

INGENIERÍA BÁSICA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA
LLENADO DE CILINDROS DE POLVO QUÍMICO Y RECARGA DE CAPSULAS
DE NITRÓGENO.

ALAIN CARO REYES
YAMITH DAVID ZABALETA MOLINA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA
2016

INGENIERÍA BÁSICA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA
LLENADO DE CILINDROS DE POLVO QUÍMICO Y RECARGA DE CAPSULAS
DE NITRÓGENO.

ALAIN CARO REYES
YAMITH DAVID ZABALETA MOLINA

Trabajo Integrador para optar por el título de Especialista en Automatización y
Control de Procesos Industriales

Director
INGENIERO JORGE ELIECER DUQUE
INGENIERO JOSÉ LUIS VILLA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA
2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Cartagena, 22 de septiembre de 2016

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	14
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	15
4.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGENTE EXTINTOR DE INCENDIO.....	16
4.2 CÁPSULA DE PRESURIZACIÓN Y CÁPSULA DE ACCIONAMIENTO..	17
4.3 PROCESO DE LLENADO DEL TANQUE CON POLVO QUÍMICO	18
4.4 PROCESO DE LLENADO DE CAPSULAS DE ACCIONAMIENTO Y PRESURIZACIÓN.....	20
5. PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN.	23
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL LLENADO DE CILINDROS.....	23
5.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL LLENADO CÁPSULAS DE ACCIONAMIENTO	25
6. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS, ACTUADORES Y CONTROLADOR.	29
6.1 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BANCO DE LLENADO DE CAPSULAS.	34

6.2 LISTA DE INSTRUMENTOS, ACTUADORES Y SELECCIÓN DE CONTROLADOR.....	36
7. ESTUDIO FINANCIERO	40
7.1 COSTOS OPERATIVOS DE LA RECARGA DE CILINDROS Y CAPSULAS DE ACCIONAMIENTO Y PRESURIZACIÓN.....	40
7.2 PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LLENADO DE CILINDROS DE POLVO QUÍMICO Y RECARGA DE CAPSULAS DE NITRÓGENO.	42
8. CONCLUSIONES.....	45
9. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES.....	47
10. BIBLIOGRAFÍA.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas Sensor de nivel.....	29
Tabla 2. Especificaciones técnica celdas de pesaje.	30
Tabla 3. . Especificaciones técnica integrador de peso	30
Tabla 4. Especificaciones técnica válvula de llenado.	31
Tabla 5. . Especificaciones técnicas Banda transportadora.....	31
Tabla 6. . Especificaciones técnica válvula para descompactación de polvo.	32
Tabla 7. Especificaciones técnica cilindro doble efecto	32
Tabla 8 Especificaciones técnicas indicador de nivel.	33
Tabla 9. . Especificaciones técnicas equipo de llenado de silo.....	33
Tabla 10. Especificaciones técnicas transmisor de presión.....	34
Tabla 11. Especificaciones técnicas transmisor de presión con indicador.....	34
Tabla 12. Especificaciones técnicas sensor de presencia.	35
Tabla 13. Especificaciones técnicas válvula neumática.....	35
Tabla 14. Especificaciones técnicas actuador.	36
Tabla 15. Especificaciones técnicas válvula de alivio.	36
Tabla 16. Lista de instrumentos.	37
Tabla 17. Lista de instrumentos.	37
Tabla 18. Clasificación de equipos según la señal manejada.....	38
Tabla 19. CPU del controlador lógico	39
Tabla 20. .Costos operativos proceso de recarga.....	40
Tabla 21. Costo total asociado a la recarga de un cilindro y una capsula	41
Tabla 22. Costos minimizados asociado a la recarga automática de un cilindro y una capsula.....	41
Tabla 23. Ahorro en costos asociados al proceso de recarga de capsulas y cilindros.....	42
Tabla 24. Costo mano de obra montaje y puesta en marcha.	44
Tabla 25. Costo total de la implementación y puesta en marcha del sistema.....	44

Gráfica 1 Capsulas vs Cilindros de nitrógeno.25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Capsula de accionamiento manual y módulo de detección.	15
Figura 2. Rack de cilindros y capsulas de presurización.	16
Figura 3. Tanque de almacenamiento de agente extintor y soporte.	17
Figura 4. Capsula de accionamiento LT-10-R.(Izquierda). Cápsula de presurización LT-A-101 (Derecha).....	18
Figura 5. Área de llenado cilindros.....	18
Figura 6. Esquema neumático para el llenado de tanques	19
Figura 7. Área de llenado de cápsulas de accionamiento y presurización.....	20
Figura 8. Esquema de llenado de cápsulas de accionamiento y de presurización	21
Figura 9. P&ID recarga de capsulas de nitrógeno	24
Figura 10. P&ID llenado de capsulas.....	27
Figura 11. Diagrama neumático llenado de capsulas	28

RESUMEN

El planteamiento de la ingeniería básica del diseño del sistema automático para el llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno, tiene como punto de partida un análisis del proceso existente; en donde se describen las acciones llevadas a cabo y se identifican sus variables, para luego realizar un plano o esquema de los dos procesos de recarga identificados (recarga de capsulas y recarga de cilindros) que en estos casos por su naturaleza son planos neumáticos. Adicionalmente se detectan oportunidades de mejoras al proceso, que a su vez son un punto de partida para la propuesta de automatización.

En una segunda etapa teniendo en cuenta las dos fases del proceso identificadas (recarga de cilindro y recarga de capsulas) se establece una propuesta de automatización que garantiza una disminución en los tiempo de ejecución de las recargas y optimización del uso de insumos como lo es el nitrógeno. Se describe también el funcionamiento del sistema automático y las variables a controlar para así construir los planos P&ID y neumáticos de cada proceso.

Una vez se tiene claro la propuesta de automatización se procede a realizar una selección de instrumentos y válvulas, acorde a las características del sistema automático. Se plantea también el uso de instrumentos de seguridad con el fin de proteger al operario y la continuidad del proceso.

Para cada instrumento, válvula y equipo se realiza una tabla donde se identificas las características técnicas que estos deben poseer.

Toda la información adquirida en la selección de equipos se plasma en una lista, la cual es fundamental para la identificación del controlador y los módulos de entrada/salida a utilizar.

Como etapa final de la ingeniería básica, se realiza un estudio financiero donde se estima un ahorro en los costos asociados al proceso de recarga, si se llegase a

implementar el automatismo. Luego se estipula un presupuesto para la ejecución y puesta de la marcha del sistema, teniendo en cuenta la compra de equipos, materiales y mano de obra requerida. Con la información obtenida se realiza una comparación para determinar en qué tiempo se tendrá el retorno de la inversión y la viabilidad del proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa Tecno-Fuego S.A.S. posee un taller en el cual se realiza mantenimiento a los cilindros, capsulas de accionamiento y capsulas de presurización, pertenecientes a los sistemas supresores de incendio utilizados en los vehículos de carga pesada del sector minero. Los elementos en mención al momento de ser recibos de parte del cliente, son inicialmente inspeccionados; durante esta etapa se determina si requieren solo mantenimiento a sus piezas o en su defecto mantenimiento y recarga.

Para la etapa de llenado se cuenta dos sistemas completamente manuales uno para la recarga de los cilindros y el otro para la recarga de las cápsulas de accionamiento y presurización, es aquí donde el proceso presenta una dilatación en el tiempo de ejecución y pérdida de producto como nitrógeno.

En este documento se describe la ingeniería básica del diseño de un sistema que automatice los procesos de llenados previamente nombrados. Se inicia realizando una descripción detallada del proceso manual de llenado o recarga de los cilindros y capsulas, para así identificar las variables y secuencia del proceso, posterior a esto se plantea una propuesta de automatización que es utilizada como base para determinar los instrumentos y controlador apropiado dentro de los parámetros establecidos por la norma ISA, por último se plasma toda la información en un plano arquitectónico del sistema y se realiza un estudio de viabilidad del proyecto de implementación y puesta en marcha del sistema.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Plantear la ingeniería básica del diseño de un sistema automático para el llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso actual para el llenado de cilindros de polvo químico y la recarga de capsulas de nitrógeno que posee la empresa Tecno-Fuego S.A.S.
- Definir la estrategia de automatización del proceso de llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno.
- Desarrollar los planos de la ingeniería básica del sistema automático para llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno.
- Elaborar la lista de controladoras, transmisores, sensores, actuadores, protecciones eléctricas e interfaces humano – máquina que componen el sistema automático de llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Tecno-Fuego S.A.S. posee un taller para mantenimiento de cilindros LT-A-101 del fabricante ANSUL, los cuales según la inspección realizada al momento de ser recibos de parte del cliente se determina si requiere solo mantenimiento a sus piezas o en su defecto mantenimiento y recarga.

