



**REDISEÑO DE LA RED NEUMÁTICA PARA  
LA LINEA 305 DE LA EMPRESA CONCRETOS  
ARGOS**

Roland David Vergara Nieto, código 21131527007

Elías David Rueda Álvarez, código 21131524035

Junio 2020

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Puerto Colombia, Colombia



# **REDISEÑO DE LA RED NEUMÁTICA PARA LA LINEA 305 DE LA EMPRESA CONCRETOS ARGOS**

*Roland David Vergara Nieto, código 21131527007*

*Elias David Rueda Álvarez, código 21131524035*

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director (a):

*Magíster Rafael Ramírez*

Línea de Investigación:

Potencia de fluido y diseño de sistema

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Puerto Colombia, Colombia

2020

### **Agradecimientos**

Quiero iniciar agradeciéndole a mis padres y familiares que han hecho parte de este recorrido el en cual he pasado por momentos difíciles y gracias a Dios los frutos que tanto hemos cosechado se muestran hoy; ya que con su apoyo pude dar todo de mí para poder ser mejor persona y mejor profesional. Cada uno de sus sacrificios y palabras de aliento marcaron mi vida, motivándome a esforzarme y entregarlo todo en el día a día y de esta manera poder conseguir mis objetivos, mostrándoles a mi hijo, mis padres y todos mis familiares que todo en la vida es sacrificio y disciplina. De todo corazón entrego a ustedes mi mayor gratitud.

*Roland Vergara.*

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecerle a Dios por darme salud y sabiduría, a mi familia por su apoyo incondicional y por la confianza brindada en todas las decisiones de mi vida, en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito esta etapa de nuestras vidas. A la universidad Antonio Nariño por la oportunidad de ser una mejor persona y construir con gran dedicación profesionales de tal calidad.

*Elías Rueda.*

## Resumen

Este proyecto se desarrolló para poder brindarle a la empresa Concretos Argos la mejor opción de Rediseño de la red neumática de la línea 305, y de esta manera poder contribuir con el mejoramiento energético de dicho sistema. El propósito de este proyecto es eliminar las fugas e incrementar la eficiencia del sistema analizado. Esta iniciativa se tiene ya que toda planta de producción buscar tener los mayores ahorros posibles y para esto los diferentes sistemas deben estar trabajando de manera eficiente, en este caso se revisa el sistema neumático el cual presenta una serie de problemas, desde fugas hasta daños de componentes mayores de manera prematura.

Para el desarrollo se realiza reconocimiento del sistema y sus componentes, de esta manera, se pueden entender de primera mano la necesidad puntual del sistema. Se realiza entrevista con el área de planeación de mantenimiento, las cuales nos ayudan a tener mayor claridad de las expectativas ante el presente proyecto. Luego continuamos investigando sobre posibles opciones de mejoras para presentarle a la empresa, encontrando la opción más viable ante la necesidad actual de este sistema. Obteniendo como resultado la mala selección de tuberías, mangueras, falencias en la marcación de tableros y deficiente preparación del aire comprimido.

Se entregan recomendaciones técnicas para mejorar los puntos descritos anteriormente, con la selección apropiada de elementos que brindaran el desempeño esperado para la compañía.

**Palabras clave: Sistemas neumáticos, Eficiencia energéticas, mantenimiento.**

**Abstract.**

This project was carried out in order to provide the company with specific Argos the best option for redesign of the pneumatic network of line 305, and in this way be able to contribute to the energy improvement of said system, the purpose of this project is to eliminate leaks and increase the efficiency of the analyzed system. This initiative has since the entire production plant seeks to have the greatest possible savings and for this the different systems must be working efficiently, in this case the pneumatic system is revised which presents a series of problems that can lead to damage of larger components prematurely. For the development, the recognition of the system and its components is carried out, in this way the specific need of the system can be understood first hand, the interview with the maintenance planning area is carried out, which helps us to have greater clarity of expectations In the face of this project, we then continue investigating possible improvement options to present to the company, finding the most viable option given the current need for this system. obtaining as a result the poor selection of pipes, hoses, shortcomings in the marking of tables and poor preparation of compressed air. Technical recommendations are provided to improve the previously mentioned points, with the specific selection of elements that will provide the expected performance for the company.

**Keywords: Pneumatic systems, Energy efficiency, maintenance.**

# Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Generalidades</b>	<b>15</b>
1.1.1 Planteamiento Del Problema	15
1.1.2 Formulación problema	15
<b>1.2 Objetivos</b>	<b>16</b>
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
<b>1.3 Justificación</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Alcance</b>	<b>18</b>
<b>2. Marco de referencia</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Marco teórico</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Estado del arte.</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Neumática</b>	<b>21</b>
2.3.1 Ventajas de la neumática	21
2.3.2 Desventajas de la neumática	22
<b>2.4 Leyes básicas de la neumática</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Aire comprimido</b>	<b>24</b>
<b>2.6 Elementos para la preparación del aire comprimido en un sistema neumático.</b>	<b>24</b>
<b>2.7 Normas ISO para el aire comprimido</b>	<b>25</b>
2.7.1 Serie ISO 7183:	25
2.7.2 Serie ISO 12500:	26
2.7.3 Serie ISO 8573:	26
2.7.4 Los niveles de calidad del aire según la norma ISO 8573	26
<b>2.8 Componentes de un sistema neumático</b>	<b>27</b>
<b>3. Diseño Metodológico</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Fase 1</b>	<b>28</b>
3.1.1 Objetivo específico 1	28
<b>3.2 Fase 2</b>	<b>29</b>
3.2.1 Objetivo específico 2	29
<b>3.3 Fase 3</b>	<b>30</b>
3.3.1 Objetivo específico 3	30
3.3.2 Costos:	30
3.3.3 Seguridad:	30
3.3.4 Confiabilidad	30
<b>4. Desarrollo Del Proyecto</b>	<b>31</b>



