los tipo de *tag* de configuración son “DINT” (doble entero) y constan de 32 bits. Los “2” indican que el “estilo” (base) de los valores es binario. El signo # es un delimitador entre el “estilo” y los valores. Los 32 bits de los *tags* están numerados del 0 al 31 de derecha a izquierda. Cierre la ventana “*Tags controller*”, haga clic en *file* en la barra del menú principal y luego en *save*, para guardar el programa.

- Configuración módulo de entrada: configure el módulo de entrada digital para este controlador, deberá tener especial cuidado en elegir el modulo (por su referencia, por ejemplo 1756-IB16D) y obtener por inspección el *slot* que ocupa dentro del *backplane*. Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *configuration I/O* y seleccione *New module*, haga clic en el módulo 1756-IB16D, configure el modulo llamándolo “entradas” por ejemplo, seleccionando el número de *slot* en el que se encuentra conectado y actualizando el número de revisión que se ha anotado físicamente en la parte frontal del módulo (banda color azul). Haga clic en siguiente. Vaya confirmando las ventanas de configuración y establezca un RPI de 25 ms en la ventana en que se solicite.

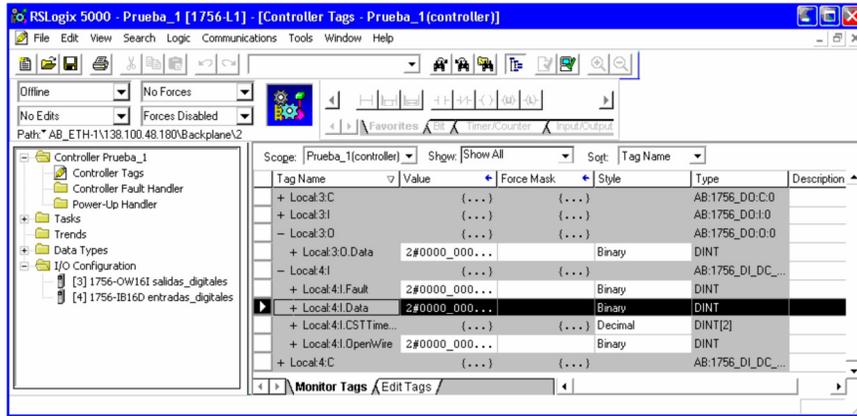
Figura 26. Configuración de los datos de diagnóstico



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- *Tags* de entrada: verifique que se han creado los *tags* para el módulo 1756-IB16D, haga doble clic en *tags* del *controller* en el organizador del controlador. Deberán aparecer dos o más entradas abajo “nombre *tag*”, “Local:X:C” y “Local:X:I”. El módulo de entrada contiene datos de entrada y configuración. Haga clic en el pequeño signo “+” situado delante del nombre e tag “Local:X:I” para ver los *tags* de entradas de este módulo. El *tag* etiquetado “Local:X:I.Data” contiene los bits de entrada. Cierre la ventana y guarde el programa.

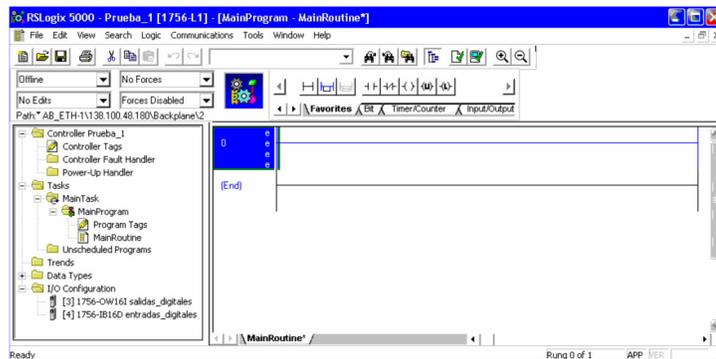
Figura 27. **Tags de controlador definidos por módulos de E/S**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- Creación de programa: haga clic en *main routine* en el organizador del controlador. Aparecerá la ventana de la figura 28, donde la zona más importante es en la que aparece el renglón de edición, note que se activan los iconos de programación en *ladder*.

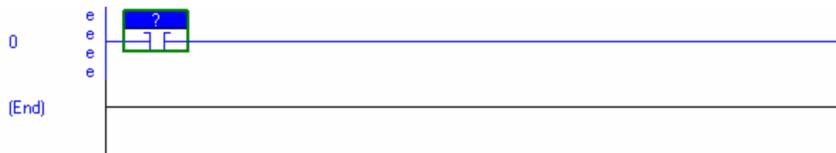
Figura 28. **Ventana de programación**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Seleccione en la pestaña de instrucciones de bit, luego haga clic en el icono XIC (*eXamine If Closed*) en la barra de herramientas. Este es el método de introducir una instrucción en un renglón, el resultado se muestra en la figura 29.

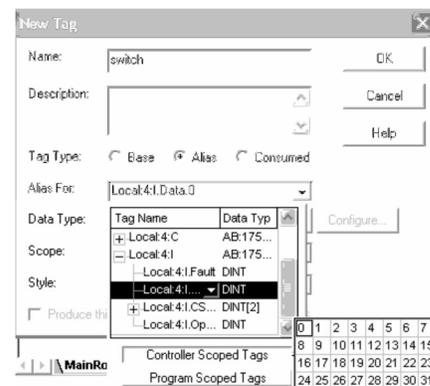
Figura 29. Zona de edición



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Haga clic con el botón derecho del mouse en el signo de interrogación (?) en el área azul encima de la instrucción XIC, luego seleccione crear *tag* aparecerá la ventana “nuevo *tag*”, nómbrelo “*switch*” y seleccione un tipo de *tag* “alias”.

Figura 30. Creación de un *tag*

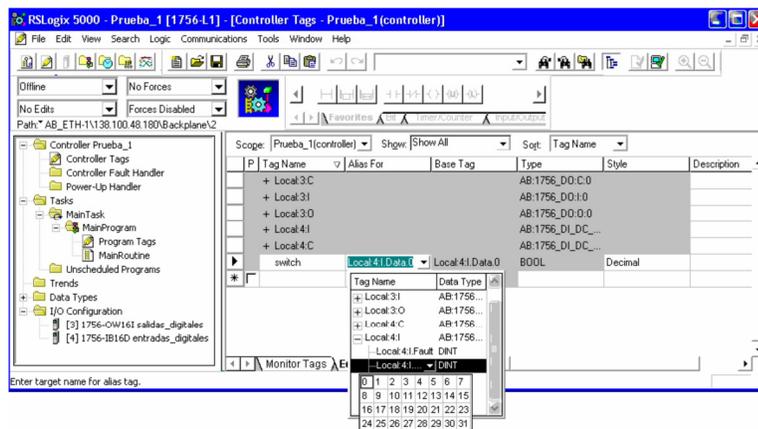


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Haga clic en la flecha hacia abajo junto al campo “alias para”, seleccione la entrada 0 del módulo de entradas digitales, sino aparecen tags en la pantalla, haga clic en tags del ámbito del controlador para ver la lista de los *tags* del controlador disponibles. Haga clic en el signo “+” situado delante de la entrada “Local:X:I” (el 1756-IB16D) en el *slot* X, una de las entradas que aparece bajo la estructura “Local:X:I:Data”. Haga clic en el tag Local:X:I:Data, luego haga clic en la flecha hacia abajo que aparece. Deberá aparecer una selección de bits disponible. Haga clic en 0. Esto asignará el bit “0” de la palabra de entrada “Local:X:I.data” al alias de tag “switch”.

Para definir un alias desde la ventana de edición de *tags*, proceder de la siguiente forma: con el botón izquierdo hacer un clic en la pestaña de *edit tag* aparece la fig. 31, escribir el nombre del *tag* en la columna de *tag name* y después asignarle el *tag* físico de la columna alias *for*.

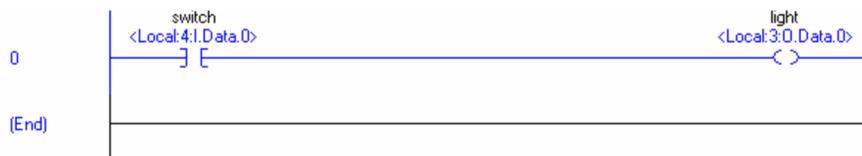
Figura 31. Creación de un tag basado en alias



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Coloque una instrucción de salida en el renglón usando direccionamiento de alias. Haga clic sin soltar el botón del mouse en OTE (*Output Energize*) en la barra de herramientas. Arrastre el puntero del mouse y la OTE hasta que esté encima de la línea azul del renglón 0 y aparezca un punto verde en la línea azul del renglón 0. Suelte el botón del mouse y la instrucción OTE deberá aparecer al final del renglón. Para crear el alias de salida se procede de igual forma que para las entradas, asignamos a un *tag lighth* la salida física local:3:O.data.0

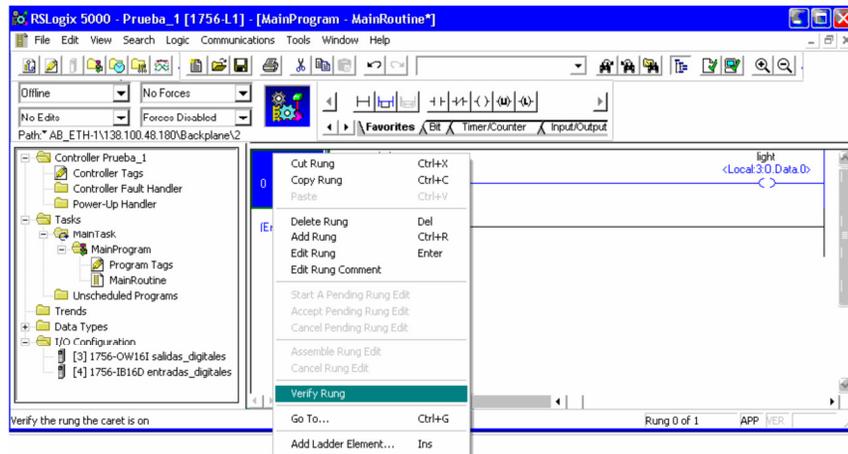
Figura 32. **Zona de edición**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- Depuración programa: haga clic con el botón derecho del mouse en el número del renglón (0) y seleccione verificar renglón. Verá el mensaje “verificación completa sin errores” en la esquina inferior izquierda de la pantalla. También puede verificar la rutina completa haciendo clic en lógica en la barra del menú principal, resaltando verificar y seleccionando *Routine*.

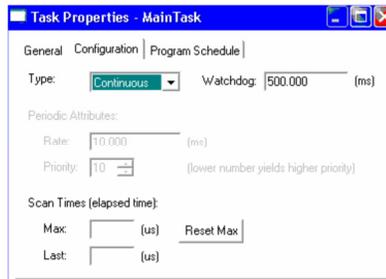
Figura 33. Depuración del programa



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- Propiedades de las tareas y programas: haga clic en la ficha de configuración y verifique que el “*Watchdog*” este establecido en 500 ms. El *Watchdog* es un temporizador de control del tiempo de *scan* del programa que, si se excede, hará que el procesador entre en modo de fallo. Haga clic en aceptar para cerrar la ventana. Haga clic con el botón derecho del mouse en Programa Principal en el organizador del controlador, luego haga clic en propiedades. Deberá abrirse el cuadro de dialogo de propiedades del programa. Haga clic en la ficha configuración y verifique que “*Main Routine*” aparece en el campo “principal”. Si no fuera así, haga clic en la flecha hacia abajo del campo principal y luego haga clic en “*Main Routine*”. Haga clic en Aceptar, guarde el programa.

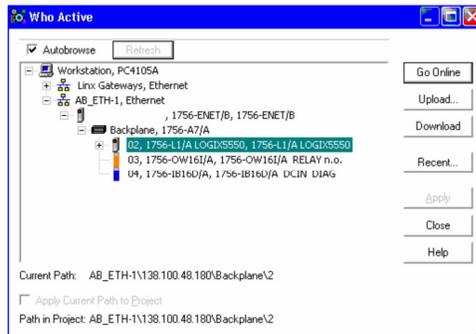
Figura 34. Configuración de las tareas y programas



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

- Transferencias de programas: descargue el programa en la memoria de la CPU desde el PLC, haga clic en “comunicaciones” y luego en “*Who active*”, aparece la ventana de la figura 34, que no es más que la información que facilita el *driver* de comunicaciones RSLinx. Seleccione la CPU en la que desea descargar el programa, y se actualizará el *Path* con la ruta elegida “AB_ETH\138.100.48.180\Backplane\2”; esta ruta significa “acceso a la CPU que está en el slot 2 del *backplane* que tiene conectada una tarjeta de acceso a través de Ethernet”. El controlador no puede estar en modo *run* para descargar el programa. Haga clic en comunicaciones y luego en descargar o directamente pulse “*download*” desde la ventana de *Who active*; aparecerá la ventana de la figura 35, pide que la descarga sea confirmada. Haga clic en descargar.

Figura 35. **Búsqueda de CPU**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

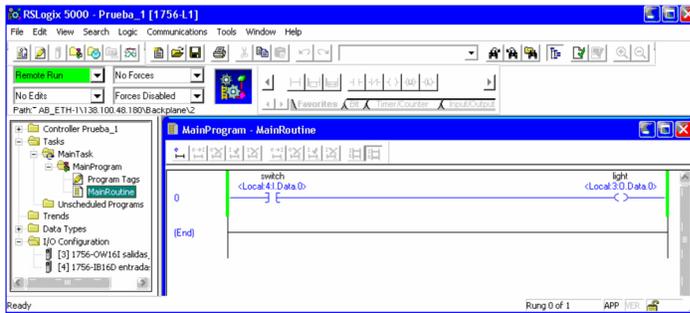
- Ejecución de programas: Coloque el controlador en modo “run” desplegando la opción de “*Remote Program*” de la fig. 36. Seleccione la opción Run Mode, la figura 36 cambia a un resaltado en verde y a forma de mostrar en el código de ejecución es resaltar en verde todos los bits activos y las líneas verticales, un detalle se ve en la figura 37.

Figura 36. **Puesta en marcha**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Figura 37. Ejecución del programa



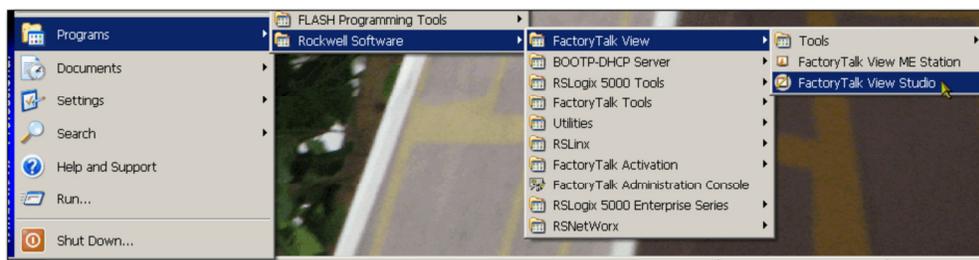
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

3.2. Programación con Factory TalkView

3.2.1. Creación de una aplicación

Inicie el software *FactoryTalk View Studio*

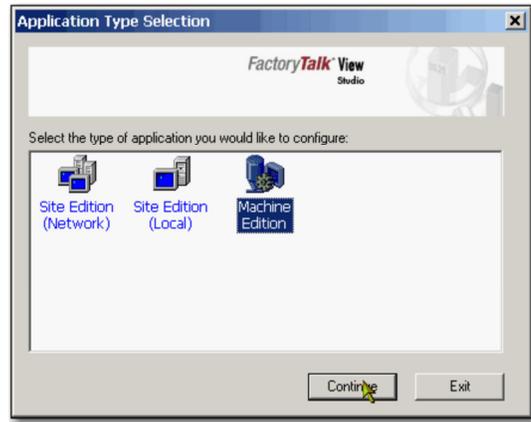
Figura 38. Acceso al *Factory Talk View*



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En el cuadro de diálogo “*Application Type Selection*”, seleccione “*Machine Edition*” y haga clic en “*Continue*”.

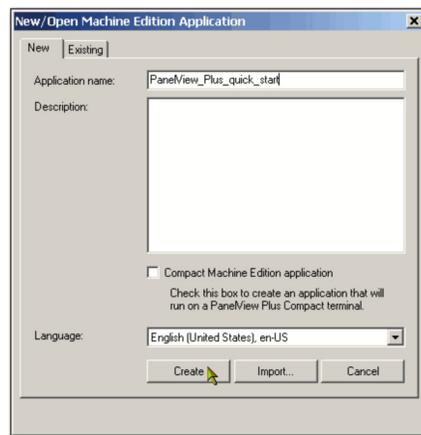
Figura 39. Tipo de aplicación



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Seleccione la ficha “*New*”, introducir un nombre de aplicación (no usar espacios) y haga clic en “*Create*”.

Figura 40. Creación de nuevo proyecto



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

3.2.2. Configuración de RSLinx Enterprise

En el *FactoryTalk View Organizer*, expandir “*RSLinx Enterprise*” y hacer doble clic en “*Communication Setup*”.

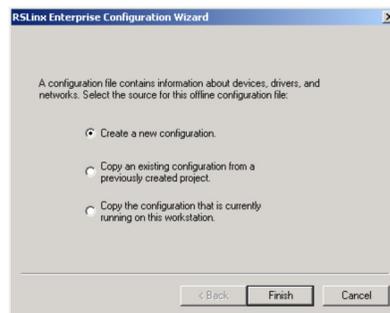
Figura 41. **Communication setup**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Hacer clic en “*Finish*”. Se abre el software RSLinx Enterprise.

Figura 42. **Configuración RSLinx Enterprise**

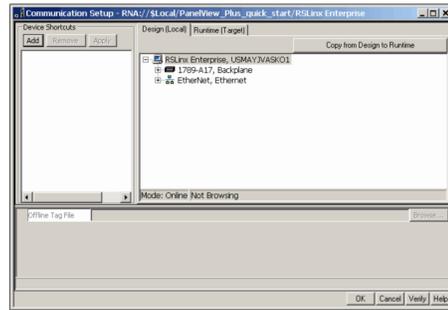


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

3.2.3. Creación de ruta

La ficha *Design (Local)* define la ruta desde la computadora hasta el controlador. La ficha *Runtime (Target)* define la ruta desde el terminal Panel View Plus al controlador.