Para la etapa de recarga se cuenta con dos sistemas completamente manuales uno para el llenado del cilindro y el otro para la recarga de las cápsulas de presurización y accionamiento, es en estas fases donde el proceso de mantenimiento presenta una dilatación en el tiempo de ejecución y pérdida de productos tales como polvo químico y nitrógeno.

Lo anterior se debe a que durante la recarga no existe un control preciso que determine el inicio y fin del llenado de los cilindros y cápsulas, por medio del cual se pueda optimizar los tiempos de recarga y las cantidades de materia prima utilizadas. Adicional a esto no existen medidas que eviten la emisión de polvo químico seco al ambiente y por ende la contaminación del área de trabajo, lo cual en un futuro puede llegar a afectar la salud de los operarios al exponerlos a respirar constantemente material particulado.

3.2 JUSTIFICACIÓN.

En el proyecto se propone un sistema que al ser implementado podrá ayudar a mejorar los tiempo de recarga de los cilindros y capsulas, al ser automatizado dicho proceso se mejorará la repetitividad de este, logrando inclusive que el llenado de cilindros y capsulas sea más homogéneo. Se busca reducir las emisiones de material particulado al ambiente y se aprovechará de mejor forma el suministro de Nitrógeno, con lo cual se reducirá la compra de este insumo.

La automatización del proceso implicará la supervisión y control de las variables (presión, nivel, peso) lo que permitirá informar situaciones anómalas (altas presiones) con el fin de implementar medidas de seguridad que reduzca el riesgo de accidentes inherentes a la ejecución del proceso.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Los sistemas automáticos para extinción de incendio, son usados en muchas industrias y aplicaciones, como la minería, transportes especiales y maquinaria pesada, que poseen alto volumen de combustible y fluido. Estos sistemas están conformados por cuatro elementos principales los cuales son: cilindros de polvo químico, capsula de presurización, actuador y módulo de detección automática de fuego, estos dos últimos se pueden observar en la Figura 1 .

El sistema es capaz de hacer detección y actuación automática o manual. Cuando el fuego es detectado y se acciona el actuador ya sea automática o manualmente, el gas contenido en la capsula de accionamiento rompe un disco de sellante en el cartucho expelente de gas, logrando que el gas entre al cilindro contenedor del polvo químico presurizando y fluidizando al agente extintor de fuego, la presión contenida en el tanque obliga al agente químico a salir por las boquillas de distribución descargando el producto en el área a proteger.



Figura 1. Capsula de accionamiento manual y módulo de detección.

En Figura 2 se observa de color gris los capsulas expelentes de gas y en color rojo los cilindros contenedores del agente químico.



Figura 2. Rack de cilindros y capsulas de presurización.

El proceso de recarga del cilindro en mención básicamente contempla dos tareas; el llenado del tanque y de la cápsula de presurización, con el fin de definir en detalle dichas tareas se describe cada uno de estos elementos.

4.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGENTE EXTINTOR DE INCENDIO.

El cuerpo del tanque es un recipiente de acero de 56,8 cm de alto y diámetro de 24,1 cm, el cual posee una capacidad para 25 libras de agente de polvo químico seco. En su parte superior posee una apertura por medio de la cual se ingresa el agente extintor. En su parte latera posee dos orificios, el superior por el cual

ingresa el gas a presión proveniente de la capsula de suministro de nitrógeno y el inferior por medio del cual se expelle el polvo químico. En la Figura 3 se muestra el tanque de almacenamiento de agente extintor.



Figura 3. Tanque de almacenamiento de agente extintor y soporte.

4.2 CÁPSULA DE PRESURIZACIÓN Y CÁPSULA DE ACCIONAMIENTO

Los cilindros industriales de polvo químico modelo LT-A-101-30 están equipados con una cápsula de nitrógeno para su accionamiento y una segunda cápsula para su presurización, estas son fabricadas en acero y están diseñadas para contener gas a 1800 PSI. Esta capsulas se muestran en Figura 4..



Figura 4. Capsula de accionamiento LT-10-R.(Izquierda). Cápsula de presurización LT-A-101 (Derecha)

4.3 PROCESO DE LLENADO DEL TANQUE CON POLVO QUÍMICO

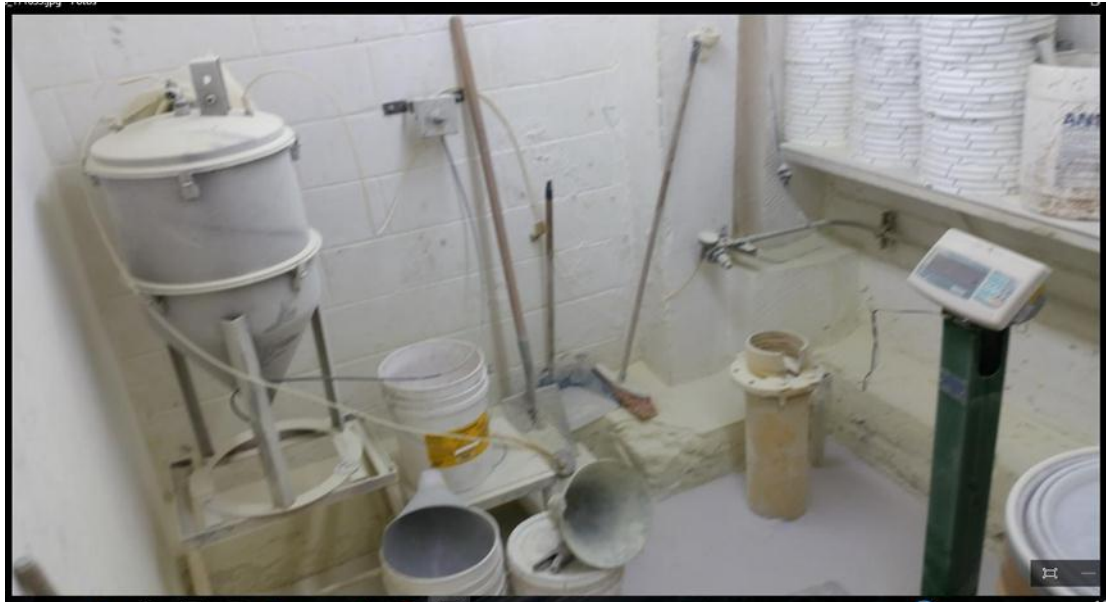


Figura 5. Área de llenado cilindros.

Una vez es recibido el cilindro vacío y limpio por parte del área inspección y mantenimiento, este se traslada la área de recarga, en donde el operario lo ubica

en una báscula digital que hace parte de la equipo de llenado, con la cual se lee el peso del cilindro a medida que está siendo llenado.

Ya ubicado el cilindro en la balanza, se procede a situar la boquilla de suministro en la abertura del cilindro ubicada en la parte superior. Posteriormente se abre la válvula de paso (válvula de cuatro vías y tres posiciones), la cual suministrar aire a presión y basándose en el efecto Venturi se genera un vacío dentro del tanque, con el cual el polvo químico es atraído hacia él desde la tolva, iniciando el proceso de llenado, el cual es interrumpido al cambiar de posición la válvula, una vez el operador lee en el display de la báscula el peso objetivo. En la Figura 5 se muestra el silo y display de la balanza usados en el proceso.

A continuación se presenta el esquema neumático para el llenado de tanques Figura 6.