<b>4.1</b>	<b>Importancia Del Sistema Neumático En La Planta De Producción De Concretos Argos</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Componentes del Sistema de la red neumática de la línea de producción</b>	<b>305 32</b>
<b>4.3</b>	<b>Medición de variables del sistema.</b>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Identificación De Fallas</b>	<b>33</b>
<b>4.5</b>	<b>Consumo de aire de la línea 305 de Concretos Argos</b>	<b>35</b>
4.5.1	Conjunto de actuadores en tolva de almacenamiento de agregados	36
4.5.2	Conjunto de actuadores en bascula de agregados	38
4.5.3	Conjunto de actuadores en suministro de agua	39
4.5.4	Conjunto de actuador chute móvil	40
4.5.5	Conjunto de actuador bascula de cemento	42
4.5.6	Conjunto de colector de polvo central en la planta	43
4.5.7	Suma de consumo de aire comprimido de los actuadores de la planta	44
4.5.8	Estimación de fuga	44
4.5.9	Tiempo de cargue de compresor 2545 IR	44
<b>4.6</b>	<b>Cálculo de fuerza desarrollada en cilindros neumáticos.</b>	<b>45</b>
<b>4.7</b>	<b>Análisis para el diámetro adecuado de tubería en el transporte de aire comprimido hasta el tablero de distribución.</b>	<b>46</b>
<b>4.8</b>	<b>Criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución.</b>	<b>48</b>
<b>4.9</b>	<b>Selección de la alternativa para el rediseño de la red neumática en la línea 305 para la empresa CONCRETOS ARGOS</b>	<b>50</b>
4.9.1	Opción 1	52
4.9.2	Opción 2	54
4.9.3	Opción 3	57
4.9.4	Elementos recomendados.	60
4.9.5	Evaluación De La Mejor Opción Del Sistema Neumática De La Línea 305 De Concretos Argos	61
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>62</b>
<b>5.1</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>62</b>
<b>5.2</b>	<b>Conclusiones.</b>	<b>62</b>
<b>6.</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>64</b>



## Lista de imágenes

ILUSTRACIÓN 1, CILINDRO NEUMÁTICO DE DOBLE EFECTO, MARCA CON-E-CO .....	37
ILUSTRACIÓN 2, DATOS DE VÁLVULAS BRAY .....	40
ILUSTRACIÓN 3, INFORMACION TECNICA COLECTOR INGEMOL .....	43

## Lista de tablas

TABLA 1, VARIABLES MEDIDAS DEL PROCESO .....	33
TABLA 2, OPCIÓN 1 .....	53
TABLA 3, COSTOS FINALES DE LA OPCIÓN 1 .....	54
TABLA 4, OPCIÓN 2 .....	56
TABLA 5, COSTOS FINALES DE LA OPCIÓN 2 .....	56
TABLA 6, OPCIÓN 3 .....	59
TABLA 7, COSTOS FINALES DE LA OPCIÓN 3 .....	59
TABLA 8, PONDERACIÓN DE PROPUESTAS .....	61

## Lista de ecuaciones

ECUACIÓN 1, ECUACIÓN 1, ECUACIÓN DE GASES IDEALES.....	23
ECUACIÓN 2, LEY BOYLE-MARIOTTE .....	23
ECUACIÓN 3, LEY DE GAY-LUSSACC .....	23
ECUACIÓN 4, LEY DE CHARLES. ....	23
ECUACIÓN 5, LEY DE PASCAL .....	23
ECUACIÓN 6, CONSUMO DE CILINDRO.....	37
ECUACIÓN 7, CONSUMO DE CILINDRO.....	38
ECUACIÓN 8, CONSUMO DE CILINDRO.....	41
ECUACIÓN 9, LEY DE PASCAL. ....	45
ECUACIÓN 10, ECUACIÓN PARA CÁLCULO DE TUBERÍA. ....	48

# 1. Introducción

En la actualidad se indaga en la forma de mejorar las tecnologías existentes para la generación de energía, con esto se busca encontrar procesos eficientes para las diferentes industrias en el mundo.

Conociendo que la neumática es una fuente de energía bastante apetecida por diferentes empresas por lo limpio que es el proceso, por lo versátil que es y lo fácil que es la manipulación de sus componentes. Estas y otras características hacen que se desarrollen nuevos componentes para los sistemas neumáticos y así poder mejorar la eficiencia de este.

Entendiendo que todo equipo va a tener un desgaste por su uso y las empresas día a día están expandiéndose y creando un aumento de su producción, por esta condición globalizada de la industria, nos enfocamos en las posibles fallas que tienen los sistemas neumáticos como son las fugas, pérdida de energía y cero ahorros tanto energético como monetario, debido a estos problemas sus procesos pueden ser muy costosos y pueden ocasionar limitaciones para poder competir en un mercado competitivo, sin las mejoras en cuanto a temas energéticos y mejoras en el buen uso de componente para sacar su mayor vida útil las empresas estarán limitadas para poder competir.

Un ejemplo de estas actualizaciones tecnológicas y rediseños de sistemas neumáticos lo podemos observar en Estación de Bombeo-Faisanes del Poliducto Esmeraldas-Quito-Macul Chérrez Troya, M. H.( 2010).

Conociendo la problemática global y el comportamiento actual del sistema neumático de la línea 305 de la empresa Concreto Argos se procede a caracterizarlo y crear la mejor propuesta de rediseño para este sistema, basado en la información técnica adquirida durante

el tiempo de nuestra formación y con ayuda bibliográfica sobre este tema. Majumdar, S. (1998).