Figura 43. Ruta de comunicación

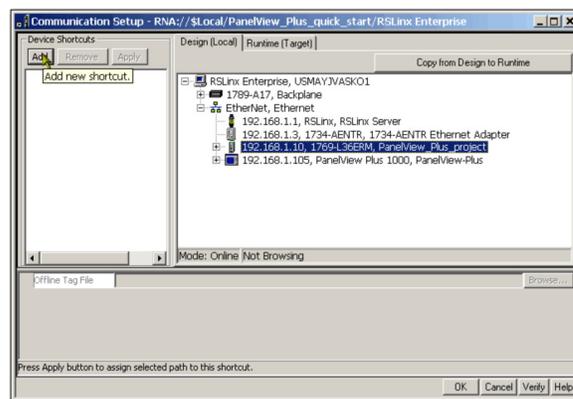


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Creación de un acceso directo de dispositivo a controlador

Expandir el árbol Ethernet/IP, seleccionar su controlador y hacer clic en “Add”.

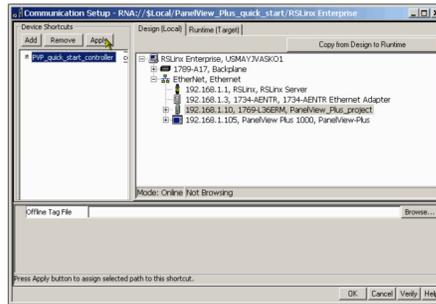
Figura 44. Creación de acceso directo



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Escribir un nombre de acceso directo; no usar espacios.

Figura 45. **Nombre ruta de acceso**

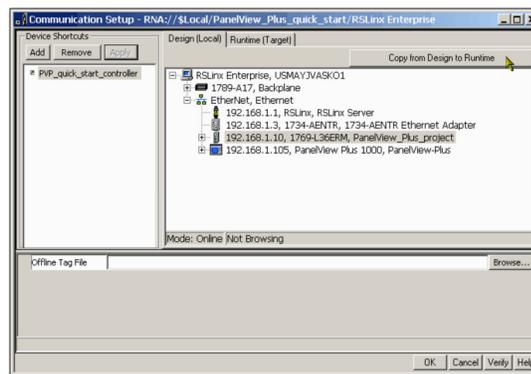


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME* V6.10.00, año 2015.

Verificar que el controlador que se seleccionó previamente todavía esté seleccionado, hacer clic en “*Apply*”.

Hacer clic en “*Copy from Design to Runtime*”, hacer clic en “*OK*”.

Figura 46. **Terminar de definir ruta**

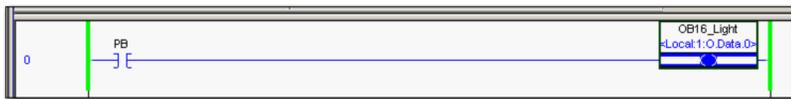


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME* V6.10.00, año 2015.

3.2.4. Creación de un indicador

Verificar que se haya creado un proyecto RSLogix 5000 que incluya un módulo de salida y un renglón de lógica de escalera con los elementos *Examine On* y *Output Energize* de manera similar a la mostrada en la figura 47.

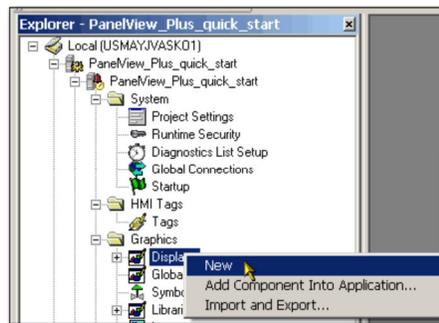
Figura 47. Diagrama en escalera RSLogix 5000



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

En este ejemplo, el tag de alias con nombre OB16_Light es un área para el punto Local:1:O:Data.0. Puede seleccionar un punto diferente en el módulo. Si es así, verificar que el *tag* del alias esté establecido con el punto de módulo correcto. Colocar en línea el controlador y descargar el proyecto RSLogix 5000. Abrir la sección “*Explorer*” del software *FactoryTalk View*, como se muestra en el siguiente gráfico. Bajo *Graphics*, hacer clic con el botón derecho del *mouse* en “*Display*” y seleccionar “*New*”.

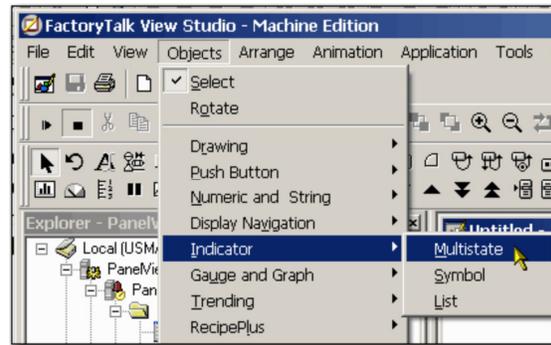
Figura 48. Creación de un nuevo *display*



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME* V6.10.00, año 2015.

Seleccionar “Objects”, “Indicator”, “Multistate”.

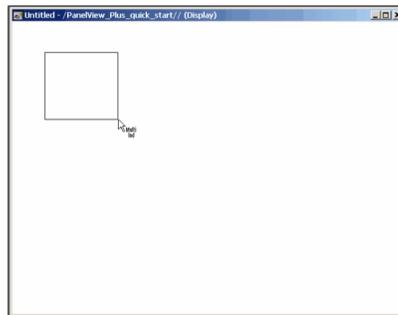
Figura 49. Creación de un indicador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Hacer clic y arrastrar para crear el indicador.

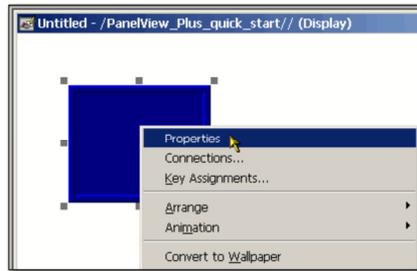
Figura 50. Definir posición del indicador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Hacer clic con el botón derecho del *mouse* y seleccionar “Properties”.

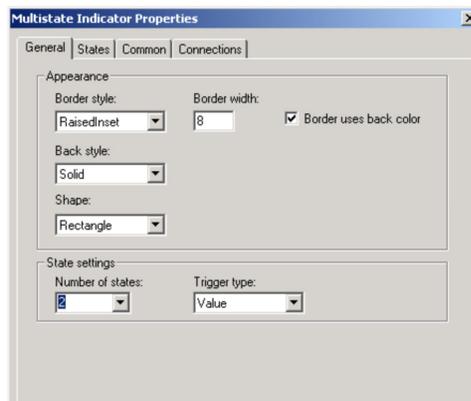
Figura 51. **Propiedades del indicador.**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En la pestaña “*General*”, seleccionar 2 en “*Number of states*”.

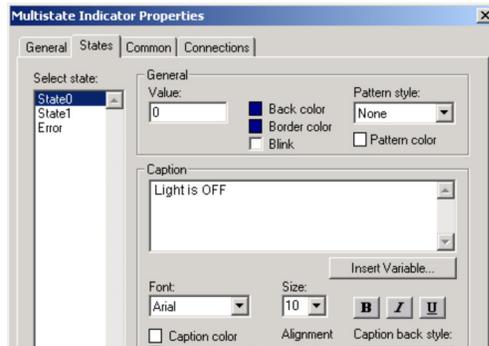
Figura 52. **Propiedades del indicador**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En la pestaña “*State*”, verificar que “*State0*” esté seleccionado.

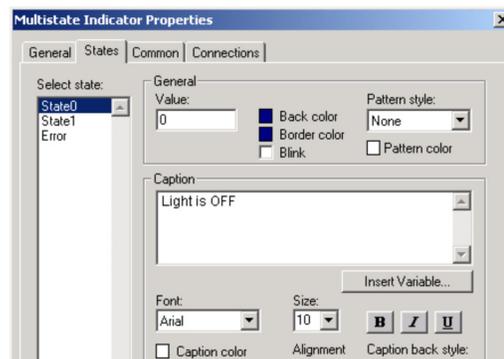
Figura 53. Definir estados del indicador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En “*Caption*”, escribir “*Light is OFF*”.

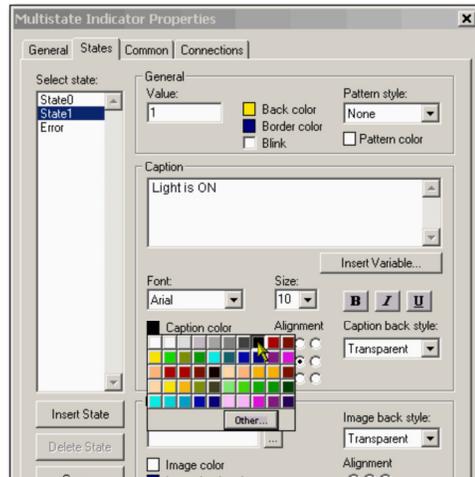
Figura 54. Propiedades del estado 0



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Seleccionar “*State1*”, en “*Caption*” escribe “*Light is ON*”, cambiar “*Black Color*” a Amarillo, cambiar “*Caption Color*” a negro.

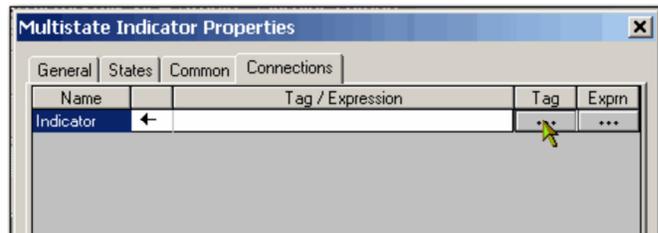
Figura 55. **Propiedades del estado 1**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En la ficha “Connections”, hacer clic en “...” debajo de *Tag*, aparece el cuadro de diálogo “*Tag Browser*”.

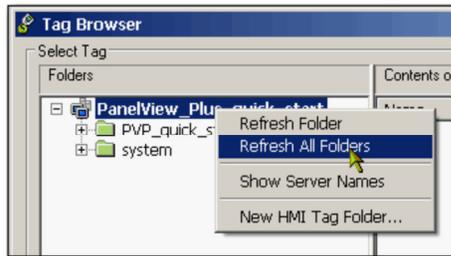
Figura 56. **Tag disponible para el indicador**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Hacer clic con el botón derecho del *mouse* en el proyecto y seleccionar “*Refresh All Folders*”.

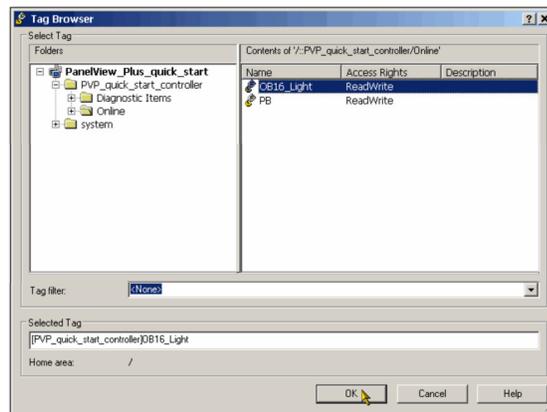
Figura 57. Ruta del *tag* indicador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Expandir el acceso directo del controlador y seleccionar la carpeta “Online”. Los *Tags* creados en el proyecto RSLogix 5000 aparecen a la derecha.

Figura 58. Definir *tag* para el indicador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Seleccionar el “*tag OB16_Light*”. Hacer clic en “*Ok*”, el *tag* indicador está completo, hacer clic en “*Ok*”.

Figura 59. Ruta de conexión para el indicador

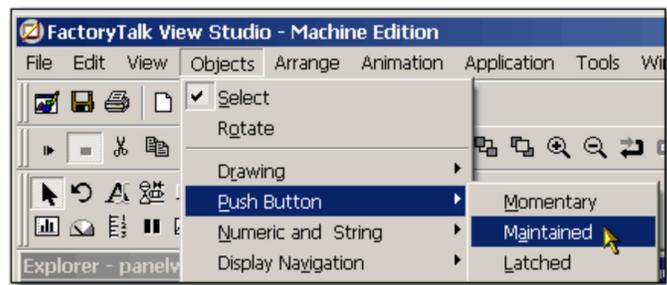


Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

3.2.5. Creación de un pulsador

En el menu “*Objects*”, seleccionar “*Push Button*”, “*Maintained*”.

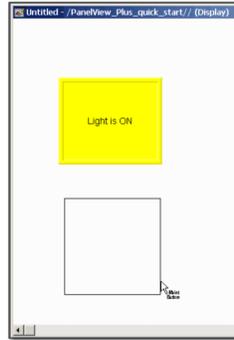
Figura 60. Creación del pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Hacer clic sobre el mismo y arrástralo para crear el botón pulsador debajo del indicador.

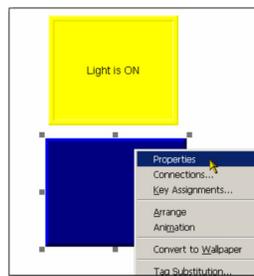
Figura 61. Definir ubicación del pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Hacer clic con el botón derecho del *mouse* en el botón pulsador que se acaba de crear y seleccione "Properties".

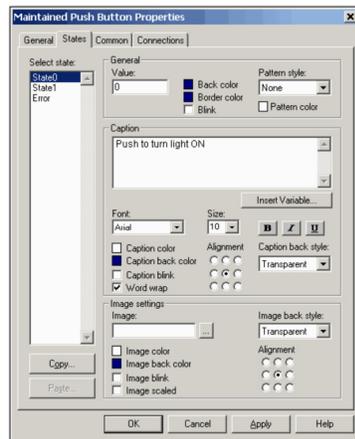
Figura 62. Propiedades del pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En la ficha "State", verificar que el "State0" este seleccionado. En "Caption", escribir "*Push to turn light ON*".

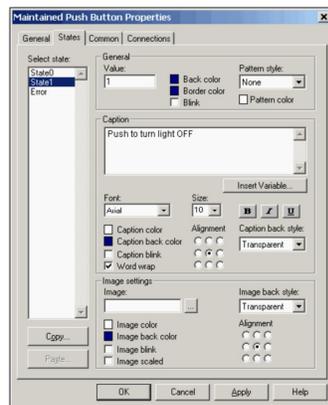
Figura 63. Definir estado 0 del pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Seleccionar "State 1", en "Caption" escribir "Push to turn Light OFF".

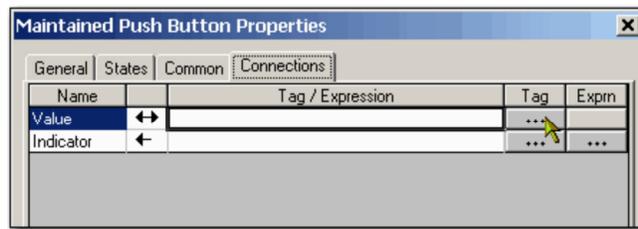
Figura 64. Definir estado 1 del pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

En la ficha “Connections”, hacer clic en “...” debajo de *Tag* en el renglón de “Value” aparece el cuadro de diálogo “Tag Browser”.

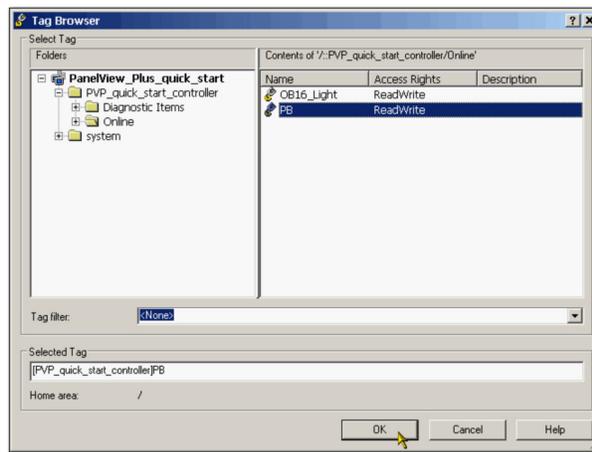
Figura 65. Definir tag para el pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Expandir el acceso directo del controlador y seleccionar la carpeta Online.

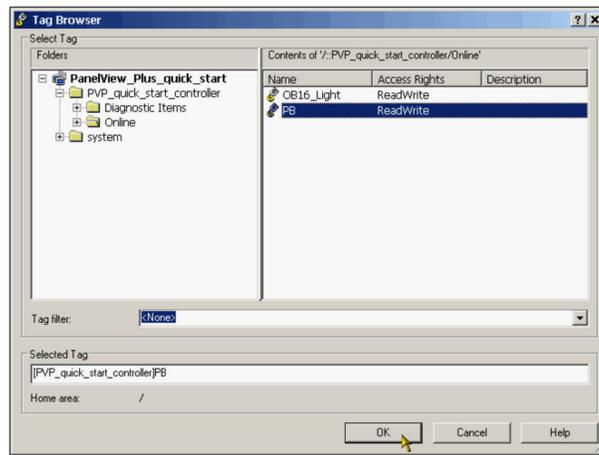
Figura 66. Ruta de conexión para pulsador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Los *tags* creados en su proyecto RSLogix 5000, aparecen a la derecha, seleccionar “PB”, haga clic en “Ok”.

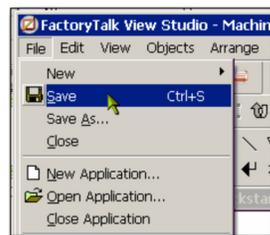
Figura 67. **Seleccionar Tag para el pulsador**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

El *tag* indicador está completo. Hacer clic en “Ok”, en el menú “File”, seleccionar “Save”. Cuando el sistema le solicite un título para la pantalla, escribir “*PanelView_Plus_project*”.