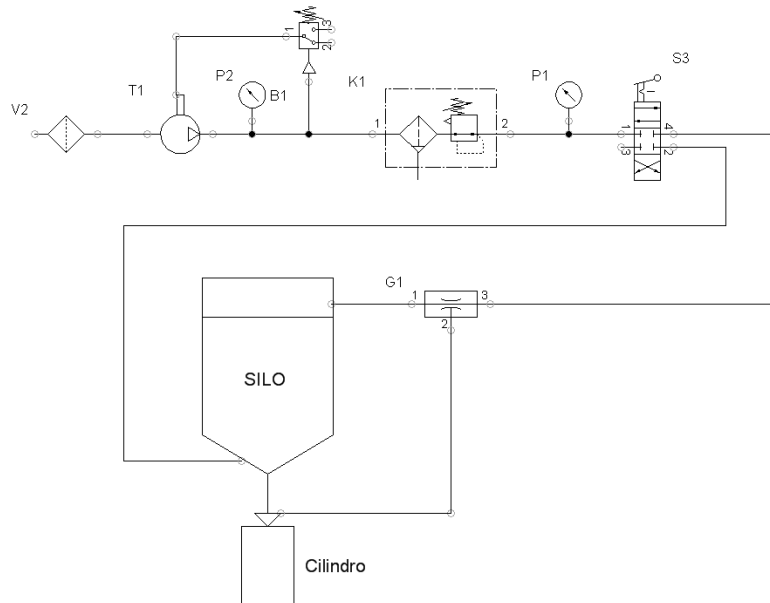


Figura 6. Esquema neumático para el llenado de tanques

El proceso de llenado de la tolva se hace de forma directa y completamente manual en el cual se vacía el agente desde el recipiente en el cual es

comercializado el polvo químico hasta la tolva, esto hace que se disperse material al ambiente, causando una alta contaminación en el área. La tolva con la que se cuenta actualmente tiene una capacidad para almacenar solo 100 libras de agente extinguidor, además no posee un lector o indicador de nivel por lo que se hace necesario que el operador este constantemente abriendo la tolva para conocer el nivel de la misma.

4.4 PROCESO DE LLENADO DE CAPSULAS DE ACCIONAMIENTO Y PRESURIZACIÓN.



Figura 7. Área de llenado de cápsulas de accionamiento y presurización.

Durante la ejecución del proceso de llenado de la cápsula de accionamiento y de presurización se utilizan dos cilindros que contiene Nitrógeno, los cuales al momento de ser instalados poseen una presión de 2900 PSI. Cada cilindro poseen

un regulador de presión con manómetro para limitar el suministro a 1800 PSI, en este se indica tanto la presión del cilindro como la presión regulada.

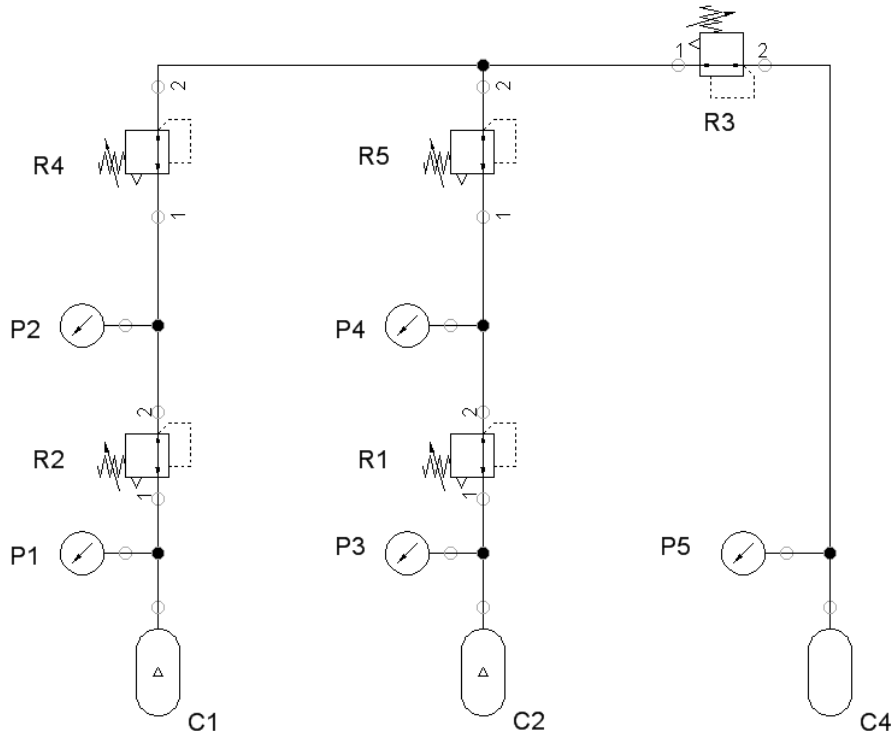


Figura 8. Esquema de llenado de cápsulas de accionamiento y de presurización

Salvo en el caso que se reemplacen los dos cilindros de suministros simultáneamente, siempre habrá un cilindro con baja presión (menor a 1800 PSI) y otro con alta presión (mayor a 1800 PSI).

En primera instancia se ubicada la cápsula en una banco donde es asegurada manualmente y son acopladas con la red de suministro de nitrógeno, posterior a esto se utiliza el cilindro de baja presión para recargar las cápsulas, una vez la presión del cartucho se iguala a la presión del cilindro de baja, se utiliza el cilindro

de alta presión para complementar el llenado, el cual se culmina cuando la cápsula alcanza los 1800 PSI.

Cuando la presión en los dos cilindros se encuentra por debajo de 1800 PSI, se debe reemplazarse el cilindro de más baja presión e instalarse un nuevo cilindro con presión mayor a 1800 psi para usarse como cilindro de alta presión. Es tarea del operador identificar la presión en los cilindros y de acuerdo a las lecturas en los manómetros de cada uno de ellos accionar la válvula correspondiente que permite el paso de nitrógeno a las capsula.

Al utilizar dos cilindros en este proceso se logran llenar aproximadamente 25 capsulas, lo que arroja un promedio de 12,5 capsulas por cilindro. Sin embargo puede darse mayor aprovechamiento del nitrógeno al minimizar la cantidad dejada en el cilindro que se reemplaza.

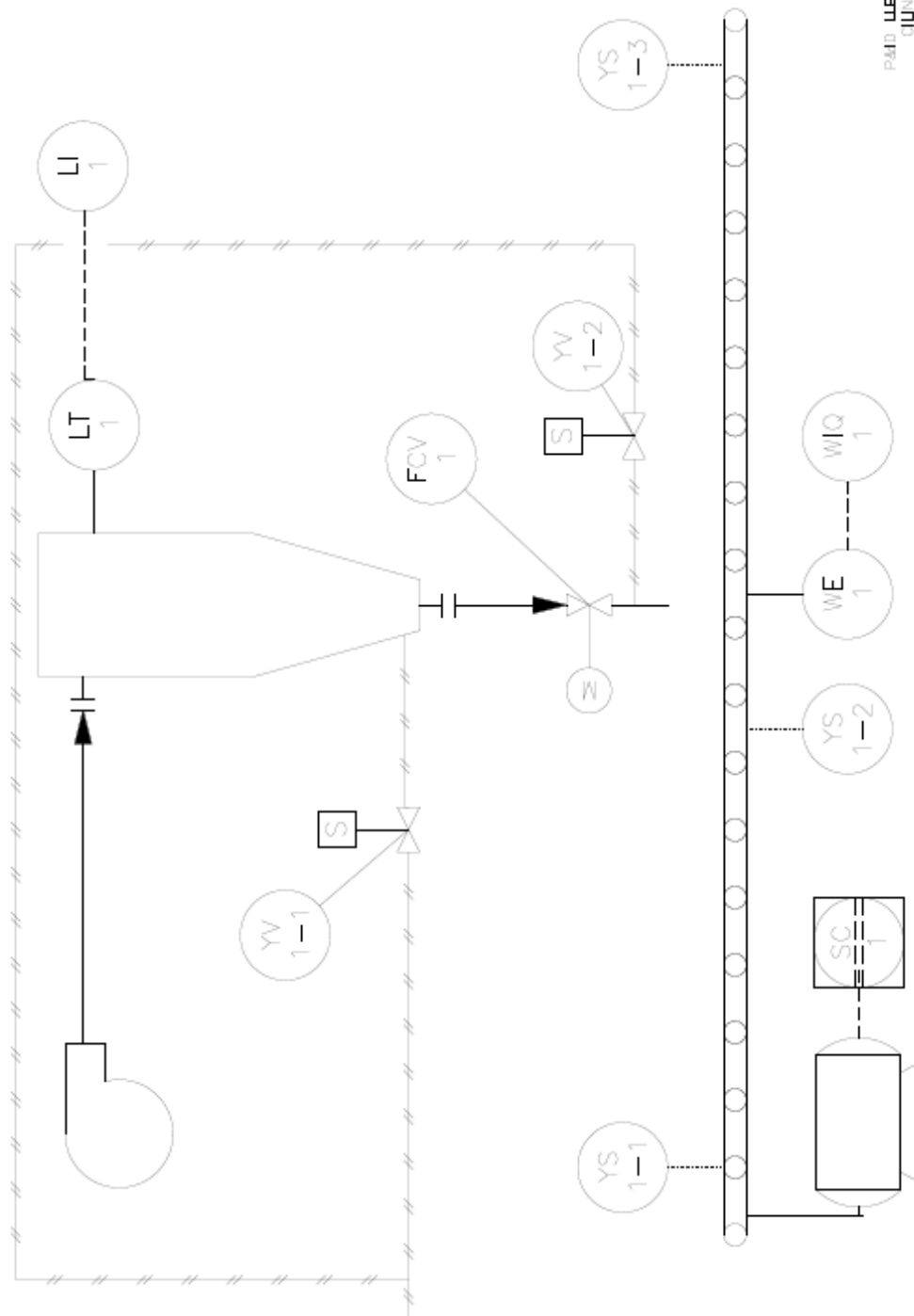
5. PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL LLENADO DE CILINDROS