## **1.1 Generalidades**

### **1.1.1 Planteamiento Del Problema**

En la actualidad Colombia le apunta a ser un país globalizado tanto en educación, salud y tecnología, por ello las industrias juegan un papel muy importante en la consecución de este objetivo, tratando de hacer parte de si los principios de optimización energética como otras tantas iniciativas que lo benefician. Conociendo que las diferentes industrias utilizan la tecnología neumática para sus procesos productivos y con base a estas implementaciones pueden conocer que la energía neumática es costosa, pero aún más cuando no se logra tener un sistema óptimo en el consumo de energía.

Hablando de las diferentes industrias, a nivel nacional se presenta una gran competitividad entre ellas. Éstas no pueden lograr sus objetivos si no optimizan sus diferentes áreas (administrativa, financiera, de calidad, de mantenimiento, tecnología y operativa), sus recursos, como lo son los locativos, tecnológicos, maquinarias, materias primas y por último hacer buen uso de lo anteriormente mencionado.

### **1.1.2 Formulación problema**

¿Cuál es la mejor alternativa de rediseño en la red neumática para la línea 305, en la empresa CONCRETOS ARGOS S.A.S que permitirá aumentar la eficiencia?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Rediseñar la red neumática para la línea 305, de la empresa CONCRETOS ARGOS.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar una caracterización de la red neumática para la línea 305 de la empresa CONCRETOS ARGOS con el fin de identificar los puntos de fallas.
- Proponer alternativas de rediseño en la red neumática para la línea 305 de la empresa CONCRETOS ARGOS.
- Seleccionar la mejor alternativa de rediseño en la red neumática para la línea 305 de la empresa CONCRETOS ARGOS.



### 1.3 Justificación

Este proyecto es relevante porque podría controlar el consumo energético en la producción de aire comprimido, y con ello reducir, no solo los costos de energía, sino los tiempos muertos que se producen por reparaciones inesperadas o mantenimientos correctivos no presupuestados en una jornada de trabajo, generando así un gran aporte al sector ambiental.

La pertinencia de este proyecto está fundamentada en la línea investigativa de la ingeniería electromecánica de la universidad Antonio Nariño, y contribuye al mejoramiento energético de la planta de producción optimizando el consumo de la energía eléctrica y energía neumática, como también ayuda a reducir el desgaste de los componentes del sistema neumático. Así, podemos obtener beneficios tanto ambientales como económicos.

Este proyecto se planificó para la planta de producción de la empresa Concretos Argos, en la línea 305, ubicada en la ciudad de Soledad-Atlántico, la cual es de carácter privado. La empresa dispuso de un auxiliar de mantenimiento que hace parte de la investigación, para poder adquirir toda la información necesaria para el desarrollo de la propuesta. Con esta propuesta se puede disminuir las pérdidas energéticas por fugas y tiempo de encendido altos en los compresores generando ahorros a la empresa.

## 1.4 Alcance

Con este rediseño se busca poder dar mejora en cuanto a temas energéticos de los componentes eléctricos, neumáticos de la línea 305 de Concretos Argos y poder establecer mejores componentes para la composición de dicho sistema.

Se buscará dar las recomendaciones para que el sistema cumpla con el buen manejo de aire comprimido.

Dando así seguimientos de técnicas y posibles soluciones al sistema neumático, que tiene como objetivo optimizar los activos propios de la empresa garantizando la funcionalidad del sistema y la aplicabilidad de este proyecto.

Connotando con precisión los alcances propuestos de este trabajo de tesis, como un rediseño y exploración de la red neumática de la línea 305.

## **2. Marco de referencia**

### **2.1 Marco teórico**

Conociendo la necesidad de las empresas para utilizar diversas tecnologías y así poder mejorar sus procesos productivos, nos encontramos con la energía neumática, esta tecnología emplea el aire comprimido como medio de transmisión de la energía que se necesita para dar movimiento y hacer funcionar diversos dispositivos.

Conociendo que la tecnología neumática necesita diferentes componentes para poder cumplir su objetivo, como son los compresores cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases. Este quipo lleva un filtro de admisión de aire y es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión, con el fin de proteger al compresor y minimizar el ingreso de elementos contaminantes en el sistema. Luego encontramos el pos enfriador, que se encarga de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad. De aquí sale al tanque de almacenamiento, que como su nombre lo indica almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.

Realizando el recorrido encontramos filtros de línea, los cuales se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada, existen sistemas que requieren que el aire este lo más seco posible para evitar daños en sus componentes finales para estos casos se ubican secadores de aire para garantizar y mejora calidad en el aire, y así entregar un aire en condiciones para el buen funcionamiento del sistema. Después de este tratamiento de entregar la energía neumática, esta se transporta por líneas neumáticas (tuberías rígidas o flexibles) las cuales funcionan como conductores de aire hasta llegar a las unidades de mantenimiento estas

purifican el aire comprimido, ajustar una presión constante del aire y añadir una fina neblina de aceite al aire comprimido, para lubricar a los actuadores. En este punto el aire ingresa a las válvulas, estas son los componentes que determinan el camino que ha de seguir el aire en cada momento, gobernando a la postre el sentido de desplazamiento de los actuadores, estos actuadores son dispositivos inherentemente mecánicos, cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de la presión neumática que le ingresa a él. Salvador, A. G. (1988).

## 2.2 Estado del arte

Los sistemas neumáticos desde sus inicios en la industria han sido de ayuda para las diferentes empresas ya que gracias a esta tecnología se han podido tener grandes avances en cuanto a altos lotes producidos, ahorros energéticos y mejor competitividad de la industria en los mercados globalizados.