Figura 68. **Guardar proyecto**



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

4. SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA PLANTA DE TRITURACIÓN DE MINERAL

4.1. Descripción

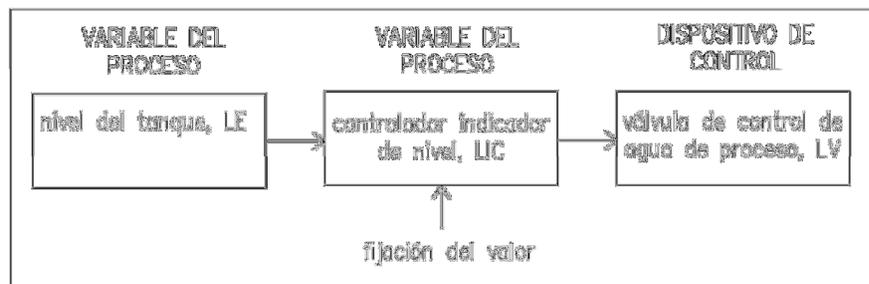
4.1.1. Control del proceso

Para que la planta funcione según fue diseñada, algunas variables deberán ser cuidadosamente controladas por el operador. Dentro de estas variables se incluyen parámetros del proceso tales como presión, tasas de flujo, nivel y densidad, por mencionar algunos. En la sección de lazos de control contiene una descripción de como el operador debe controlar las variables bajo condiciones tanto manuales como automáticas. Cada variable a ser controlada tiene un lazo de control propio. Cada lazo de control consiste en una descripción escrita, un diagrama de bloques y un diagrama de lazo. Tanto la capacidad productiva como la recuperación metalúrgica dependen en gran medida de cuan bien el operador controla estas variables.

- Variable de proceso: la tabla de variables del proceso incluye información sobre cómo controlar cada variable del proceso y describe el impacto sobre el proceso si la variable no es controlada dentro de su rango de operación. Las variables de proceso son controladas en forma automática o manual. Las variables del proceso controladas automáticamente se discuten en cada lazo de control.
- Lazos de control: un lazo de control es una combinación de instrumentos interconectados dispuestos para controlar una variable del proceso: temperatura, flujo, presión o densidad. Normalmente uno de estos

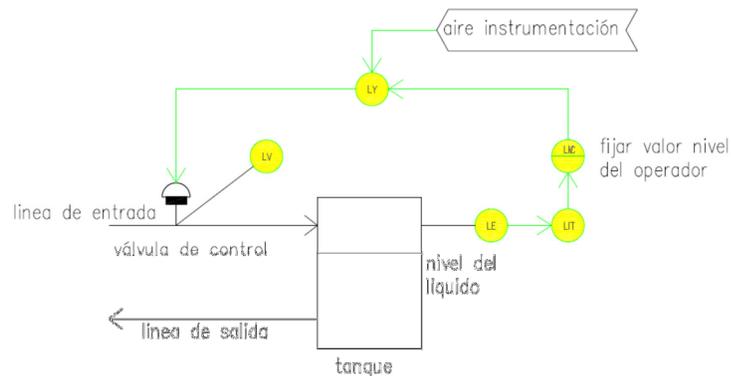
instrumentos mide la variable del proceso que está siendo controlada y envía una señal al controlador. El controlador compara la medición con una fijación de valor y envía una señal a un dispositivo de control, como una válvula por ejemplo, para alterar el proceso.

Figura 69. **Diagrama de bloques lazo de control simple**



Fuente: elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

Figura 70. **Control automático simple**



Fuente: elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

En este ejemplo, el nivel del tanque se mide mediante el sensor de nivel (LE). El valor medido se envía a un controlador indicador de nivel (LIC) vía un transmisor indicador de nivel (LIT). El LIC compara el nivel medido con una fijación de valor ingresada habitualmente por un operador, sin

embargo la fijación de valor pudo haber sido ajustado en forma remota. Si existe diferencia entre el valor de la variable de proceso y el valor fijado, la salida del controlador reduce la diferencia.

En este ejemplo, la salida se envía a un transductor de presión I/P (LY), el cual convierte la señal eléctrica en una señal neumática o de aire proporcional. La señal posiciona la válvula de control (LV) en conformidad con la señal de salida recibida del controlador. El símbolo de instrumento mostrado con un círculo dentro de un cuadrado con una línea continua a través del círculo representa un instrumento accesible para el operador en la sala de control. El símbolo de instrumento mostrado como un círculo representa un instrumento ubicado en el campo que no puede ser controlado ni monitoreado desde la sala de control.

Tabla I. Símbolos típicos

Símbolo	Interpretación	Símbolo	Interpretación
	Instrumento - Montado localmente		Proceso
	Instrumento - Montado en panel local		Conexión eléctrica
	Función PLC no accesible para el operador		Suministro de aire o señal neumática
	Función PLC mostrada en la sala de control		Señal de bus de campo
	Instrumento en estación de trabajo local		Enlace de software
	Identificación funcional del instrumento Número de lazo o instrumento		Válvula de pellizco
	Motor eléctrico		Válvula de diafragma
	Motor hidráulico		Válvula de bola
	Motor para aire		Válvula de mariposa
	Transductor de corriente a neumático		Válvula de compuerta
	Mando de frecuencia variable		Válvula de cuchillo
	Mando de velocidad variable		Válvula de globo
	Mando de velocidad ajustable		Válvula cheque
			Actuador de válvula eléctrica
			Actuador de válvula neumática
			Actuador de válvula solenoide

Fuente: *Performance Associates International, Inc.*, Manual de operación de trituración. P. 182.

Tabla II. **Abreviaciones típicas**

AE	Elemento de análisis	HV	Válvula manual	PIC	Controlador indicador de presión
AI	Indicador de análisis	IAH	Alarma de alto amperaje	PT	Transmisor de presión
AIC	Controlador indicador de análisis	II	Indicador de amperaje	PY	Transductor de presión
AIT	Transmisor indicador de análisis	IIT	Transmisor indicador de amperaje	Q	Cantidad
AV	Válvula de análisis	JAH	Alarma de alta potencia	SE	Sensor de velocidad
AY	Computadora de análisis	JI	Indicador de potencia	SI	Indicador de velocidad
DE	Elemento de densidad	JIT	Transmisor indicador de potencia	SIC	Controlador indicador de velocidad
DIC	Controlador indicador de densidad	JQI	Indicador totalizador de potencia	SSL	Interruptor de baja velocidad
DIT	Transmisor indicador de densidad	JT	Transmisor de potencia	ST	Transmisor de velocidad
FCV	Válvula de control de flujo	LAH	Alarma de alto nivel	TCV	Válvula de control de temperatura
FE	Medidor de flujo	LAL	Alarma de bajo nivel	TE	Sensor de temperatura
FIC	Controlador indicador de flujo	LCV	Válvula de control de nivel	TI	Indicador de temperatura
FFIC	Controlador indicador de relación de flujo	LE	Sensor de nivel	TIC	Controlador indicador de temperatura
FIT	Transmisor indicador de flujo	LIC	Controlador indicador de nivel	TIT	Transmisor indicador de temperatura
FQI	Totalizador indicador de flujo	LIT	Transmisor indicador de nivel	WE	Sensor de peso
FQIT	Transmisor totalizador indicador de flujo	LT	Transmisor de nivel	WFY	Calculador de relación de peso
FV	Válvula de flujo	LY	Transductor de nivel	WIC	Controlador indicador de peso
FY	Computadora o transductor de flujo	O	Torque	WIT	Transmisor indicador de peso
HC	Controlador manual	PCV	Válvula de control de presión	WQI	Indicador totalizador de peso
HIC	Controlador indicador manual	PDAH	Alarma de alta presión diferencial	WT	Transmisor de peso
HS	Interruptor de mano	PI	Indicador de presión	Z	Posición

Fuente: *Performance Associates International, Inc.*, Manual de operación de trituración. P. 183.

Trituración primaria. El sistema de trituración primaria opera para recibir, tamizar y triturar, según sea necesario, a un tamaño inferior a 150 mm, un promedio nominal de 219 toneladas métricas secas por hora de mineral directo de la mina (ROM), y entregar el mineral al sistema de trituración secundaria y terciaria.

Nivel de tolva de alimentación de la trituradora primaria. Rango proyectado: máximo de 50 toneladas métricas (aproximadamente 1.7 cargas de camión). Método de control: el operador usa los semáforos para permitir o impedir el vaciado.

Tamaño de producto de la trituradora primaria. Rango proyectado: 80 por ciento menos de 150 mm. Método de control: el operador controla el tamaño del producto triturado regulando el ajuste de cerrado de la trituradora primaria.

Promedio de alimentación de la trituradora primaria: Rango proyectado: 219 toneladas métricas secas por hora. Método de control: el operador usa el controlador de velocidad del alimentador vibratorio tipo criba en el panel local para ajustar manualmente la velocidad del alimentador vibratorio tipo criba. El operador aumenta o disminuye la velocidad para lograr el promedio de alimentación proyectado.

Trituración secundaria y terciaria. El sistema de trituración secundaria y terciaria opera para recibir, tamizar y triturar, según sea necesario, a un tamaño inferior a 9 mm, un promedio de 219 toneladas métricas por hora de mineral desde el sistema de trituración primaria, y entregar el mineral al sistema de molienda.

Tamaño de producto de la trituradora secundaria. Rango proyectado: 80 por ciento menos de 50 mm. Método de control: el operador mide y regula rutinariamente el ajuste de cerrado .

Promedio de alimentación de la trituradora terciaria (alimentación de regulación). Rango proyectado: 103 toneladas métricas secas por hora (o

más según sea necesario para alimentar la trituradora en forma regulada). Método de control: el promedio de alimentación a la trituradora primaria es controlado por el operador ajustando la velocidad de alimentación de tamiz terciario.

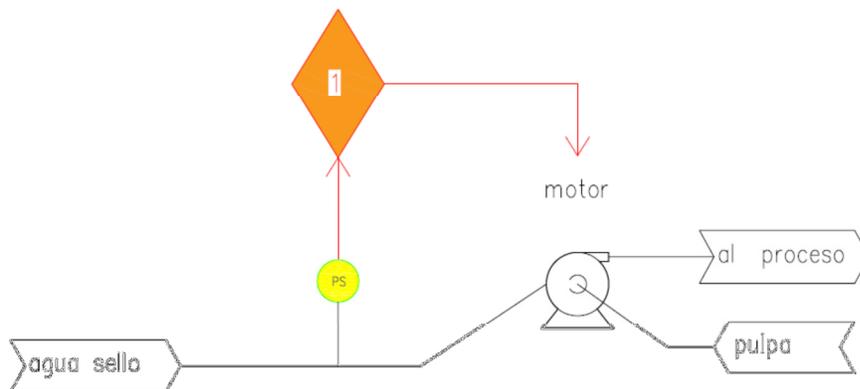
4.1.2. Enclavamientos

Para operar una planta en forma efectiva y segura, ciertos equipos no pueden arrancar a menos que otros equipos ya estén operando. De igual modo, hay equipos que paran automáticamente otros equipos cuando dejan de funcionar. Cualquier disposición donde la operación de una pieza o mecanismo produzca o impida la operación de otra generalmente se le conoce como enclavamiento. Los motores normalmente están enclavados, pero otros equipos, como temporizadores y válvulas solenoides también pueden enclavarse.

Un permisivo es una condición que debe ser satisfecha antes de que un equipo pueda arrancar. Si el equipo A no puede arrancar a menos que el equipo B esté funcionando y el interruptor C esté cerrado, entonces el equipo A tiene dos permisivos: equipo B funcionando e interruptor C cerrado. Por ejemplo, considérese una bomba que no puede arrancar a menos que un interruptor de presión de agua de sello esté cerrado. Cuando el interruptor detecta que la presión es lo suficientemente alta, se cierra, permitiendo al operador arrancar la bomba. Si el interruptor no detecta que la presión es lo suficientemente alta, no se cierra, y el operador no puede arrancar la bomba. Esta condición se conoce como un permisivo.

Un permisivo se muestra en un diagrama de enclavamientos como una entrada a un rombo numerado, el cual corresponde con un número en la tabla de enclavamientos. Un equipo puede tener muchos permisivos, cada uno de los cuales se muestra como una flecha de entrada separada al diamante. Cada flecha de entrada está designada con una letra que corresponde con la letra de la columna condición de enclavamiento en la tabla de enclavamientos. La flecha salida desde el diamante va hacia el equipo para el cual los permisivos deben ser satisfechos para que el equipo pueda arrancar. Cada diamante generalmente solo tiene una flecha de salida.

Figura 71. **Ejemplo de permisivo**



Fuente: elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

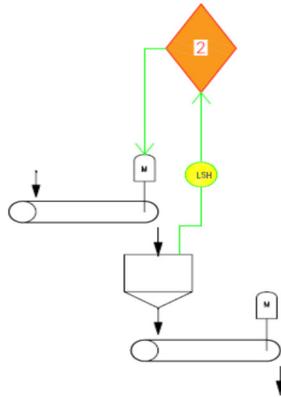
Un enclavamiento representa la parada o arranque automático de un equipo sobre la base de las condiciones asociadas a otros equipos o instrumentos. Si el equipo A para automáticamente cuando para el equipo B, el equipo A está enclavado con el equipo B. En ocasiones, un enclavamiento arrancará automáticamente un equipo cuando su condición sea satisfecha. El equipo A puede arrancar automáticamente cuando arranca el equipo B. En este caso, el equipo A también estará enclavado con el equipo B. Por ejemplo, si un

mando de transportador está enclavado con un detector de chute obstruido, el mando del transportador parará automáticamente (conocido como desconexión) si el detector marca chute obstruido.

De igual manera descrita previamente para los permisivos, un enclavamiento se muestra en un diagrama de enclavamientos como una entrada a un diamante numerado que corresponde con un número en la tabla de enclavamientos. Un equipo puede tener muchos enclavamientos, cada uno de los cuales se muestra como una flecha de entrada separada al diamante. Cada una de las flechas de entrada está designada con una letra que corresponde con una letra en la columna de condición de enclavamiento en la tabla de enclavamientos.

La flecha de salida desde el diamante va hacia el equipo para el cual el enclavamiento debe ser satisfecho para que este siga operando (o hacia el equipo que arrancará automáticamente). Cada diamante generalmente tiene solo una flecha de salida. En aquellos casos donde el enclavamiento proporcione una señal de arranque en vez de una señal de parada (o desconexión), la flecha de entrada así estará rotulada en el diagrama de enclavamientos. Una condición puede aplicarse tanto a un permisivo como a un enclavamiento; de hecho, esta situación es muy común, en tal caso, la condición debe ser satisfecha para que el equipo arranque y debe mantenerse para que el equipo siga funcionando.

Figura 72. **Enclavamiento**



Fuente: elaboración propia, utilizando el software Autocad 2015, año 2015.

Los enclavamientos de seguridad son usados para la protección del personal en muchas situaciones donde hay peligro derivado de las fuentes de energía. No dependen de los sistemas de PLC o control central sino que están conectados directamente con los relevadores en la fuente de energía. Esto asegura que una falla computacional no pueda impedir la activación de estos enclavamientos. Los enclavamientos de seguridad pueden ser iniciados por cables de jalado, protecciones de máquinas e interruptores de puertas de equipos, entre otros dispositivos.

Protección contra sobrecarga: además de los enclavamientos mostrados en las tablas y diagramas, todos los motores eléctricos están equipados con protección contra sobrecarga, a menudo conocida como las protecciones de sobrecarga. Si la carga de un motor eléctrico sobrepasa para la cual fue diseñado, el circuito del motor puede recalentarse. Este recalentamiento hace que las protecciones de sobrecargas del motor se abran, o desconecten provocando que el motor se pare y proteja. Si un motor se para como resultado de una sobrecarga, es necesario que se elimine la condición de sobrecarga. En muchas instancias, la condición es causada por material derramado que está

trabando o de alguna otra manera afectando la maquinaria impulsada. Una vez que la condición que causo la desconexión de la protección contra sobrecarga ha sido encontrada y corregida, y antes de que alguien re arranque el motor, un técnico electricista deberá reconfigurar la protección contra sobrecarga.

- Enclavamientos de trituración primaria

Válvula de control de flujo de agua de proceso 100- FV-01. Condiciones de enclavamiento: En los modos auto y remoto, la válvula se abre cuando el alimentador vibratorio tipo criba (100-FE-001) arranca y se cierra cuando el alimentador se detiene.

Alimentador vibratorio tipo criba 100-FE-001. Condiciones de enclavamiento: El alimentador no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de alimentación del tamiz secundario (150-CV-001) esté funcionando. El alimentador vibratorio tipo criba, no puede arrancar ni funcionar si el nivel en las tolvas de alimentación de tamices terciarios (150-BN-001 y -002) es alto-alto (150-LAHH-018, -013). El alimentador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación del transportador de alimentación de tamiz secundario es alto (150-LAH-003). El alimentador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación de la trituradora primaria es alto (100-LAH-004). El alimentador no puede arrancar ni funcionar a menos que la trituradora primaria esté funcionando. El alimentador no puede arrancar ni funcionar si se detecta una falla eléctrica en el variador de frecuencia.

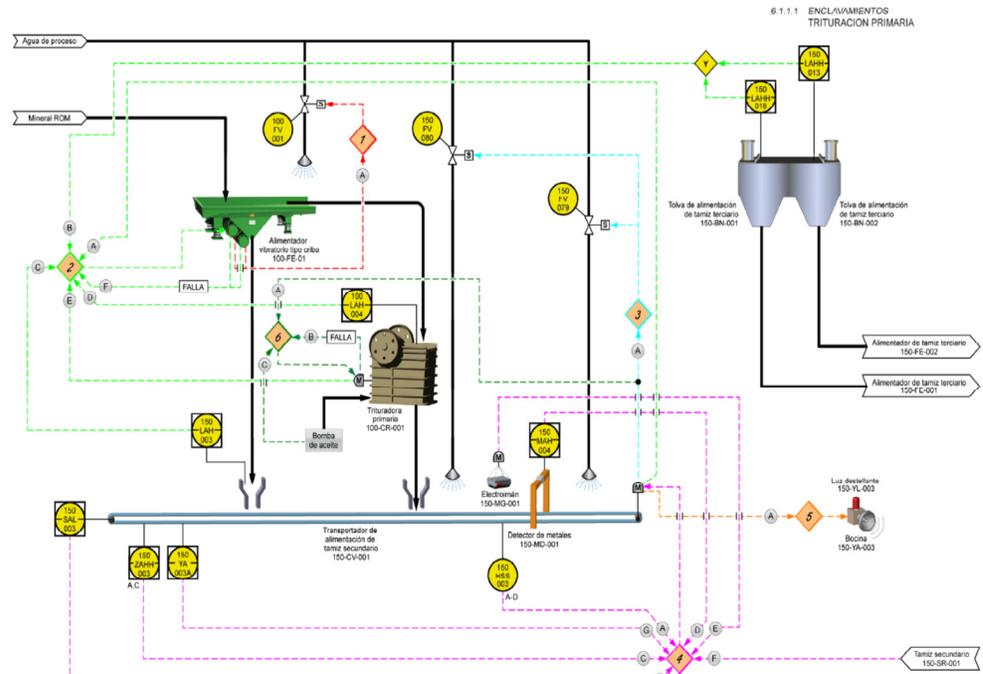
Válvulas de control de flujo de agua de proceso 150- FV-79, -080. En los modos auto y remoto, las válvulas se abren cuando el transportador de alimentación de tamiz secundario (150-CV-001)

arranca y se cierran cuando el transportador se detiene. Transportador de alimentación del tamiz secundario 150-CV-001. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (150-HSS-003A -003D) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se detecta baja velocidad (150-SAL-003), después de un periodo de tiempo preestablecido. El transportador no puede arrancar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (150-ZAHH-003A ó -003C) después de un periodo de tiempo preestablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se detecta algún metal en el transportador de alimentación del tamiz secundario y el detector de metales (150-MD-001) no ha sido restablecido (150-MAH-004). El transportador no puede arrancar ni funcionar si el electroimán autolimpiante (150-MG-001) no está funcionando. El transportador no puede arrancar ni funcionar a menos que el tamiz secundario (150-SR-001) esté funcionando. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (150-YA-003A) y no ha sido restablecido.