Para la recarga de los cilindros con agente extintor se propone un silo con capacidad para 500 libras, en su interior cuenta con un sensor de nivel el cual indica el momento en que existe poco material en el silo y se hace necesaria su llenado. El llenado del silo se hará por medio de vacío, el agente químico será succionado directamente del recipiente hasta el silo.

Para el llenado de los tanques con el agente extintor se contará con una banda transportador en donde irán ubicado los cilindros vacíos, esta banda contará con un sensor de peso en el sitio de llenado de los cilindros.

Por medio de un sensor de presencia se detectará cuando un cilindro este en el lugar de llenado, esto hará que se detenga la marcha de la banda, además hará que por medio de un actuador neumático descienda la boquilla de llenado, una vez la boquilla se encuentre en el cilindro se iniciará el proceso de llenado abriendo la válvula en la parte inferior de silo y permitiendo que el material baje por acción de la gravedad. El sistema censará constantemente el peso del cilindro e irá controlando la apertura de la válvula hasta que se alcance el peso deseado. Por último se retrae la boquilla de llenado, se pone en marcha la banda transportadora hasta iniciar el proceso nuevamente



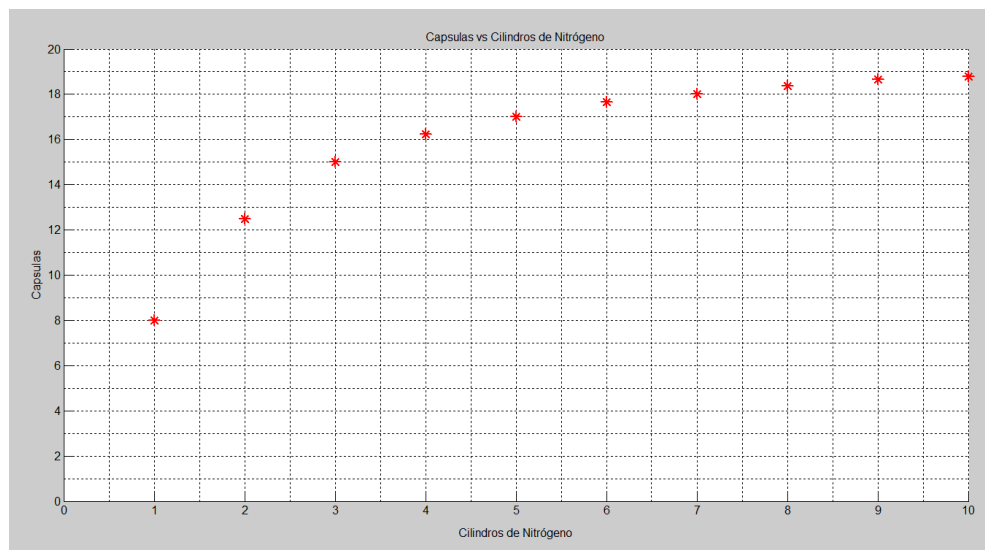
PLANTU LLEJADO DE
CILINDROS

Figura 9. P&ID recarga de capsulas de nitrógeno

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL LLENADO CÁPSULAS DE ACCIONAMIENTO

El nuevo banco de llenado busca optimizar la utilización del suministro de nitrógeno y para ello se propone que en vez de contar solo con dos cilindros de nitrógeno se cuente con 5. En el banco actual, al momento de reemplazar el cilindro de baja presión, este contiene una presión que se encuentra alrededor de los 500 PSI, o lo que es lo mismo el cilindro posee aproximadamente un 16% de su capacidad original.

El sistema propuesto utilizará los cilindros de suministro hasta el momento en el cual la presión de estos baje hasta los 100 PSI, quedando los cilindros con menos del 5% de su capacidad original, y lográndose un promedio de llenado de 17 cápsulas por cilindro, mientras que en el banco original solo se logra un promedio de 12,5 cápsulas por cilindro.



Gráfica 1 Cápsulas vs Cilindros de nitrógeno.

Esta solución utilizará una filosofía de llenado similar a la del banco actual, es decir, para llenar cada cápsula se comenzaría por utilizar los suministro de más baja presión en forma ascendente hasta que la cápsula quede con una presión de 1800 PSI.

Con el equipo actual solo se puede instalar y llenar una cápsula por vez. Con el nuevo sistema se permite el llenado de 5 o menos cápsulas por tanda, para ello se contará con sensores de presencia que identificara si se encuentra una bala instalada para su llenado. Como el llenado de las balas se realiza de forma secuencial se contará con un único indicador de presión para las cápsulas a llenar.

En el lado del suministro de nitrógeno cada cilindro contará con un sensor de presión, lo que permitirá determinar cuál de los cilindro se utilizará en cada etapa de llenado, a la salida de cada cilindro la presión será regulada a la presión máxima de llenado (1800 PSI). Para habilitar y deshabilitar cada cápsula de llenado y cada suministro de presión se utilizarán válvula pilotadas eléctricamente.