Al pasar el tiempo, podemos encontrar que nuestros sistemas se hacen obsoletos y puede que en el momento de su montaje fuera la tecnología de punta, pero en la actualidad presenten pérdidas energéticas y daños en sus componentes. Debido a que muchas industrias conservan sus equipos con mucho rigor, se recomienda que se realicen mediciones cotidianas, para poder estar al día con la información de nuestro equipo y entre más viejas las instalaciones se debe ser más estricto tratando de buscar el mejor equilibrio del sistema. Jiménez Solís, E. (2014).

Las empresas buscan poder realizar evaluación de sus sistemas y procesos con el solo objetivo de poder obtener mejoras en cuanto a lo económico y a su eficiencia, por estas razones observan y realizan estudios de consumos, para poder obtener información real y poder realizar propuestas de actualizaciones tecnológicas que nos ayuden a mejorar los procesos y de esta manera ayudar a las industrias a ser más competitivas en el mercado global.

Fallas-Juarez, F. J. (2018).

En cada estudio realizado se busca como objetivo poder evidenciar las oportunidades de mejoras realizando análisis energéticos y evaluando las diferentes opciones para que el proceso sea más eficiente. Con estas mejoras se logran actualizaciones tecnológicas con una inversión que puede ser recuperada en un corto plazo, debido a que sus ahorros son mayores. Erazo Caisaguano, J. C., & Misse Baldias, Y. S. (2018)

Con estos antecedentes, podemos evidenciar el frecuente uso que se da a la tecnología neumática como generación de energía eficiente y limpia. Como opción viable para mejorar tiempos de producción y poder generar ahorros energéticos desde las actualizaciones tecnológicas.

## 2.3 Neumática

La neumática es la rama de la mecánica que estudia el comportamiento de los gases bajo presión.

Al momento que esta tecnología se empieza a investigar se empiezan a ver grandes ventajas y medios de uso que podría revolucionar la forma de realizar ciertos trabajos, y solo hasta 1950 fue cuando la neumática adquirió un auge y las industrias comenzaron a utilizarla para mejorar sus procesos.

Cada vez que la neumática seguía tomando mayor fuerza en las aplicaciones industriales, esta se podía combinar con otras tecnologías, como es la electrónica y electricidad, dando de esta manera paso a la automatización industrial.

Con esta gran entrada de la automatización da inicio a la sofisticación de los componentes neumáticos, dando paso a la entrada de controles de estos dispositivos mecánicos por medio de los PLC (controladores lógicos programables) y permitiendo que esta tecnología pueda hacer tareas más complejas y específicas.

Solé, A. C. (2012).

### 2.3.1 Ventajas de la neumática

- El aire es de fácil consecución debido a que se encuentra en todos lados.

- Su almacenamiento se puede realizar en tanques y se puede transportar donde se requiera.
- En altas temperaturas es confiable.
- Cuando da problemas por fugas estas no generan problemas al medio ambiente y no contaminan productos el proceso donde se use.
- El diseño y construcción de elementos es fácil y de simple construcción.
- Se obtienen altas velocidades.
- Las velocidades y las fuerzas pueden regularse de manera continua y escalonada.

### **2.3.2 Desventajas de la neumática**

- Debido a las características de los gases, los sistemas neumáticos presentan problemas en el grado de posicionamiento exacto.
- Al comprimir el aire genera una inversión elevada que va a depender de la cantidad de aire requerido y de la presión suministrada al sistema.
- Para utilizar el aire comprimido en los sistemas neumáticos es necesario acondicionamiento, esto es reducir la humedad relativa, quitar impurezas y en la mayoría lubricarlo.
- Los sistemas neumáticos presentan baja potencia en comparación con otros sistemas.
- Si existen fugas en los sistemas neumáticos se presentan caídas de presión en los mismos, con lo cual se corre el riesgo que sus elementos pierdan eficiencia

DOMINGUEZ, J. G. (2018).

## **2.4 Leyes básicas de la neumática**

Las leyes que rigen los gases son las siguientes. Conociendo que el aire se asemeja bastante en el comportamiento a un gas ideal se maneja la ecuación de gases ideales.

$$PV = nRT$$

Ecuación 1, Ecuación 1, Ecuación de gases ideales

Como hablamos de gases también aplica la Ley que rige a estos donde se trabaja con la ley Boyle-Mariotte cuando la temperatura constante. Su expresión matemática es:

$$K = P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

Ecuación 2, ley Boyle-Mariotte

Si el volumen es contante aplicamos la ley de Gay-Lussacc. Donde su expresión matemática es:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Ecuación 3, ley de Gay-Lussacc

Si la presión es constante se aplica la ley de Ley de Charles. Donde su expresión matemática es:

$$V_1 \times T_2 = V_2 \times T_1$$

Ecuación 4, ley de Charles.

Y para poder definir la presión en estos sistemas usamos la Ley de Pascal, donde nos dice que la presión aplicada en un sistema será igual en todos los puntos dentro de este sistema. Y su expresión matemática es:

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación 5, ley de pascal

Gracias a estas leyes enunciadas, podemos realizar los análisis físicos de cualquier sistema neumático y de esta manera se lograría entender el comportamiento del aire dentro del sistema neumático.

de Boyle, L. Leyes generales de los gases: su.