Bocina y luz destellante de transportador de alimentación de tamiz secundario 150-YA-003 y 150-YL-003. La bocina y la luz destellante se activan por un periodo preestablecido después de iniciar el arranque pero antes del arranque inicial del motor.

Trituradora primaria 150-CR-001. La trituradora no puede arrancar a menos que el transportador de alimentación del tamiz secundario esté funcionando. La trituradora no puede arrancar ni funcionar si hay una falla eléctrica detectada en el motor de empuje. La trituradora no puede arrancar ni funcionar a menos que la bomba de aceite esté funcionando.

Figura 73. Enclavamientos trituración primaria



Fuente: Performance Associates International, Inc., Manual de operación de trituración, P. 99.

- Enclavamientos de Trituración secundaria y terciaria

Tamiz secundario 150-SR-001. El tamiz no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación del transportador de transferencia de mineral fino es alto (200-LAH-080). El tamiz no puede arrancar ni funcionar si el nivel del mineral de la trituradora secundaria es alto (150-LAH-009). El tamiz no puede arrancar ni funcionar a menos que la trituradora secundaria (150-CR-001) esté funcionando. El tamiz no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de transferencia de mineral fino (200-CV-004) esté funcionando. El tamiz no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de descarga de trituradora esté funcionando (150-CV-002). El tamiz no puede arrancar ni funcionar

si el nivel en el chute de alimentación del transportador de descarga de triturador es alto (150-LAH-010).

Trituradora secundaria 150-CR-001. La trituradora no puede arrancar ni funcionar a menos que la presión en la unidad hidráulica sea al menos de 62 bar (150-PAL-031). La trituradora no puede arrancar ni funcionar si el flujo de salida en el paquete de lubricación de la trituradora secundaria no es al menos de 45 L/min, la presión de salida del paquete de lubricación no es de al menos 1.4 bar, la temperatura de salida del paquete de lubricación sobrepasa los 35° C o si la temperatura de retorno del sistema de lubricación sobrepasa los 52° C (150-XA-030). La trituradora no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de descarga (150-CV-002) esté funcionando. La trituradora no puede arrancar ni funcionar si el nivel del chute de alimentación del transportador de descarga de la trituradora está alto (150-LAH-010).

Transportador de descarga de trituradora 150-CV-002. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (150-HSS-010A a -10H) y no ha sido restablecido. El transportador no puede funcionar si se detecta una baja velocidad (150-SAL-010) después de un período preestablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (150-ZAHH-010A ó -010C) después de un período preestablecido y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de alimentación de tamices terciarios (150-CV-003) esté funcionando. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (150-YA-010A) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar

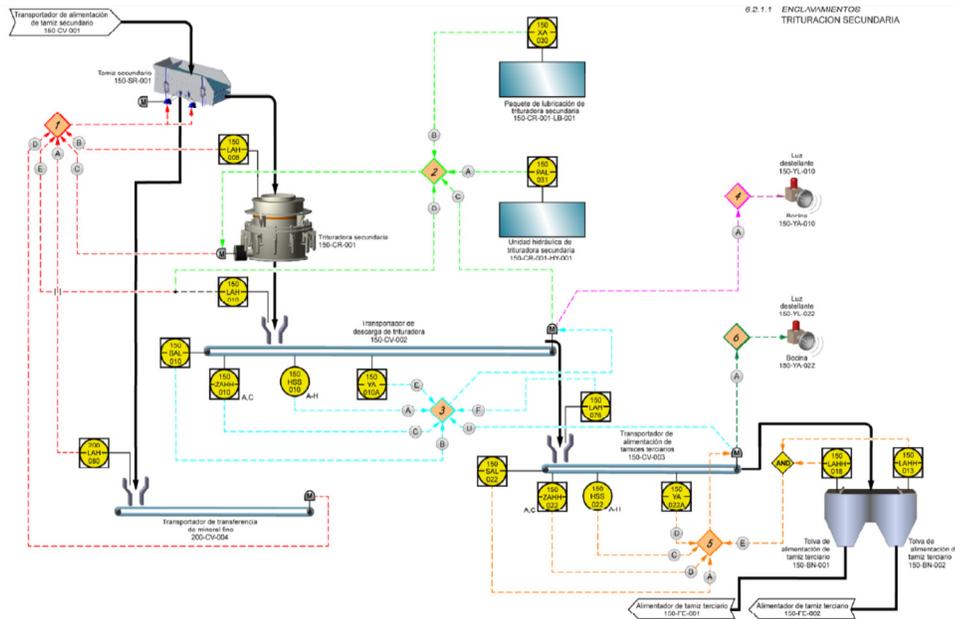
si el nivel del chute de alimentación del transportador de alimentación de tamices terciarios es alto (150-LAH-076).

Bocina y luz destellante de transportador de descarga de trituradora 150-YA-010 y 150-YL-010. La bocina y luz destellante se activan por un período preestablecido después de iniciar el arranque pero antes del arranque inicial del motor.

Transportador de alimentación de tamices terciarios 150-CV-003. El transportador no puede funcionar si se detecta una baja velocidad (150-SAL-022). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalienamiento (150-ZAHH-022A a -022H) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (150-HSS-022A a -022H) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (150-YA-022A) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en las tolvas de alimentación de tamices terciarios (150-BN-001 y -002) es alto-alto (150-LAHH-018 y 150-LAHH-013).

Bocina y luz destellante de transportador de alimentación de tamices terciarios 150-YA-022 y 150-YL-022. La bocina y luz destellante se activan por un período preestablecido después de iniciar el arranque pero antes del arranque inicial del motor.

Figura 74. **Enclavamientos trituración secundaria**



Fuente: *Performance Associates International, Inc.*, Manual de operación de trituración, P. 204.

Alimentador de tamiz terciario 150-FE-001, las condiciones para el tamiz terciario 150-FE-002 son iguales con excepción de los TAGs de equipos e instrumentos. El alimentador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (150-HSS-011A a -011H) y no ha sido restablecido. El alimentador no puede arrancar ni funcionar si se ha detectado una baja velocidad (150-SAL-011). El alimentador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (150-ZAHH-011A ó -011C) y no ha sido restablecido. El alimentador no puede arrancar ni funcionar si se detecta una falla en el variador de frecuencia (VFD) del motor del alimentador de tamiz terciario. El alimentador no puede arrancar ni funcionar a menos que el tamiz terciario (150-SR-002) esté funcionando. El alimentador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en la tolva de alimentación del tamiz terciario (150-

BN-001) es bajo-bajo (150-LALL-018). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (150-YA-011A) y no ha sido restablecido.

Tamiz terciario 150-SR-002, las condiciones de enclavamiento para el tamiz terciario 150-SR-003 son iguales con la excepción de los TAGs de los equipos e instrumentos. El tamiz no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación del transportado de descarga de trituradora es alto (150-LAH-073). El tamiz no puede arrancar ni funcionar si el nivel en la tolva de la trituradora terciaria es alto (150-LAH-015). El tamiz no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación del transportador de transferencia de mineral fino es alto (200-LAH-079). El tamiz no puede arrancar ni funcionar si se detecta una falla en el arranque del motor del tamiz terciario. El tamiz no puede arrancar ni funcionar a menos que la trituradora terciaria (150-CR-002) esté funcionando. El tamiz no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de transferencia de mineral fino (200-CV-004) esté funcionando. El tamiz no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de descarga de trituradora (150-CV-002) esté funcionando.

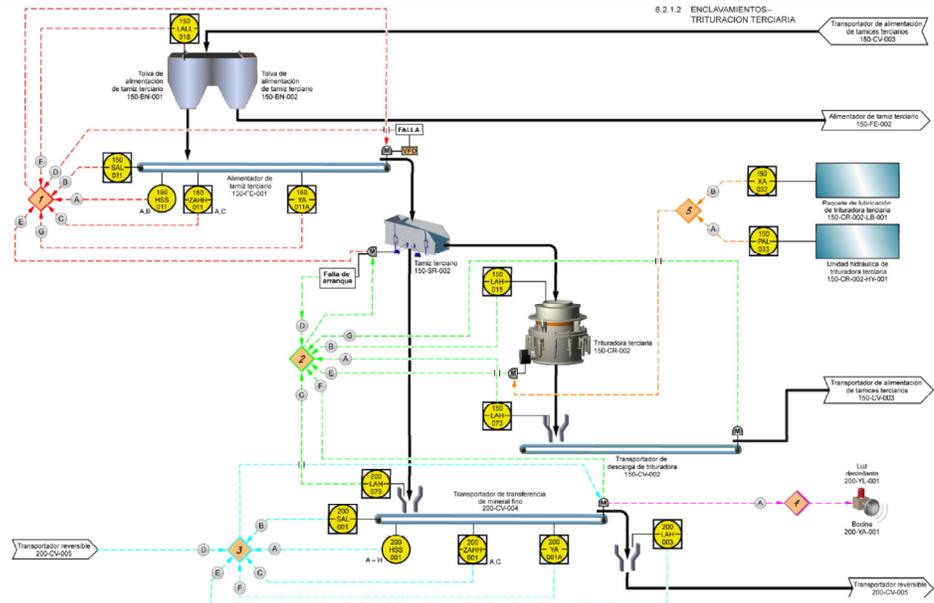
Transportador de transferencia de mineral fino 150-CV-004. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (200-HSS-001A a -001H) y no ha sido restablecido. El transportador no puede funcionar si se detecta una baja velocidad (200-SAL-001). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (200-ZAHH-001A ó -001C) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador reversible (200-CV-005) esté funcionando. El transportador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de

alimentación del transportador reversible es alto (200-LAH-003). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (200-YA-001A) y no ha sido restablecido.

Bocina y luz destellante de transportador de transferencia de mineral fino 200-YA-001 y 200-YL-001. La bocina y luz destellante se activan cuando el motor arranca inicialmente y la bocina se mantiene activa durante un tiempo preestablecido después del arranque del equipo. La luz destellante se mantiene encendida mientras el transportador está funcionando.

Trituradora terciaria 150-CR-002 Las condiciones de enclavamiento para la trituradora terciaria 150-CR-003 son iguales con excepción de los números de TAG de equipos e instrumentos. La trituradora no puede arrancar ni funcionar a menos que la presión en la unidad hidráulica de la trituradora terciaria sea al menos de 62 bar (150-PAL-033). La trituradora no puede arrancar ni funcionar si el flujo de salida en el paquete de lubricación de la trituradora terciaria o es al menos de 45 L/min, la presión de salida del paquete de lubricación no es al menos de 1.4 bar, la temperatura de salida del paquete de lubricación sobrepasa los 35°C o si la temperatura de retorno del paquete de lubricación sobrepasa los 52°C (150-XA-032).

Figura 75. Enclavamientos trituración terciaria



Fuente: *Performance Associates International, Inc.*, Manual de operación de trituración, P. 207.

Válvulas de control de flujo de agua de proceso 200-FV-004 y -005. En los modos auto y remoto, las válvulas se abren cuando el transportador reversible (200-CV-005) arranca y se cierran cuando el transportador se detiene.

Transportador reversible 200-CV-005. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (200-HSS-003A ó -003B) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (200-ZAHH-003A ó -003C) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se detecta una baja velocidad (200-SAL-003). El transportador no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador de alimentación de tolvas de mineral fino (200-CV-006)

esté funcionando. El transportador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación del transportador de tolvas de mineral fino es alto (200-LAH-006). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (200-YA-003A) y no ha sido restablecido.

Bocina y luz destellante de transportador reversible 200-YA-003 y 200-YL-003. La bocina y luz destellante se activan cuando el motor arranca inicialmente y la bocina se mantiene activa durante un tiempo preestablecido después del arranque del equipo. La luz destellante se mantiene encendida mientras el transportador está funcionando.

Válvula de control de flujo de agua de proceso 200-FV-030. En los modos auto y remoto, la válvula se abre cuando el transportador de alimentación de tolvas de mineral fino arranca y se cierra cuando el transportador se detiene.

Transportador de alimentación de tolvas de mineral fino 200-CV-006. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (200-HSS-006A ó 006F) y no ha sido restablecido. El transportador no puede funcionar si se detecta una baja velocidad (200-SAL-006). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (200-ZAHH-006A ó -006C) y no ha sido restablecido. El transportador no puede arrancar ni funcionar a menos que el transportador reversible de tolvas de material fino (200-CV-007) esté funcionando. El transportador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en el chute de alimentación del transportador reversible de tolvas de material fino es alto (200-LAH-007). El transportador no puede

arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (200-YA-006A) y no ha sido restablecido.

Bocina y luz destellante de transportador de alimentación de tolvas de mineral fino 200-YA-006 y 200-YL-006. La bocina y luz destellante se activan cuando el motor arranca inicialmente y la bocina se mantiene activa durante un tiempo preestablecido después del arranque del equipo. La luz destellante se mantiene encendida mientras el transportador está funcionando.

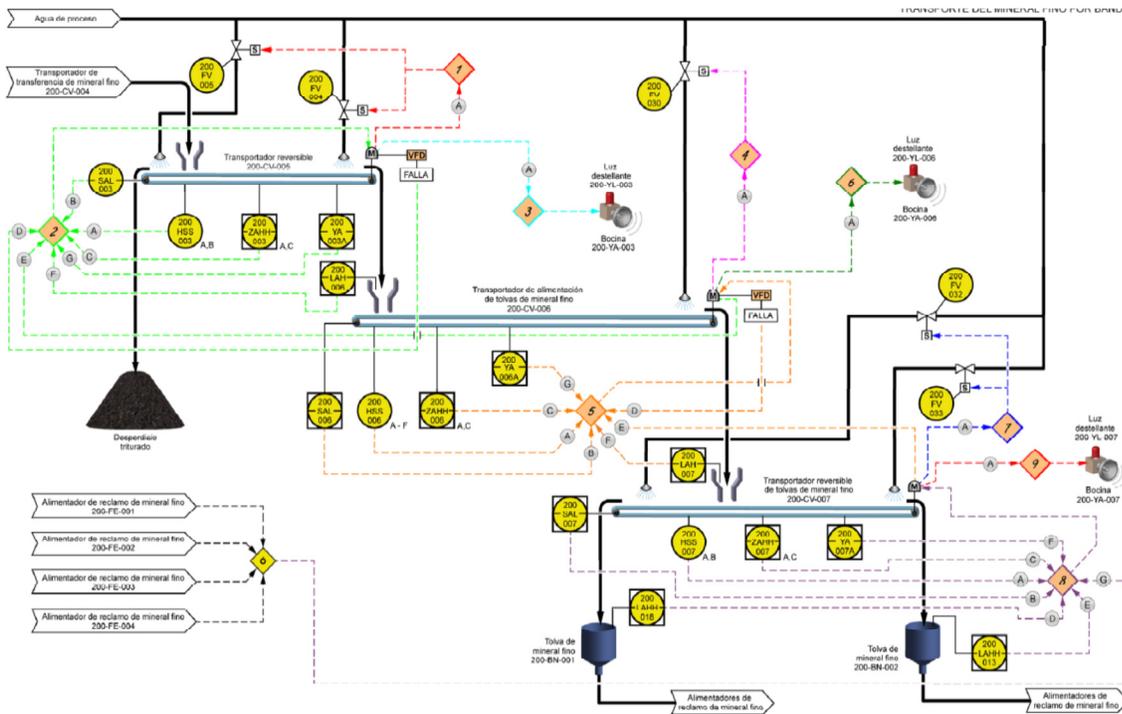
Válvulas de control de flujo de agua de proceso 200-FV-032 y -033. En los modos auto y remoto, las válvulas se abren cuando el transportador reversible de tolvas de mineral fino arranca y se cierran cuando el transportador se detiene.

Transportador reversible de tolvas de mineral fino 200-CV-007. El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un cable de emergencia (200-HSS-007A ó -007B) y no ha sido restablecido. El transportador no puede funcionar si se detecta una baja velocidad (200-SAL-007). El transportador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en la tolva de mineral (200-BN-001) fino es alto-alto (200-LAHH-018). El transportador no puede arrancar ni funcionar si el nivel en la tolva de mineral (200-BN-002) fino es alto-alto (200-LAHH-013). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado un interruptor de desalineamiento (200-ZAHH-007A ó -007C). El transportador no puede arrancar ni funcionar si se ha activado el interruptor de detección de rotura de banda (200-YA-007A) y no ha sido restablecido. En el modo Remoto, el transportador no puede funcionar a menos que uno de los

cuatro alimentadores de mineral fino (200-FE-001, -002, -003 ó -004) esté funcionando.

Bocina y luz destellante de transportador reversible de tolvas de mineral fino 200-YA-007 y 200-YL-007. La bocina y luz destellante se activan cuando el motor arranca inicialmente y la bocina se mantiene activa durante un tiempo preestablecido después del arranque del equipo. La luz destellante se mantiene encendida mientras el transportador está funcionando.

Figura 76. **Enclavamientos transporte de mineral fino**



Fuente: *Performance Associates International, Inc.*, Manual de operación de trituración, P. 211.

4.1.3. Alarmas

Alarmas: se programan límites de alarma para varios parámetros del proceso. Estas alarmas tienen el propósito de alertar al operador si se exceden los límites establecidos. Una vez que el operador ha sido alertado de la condición de alarma, este tendrá la responsabilidad de: reconocer la alarma, determinar que causó la alarma, determinar la mejor acción a implementar para eliminar la causa, retirando así la condición de alarma, ejecutar la acción elegida.