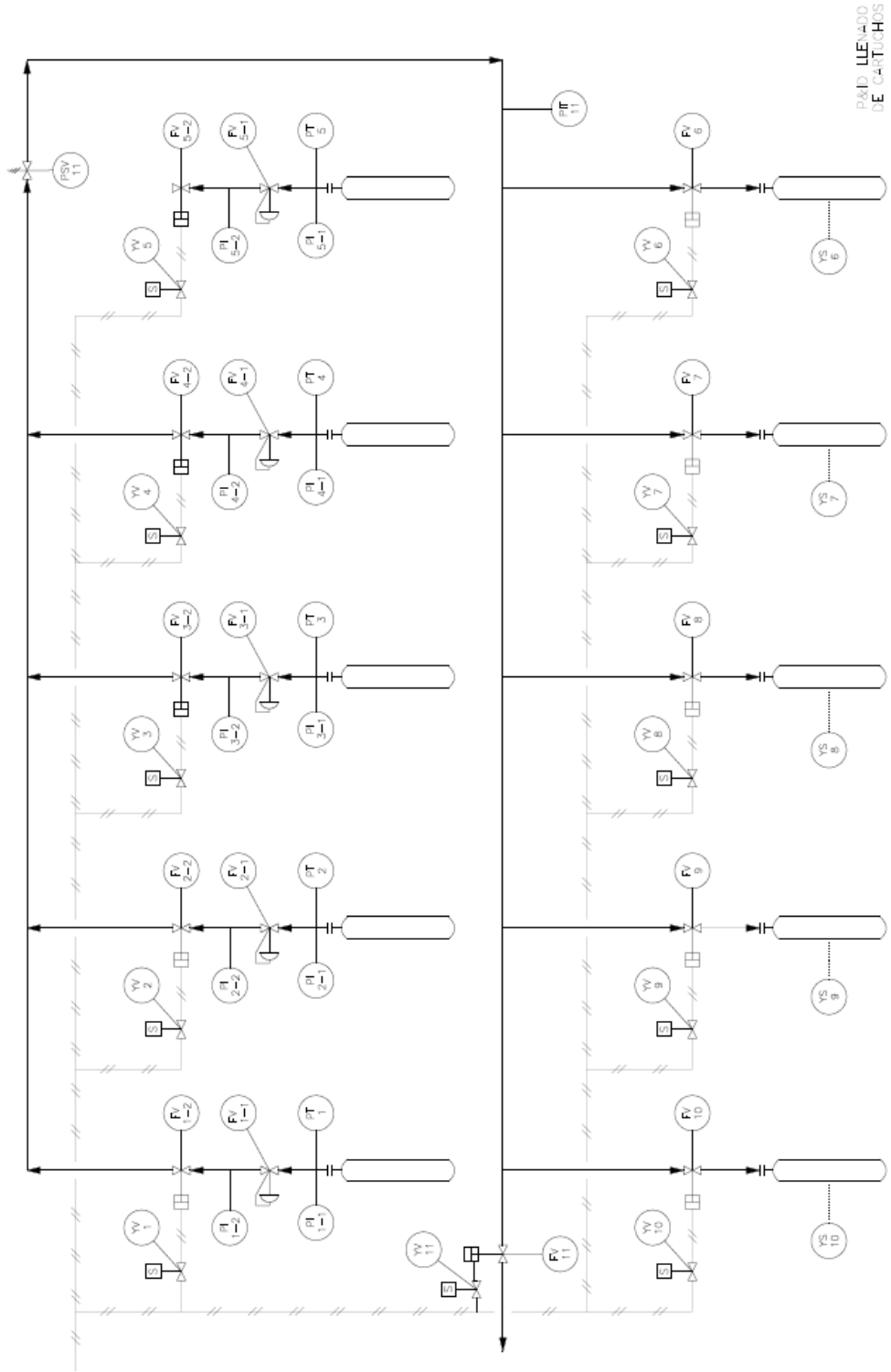


Figura 10. P&ID llenado de capsulas

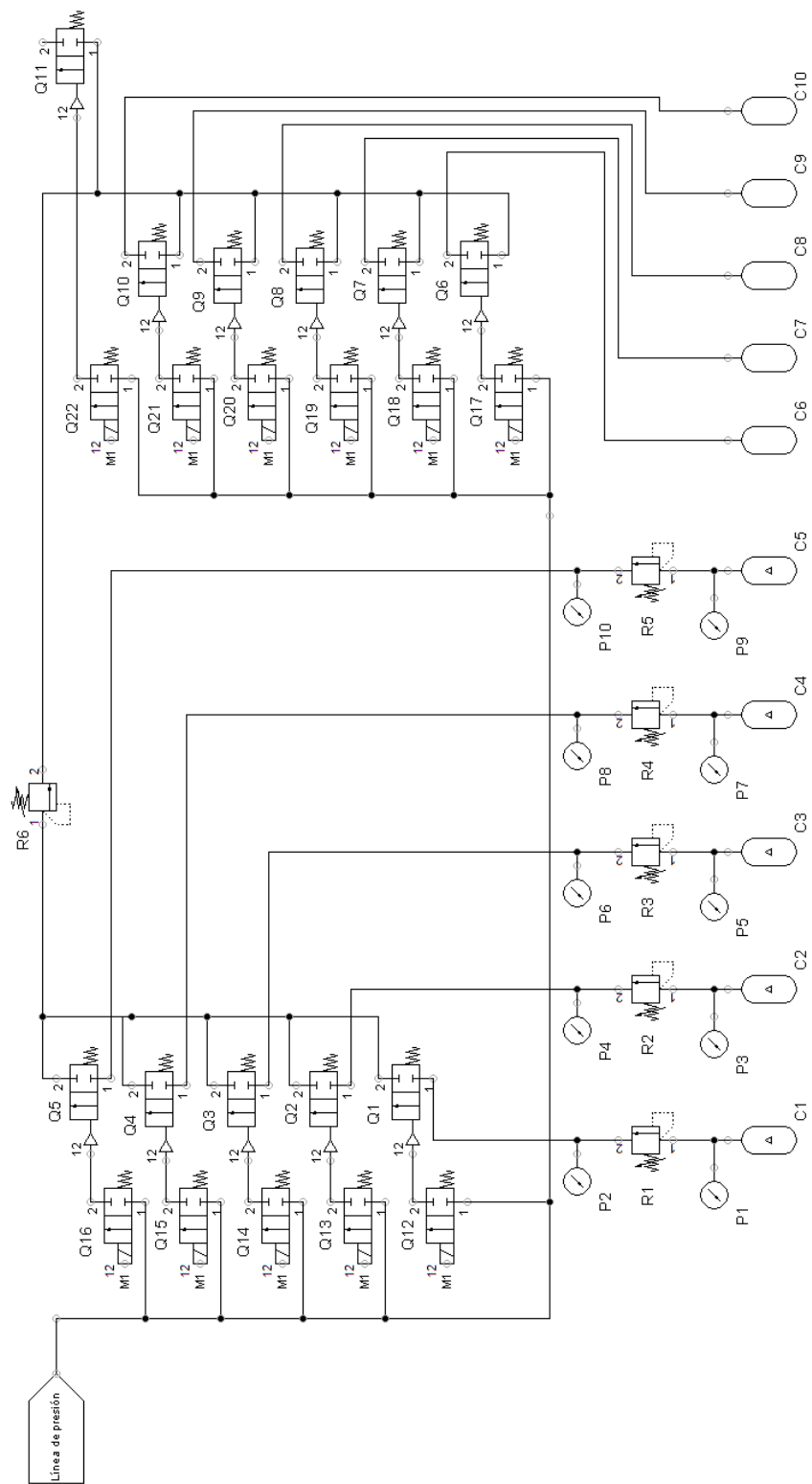


Figura 11. Diagrama neumático llenado de capsulas

6. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS, ACTUADORES Y CONTROLADOR.

En este capítulo se presentarán los criterios de selección de que se tiene en cuenta para escoger cada uno de los instrumentos y actuadores, por último, teniendo en cuenta los tipos de señales que manejan cada uno de estos elementos, se escogerán los módulos de entrada/salida necesarios para asociar dichas señales con el controlador.

6.1. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y ACTUADORES DE BANCO DE LLENADO DE CILINDROS.

Para el llenado de los cilindros con polvo químico es necesario contar con una banda transportadora que cuente con un módulo de censado de peso, detector de posición, sensor de nivel para el silo, bomba de vacío para el llenado del silo, servo-válvula y actuadores neumáticos para bajar y subir la boquilla de llenado.

A continuación se presentan cada uno de los elementos seleccionados.

- Sensor de nivel

La tecnología más apropiada para medir nivel en ambientes donde existe polvo o sólidos en suspensión corresponde a los medidores de radar.


	Fabricante:	Siemens
	Modelo:	Sitrans LR260
	Referencia:	7ML5427-0AB10-0AA1
	Tipo de sensor:	Medidor de nivel tipo radar
	Frecuencia :	25 Ghz
	Distancia Máxima de detección:	10 m
	Salida:	4-20 mA + Hart
	Error Máximo:	0,05 % de Span
	Conexión a Proceso:	Bridas de 2"

Tabla 1. Especificaciones técnicas Sensor de nivel.

- Celdas de pesaje

Para el censado del peso de los cilindros se necesita una báscula de cinta, la cual es un dispositivo que se integra a la banda transportadora, el material transportado en la cinta ejerce una fuerza sobre las células de carga de la báscula que es proporcional a la carga.