## 2.5 Aire comprimido

Es el nombre que se da al aire que se obtiene de la atmósfera y es sometido a un tratamiento especial para poder elevar su presión, el cual lleva a que su temperatura también se eleve. Este aumento de presión y temperatura se realiza a través de un compresor, el cual lo comprime a una presión más alta que la atmosférica. La ventaja de usar aire comprimido es que el aire es un recurso ilimitado en el medio ambiente y al trabajarlo a altas temperaturas no se tiene tantos riesgos como otras tecnologías

Para que este se aire se pueda utilizar se le debe dar un tratamiento de tal forma que el aire cumpla unos requerimientos mínimos, los cuales actualmente están regidos bajo ciertas normas internacionales (normas ISO).

El ciclo de acondicionamiento de este aire inicia cuando se succiona este aire del ambiente con una temperatura y presión (atmosférica) ambiente y una humedad específica del medio donde se esté obteniendo este aire, luego pasa por el compresor el cual eleva su presión y por consiguiente su temperatura también, luego pasa por un enfriador que baja la temperatura a una temperatura idónea para la operación de los componentes finales de este sistema, cuando se baja la temperatura se almacena en un deposito donde se guarda este aire para que cuando se requiera en el sistema pueda ser utilizado pero antes de llegar a los componentes finales se hace pasar a través de unos filtros, que ayudan a tener una mejor calidad de aire en cuanto a partículas en el aire, este aire ya purificado de partículas pasa a través de un secador el cual elimina la humedad y de esta manera termina el acondicionamiento del aire comprimido.

Actualmente las industrias están utilizan este recurso en procesos donde se requiera velocidad, limpieza y simplicidad.

## 2.6 Elementos para la preparación del aire comprimido en un sistema neumático

La preparación del aire comprimido tiene gran importancia dentro del buen funcionamiento de los sistemas neumáticos.



Si esta preparación de aire no se realiza de forma correcta se corre el riesgo de averías en los diferentes componentes del sistema de distribución y actuadores del sistema neumático para esta preparación del aire comprimido se deben de tener los siguientes componentes.

La preparación se inicia con el compresor, el cual capta el aire del ambiente para luego poderlo comprimir y en esta compresión se eleva la temperatura y la presión, luego se almacena en un tanque o acumulador de aire el cual nos permite tener esta energía disponible cuando se necesite.

Dentro del recorrido del aire debe encontrar un secador, el cual nos ayuda a entregar un aire limpio de humedad y de aquí pasa a unos filtros que nos ayuda a mejorar la calidad del aire eliminando partículas o impurezas que puedan afectar los componentes de distribución, control y actuadores del sistema neumático final.

Para esta preparación existen diversos tipos de compresores, secadores, filtros y la selección de estos componentes se debe regir de acuerdo a las diferentes necesidades que se tenga en el sistema.

Royo, E. C. (1991).

## **2.7 Normas ISO para el aire comprimido**

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha venido trabajando año tras año en poder estandarizar la calidad y pureza del aire comprimido que se utilice en cualquier sistema, donde se requiere este tipo de energía y para este fin tiene vigentes 3 normas, que son:

### **2.7.1 Serie ISO 7183**

Esta norma nos habla sobre los secadores, sus datos de rendimientos, los valores de las presiones para el punto de rocío, cantidad de flujo de aire, las pérdidas de aire, consumo de energía.

### 2.7.2 Serie ISO 12500

Especifica los procedimientos y las pruebas a realizar en los filtros en un sistema de aire, con el fin de determinar la eliminación de aerosoles de aceite y el rendimiento del filtro.

### 2.7.3 Serie ISO 8573

Especifica los métodos y las pruebas pertinentes para la determinación de los contaminantes contenidos en el aire comprimido. La importancia de la norma ISO 8573 es ampliamente conocida a nivel industrial, entre la clasificación de los contaminantes que realiza esta norma se tiene: partículas sólidas, humedad residual y contenido de aceite residual. La norma ISO 8573 consta de nueve partes, en la cual la primera parte especifica los requisitos de calidad del aire comprimido y las partes 2 a 9 especifican los métodos de prueba para una amplia gama de contaminantes.

Deaza Carvajal, D., & Herreño Peña, D. A. (sf)

### 2.7.4 Los niveles de calidad del aire según la norma ISO 8573

Para los distintos usos son:

- ┆ Nivel 1: Aire de baja calidad para taller.
- ┆ Nivel 2: Aire para taller y herramientas Sand Blasting
- ┆ Nivel 3: Aire para instrumentos, pinturas en aerosol, pinturas electrostáticas y maquinaria de empaque.
- ┆ Nivel 4: Aire para la industria alimenticia, industria química y laboratorios farmacéuticos.
- ┆ Nivel 5: Aire para tuberías externas de cervecerías, industria de lácteos, industria electrónica, industria química y laboratorios farmacéuticos.
- ┆ Nivel 6: Aire apto para respirar.

Deaza Carvajal, D., & Herreño Peña, D. A. (sf)

## 2.8 Componentes de un sistema neumático

Dentro de los componentes básicos que deben tener los sistemas neumáticos se encuentra:

- La unidad de generación de energía.
- Las unidades de mantenimientos.

Válvulas: controlan el arranque, paro y sentido del aire comprimido de un sistema neumático.

Actuadores: son los encargados de transformar la energía del aire comprimido en trabajo mecánico.

Adicional podemos encontrar válvulas con funciones especiales, como son las reguladoras de flujo y presión, la función Y, la función O, secuenciales, entre otras.

La gran variedad de componentes y diseños de estos dispositivos hace que la neumática sea competitiva en el mercado y de gran ayuda para las industrias, ayudando a tener aumentos de producción ya que estas tecnologías vienen fusionadas con otras como son la electricidad, electrónica y sistema automatizados.

Majumdar, S. (1998).