El operador debe estar consciente de que cualquier alarma puede ser el resultado de un instrumento defectuoso. Si la condición de alarma no se soluciona utilizando la tabla de falla/causa/solución de alarmas, habrá que notificar al supervisor para verificar la operación apropiada del instrumento.

4.2. Programa en RSLogix 5000

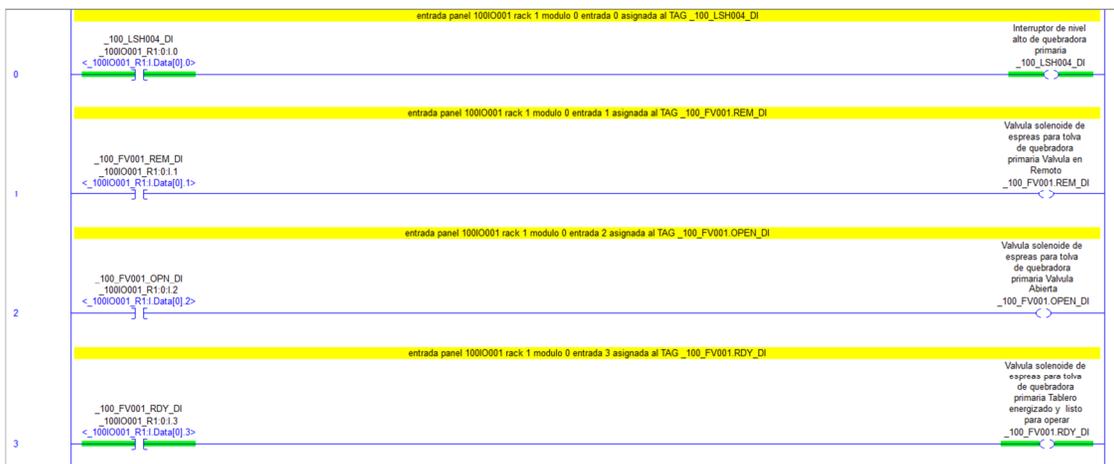
Un programa está compuesto de varias tareas y rutinas, a continuación se presentan segmentos de algunas de estas, realizadas en RSLogix 5000 V20.1.

4.2.1. Mapeo de entradas

Cuando se realiza un programa es muy conveniente utilizar el mapeo tanto de entradas como de salidas, esto con el fin de facilitar cambios futuros de *tag* o descripción, así solamente tendremos que cambiar el nombre o la descripción en una sola parte del programa y no en todas partes donde se haya utilizado, en la siguiente figura se observa una parte del mapeo de entradas, por ejemplo en el renglón 0 se ve que la dirección física de entrada 100IO001_R1:0:I:1

(panel de entradas y salidas 100IO001, rack 1, modulo 0, entrada 1) se le asignó el TAG `_100LSH004_DI` (área 100, L=nivel, S=switch, H=alto, DI= entrada digital) correspondiente al interruptor de nivel alto de la quebradora primaria.

Figura 77. Mapeo de entradas



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

4.2.2. Mapeo de salidas

Al igual que el mapeo de las entradas también es necesario hacer un mapeo de las salidas (tanto digitales como analógicas), igual que el mapeo de las entradas facilitara el trabajo si se necesitan hacer cambios posteriores en el *tag*, comentario ó cambio de dirección física. Por ejemplo en el renglón 160 de la parte del programa que se muestra a continuación observamos que al TAG `_100_FV001.OPEN_CMD` (válvula solenoide de espresas para tolva de quebradora primara comando para abrir válvula) se le ha asignado a la salida física `_100IO001_R2:4:O:0` (panel 100IO001, rack 2, módulo 4, salida 0).

Figura 78. Mapeo de salidas

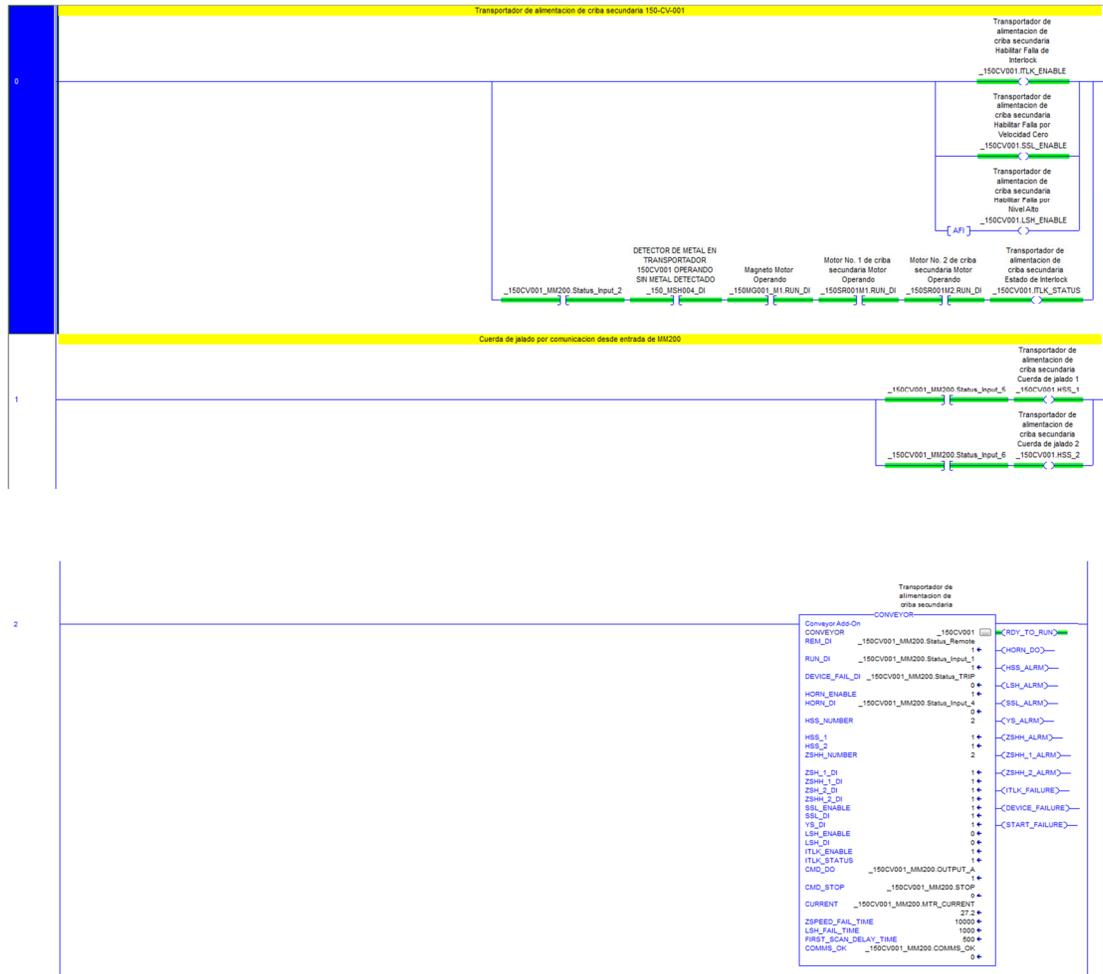
160	<p>TAG_100_FV001.OPEN_CMD asignado salida panel 100IO001 rack 2 modulo 4 salida 0</p> <p>Valvula solenoide de espesas para tolva de quebradora primaria Comando para Abrir Valvula</p> <p>_100_FV001.OPEN_CMD</p>	<p>_100_FV001.CMD_DO</p> <p>100IO001.R2:4:0:0</p> <p><_100IO001_R2:O.Data[4] 0></p>
161	<p>TAG_100_FV005.OPEN_CMD asignado salida panel 100IO001 rack 2 modulo 4 salida 1</p> <p>Valvula de espesas para alimentador de quebradora primaria Comando para Abrir Valvula</p> <p>_100_FV005.OPEN_CMD</p>	<p>_100_FV005.CMD_DO</p> <p>100IO001.R2:4:0:1</p> <p><_100IO001_R2:O.Data[4] 1></p>
162	<p>TAG_150_FV080.OPEN_CMD asignado salida panel 100IO001 rack 2 modulo 4 salida 2</p> <p>Valvula solenoide de espesas de descarga de transportador 150-CV001 Comando para Abrir Valvula</p> <p>_150_FV080.OPEN_CMD</p>	<p>_150_FV080.CMD_DO</p> <p>100IO001.R2:4:0:2</p> <p><_100IO001_R2:O.Data[4] 2></p>
163	<p>TAG_150_FV079.OPEN_CMD asignado salida panel 100IO001 rack 2 modulo 4 salida 3</p> <p>Valvula solenoide de espesas de alimentacion a transportador 150-CV001 Comando para Abrir Valvula</p> <p>_150_FV079.OPEN_CMD</p>	<p>_150_FV079.CMD_DO</p> <p>100IO001.R2:4:0:3</p> <p><_100IO001_R2:O.Data[4] 3></p>

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

4.2.3. Escalamiento de entrada analógica

El escalamiento de las señales analógicas se hace necesario para que las señales de los instrumentos (generalmente 0-20 mA, 4-20 mA, 0-10 V) las pueda leer operador en unidades de ingeniería o en porcentajes, esto de acuerdo a las necesidades del proceso. Por ejemplo en el renglón 186 de la siguiente figura observamos el escalamiento de una señal de entrada analógica (esta corresponde una señal de 4-20mA) y es del transmisor de nivel de la tolva de alimentación a la criba terciaria con TAG _150_LI013_AI (área 150, L= nivel, I= indicador, AI= entrada analógica), con la funciones MOV asignamos los valores para máximos y mínimos (0 y 100 en este caso), también asignamos el canal de lectura físico _100IO001_R3:0:Ch2 (panel 100IO001, rack 3, módulo 0, canal 2) el TAG _100IO001_R3_S0_CH2, luego de escalar la señal con la función AI_Scale_FlexIO, le asignamos el TAG _150_LI013_AI.

Figura 81. Control de transportador 150CV001



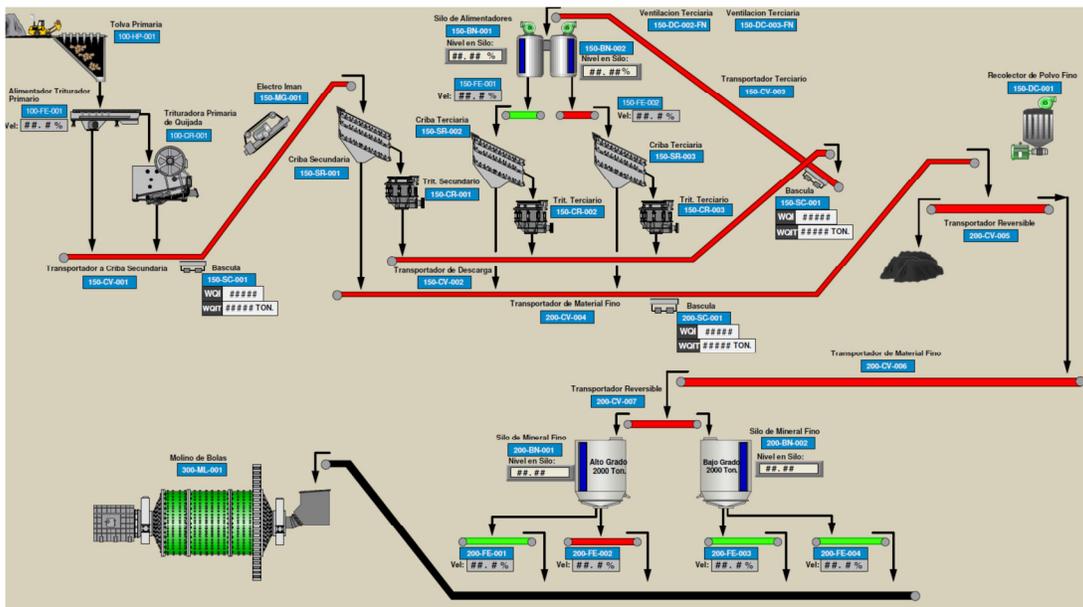
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

4.3. Programa en Factory TalkView ME

Un programa en *FactoryTalkView Machine Edition* está compuesto por gráficos para que el operador pueda controlar el proceso. En un gráfico se

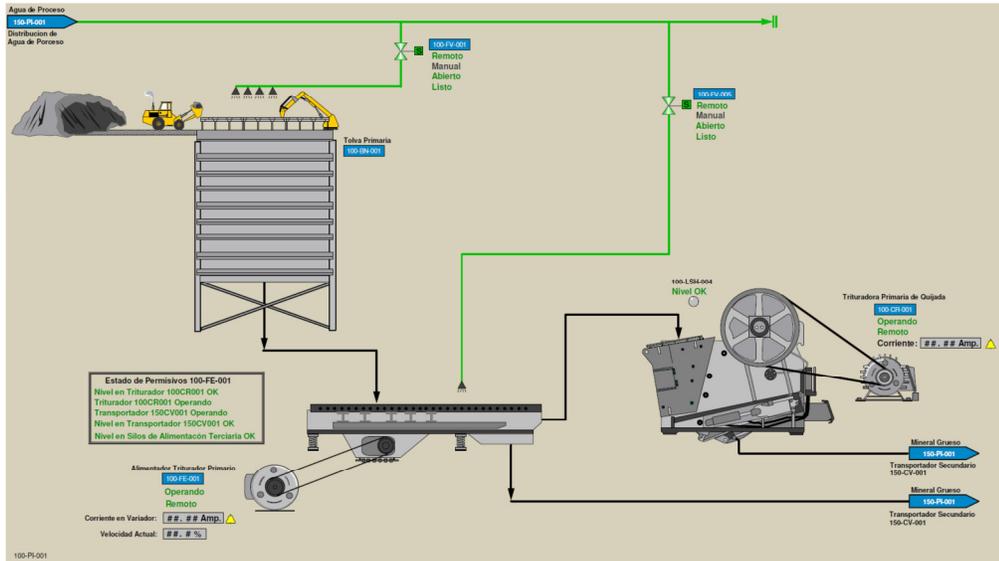
puede desplegar información de mucha utilidad, por ejemplo el estado de los equipos (funcionando, parado, en falla), los consumos de corriente de los motores, estado de las válvulas (abiertas, cerradas, falla transición). A continuación, se muestran varias pantallas (*displays*) para el control de la planta de trituración de mineral.

Figura 82. Vista general del proceso



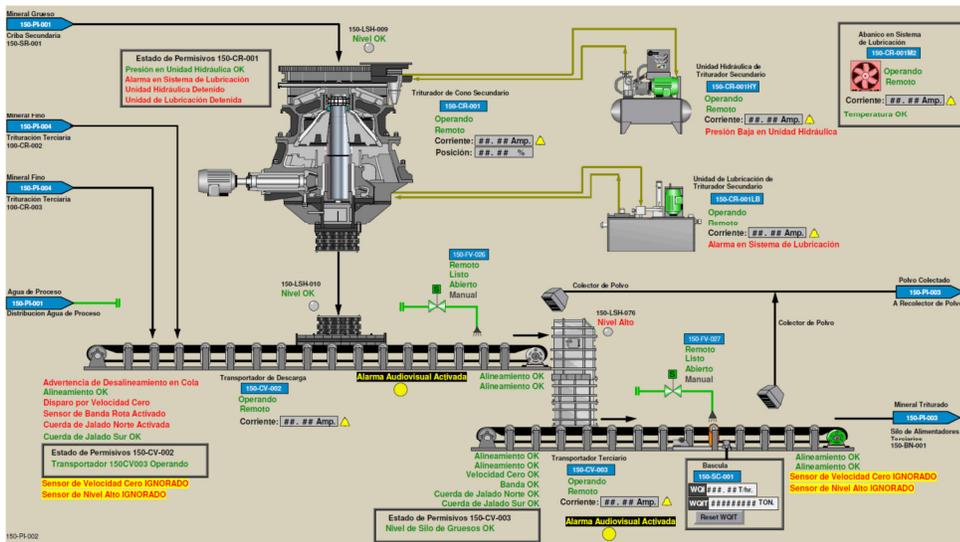
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Figura 83. Trituradora primaria



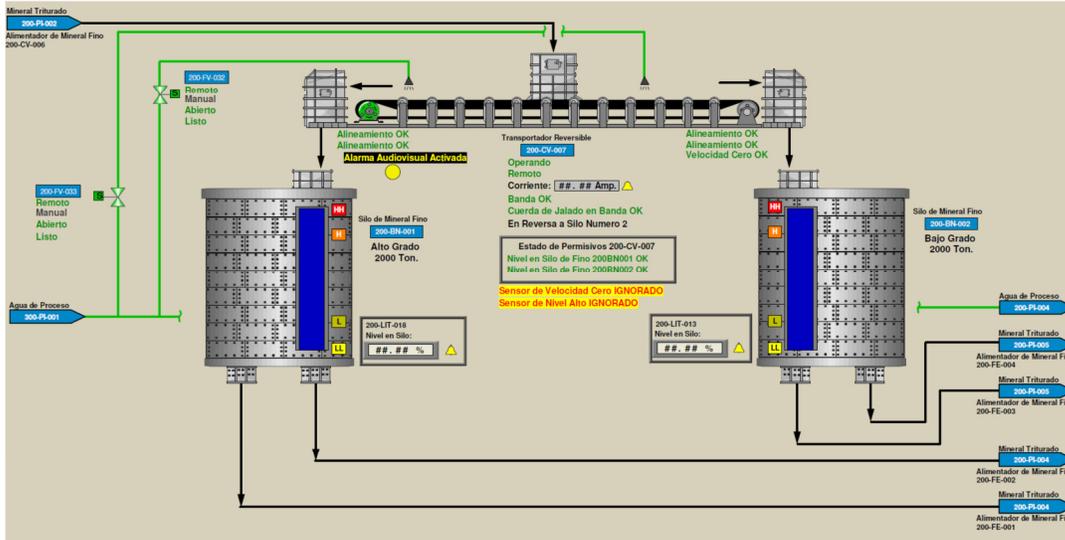
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Figura 84. Trituradora secundaria



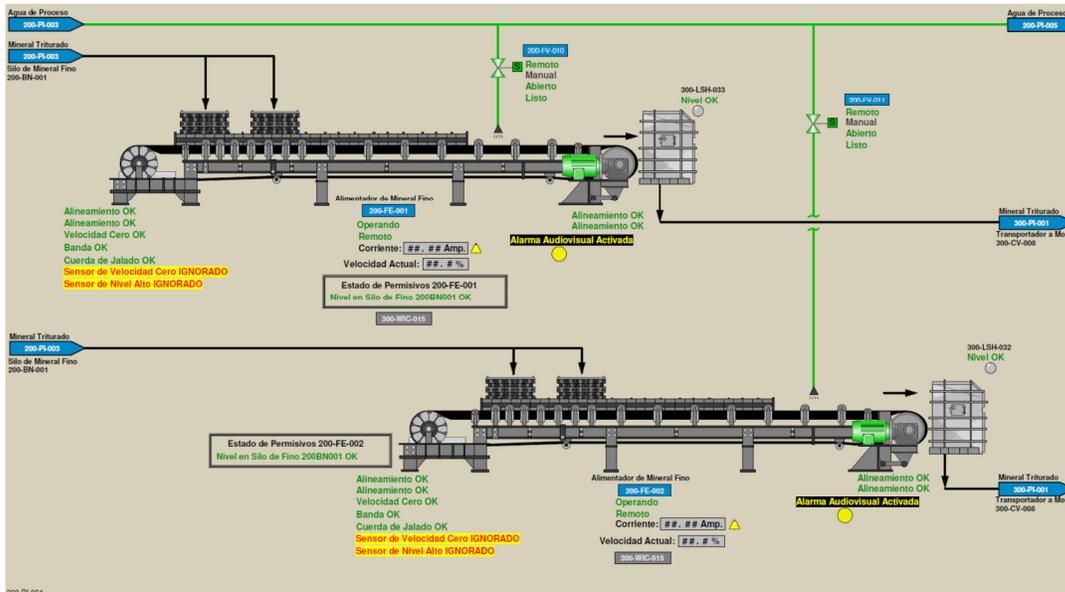
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Figura 85. Silos de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Figura 86. Alimentadores



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

Figura 87. **Faceplate** arranque de transportador



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software *Factory Talk View ME V6.10.00*, año 2015.