	Fabricante:	Siemens
	Modelo:	Miltronics WD 600
	Referencia:	7MH7185-2EA0
	Ancho de cinta:	18"
	Capacidad célula de carga:	15 Kg (33.1 lb)
	Precisión:	±0,5% del peso totalizado
	Alimentación:	10 – 15 VDC
	Salida:	2 mV/V

Tabla 2. Especificaciones técnica celdas de pesaje.

- Integrador

La bascula de cinta, de acuerdo a la deformación de las células de carga entrega una señal de tensión que se encuentra en el rango de los milivoltios; para convertir esa señal de voltaje en una indicación de peso se requiere contar con un integrador. El cual es un dispositivo versátil que posee funciones básicas y avanzadas de medida y control de caudal, además posee un display de LCD para indicación inmediata. Sus características básicas se muestran a continuación


	Fabricante:	Siemens
	Modelo:	Miltronics BW500L
	Referencia:	7MH7152-1BB06-2AA
	Alimentación:	110 VAC 50/60 Hz
	Precisión:	±0,1% full escala
	Alimentación:	10 – 15 VDC
	Entradas:	0-45 mV por célula de carga
	Salida:	4-20 mA
Puerto de comunicación:	RS-232 RS-485	

Tabla 3. . Especificaciones técnica integrador de peso

- Válvula de llenado

Para poder lograr el que el llenado sea homogéneo en todo los cilindros se precisa que el silo posea una válvula de llenado que permita controlar el porcentaje de apertura de la mismas. Para ello se seleccionó un servo válvula, cuyas características se muestran a continuación:


	Fabricante:	Valworx
	Modelo:	Electric actuated Butterfly
	Diámetro:	2"
	Referencia:	567102
	Actuador :	Eléctrico
	Alimentación :	120 VAC 50/60 Hz
	Corriente:	0,42 A
	Señal de entrada:	4-20 mA
	Señal de salida:	4-20 mA

Tabla 4. Especificaciones técnica válvula de llenado.

- Banda transportadora

Se seleccionas una banda transportadora que es la encargada de traer los cilindros del área de inspección, permite que estos sean ubicados en el área de llenad y posteriormente realiza el traslado de estos al área de ensamble. Las características de la banda transportadora es la siguiente.

	Fabricante:	Lewco inc.
	Modelo:	Medium Duty Slider Bed
	Ancho de banda:	18"
	Largo:	15 m
	Altura:	0,80 – 1,50 m
	Velocidad :	0,05 –1,56 m/s
	Capacidad :	1200 lbs
	Motor:	2 Hp + inversor + Moto reductor
	Comunicación:	0-10 Vdc, 4-20 mA
Alimentación:	220 VAC	

Tabla 5. . Especificaciones técnicas Banda transportadora.

- Válvula para descompactación de polvo

Cuando el polvo químico ha estado en reposo durante varias horas tiende a compactarse y esto dificulta que el material caiga libremente, para romper el estado de compactación justo antes de abrir la válvula de llenado se inyectara aire a presión en el material que se encuentra en el ducto de salida; esto se logra mediante una válvula neumática actuada eléctricamente.


	Fabricante:	AZ Pneumatic
	Modelo:	322 ME
	Rosca:	G1/4"
	Presión máxima:	10 Bar
	Tipo de Válvula:	3 vías, 2 posiciones Normalmente cerrada, retorno por resorte
	Actuador:	Solenoide 110 VAC 50/60 Hz

Tabla 6. . Especificaciones técnica válvula para descompactación de polvo.

- Cilindro de efecto simple.

Para hace que la boquilla de llenado descienda hasta el cilindro a llenar y una vez concluya el proceso ascienda nuevamente, se debe contar con un cilindro neumático de efecto simple, el cual para ser actuado necesita suministro de aire a presión.


	Fabricante:	smc
	serie:	CPJ
	Referencia:	CBJ15-25H4
	Recorrido:	25 mm
	Diámetro:	15 mm
	Operación: Acción simple retorno	por resorte
	Presión de operación :	0,2 – 0.7 Mpa
	Velocidad:	50-500 mm/s
Rosca:	G1/4"	

Tabla 7. Especificaciones técnica cilindro doble efecto

- Indicador de nivel

Para visualizar el nivel del silo se hace necesario contar con un display, el elemento seleccionado cuenta con las siguientes características:


	Fabricante:	Siemens
	Modelo:	Sitrans RD200
	Alimentación:	12 -36 VDC
	Entrada:	4-20 mA; 0-10 VDC, 1-5 VDC
	Salida:	4-20 mA, Salida a relé

Tabla 8 Especificaciones técnicas indicador de nivel.

- Equipo de llenado del silo.

Para el llenado del silo se selecciona un transportador de vacío, el cual es un dispositivo que funciona de la siguiente forma: El vacío es generado por una bomba de vacío accionada por aire comprimido lo que permite que el material sea aspirado a través de las tuberías hacia el interior del transportador, un filtro en el interior de este evita que el polvo y las partículas finas alcancen la bomba, y a través de ella, el ambiente. El transportador seleccionado tiene las siguientes características:


	Fabricante:	Piab
	Modelo:	PiFlow
	Peso:	57 kg
	Altura:	76,8 cm
	Motor:	220 VAC 60 Hz 1,5 Hp
	Presión máxima de alimentación:	101 PSI
	Área del filtro:	0,09 m ²
	Tamaño mínimo de partícula:	5 µm
	Volumen interno:	6 litros
	Capacidad de transporte:	0,2 -1,8 toneladas/hora

Tabla 9. . Especificaciones técnicas equipo de llenado de silo

6.1 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BANCO DE LLENADO DE CAPSULAS.

A continuación se detallan las características técnicas de los instrumentos necesarios para la automatización del proceso de llenado de las capsulas de accionamiento y presurización.

- Transmisor de presión

Para medir la presión en los cilindros de suministro se seleccionó el siguiente transmisor de presión


	Fabricante:	Siemens
	modelo:	P220
	Referencia:	7MF1567-3DD00-1CA1
	Rango de medición:	0 - 250 bar (0 – 3625 PSI)
	Señal de salida:	4-20 mA
	Clase de exactitud:	0,25% de full escala
	Conexión a proceso:	G1/4" Macho

Tabla 10. Especificaciones técnicas transmisor de presión.

Para los cilindros de suministro no es necesario contar con indicador para visualizar la medida. Para los cartuchos que están siendo llenados y como forma de verificación se decidió que se debía contar con un indicador.

- Transmisor de presión con indicador.


	Fabricante:	Siemens
	modelo:	P31
	Referencia:	7MF2033-1FA10-1AB6
	Rango de medición:	1,6-160 bar (23,2– 2320 PSI)
	Señal de salida:	4-20 mA + HART
	Clase de exactitud:	0,075% de full escala
	Conexión a proceso:	NPT 1/2" hembra
	Display:	si

Tabla 11. Especificaciones técnicas transmisor de presión con indicador

- Sensor de presencia

Para detectar si existen capsulas en la posición de llenado se selecciona el siguiente sensor:


	Fabricante:	Omron
	Referencia:	E3FB-DP22
	Tipo de sensor:	fotoeléctrico Difuso reflectante
	Distancia máxima de detección :	300 mm
	Señal de salida:	colector abierto NPN
	Alimentación:	10-30 VDC
	Conexión Eléctrica:	M12

Tabla 12. Especificaciones técnicas sensor de presencia.

- Válvula neumática y actuador

En el banco de necesitan 11 válvulas neumáticas para habilitar y deshabilitar los cilindros de suministro y las capsula de llenado, las cuales son sometidas a la presión de operación del banco, es decir 1800 PSI. Este tipo de válvulas son pilotadas neumáticamente esto quiere decir que requieren del paso de determinada presión para ser actuadas. Lo cual implica tener un circuito neumático, con válvulas actuadas por solenoide. La válvula y actuador seleccionados son las siguientes:


	Fabricante:	HIPCO
	Modelo:	10-11-AF2
	Rosca:	1/8" NPT
	Presión máxima:	6000 PSI
	Tipo de Válvula:	válvula de aguja, 2 vías Normalmente cerrada
	Actuador:	Neumático
	Modelo:	mini Hippo
	Presión máxima actuador:	90 PSI
	Rosca:	1/8" NPT

Tabla 13. Especificaciones técnicas válvula neumática.