## **3. Diseño Metodológico**

Después de realizar la investigación del marco teórico y conociendo antecedentes de rediseños de este tipo de sistemas, se procede a realizar el análisis y desarrollo de la propuesta del rediseño en la red neumática para la línea 305 de la empresa Concretos Argos, en la cual se llevó a cabo la siguiente metodología clasificada como fases, cada una de estas fases describe las tareas que se ejecutaron para poder conseguir los objetivos específicos propuestos.

### **3.1 Fase 1**

#### **3.1.1 Objetivo específico 1**

Realizar una caracterización de la red neumática para la línea 305 de la empresa CONCRETOS ARGOS con el fin de identificar los puntos de fallas.

En esta fase se realizó el reconocimiento del proceso, entendiendo como funciona este sistema y cómo afecta al proceso productivo, para esto se realizaron visitas a la empresa con el objetivo de conocer el sistema, esto ocurrió con el acompañamiento de un funcionario de la empresa. Durante este recorrido el funcionario de Argos muestra las instalaciones y explica el funcionamiento del sistema a evaluar. De esta forma, se identifica los componentes del sistema neumático de la línea 305 de Concretos Argos. Se realiza el reconocimiento de los componentes del sistema para poder averiguar sobre su funcionamiento real según catálogos y de esta manera poder realizar diagnósticos más

aterrizados. Se hicieron mediciones de las diferentes variables que intervienen en el proceso, esto lo realizó el funcionario de la empresa Argos. Las variables que se pudieron medir fueron: presión, voltaje, corriente de arranque, corriente estabilizado. Adicional se miden diámetros de tuberías

Con la información descrita anteriormente se logra identificar fallas en el sistema neumático gracias la visita realizada y la información suministrada por el funcionario de Argos.

## **3.2 Fase 2**

### **3.2.1 Objetivo específico 2**

Proponer alternativas de rediseño en la red neumática para la línea 305 de la empresa Concretos Argos.

En esta fase se realiza análisis de posibles soluciones para mejorar el sistema, iniciando con la visita a la oficina del ingeniero encargado de la planeación de la empresa, donde se dan observaciones claras sobre el estándar de equipos que ellos quieren trabajar.

Esta información entregada se basa en la fácil consecución, en la funcionalidad, en el respaldo comercial y buenos costos. Con esta información se procede a mirar las posibles soluciones y sus alcances, de tal manera que la empresa pueda tener claridad de las diferentes soluciones presentadas. Durante el proceso se adquirió cierta información que no se conocía como es la fuerza desarrollada por los cilindros según variables del sistema, consumo general de aire en la planta de producción de concretos y el diámetro de tubería.

Con la información entregada y encontrada se postulan 3 opciones de rediseño para red neumática de la línea 305 para la empresa Concretos Argos.

### **3.3 Fase 3**

#### **3.3.1 Objetivo específico 3**

Seleccionar la mejor alternativa de rediseño en la red neumática para la línea 305 de la empresa Concretos Argos.

En esta fase se evalúa las opciones de rediseño bajo tres parámetros, los cuales se escogieron junto con el área de planeación e ingeniería de la empresa, todo esto se aterrizó de acuerdo a las necesidades de la red neumática y del área técnica encargada de administrar este sistema.

Los parámetros bajo los cuales se evaluaron fueron:

#### **3.3.2 Costos:**

Conociendo la necesidad del mercado y el estricto cumplimiento de poder ser más competitivo generando valor a la empresa se decidió incluirlo en los criterios de evaluación.

#### **3.3.3 Seguridad:**

Entendiendo que uno de los pilares de Argos es la seguridad y su política SISO se enfoca en cero accidentes, se ingresa este criterio para poder mejorar el sistema en cuanto a su seguridad.

#### **3.3.4 Confiabilidad**

Este criterio se incluye debido a la necesidad que tiene la empresa de dar cumplimiento a la promesa de valor que realiza antes sus clientes, donde las paradas inesperadas de la planta de producción afectan el cumplimiento de esta promesa.

Con la información evaluada se entregó la mejor opción de rediseño a la empresa Concretos Argos.

## 4. Desarrollo Del Proyecto

### 4.1 Importancia Del Sistema Neumático En La Planta De Producción De Concretos Argos

El sistema neumático cuenta con gran importancia porque gracias a este se logra controlar la dosificación de material y ayuda a encausar los materiales correctamente al equipo mezclador.

- La planta de producción cuenta con 4 tolvas de almacenamiento de materiales como son arenas y piedras, la salida del material de estas tolvas se controla por cilindros neumáticos de doble efecto los cuales accionan unas compuertas y estas controla la salida del material hacia las básculas, estos cilindros deben de cerrar las compuertas rápidamente para evitar que las básculas se sobrecarguen y de esta manera se garantiza que las básculas puedan cargarse con la cantidad adecuada de material.
- También la planta cuenta con 3 básculas, donde 2 de ellas son para pesar piedra y arena y la otra para pesar cemento, las dosificaciones del producto de estas básculas se realizan por medio de compuertas, las cuales son controladas por cilindros neumáticos de doble efecto, gracias a la rapidez de accionamiento de los cilindros ayuda a controlar la entrega del material pesado garantizando la entrega correcta del material hacia el equipo mezclador.
- El sistema neumático tiene una válvula con actuador neumático, la cual permite realizar el suministro y corte de agua necesaria para el producto final, si esta válvula no accionara a tiempo la calidad del producto final no se pudiera conseguir ya que la cantidad de agua sería mayor o menor variando las propiedades finales del producto.
- El sistema cuenta con 2 tanques de agua de 40000 litros los cuales suministran el agua al proceso cada uno de estos tanques tienen sus válvulas de apertura para dar entrega de agua al proceso, sin estas válvulas que disponen de actuador neumático

para controlar el paso de agua no sería posible realizar la selección automática de donde se tomara el agua para el proceso.