CONCLUSIONES

1. Los PLC y las HMI constituyen hoy día una gran herramienta para el control y monitoreo que va desde pequeñas máquinas hasta complejos sistemas de producción.
2. Utilizando PLC y HMI para el control de plantas de proceso se tienen muchas ventajas, como por ejemplo: monitoreo del funcionamiento de los equipos en línea, diagnóstico de fallas, control de producción, registro de datos.
3. Al utilizar el software Factory Talk View SE para el control de plantas de proceso se tiene la ventaja que cuenta con varias librerías de gráficos, útiles en todo tipo de industria.
4. El software RSLogix 5000 es un software de programación bastante avanzado que nos permite implementar la lógica de programación en diversos lenguajes (escalera, diagrama de funciones, texto estructurado). Tiene la ventaja que una vez creado un código puede ser reutilizado dentro del programa, lo cual ahorra tiempo al momento de programar.

RECOMENDACIONES

1. Además del control y monitoreo de la planta se hace necesario hoy día contar con *software* y *hardware* para el almacenamiento de datos, en este caso el *Factory Talk Historian* y un servidor dedicado para los mismos, para poder generar reportes y estadísticas.
2. Antes de decidirse por el uso de un determinado software de programación consultar con el fabricante el tiempo por el cual se tiene previsto funcione la versión actual, esto para evitar estar haciendo migraciones a un nuevo software en un corto tiempo.
3. En los programas deben existir suficientes enclavamientos y permisos que garanticen la seguridad tanto del operador como de los equipos.
4. Considerar PLC redundantes para garantizar la continuidad de la operación de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CREUS SOLÉ, Antonio. INSTRUMENTACION INDUSTRIAL. 8ª ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 750 P.
2. *Instrucciones generales de los controladores logix 5000.* [en línea]. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm003_-es-p.pdf. Consulta: 03 de marzo de 2015.
3. *Factory talk view machine edition.* [en línea]. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004_-en-e.pdf. Consulta: 10 de marzo de 2015.
4. *Sistemas de control logix 5000: conexión de un terminal panel view plus terminal mediante una red Ethernet/IP.* [en línea]. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/qs/iasimp-qs033_-es-p.pdf. Consulta: 20 de abril de 2015.
5. *Comunicaciones industriales.* [en línea]. <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>. Consulta: 20 de abril de 2015. Consulta: 23 abril de 2015.
6. *Introducción a las redes de la comunicación.* [en línea]. <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Redes/Conferencias/Capitulo%201.pdf>. Consulta: 23 abril de 2015.

7. *Minera San Rafael, S. A. planta de procesos proyecto Escobal manual de operación de trituración.* Performance Associates International, Inc. Tucson AZ, U.S.A. 525 P.
8. KATSUHIKO, Ogata. *Ingeniería de control moderna.* 5ta. ed. España: PEARSON EDUCACION, 2010. 894 P.
9. *Introducción al RSLogix 5000.* [en línea]. <http://plc-hmi-scadas.com/124.php>. Consulta: 03 de marzo de 2015.

APÉNDICES

Figura 88. *Pull cord switch*

MODEL SS-3 PULL CORD SWITCH



Model SS-3



Pull Cord (SS-3) switches are conveyor safety accessories designed to interlock with conveyor shut down systems in the event of maintenance or emergency. The robust die cast aluminum housing with epoxy based powder finish and all stainless steel hardware makes them suitable for most heavy industrial applications.

The **Model SS-3** is designed to shutdown a conveyor system in the event of an emergency or maintenance. When force is applied to the cable, the actuator arm rotates and locks in the alarm position. This activates two (2) SPDT micro switches and the manual lock out. The switch can be reset by pressing down on the arm and releasing the manual reset lever. Safety stop switches are mounted on the walkway side or anywhere a person can access the moving parts of a conveyor.

The switches are connected by a safety cable which runs between the switch arms and can either be attached to the outer hole (15 lbs pull force) or the second inner hole (25 lbs pull force). The cables are secured by cable clamps after it is looped through the switch hole. The ends of the cable can either be a switch or a conveyor eye bolt secured with a clamp. To prevent the pull cable from sagging, conveyor standoff (eye bolts) are mounted every 10 feet (3 meters).

The distance between switches is dependent on the variations in temperature of the environment which will cause the cable to expand and contract making sags between the cable stand-offs. Normal spacing based on a temperature of 100° F (60°C) is maximum distance of 150 feet (45 meters) on inclined conveyors and 200 feet (60 meters) on horizontal conveyors. Although indoor environments can be up to 300 feet (90 meters) and extreme environments should be 100 feet (30 meters).

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/pull-cord-switch-ss3/>. Consulta: 13 marzo de 2015.

Figura 89. Especificaciones *pull cord switch*

SPECIFICATIONS

Model SS-3

Pull Cord Switch

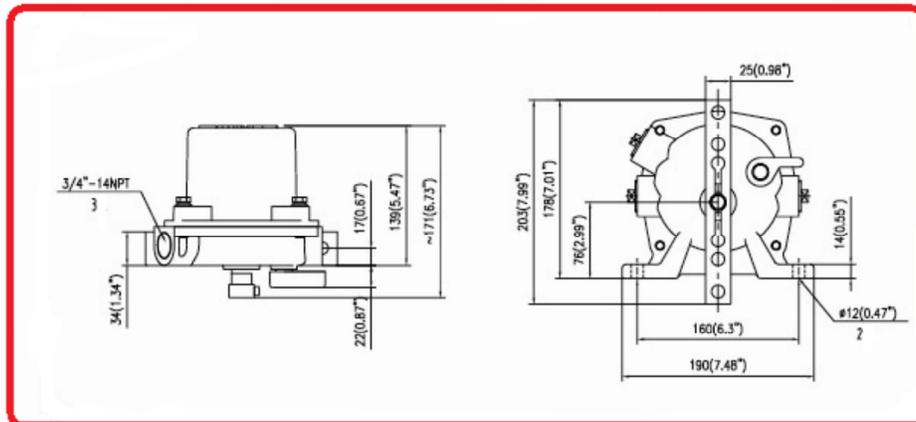
- Rugged die cast aluminum enclosure (NEMA-4)
- Micro switch rating: 15A @ 115-230 VAC, 30 VDC non-inductive, CSA 10A @ 115-250 VAC
- Outputs: (2) SPDT
- Actuation angle: 20° from normal
- Conduit holes: (2) 3/4" - 14 NPT
- Temperature rating: -40° to 176° F (-40° to 80°C), CSA -22°F to 140°F (-30° to 60°C)
- Designed for single or double end operation
- Cover provides easy access to wiring & internal mechanism
- Safety actuator arm for ease of visual indication
- Manual reset as required by ANCI

Options:

- Safety Cable
- Cable Clamps
- Conveyor Stand Off Eyes
- Cable Break Option
- Flags
- Lights
- Mounting Kits
- Addressable Communications with terminal kit

Outline Dimensions

All Dimensions in Millimeters (Inches)



Applications:

- Conventional Belt Conveyors
- Reciprocating Conveyors
- Shuttle Conveyors
- Ship Loading/Unloading Systems
- Stockpile/Reclaim Systems
- Cranes, Shovels and Drag Lines
- Apron Feeders
- Weigh Belt Feeders
- Heavy Duty Switch



Hazardous Approval Rating

- Class 2258-02-Process Control Equipment-For Hazardous Locations.
- Class 2258-82-Process Control Equipment-For Hazardous locations-Certified to U.S. Standards.
- Approved for Class II, Div. 1 & 2, Groups E, F & G Hazardous Locations

Bulk Pro Systems, LLC - 13361 Aberdeen ST NE - Ham Lake, MN 55304 USA
Ph: 763-767-0003, Fax: 763-767-3282, www.bulkprosystems.com

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/pull-cord-switch-ss3/>. Consulta: 13 marzo de 2015.

Figura 90. Sensor de banda rota

MODEL BD-3 BELT DAMAGE DETECTOR

Bulk Pro
SYSTEMS L.L.C.



Model BD-3



Belt Damage Detector (BD-3) switches are conveyor safety accessories designed to interlock with conveyor shut down systems in the event of a damaged belt. This simple system will shut down the conveyor belt and protect you from costly repairs and downtime due to belt damage.

Features:

- Simple, reliable construction requiring no maintenance
- Easy installation
- Corrosive resistant yellow finish
- Integral cover, allows for easy access to wiring and adjustments
- Large capacity switch contacts
- Only 4 lbs of force will trigger the micro switches.
- CE Approved
- CSA US Approved, Class II, Div. 1 & 2, Groups E, F & G.

The **Model BD-3** is designed to shutdown a conveyor system, in the event of belt damage. It warns supervisory personnel of impending belt failures due to rips, punctures, splice failures and sharp objects protruding through the belt carcass. Belt damage detectors are mounted in pairs positioned on both sides of the moving conveyor belt. The units are connected by two spans of aircraft cable. One end of the cable mounts permanently to a support bracket and the other connects to a spring loaded ball located on the detector. The aircraft cables loop underneath the belt from each side crossing at the midpoint. A belt problem is detected when an object or piece of damaged belt hangs below the belt surface and sweeps away one or both cables. As the cable is detached, it pulls a spring loaded ball out of a socket, causing two micro switches to trip. One for annunciation to a PLC or alarm system and the other to shut down the conveyor belt lessening the potential damage and downtime that will be caused without this type of detection.

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/belt-damage-detector/>. Consulta 13 marzo de 2015.

Figura 91. Especificaciones sensor banda rota

SPECIFICATIONS

**Model BD-3
Belt Damage Detector**

- Rugged die cast aluminum enclosure NEMA-4 (IP-65)
- Micro switch rating: 15A @ 115-230 VAC, 30 VDC non-inductive, CSA 10A @ 115-250 VAC
- Outputs: (2) SPDT
- Actuation force: 4lbs
- Conduit holes: (3) 3/4" - 14 NPT
- Temperature rating: -40° to 176° F (-40° to 80°C), CSA -22°F to 140°F (-30° to 60°C)
- Weight: 12 lbs.
- Cover provides easy access to wiring & internal mechanism
- Safety actuator arm for ease of visual indication
- Manual reset is required

Options:

- Safety Air Craft Cable
- Cable Clamps
- Mounting Kits



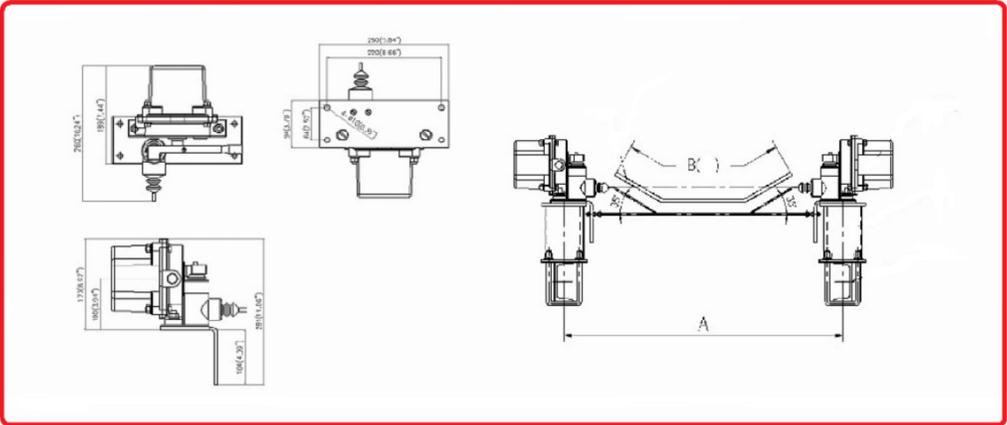
CE Approvals for Safety:

- Meets Electrical Safety IEC 60204-1: 2005-10
IEC 60947-1: 2004-03
- Meets Mechanical Safety IEC 60204-1: 2005-10
- Meets Functional Safety IEC 60204-1: 2005-10
- Meets Outdoor/Noise/Vibration IEC 60529: 2001-02

CSA US Hazardous Approval Rating

- Class 2258-02-Process Control Equipment-For Hazardous Locations.
- Class 2258-82-Process Control Equipment-For Hazardous locations-Certified to U.S. Standards.
- Approved for Class II, Div. 1 & 2, Groups E, F & G Hazardous Locations

**Outline Dimensions
All Dimensions in Millimeters (Inches)**



*Bulk Pro Systems, LLC - 13361 Aberdeen ST NE - Ham Lake, MN 55304 USA
Ph: 763-767-0003, Fax: 763-767-3282, www.bulkprosystems.com*

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/belt-damage-detector/>. Consulta 13 marzo de 2015.

Figura 92. Interruptor de desalineamiento

MODEL BM-3 BELT BELT MISALIGNMENT SWITCH



MODEL BM-3

The Model BM-3 Belt Misalignment Switch detects conveyor belt misalignment. Two (2) micro switches can trigger an alarm or conveyor shutdown to protect the conveyor belt from damage when belt drift occurs.

When the belt runs off center, the roller arm will be deflected from its normal vertical position and at a preset angle activates the first micro switch which can output an alarm. When the belt further displaces the roller arm at a preset angle, the second micro switch will be activated to shut down the conveyor before damage can occur to the belt or plant.

The BM-3 belt misalignment switches are usually installed in pairs on both sides of the belt and positioned at a distance between 1- 6 feet from the head or tail pulley. Typically, it can be mounted on the top or bottom of the conveyor stringers with the actuating arm trained 1-3 inches away from the outside edge of the belt.

Features:

- Universal mounting, usually at the top or the bottom of the conveyor belt stringer.
- Robust die cast aluminum housing with epoxy based powder coat finish and all stainless steel external hardware.
- Integral cover, permits easy access to the wiring terminals and adjustments.
- Easily removed cover without the requirement of removing the roller arm.
- Roller arm bearings rated to 5000 RPM, suitable for belt speeds up to 1250 FPM.
- Normal roller arm angle adjustment within ± 22.5 degrees.
- Bi-directional roller actuating arm suitable for installing on both sides of the conveyor.
- Provides an alarm when the roller actuating arm moves 10 degrees and shutdown with an actuating angle of 20 degrees.

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/belt-misalignment-switch-bm2/>.

Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 93. Especificaciones sensor de desalineamiento

SPECIFICATIONS

Model BM-3, Belt Misalignment Switches

Technical Specifications

- Rugged die cast aluminum enclosure NEMA-4 (IP-65)
- Micro switch rating: 15A @ 115-230 VAC, 30 VDC non-inductive, CSA 10A @ 115-250 VAC
- Outputs: (2) SPDT (one alarm, one shutdown)
- Actuation angle: 10° and 20° from normal
- Conduit holes: (3) 3/4" - 14 NPT
- Temperature rating: -40° to 176° F (-40° to 80°C), CSA -22°F to 140°F (-30° to 60°C)
- Rugged design for belt speeds to 1200 FPM
- Bi-Directional action for ease of installation, wiring and component savings
- Cover provides easy access to wiring & internal mechanism
- Two (2) position alarm sequence for preventing costly shutdowns

Options

- Indicating Lights
- Manual Lock Out
- Adjustable Angle
- Mounting Kits
- Addressable Communications with terminal kit

Outline Dimensions

All Dimensions in Millimeters (Inches)



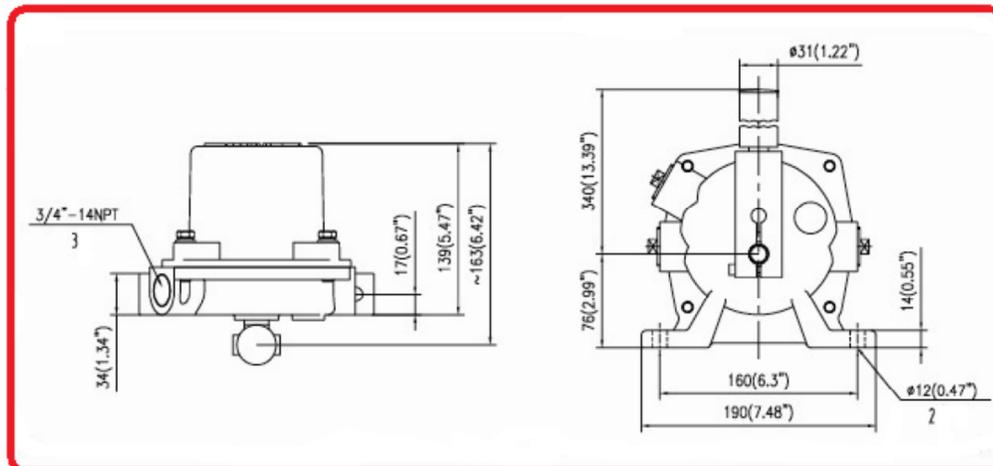
Applications:

- Conventional Belt Conveyors
- Shuttle Conveyors
- Ship Loading/Unloading Systems
- Stockpile/Reclaim Systems
- Cranes, Shovels and Drag Lines
- Apron Feeders
- Weigh Belt Feeders
- Heavy Duty Switch



Hazardous Approval Rating

- Class 2258-02-Process Control Equipment-For Hazardous Locations.
- Class 2258-82-Process Control Equipment-For Hazardous locations-Certified to U.S. Standards.
- Approved for Class II, Div. 1 & 2, Groups E, F & G Hazardous Locations



Bulk Pro Systems, LLC - 13361 Aberdeen ST NE - Ham Lake, MN 55304 USA
Ph: 763-767-0003, Fax: 763-767-3282, www.bulkprosystems.com

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/belt-misalignment-switch-bm2/>.

Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 94. Sensor de velocidad cero

MODEL BPMS-1 UNDER SPEED SWITCH



Model BPMS-1

The **Model BPMS-1 Speed Switch** is used for accurate sensing of Under Speed, Over Speed and Zero Speed conditions on rotating shafts, pulleys or other rotating equipment within your plant. It has one of the most innovative designs for installation today. It utilizes a magnet for attachment to the rotating shaft. Tapping the pulley and coupling the speed sensor is no longer required. Simply apply the speed sensor to the shaft and a strong magnet holds it in place, wire it up and you are ready to go.

Unique Features:

- “Snap” in place installation
- “Break-away” design, allows it to detach from the shaft if a large object strikes it
- Universal power supply, 20-240 VAC or VDC
- 2-Wire
- Can be retrofitted with other proximity switches such as Namur, PNP or NPN.
- High visible LED to confirm proper installation
- Multiple pulse ranges 1, 2, 4, 12 pulse units
- Low profile and small shaft units also available

The **Model BPMS-1 Speed Switch** is unmatched in ease of installation and durability. Simply “snap” the BPMS-1 onto the shaft that is to be monitored and complete the wiring. The cost to install other types of speed monitoring products usually surpasses the cost of the BPMS-1 to the user. Because the BPMS-1 is not permanently attached to the conveyor shaft it is considered to be “break-away” in design. In other words, safety concerns are minimal. If an object strikes the BPMS-1, no damage will occur. The BPMS-1 simply detaches from the shaft.

The proximity switch in the BPMS-1 is a standard two-wire 18mm tubular switch that is capable of handling voltages from 20-240 VAC or DC. If your specification requires Namur or other inductive proximity outputs, the BPMS-1 can be retrofitted.

The coupler that guards the proximity switch is fitted with a site hole so the operation can be monitored. In proper operation, a highly visible LED will illuminate that determines if the BPMS-1 is sending pulses. The BPMS-1 is equipped with a 24 inch plastic cable guard with 1/2”NPT threaded connector to assist in wiring. The shaft size of the conveyor or rotating piece of equipment that is to be monitored needs to be larger than 1-15/16 inch to ensure proper holding strength for the magnet rotor. If your equipment shaft is smaller than 1-15/16 there are adapters available for mounting.

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/speed-switch/>. Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 95. Especificaciones sensor de velocidad cero

SPECIFICATIONS

Model BPMS-1 Specifications:

- Operating Voltage: 20-240 VAC/DC
- Max Current Load: 250mA @ 25°C and 200mA@ 70°C
- Switching Frequency: 120 Hz
- Leakage Current: 1.7mA max leakage @ 120 VAC, ≤2.0mA VDC
- Voltage Drop: ≤4V@ >25mA
- Holding Current: 5mA max
- Protection: Resettable short circuit overload protection
- Switching Hysteresis: 2-20% of rated sensing distance
- Repeat Accuracy: <3% sensing distance
- Output Indicator LED: 360° viewable LED
- Operating Temperature: -13° to 158°F (-25° to 70°C)
- Enclosure Rating: NEMA-4, 4X, 6, 6P, 12 and 13 (IP-67)
- Shock: 30g sine wave, 11 ms per IEC68-2-76
- Vibration: 10 to 50 Hz, 1mm amplitude
- Housing: Stainless steel, polycarbonate end balls, Ryton® front cap (Proximity Sensor)
- Cable: AWM style 2038 (PVC)
- With barrier box approved for Class I and II, Div. 1, Groups, A, B, C, D, E, F & G.

Models Available:

• BPMS-1	1-pulse per revolution, standard sensor
• BPMS-2	2-pulse per revolution, standard sensor
• BPMS-4	4-pulse per revolution, standard sensor
• BPMS-12	12-pulse per revolution, 10-30VDC sensor
• BPMS-1S	1-pulse per revolution, standard sensor, for small diameter shafts
• BPMS-2S	2-pulse per revolution, standard sensor, for small diameter shafts
• BPMS-4S	4-pulse per revolution, standard sensor, for small diameter shafts
• BPMS-4PNP	4-pulse per revolution, PNP sensor
• BPMS-4NPN	4-pulse per revolution, NPN sensor
• BPMS-12PNP	12-pulse per revolution, PNP sensor
• BPMS-12NPN	12-pulse per revolution, NPN sensor
• BPMS-12SPNP	12-pulse per revolution, small shaft, PNP sensor
• BPMS-12SNPN	12-pulse per revolution, small shaft, NPN sensor
• BPMS-1SLP	1-pulse per revolution, low profile
• BPMS-2SLP	2-pulse per revolution, low profile
• BPMS-4SLP	4-pulse per revolution, low profile

FIGURE 1

FIGURE 2

Options:

- Sensors for small diameter shafts
- High temp sensors
- BPMA adapter for coupling directly to a shaft
- BPWD-1 controller, monitors the signal from the BPMS-1 switch and provides a relay when the unit drops out, DIN rail mount.
- PL70-115 Speed Monitor, monitors one BPMS-1 switch, provides user programming, i.e. start-up delays, alarm set-points, one DPDT contact and two (2) 4-20mA outputs. Eliminates the need for a PLC.

BPWD-1

PL70-115

Bulk Pro Systems, LLC - 13361 Aberdeen ST NE - Ham Lake, MN 55304 USA
Ph: 763-767-0003, Fax: 763-767-3282, www.bulkprosystems.com

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/speed-switch/>. Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 96. **Báscula**

Model N-62 Belt Scale System



Model N-62 Belt Scale System

The Bulk Pro Systems Model N62 Belt Scale System is suitable for general belt conveyor weighing in plant, and precise control feed to crushers, mills, screens and other processes at an accuracy of $\pm 0.5\%$. It also can monitor production, regulate product load out and monitor product inventory. This belt scale system provides crucial information for the successful management and efficient operation of your plant.

Industries Served:

- Aggregate
- Asphalt
- Coal Mining
- Cement
- Power
- Paper
- Wood Products
- Chemical
- Mineral Mining
- Sand
- Precious Metals

The Bulk Pro Systems Model N-62 Belt Scale System is designed for all purpose weighing applications in harsh industrial environments. It allows you to control feed rates to crushers, screens, mills, stockpiles and other processes with a guaranteed accuracy of $\pm 0.5\%$. It can help you automate your production output, inventory or load-out and provide you with crucial information for the running of your plant.

The Bulk Pro Systems Model N-62 incorporates either a single idler(N-62-1) or dual idler(N-62-2) weighbridge assembly and the Model N-12C Belt Speed Sensor with the powerful microprocessor based electronics of the Bulk Pro Systems Model 6801 Integrator. The single-idler weighbridge can be applied in conveyors with belt widths from 20"(500mm) to 60"(1,524mm) and the dual-idler weighbridge can be applied to belt widths ranging from 20"(500mm) to 48"(1,200mm).

The Bulk Pro Systems Model N-62 Belt Scale System is easy to install and can be mounted inside or out. It's heavy duty construction allows for installation in industrial and extreme environments. The N-62 weighbridge uses two frictionless trunnion-type pivots, fully sealed from moisture and material build-up. It's Strain gauge load cells mounted in tension, ensuring reliable and precise performance. Counterweighted carriages are available for conveyors with light loading.

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/n-62-belt-scale/>.Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 97. Especificaciones báscula

SPECIFICATIONS

Load Cell

- Single Point Strain Gauge
- Housing: Anodized aluminum
- Excitation: 10VDC \pm 5%
- Load cell output: 2.0 mV/V
- Nonlinearity: <0.03% FS
- Repeatability: <0.01% FS
- Hysteresis: <0.02% FS
- Operation temperature: -30°C~ +70°C
- Temperature Sensitivity:
 - Span 0.002% FS/°C
 - Zero 0.002% FS/°C
- Safe Overload: 200% of load cell capacity

6000 Series Integrator

- Enclosure, Field mount:
 - Outline dimensions: 296×399×132mm
 - Mounting hole dimensions: 280×247mm
- Enclosure, Field mount:
 - Panel dimensions: 140×284mm
 - Outline dimensions: 295×154×203mm
- Temperature Rating:
 - Operating: -10 to 50 °C
 - Storage: -40 to 70 °C
- Power Requirements:
 - 120/220 VAC Switch Selectable
- Display Resolution:
 - LCD 320×240 pixels, English/Chinese language with graphs displayed on-screen: histogram, curve graph, etc.
- Keypad:
 - 25 operating keys. All keys provide tactile feed back
- Measurement Unit:
 - Tons, Kg
- Memory:
 - FRAM memory, data retention when power is interrupted or disconnected.
- Accuracy / Non-Linearity:
 - Less than 0.01% of net for load ranging from 0% to 105% of full scale.
- Circuit Construction:
 - 32-bit RAM Microprocessor, with built-in watchdog preventing system halt, 24-bit A/D converter, real-time clock system.
- Expansion Slots, 6
- Shipping weight:
 - Field Mount, 12Kg
 - Panel Mount, 8 Kg



Digital Inputs/Outputs

- Eight (8) programmable digital inputs allow the integrator to accept switching value inputs and/or instructions from various equipment.
- Twelve (12) programmable digital outputs (relay, dry) allow the integrator to provide various data indication and/or activate ancillary equipment
- Speed Input:
 - Two (2) speed pulse inputs from individual speed sensor.
- Analog Inputs/Outputs:
 - Input: Two (2) Millivolt weight signals from load cell(s) and two (2) 0-20mA or 4-20mA current inputs.
 - Outputs: One (1) standard current output 0-20 or 4-20mA for flowrate signal
- Optional Communications:
 - RS232 or RS485, Profibus or Fieldbus
- Control:
 - PID regulated control output
- Report:
 - Shift report, daily or monthly data report.

Model N60 Speed Sensor

The model N60 speed sensor is used for series N64, N63, N62 and N61 belt scales. Sensor is directly coupled to the conveyor tail pulley or any other pulley with a minimum of 15-30 degrees of wrap. The speed sensor is a brushless pulse generator. Each pulse represents one unit of belt travel, the pulse frequency is proportional to belt speed.

- Die cast aluminum housing, weather proof.
- Brushless AC pulse generator requires no adjusting or replacement of brush.

Bulk Pro Systems, LLC - 13361 Aberdeen ST NE - Ham Lake, MN 55304 USA
Ph: 763-767-0003, Fax: 763-767-3282

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/n-62-belt-scale/>. Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 98. Interruptor de inclinación (*tilt switch*)

MODEL SL20-8 & SL29-115 TILT SWITCH PROBE & CONTROL



NON-MERCURY!!!



Model SL20-8 Model SL29 - 115



The **Model SL20-8 and SL29-115 Tilt Switch Probe & Control** provide simple alarm output for both dry bulk materials or liquids when used with a float ball accessory. The rugged non-mercury probe is suspended vertically over a material pile, bin or conveyor belt and as the material level rises to tilt the switch approximately 15° from vertical in any direction, an alarm output signal is activated. The control unit is designed with an adjustable time delay to prevent false trips from vibration, wind or accidental movement. Various attachment accessories are available for the probe, such as wear paddles and float balls.

APPLICATIONS:

- High Level Control (Dry Bulk Materials or Liquids)
- Flow / No-Flow Detector
- Plugged Chute Detector

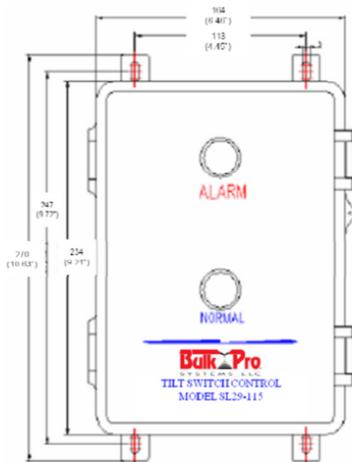
FEATURES:

- **NON-MERCURY**
- Heavy Duty Industrial Tilt Switch
- Simple Installation and Operation
- Solid State Electronics with Adjustable Time Delay to Prevent False Trips, 0-10 seconds
- Large green ("Normal") and red ("Alarm") LED indicating lights on front cover
- Mounting Hardware Included
- Optional Accessories available
- SL20-8 Probe can be used by itself with a 24 VDC power Supply
- SL20-8 can be retrofitted to replace mercury probes connected to the 24 VDC side of existing controllers.

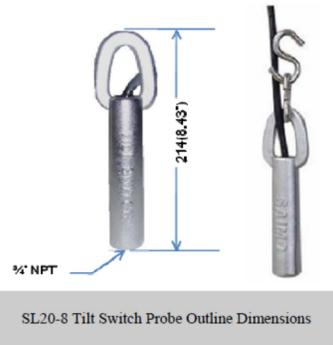
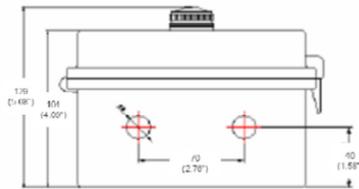
Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/tilt-switch/>. Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 99. Especificaciones *tilt switch*

SPECIFICATIONS	
<p>MODEL SL29-115 — Control Unit</p> <p>OUTPUT: One (1) DPDT contact. Rated 5A @ 220 VAC or 5A @ 28 VDC non-inductive.</p> <p>TIME DELAY: Adjustable 0-10 seconds</p> <p>ENCLOSURE: IP-67 Outdoor enclosure with large green (“Normal”) and red (“Alarm”) LED indication lights on front cover</p> <p>TEMPERATURE RATING: -40°F~140°F(-40°C~60°C)</p> <p>POWER: Voltage—105-125 VAC Frequency—47 to 62 Hz Consumption—10 Watts</p>	<p>MODEL SL20-8 — Tilt Switch Probe</p> <p>TILT ANGLE: 10-15° from vertical when used with SL29-115 Control unit</p> <p>OUTPUT: Normally Closed Non-Mercury Contact Rated 250mA @ 24 VDC non-inductive Minimum Current: 10mA</p> <p>TEMPERATURE RATING: -40°F ~ 200°F(-40°C ~ 93°C)</p> <p>HOUSING: Ductile Iron, Chrome Plated Nickel Finish</p> <p>CABLE: 25' Severe Operations Cable</p>



SL29-115 Tilt Switch Control Outline Dimensions



SL20-8 Tilt Switch Probe Outline Dimensions

Dimensions: mm (inches)

Bulk Pro Systems, LLC - 13361 Aberdeen ST NE - Ham Lake, MN 55304 USA
Ph: 763-767-0003, Fax: 763-767-3282, www.bulkprosystems.com

Fuente: Bulk Pro Systems. <http://bulkprosystems.com/tilt-switch/>. Consulta: 04 abril de 2015.

Figura 100. Sensor detector de nivel Vegamip



Hoja de datos del producto

VEGAMIP R62/T61

Relé

Receptor de microondas en versión separada para la detección de nivel de sólidos a granel y líquidos



Datos técnicos

Presión de proceso	-1 ... +4 bar/-100 ... +400 kPa (-14.5 ... +58 psig)
Temperatura de proceso	-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)
Temperatura de proceso con adaptador de montaje	-40 ... +450 °C (-40 ... +842 °F)
Temperatura ambiente, de almacenaje y de transporte	-40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)
Histéresis	aprox. 1,33 dB
Conexión a proceso	Rosca a partir de G1½, 1½, NPT, bridas, Clamp
Tensión de trabajo	20 ... 253 V AC, 50/60 Hz; 20 ... 72 V DC
Consumo de potencia	1 ... 8 VA (AC), aprox. 1,5 W (DC)
Tensión de activación	min. 10 mV, máx. 253 V AC, 253 V DC
Corriente de conmutación	min. 10 µA / máx. 3 A AC, 1 A DC
Potencia de ruptura	min. 50 mW, máx. 750 VA AC, 54 W DC

Campo de aplicación

VEGAMIP T61 es la unidad emisora, VEGAMIP R61 es la unidad receptora de las barreras de microondas en versión separada para la detección de nivel límite de productos a granel y líquidos. Aplicaciones típicas son la detección de sólidos a granel en silos, tolvas y así como líquidos en tuberías y depósitos. El método de medición sin contacto no tiene contacto directo con el producto, garantizando un funcionamiento continuo sin desgaste y mantenimiento.

Su ventaja

- Medición segura incluso con productos fuertemente abrasivos
- Las versiones de equipos separadas posibilitan el montaje en posiciones de montaje de difícil acceso
- Medición confiable incluso con propiedades variables del producto

Función

El sistema de medición se compone de un emisor de microondas y un receptor correspondiente. La señal de emisión es focalizada por un sistema de antenas e irradiadas en dirección del receptor. Un medio existente en la trayectoria de radiación atenúa dicha señal. La atenuación de la señal es detectada por el receptor y transformada en una señal de conmutación. Mediante el ajuste de la sensibilidad resulta muy fácil una adaptación a las condiciones locales y el medio.

Materiales

Las partes del equipo en contacto con el medio están hechas de acero inoxidable 316L y PTFE. El adaptador de montaje opcional para temperaturas de proceso hasta 450 °C es de 316L y tiene una cubierta de cerámica Al₂O₃. Un resumen completo sobre los materiales y juntas disponibles se encuentran en el "configurador" en nuestra homepage en www.vega.com/configurator.

Versiones de carcasas

Las carcasas se pueden suministrar en los materiales plástico, acero inoxidable o aluminio. Están disponible en los grados de protección IP 67.