	Fabricante:	AZ Pneumatic
	Modelo:	322 ME
	Rosca:	G1/4"
	Presión máxima:	10 Bar
	Tipo de Válvula:	3 vías, 2 posiciones Normalmente cerrada, retorno por resorte
	Actuador:	Solenoides 110 VAC 50/60 Hz

Tabla 14. Especificaciones técnicas actuador.

- Válvula de alivio

Para evitar sobrepresiones en la línea de suministro de nitrógeno hacia las capsula, se selecciona una válvula de alivio que mantendrá la presión dentro de un rango admisible y seguro para la infraestructura y operador.


	Fabricante:	Swagelok
	Modelo:	SS-4R3A5
	Rosca:	G1/4"
	Rango de ajuste:	3,4 a 413 Bar
	Presión de ajuste:	136 Bar

Tabla 15. Especificaciones técnicas válvula de alivio.

6.2 LISTA DE INSTRUMENTOS, ACTUADORES Y SELECCIÓN DE CONTROLADOR

Teniendo en cuenta los elementos seleccionados anteriormente se establece la lista de equipos necesarios para la automatización del llenado de cilindros y capsulas, en esta se indican las cantidades y señales manejadas por lo equipos:

Instrumento	Cantidad	salida	Observación
Transmisor de presión P220	5	4-20 mA	Trasmisor de presión tanques de suministro
Transmisor de presión P31	1	4-20 mA	Transmisor de presión capsulas
Sitrans LR260	1	4-20 mA	Detectar nivel de silo
Integrador	1	4-20 mA	Peso de llenado de

Instrumento	Cantidad	salida	Observación
			cilindro
Sensor de presencia	8	Digital 0-30 VDC	Detectar presencia de capsulas (5). Proceso de llenado de cilindro (3)
Switch selector	1	Digital 0-30 VDC	Selección entre llenado de silo y llenado de cilindros
Pulsadores arranque Parada	2	Digital 0-30 VDC	Pulsadores de inicio/parada de los procesos

Tabla 16. Lista de instrumentos.

Actuador	Cantidad	Entrada	Observación
Válvula Mariposa	1	4-20 mA	
Banda	1	4-20 mA	
Display	2	4-20 mA	Mostrar Nivel de Silo y presiones de cilindros de suministro
Válvula solenoide	14	110 VAC	Para habilitar/deshabilitar suministros de N2 y capsulas de llenado (11). Evitar compactación en polvo químico (1). Bajar boquilla de llenado (1)
Contactar	2	110 VAC	Contactar para alimentar la banda (1). Contactar para transportador de vacío (1)
Pilotos indicadores	14	110 VAC	Indicaciones de los procesos
Válvula de alivio	1	---	Para aliviar la sobrepresión en la tubería de recarga de nitrógeno.

Tabla 17. Lista de instrumentos.

Con el fin de seleccionar el controlador y los módulos de entrada y módulos de salida apropiados se agrupan los equipos de acuerdo al tipo de señal manejada, esto se puede observar en la Tabla 18

Señal instrumentos y actuadores	Cantidad Señales	Modulo seleccionado	Cantidad Módulos
Salida 4-20 mA	8	Modulo entrada analógica. Ref. 6ES7331-7NF00-0AB0 8 puertos-16 bits.	1
Entrada 4-20 mA	4	Módulo de salida Analógica. Ref. 6ES7332-5HF00-0AB0 8 puertos - 12 bits	1
Salida Digital 0-30 VDC	13	Modulo entrada digital. Ref. 6ES7321-1BH02-0AA0 16 puertos- 24 VDC	1
Salida digital 110 VAC	28	Módulo de salida a Relé. Ref. 6ES7322-1HH01-0AA0 16 puertos x Rel. 120/230	2

Tabla 18. Clasificación de equipos según la señal manejada.

De acuerdo a lo establecido en la Tabla 18, se selecciona una CPU con las siguientes características:

CPU 312	Características
<p data-bbox="315 558 816 590">Referencia: 6ES7312-1AE14-0AB0</p> 	Software de Simatic Step 7 V5.5 configuración: + SP1 o superior
	Fuente de poder: 24 VDC
	Consumo de corriente : 650 mA
	Memoria integrada 32 kbyte
	Memoria expandible No aplica
	<ul style="list-style-type: none"> •Por bit: 0.1 uS
	<ul style="list-style-type: none"> •Por palabra: 0.24 uS
	<p data-bbox="886 1003 1097 1066">Tiempo de procesamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> •Por operación aritmética con coma fija: 0.32 uS •Por operación aritmética con coma flotante: 1.1 Us
	Numero de bloques: 1024
	Direcciones de entrada 1024
Direcciones de salida: 1024	

Tabla 19. CPU del controlador lógico

7. ESTUDIO FINANCIERO

Para la ejecución del estudio en mención se parte estableciendo los costos de los equipos incluyendo los trámites de importación, los costos de los materiales necesarios para la puesta en marcha del sistema, tales como tuberías, cables, gabinetes eléctricos, accesorios eléctricos, mangueras, accesorios para la red neumáticas, entre otro. Adicionalmente se estipula un tiempo de ejecución del proyecto, mano de obra, costos de capacitación y mantenimiento del sistema.

Luego se realiza un comparativo de los costos requeridos actualmente por el proceso y los costos a generar si se implementa la propuesta de automatización, con el fin de determinar la tasa de retorno y observar la viabilidad del proyecto.

7.1 COSTOS OPERATIVOS DE LA RECARGA DE CILINDROS Y CAPSULAS DE ACCIONAMIENTO Y PRESURIZACIÓN.

La tabla No. 20 indica los costos operativos asociados a la recarga de cilindros LT-A-101-30 y sus capsulas de accionamiento y presurización.

Ítem	Descripción del costo	Valor
1	Mano de obra diaria taller recarga de capsula	\$ 320.000,00
2	Nitrógeno requerido por capsula	\$ 20.000,00
3	Mano de obra diaria taller de recarga de cilindro	\$ 320.000,00
4	Polvo químico requerido por cilindro	\$ 385.000,00

Tabla 20. .Costos operativos proceso de recarga

Se hallan los costos de la mano de obra requerida para la recarga de una capsula y para la recarga de un cilindro, teniendo en cuenta un promedio de ocho (8) recarga de capsulas por hora y seis (6) recarga de cilindros por hora. Estos valores se pueden observar en la Tabla 21

Ítem	Descripción del costo total	Valor
1	Mano de obra por recarga de una capsula	\$ 5.000,00
2	Mano de obra por recarga de un cilindro	\$ 6.666,67

Tabla 21. Costo total asociado a la recarga de un cilindro y una capsula

Con la implementación del sistema automático para llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno, se estima un incremento de la producción del 200%, en lo que respecta a la recarga de cilindros y del 100% para la recarga de nitrógeno. Adicional a lo anterior se proyecta una optimización en el uso de nitrógeno en un 36 %.

De acuerdo a lo anterior se estiman los costos asociados a la recarga de un cilindro y de una capsula que se ven minimizados por la implementación del sistema automático. Estos se pueden observar en la Tabla 22

Ítem	Descripción del costo	Valor
1	Mano de obra recarga de una capsula	\$ 2.500,00
2	Nitrógeno requerido por capsula	\$ 12.800,00
3	Mano de obra recarga de un cilindro	\$ 2.222,00

Tabla 22. Costos minimizados asociado a la recarga automática de un cilindro y una capsula.