## **4.2 Componentes del Sistema de la red neumática de la línea de producción 305**

El sistema neumático de la línea 305 consta de un cuarto abierto donde está el compresor, enfriador, acumulador, secador, filtros y tuberías de salida. Esta primera etapa es lo que conocemos como el sistema de preparación del aire comprimido.

Después de esta preparación del aire comprimido, este sigue a través de las tuberías hasta llegar al tablero principal de distribución, este se compone por: la unidad de filtro regulador, este regula la presión del sistema (**90 PSI**) y ayuda la filtración del aire debido que el cartucho filtrante es de 40 micras. El aire sigue por tuberías flexibles hasta llegar al bloque de distribución, el bloque ayuda a poder distribuir el aire hacia todas las válvulas y se disminuye el consumo de tuberías flexibles (mangueras) y se da una apariencia estética muy buena, en este bloque de distribución van montadas las válvulas de distribución de aire estas permiten direccionar el flujo de aire hacia los actuadores que realizarían el trabajo final; el flujo de aire sigue por tuberías flexibles hasta llegar a los cilindros de doble efecto el cual abren las compuertas, estos cilindros cuentan con una válvula de escape rápido a la salida del cilindro, esta válvula ayuda que el cilindro al momento de extender el vasto lo haga con mayor velocidad.

Del tablero de distribución neumático se deriva otra línea que llega a una válvula de corte de agua con actuador neumático y existen otros actuadores neumáticos que se controlan por válvulas ubicadas cerca a cada uno de los actuadores.



### 4.3 Medición de variables del sistema.

	<b>VALOR DE LA VARIABLE</b>
<b>Tiempo de cargue en vacío</b>	0 a 175 psi, en 4 minutos 10 segundos
<b>Tiempo de cargue presurizado</b>	135 a 175 psi, en 1 minuto 30 segundos.
<b>Presión del compresor</b> <b>Max</b>	175 psi
<b>Presión mínima del compresor</b>	135 psi
<b>CFM teórico del compresor</b>	35 CFM
<b>Presión del sistema</b>	90 PSI
<b>Voltaje de la alimentación del motor compresor</b>	440 V
<b>Amperaje en arranque</b>	180 AMP
<b>Amperaje en marcha</b>	125 AMP

Tabla 1, variables medidas del proceso.

### 4.4 Identificación De Fallas

Después de analizar el sistema y conocer su funcionamiento y criticidad en el proceso, se evidencian las siguientes fallas.

- Compresor 2545 IR presenta fuga de aceite.

Se evidencia de deterior del compresor evidenciando fuga de aceite por el cabezo, esto muestra que requiere cambio o mantenimiento general para mejorar la eficiencia de este.

- Capa de polvo sobre el motor que acciona cabezo 2545 IR.

Se evidencia que el motor está cubierto de polvo, esto puede ocasionar calentamiento de este equipo y acortar su vida útil por deterioro de su aislamiento.

- No presenta secador el sistema neumático.

Se evidencia la preparación de aire comprimido sin su unidad de secado, esto puede acortar la vida útil en tuberías, válvulas y actuadores.

- Tubería rígida presenta corrosión.

Los puntos de corrosión y deterioro de la tubería muestran la necesidad de cambio de esta tubería rígida, debido a que no es el material adecuado y esta corrosión son puntos donde se pueden presentar fugas y por su construcción quedaría demorada su cambio, al igual que si presenta desprendimiento de material interno afectaría diferentes elementos en el sistema.

- No se evidencia drenado automático en el recorrido de la tubería.

La falta del drenado en el recorrido de las tuberías afecta la vida útil y funcionamiento de las válvulas y demás elementos, debido que el agua puede ocasionar corrosión y deterioro de componentes.

- No se evidencia inclinación de la tubería.

Se debe seguir las recomendaciones de la poder dar la inclinación sugerida según estándares con el objetivo de que se pueda drenar el condensado de las tuberías de manera correcta.

- Bloque de válvulas desorganizado.

Se evidencia que el bloque de válvula lo estandarizaron a la marca FESTO, pero hay válvulas que están en otras marcas y estas están desorganizadas.

- Bloque de válvulas no se evidencia marcaciones.

Este sistema esta con ausencia de marcas que puedan ayudar la identificación al momento de presentar problemas con algún elemento en la red neumática.

- Tablero de válvulas no posee válvula de seguridad para despresurizar el sistema.

Es recomendable colocar válvulas de seguridad en tablero que ayuda a despresurizar el sistema al momento de presentarse algún incidente o accidente (paro de emergencia neumática)

- Tubería flexible cristalizada y con un color no adecuado.

Se evidencia fugas varias en la tubería flexible (manguera), esto se da por la cristalización del material de esta tubería flexible y presenta un color anormal en el recorrido de esta.

- Cilindros neumáticos no son comerciales.

Se evidencia cilindros neumáticos muy robusto y su marca no es comercial, lo que puede dificultar su remplazo al momento de una avería.

#### **4.5 Consumo de aire de la línea 305 de Concretos Argos**

La línea 305 de concretos argos está compuesta por 5 conjuntos de actuadores los cuales son:

- Conjunto de actuadores en tolva de almacenamiento de agregados
- Conjunto de actuadores en báscula de agregados
- Conjunto de actuador en suministro de agua.
- Conjunto de actuador en chute móvil
- Conjunto de actuador de báscula de cemento.
- Conjunto de colector de polución.

Para obtener el consumo de la planta se debe hallar el consumo de cada conjunto de actuadores por ciclo.