Versiones electrónicas

La unidad receptora está disponible en diferentes versiones electrónicas. Es posible una salida de transistor o de relé con dos contactos de conmutación sin potencial.

Homologaciones

Los equipos son adecuados para la aplicación en áreas con riesgo de explosión a causa del polvo y están homologados p. Ej. según ATEX, FM, CSA e IEC. Informaciones detalladas sobre las homologaciones disponibles se encuentran en el "configurador" bajo "VEGA Tools" en nuestra homepage.

Fuente: http://www.vegacontrols.co.uk/product_details.asp?productID=318&fixedRangeID=01.

Consulta: 30 junio de 2015.

Figura 101. **Sensor de nivel Vegapuls**

VEGAPULS 61, 62, and 63 – Measurement of Liquids

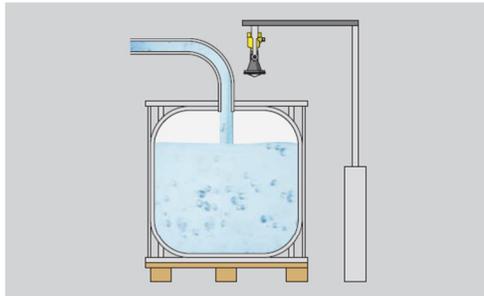
Ideal for All Liquids:

VEGAPULS 61, 62, and 63

The VEGAPULS 61 is an economical solution through its simple and versatile mounting possibilities. With its various antenna versions and wide temperature and pressure range, the VEGAPULS 62 is ideal for almost all applications—even under difficult process conditions. The encapsulated antenna system protects the VEGAPULS 63 against contamination. The antenna system also ensures an optimum cleanability with front-flush mounting—even with high hygienic requirements.

VEGAPULS 61

- Measuring range: up to 115 ft (35 m)
- Pressure range: -14.5 ... +42.5 psi (-1 ... +3 bar)
- Temperature range: -40 ... +176°F (-40 ... +80°C)
- Accuracy: ±2 mm
- Output signal: 4 ... 20 mA/HART, Profibus PA, Foundation Fieldbus, Modbus



Level Measurement of Chemicals

The VEGAPULS 61 is perfect for measuring the level of chemicals in intermediate bulk container tote tanks. The chemicals inside are very reflective to radar waves, making it an easy measurement. Because microwaves can measure through plastic, there is no need to create an opening in the tote. The tote simply needs to be placed below the radar sensor.

- Versatile mounting makes it easy to find a location above the tote that avoids the steel frame
- Measurement is non-invasive; new tote simply slides into position, replacing the empty tote



Wellpad Production Tank Level Measurement

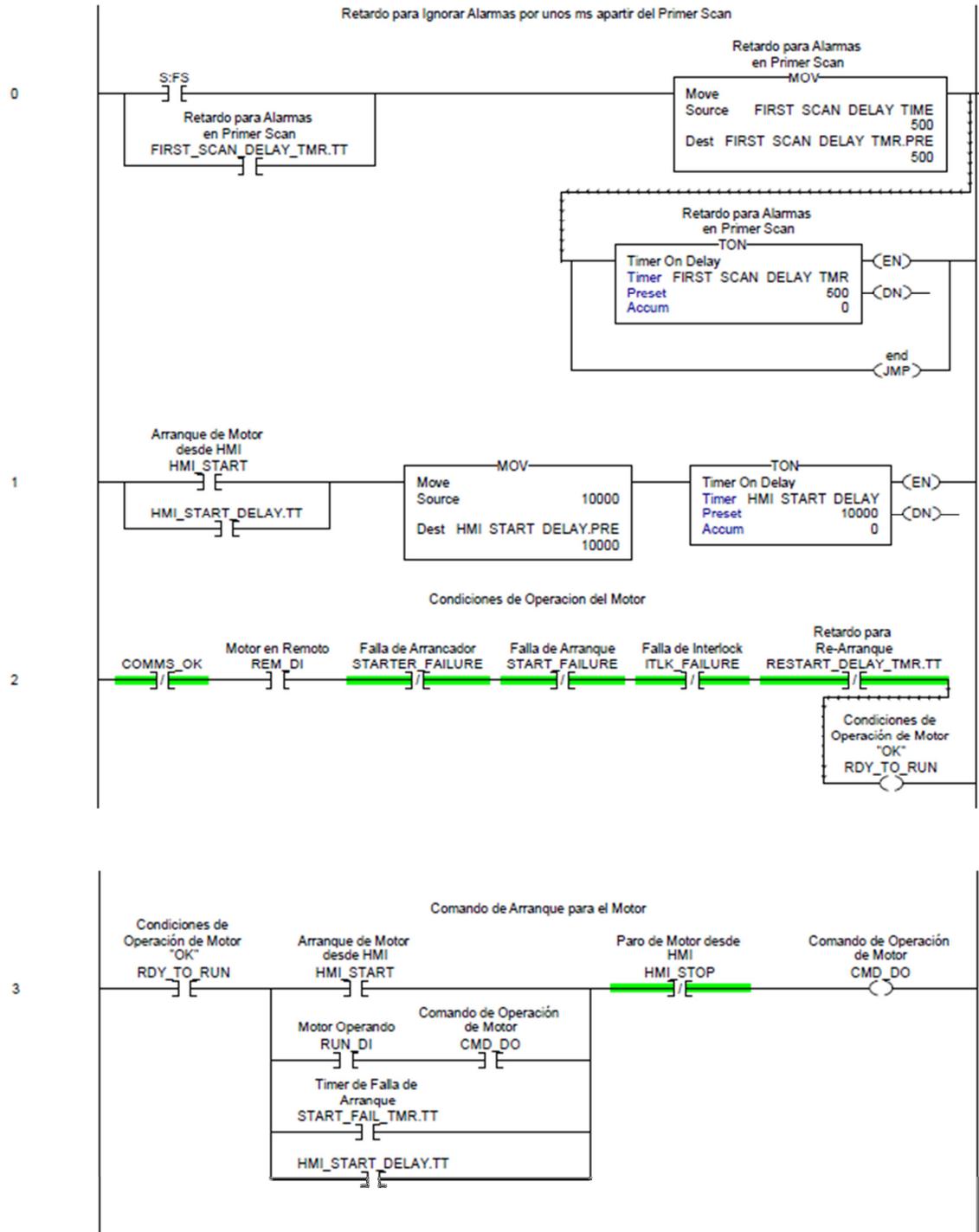
Through-air radar sensors are ideal for measuring the total level of condensate, oil, and water in storage tanks. Non-contact level measurements with the VEGAPULS 62 decreases maintenance costs in corrosive salt water applications.

- Compact design and mounting options allow for protection against overflow in all vessel types
- Accuracy of ± 2 mm is ideal for inventory management
- Radar technology is impervious to foam, buildup, and highly viscous products
- Modbus output available for easy communication with RTU's

Fuente: <https://www.vega.com/en/Products/Product-catalog/Level/Radar/VEGAPULS-6>.

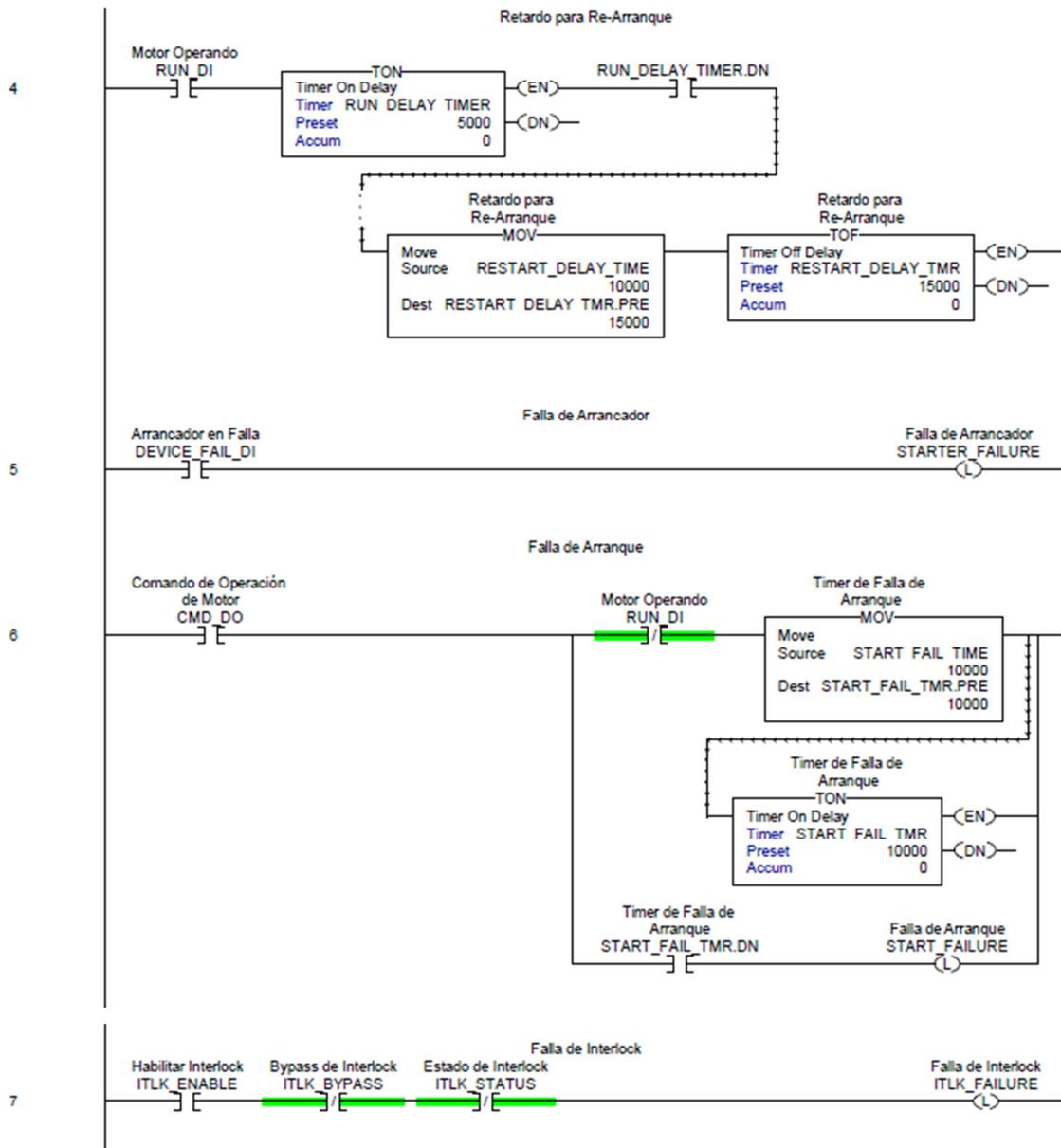
Consulta: 30 junio de 2015.

Figura 102. **Add On MOTOR_CRUSHER**



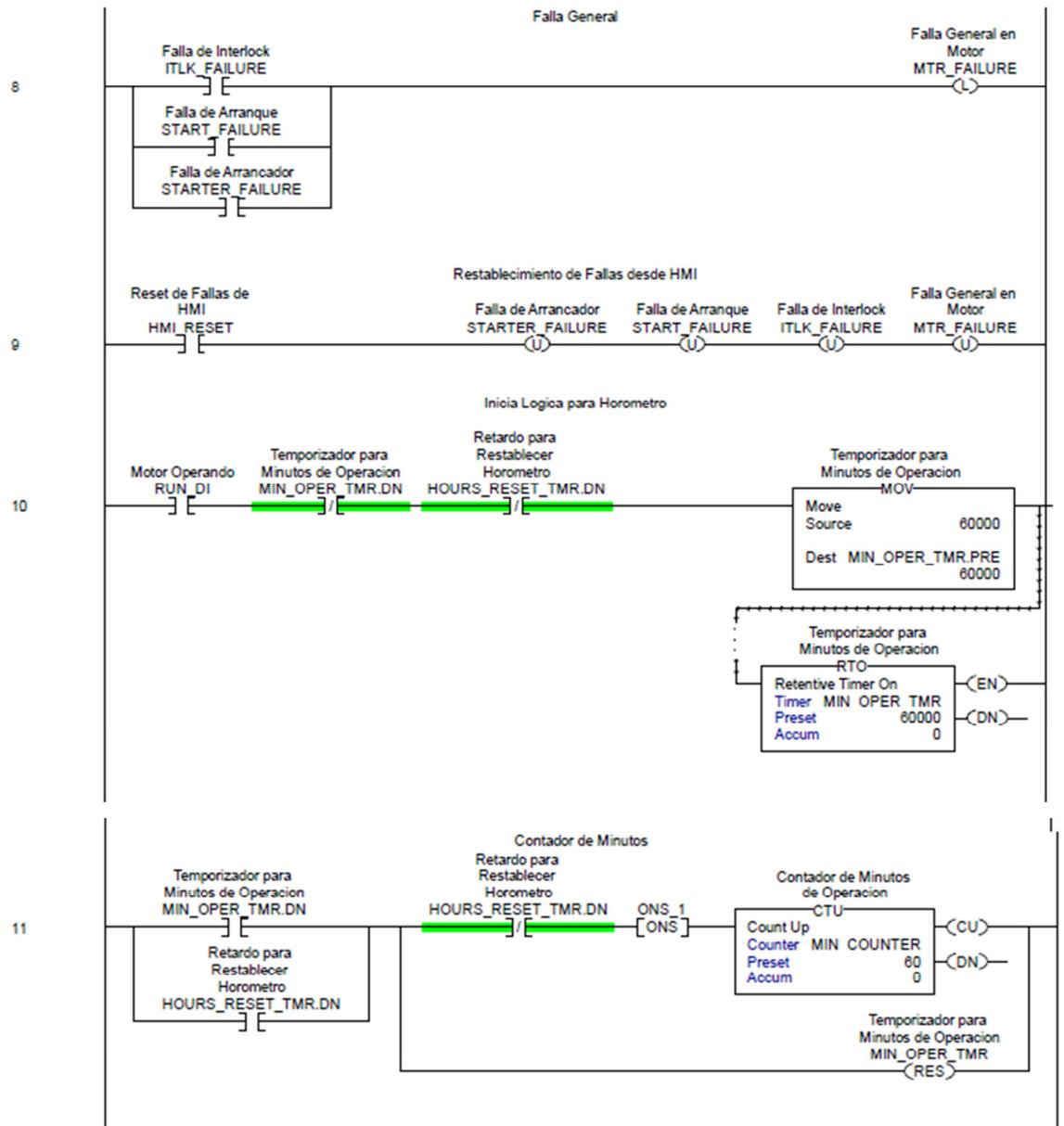
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Figura 103. Add On MOTOR_CRUSHER



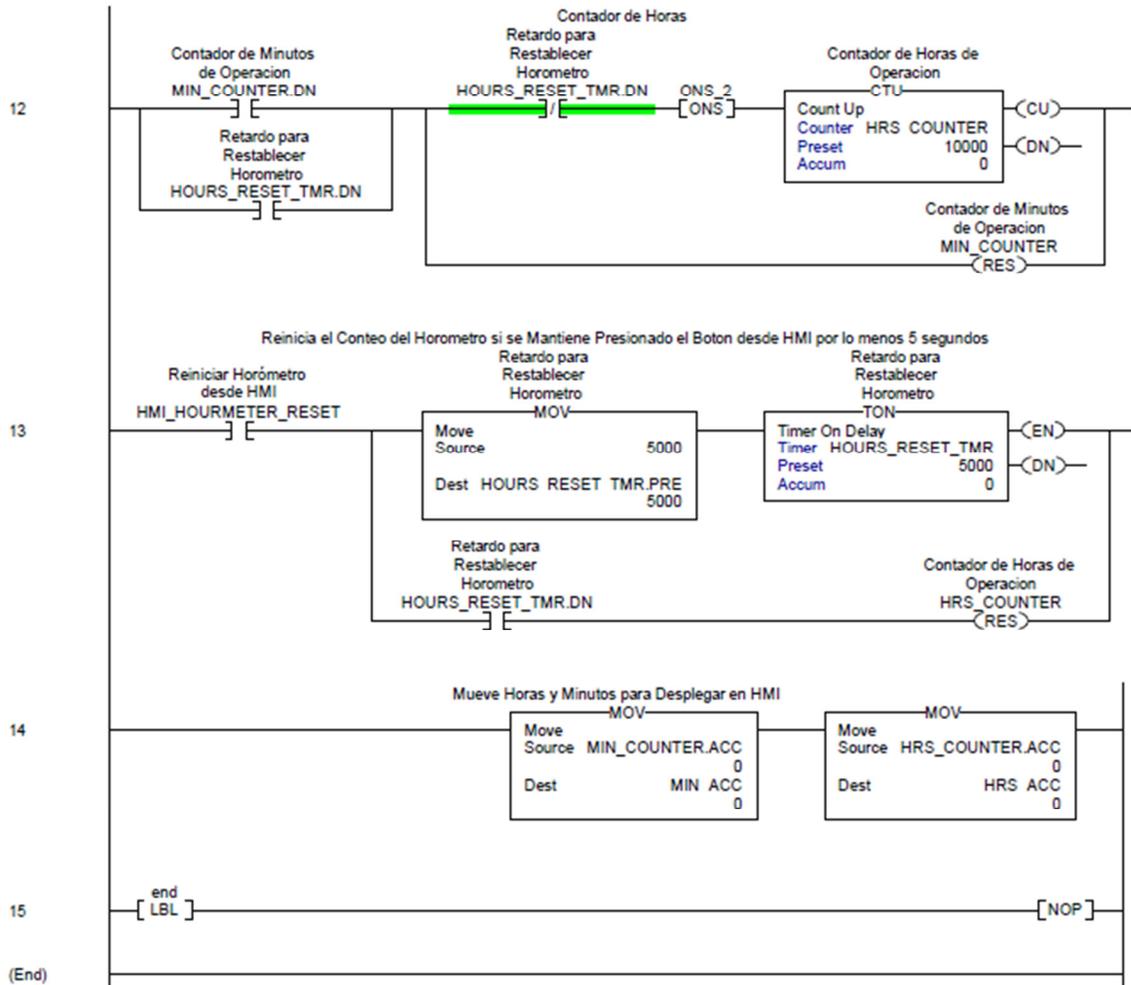
Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Figura 104. Add On MOTOR_CRUSHER



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.

Figura 105. Add On MOTOR_CRUSHER



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software RSLogix 5000 V20.1, año 2015.