Al comparar los costos establecidos en la Tabla 20 y la Tabla 21 los cuales están asociados a la recarga de capsulas y cilindros de manera manual, con los costos establecidos en la Tabla 22 asociados a la realización de la recarga de forma automática, se puede determinar un ahorro en dicho proceso, el cual se especifica en la Tabla 23

Ítem	Descripción	Costo proceso manual	Costo proceso automático	Ahorro
1	Mano de obra por recarga de una capsula	\$ 5.000,00	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
2	Nitrógeno requerido por capsula	\$ 20.000,00	\$ 12.800,00	\$ 7.200
3	Mano de obra por recarga de un cilindro	\$ 6.666,67	\$ 2.222,00	\$ 4.444,67
<p>A corte de un (1) año posterior a la puesta en marcha el sistema automático para el llenado de cilindros y recarga de capsulas de nitrógeno, se prevé un ahorro en el costo total de la operación de <u>\$218'240.000 COP.</u></p>				

Tabla 23. Ahorro en costos asociados al proceso de recarga de capsulas y cilindros.

7.2 PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LLENADO DE CILINDROS DE POLVO QUÍMICO Y RECARGA DE CAPSULAS DE NITRÓGENO.

Para establecer el presupuesto de la implementación y puesta en marcha del sistema, se tienen en cuenta tres fases importantes:

- Compra e importación de equipos.
- Compra de materiales.
- Ejecución del proyecto (Mano de obra).

De acuerdo a los equipos establecidos en el capítulo No. 6 y según el precio de cada uno, incluyendo importación se estable el siguiente presupuesto:

- Costo de compra e importación de equipos: US \$32450
TRM: \$3200 COP

Para la estimación del costo asociado a la compra de materiales, se tiene en cuenta una cantidad global de tubería eléctrica EMT ¾”, tubería de acero ASTM-A53 de 2”, accesorios eléctricos nema 4X, accesorios en acero inoxidable SCH 40, Materiales metalmecánico como ángulos y láminas de acero inoxidable AISI 304, lamina de acrílico de seguridad y cable de instrumentación apantallado 4x16 AWG.

- Costo de compra nacional de materiales: \$ 40'000.000

Respecto a la mano de obra, con el fin de garantizar una buena ejecución del montaje se requiere el grupo de trabajo indicado en Tabla 24

Ítem	PERSONAL	CANTIDAD	COSTO MANO DE OBRA X DÍA	CANTIDAD DE DÍAS	COSTO TOTAL
1	Ingeniero de Diseño (Ingeniería de detalle)	1	\$ 400.000	10	\$ 4.000.000
2	Ingeniero de montaje	1	\$ 300.000	45	\$ 13.500.000
3	Supervisor de salud y seguridad labora	1	\$ 220.000	45	\$ 9.900.000
4	Técnico dibujante 5 años de experiencia	1	\$ 120.000	20	\$ 2.400.000
5	Técnico electrónico 5 años de experiencia	2	\$ 120.000	45	\$ 5.400.000

Ítem	PERSONAL	CANTIDA D	COSTO MANO DE OBRA X DÍA	CANTIDA D DE DÍAS	COSTO TOTAL
6	Técnico electrónico 2 años de experiencia	1	\$ 80.000	45	\$ 3.600.000
7	Técnico mecánico 5 años de experiencia	2	\$ 120.000	45	\$ 5.400.000
8	Técnico mecánico 2 años de experiencia	1	\$ 80.000	60	\$ 3.600.000
					\$ 47.800.000

Tabla 24. Costo mano de obra montaje y puesta en marcha.

Teniendo en cuenta lo costos ya establecido se procede a estimar el presupuesto total del proyecto, el cual se especifica en la

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Importación y compra de equipos	\$103'840.000
2	Compra de materiales	\$40'000.000
3	Mano de obra	\$47'800.000
TOTAL		\$191'640.000
10% IMPREVISTOS		\$19'640.000
COSTO TOTAL		\$ 210'804.000

Tabla 25. Costo total de la implementación y puesta en marcha del sistema.

Al analizar los datos descritos en la Tabla 23 y la Tabla 24 se puede establecer que el retorno de la inversión se verá reflejado en un año, con lo cual se concluye que el proyecto es viable desde el punto de vista financiero y técnico.

8. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de este trabajo de grado se puede concretar que:
- Un buen análisis y descripción del proceso a automatizar lleva a una correcta identificación de las variables y de las acciones que lo componen, lo cual es punto de partida para realizar una exitosa propuesta de automatización que se encuentre dentro del alcance de los interesados y no sea desproporcionada técnicamente como económicamente.
- Las propuestas de automatización deben ser aterrizadas y enmarcadas dentro de la capacidad económica y técnica de los interesados, es decir no malgastar recursos en etapas o acciones del proceso cuya automatización no será relevante en la optimización de recursos y tiempo.
- Todo sistema automático debe contemplar instrumentos o equipos de seguridad que garanticen la integridad del operador y la continuidad del negocio.
- La selección de instrumento, actuadores y controlador deben tener en cuenta el tipo de ambiente en que se encuentra el proceso, los insumos tratados y las variables físicas implícitas en él, para así garantizar una vida útil apropiada de los equipos, adicional a esto se debe tener en cuenta que tanta precisión requiere el proceso para determinar la resolución de los instrumentos y actuadores y así mismo la gama del controlador.

- La viabilidad del proyecto debe ser determinada en la fase de ingeniería básica del diseño, para así establecer la disminución en los costos asociados al proceso y el retorno de la inversión desde esta fase temprana. Para los interesados es de gran importancia conocer previamente estos números hablando en un ámbito financiero, ya que de nada sirve proponer un sistema automático técnicamente complejo si la situación no lo requiere y no garantiza una ganancia a futuro para los interesados.

9. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

- Como resultado de la ingeniería básica del diseño de un sistema automático para llenado de cilindros de polvo químico y recarga de capsulas de nitrógeno se obtienen una lista de equipos, planos P&ID, planos neumáticos y una filosofía del funcionamiento del sistema en sus fases de recarga de capsulas y llenado de cilindro.
- Se obtiene un presupuesto para la implementación y puesta en marcha del sistema automático, soportado bajo un análisis financiero donde se garantiza la viabilidad del proyecto y un retorno de la inversión a un plazo de un año.
- Para una futura fase de ingeniería detallada del diseño del sistema automático en mención, se recomienda establecer diagramas de conexión, planos de ubicación de equipos y distribución de tubería, de acuerdo a las buenas prácticas de ingeniería y lo indicado por cada fabricante.
- Se recomienda también realizar cálculos eléctricos, mecánicos y neumáticos previos a la especificación de los cables de instrumentación y materiales a utilizar.
- Se deberá realizar en la fase de ingeniería detallada el código de programación del PLC de acuerdo a la filosofía planteada en la ingeniería básica y a las posibles modificaciones surgidas en la fase de detalle.
- Para fines de montaje y puesta en marcha se deberá establecer un procedimiento de montaje documento y controlado, al igual que un procedimiento de comisionamiento y un plan de mantenimiento, todo esto entregado en un dossier el proyecto de implementación del sistema.

10. BIBLIOGRAFÍA.

BIPM, JCGM 200:2008 Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y Términos asociados (VIM). Traducción al español del VIM 3ª.

Instrumentation Reference Book. 3rd ed. Elsevier science, Butterworth- heinneman Publications, 2003.

W. M. Miller. *Flow Measurement Engineering Handbook*, McGrawHill, United States of America.1996.

Practica PIC001. *Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria*. PIP,Process Industry Prectices. Abril, 2008.

<https://www.ansul.com/en/us/DocMedia/PN53081.pdf>

<http://www.smc.com.mx/digital-catalog/docs/actuator/standard/CG1.pdf#page=3>

<http://www.lewcoinc.com/conveyors.aspx>

http://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentcenter/sc/pi/InfocenterLanguagePacks/Catalog%20sheet%20SITRANS%20RD200/sitransl_rd200_fi01_en.pdf

http://www.automation.siemens.com/sc-tic/catalogs/catalog/pi/FI01/us/FI01_us.pdf

<http://www.valworx.com/>

<http://www.azpneumatica.com/public/images/full/pdf/pagctzn.pdf>

http://piab.ecbook.se/US/en/Vacuum_Conveying_Catalogue/

http://www.mouser.com/ds/2/307/E3FARAFBRB_Datasht_EN_201304_E53IE01-242507.pdf

<http://www.highpressure.com/products/valves-fittings-tubing/air-operated-valves/hipco-diaphragm-air-operators-remote-operation/>