Un ciclo inicia desde el momento que un equipo mezclador (camiones mx) se ubicada baja la planta de producción de concretos y el operador da inicio al sistema, se toma el máximo cargue que puede realizar esta planta el cual es de  $8m^3$ , ya que nuestros equipos (camiones mezcladores) tiene esta capacidad máxima de cargue.

Entendiendo que el ciclo es el cargue de  $8m^3$  en un camión mezclador, se procede a explicar que cada cargue en esta planta de producción se compone de 3 baches, cada bache es una etapa donde la planta suministra cierta cantidad de producto al equipo mezclador.

Calculando la cantidad de veces que se accionan un actuador en un bache y lo multiplicamos por la cantidad de cilindro y luego se multiplica el caudal consumido por cada cilindro se obtiene el consumo de ese conjunto de actuadores, luego se debe sumar el consumo de cada conjunto de actuadores para saber cuál es el consumo total por un cargue de  $8m^3$

#### **4.5.1 Conjunto de actuadores en tolva de almacenamiento de agregados**

Cilindro CON-E-CO REF 1237035, diámetro de embolo 4.5" diámetro de vástago 1"y carrera de 8"

Ilustración 1, Cilindro Neumático de doble efecto, marca CON-E-CO



CANTIDAD DE ACTUADORES= 4 (solo se accionan 3 cilindro por ciclo)

Para hallar el consumo por cilindro se aplica la siguiente formula

$$\text{consumo} = Q = Pc(Ae + Ar)$$

Ecuación 6, consumo de cilindro.

*Consumo = (Presión+1bar) x Carrera x (Superficie lado empuje + Superficie lado retroceso o vástago)*

Para obtener el consumo en Normales litros (litros de aire a presión atmosférica y 25 °C), se debe utilizar la presión en bar + 1bar, la carrera en decímetros, dm, y las superficies en decímetros cuadrados, dm<sup>2</sup>.

$$A_e = \frac{\pi d_e^2}{4} = \frac{\pi(114.3mm)^2}{4} = 10.260,825mm^2 = 1,0260825dm^2$$

$$A_r = \frac{\pi d_e^2}{4} - \frac{\pi d_v^2}{4} = \frac{\pi(114.3mm)^2}{4} - \frac{\pi(25.4mm)^2}{4} = 9754.11mm^2 = 0.975411dm^2$$

La presión es de 90 PSI o 6 bar

$$Q = (6bar + 1bar)(2.03dm)(1,0260825dm^2 + 0,975411dm^2) = 28,44 \text{ Nl}$$

$$Q = 28,44Nl$$

Estos cilindros se accionan 3 por bache y cada ciclo tiene 3 bache y cada uno se accionan por bache 3 veces y por cada hora se puede estar realizando 5 cargues de  $8m^3$

Se tendría un consumo:

$$135 \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \times 28,44 \frac{\text{Nl}}{\text{ciclos}} = 3839,4 \frac{\text{Nl}}{\text{hora}} = 135,58 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{consumo} = 135,58 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

#### 4.5.2 Conjunto de actuadores en báscula de agregados

Cilindro CON-E-CO REF 1237035, diámetro de embolo 4.5" diámetro de vástago 1" y carrera de 8"

**Ver ilustración 2.**

CANTIDAD DE ACTUADORES= 2

Para hallar el consumo por cilindro se aplica la siguiente formula.

$$\text{consumo} = Q = Pc(Ae + Ar)$$

Ecuación 7, consumo de cilindro.

*Consumo = (Presión+1bar) x Carrera x (Superficie lado empuje + Superficie lado retroceso o vástago)*

Para obtener el consumo en Normales litros (litros de aire a presión atmosférica y 25 °C), se debe utilizar la presión en bar + 1bar, la carrera en decímetros, dm, y las superficies en decímetros cuadrados, dm<sup>2</sup>.

$$A_e = \frac{\pi d e^2}{4} = \frac{\pi (114.3 \text{mm})^2}{4} = 10.260,825 \text{mm}^2 = 1,0260825 \text{dm}^2$$

$$A_r = \frac{\pi d e^2}{4} - \frac{\pi d v^2}{4} = \frac{\pi (114.3 \text{mm})^2}{4} - \frac{\pi (25.4 \text{mm})^2}{4} = 9754.11 \text{mm}^2 = 0.975411 \text{dm}^2$$

La presión es de 90 PSI o 6 bar

$$Q = (6\text{bar} + 1\text{bar})(2.03\text{dm})(1,0260825\text{dm}^2 + 0,975411\text{dm}^2) = 28,44 \text{ Nl}$$

$$Q = 28,44\text{Nl}$$

Estos cilindros se accionan los 2 al mismo tiempo por bache y cada ciclo tiene 3 bache y cada uno se accionan por bache 4 veces y por cada hora se puede estar realizando 5 cargues de  $8\text{m}^3$

Tendríamos un consumo:

$$120 \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \times 28,44 \frac{\text{Nl}}{\text{ciclos}} = 3412,8 \frac{\text{Nl}}{\text{hora}} = 120,52 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{consumo} = 120,52 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

### 4.5.3 Conjunto de actuadores en suministro de agua

El actuador neumático que controla el paso de agua hacia el camión mezclador es fabricado por Bray Controls y pertenece a la serie 92/93. Según el manual técnico del fabricante, denominado “Series 92/93 Pneumatic Actuators”, el actuador es de tamaño 63 y su consumo máximo de aire para realizar el movimiento completo de los pistones es de  $219.6 \text{ cm}^3$  o  $0.2196 \text{ Nl}$  a 6 bar de presión de trabajo.

## Ilustración 2, Datos de válvulas Bray

## Pneumatic Actuator Data (Metric)

Approximate Actuator Speeds (Seconds)									
Size	48	63	83	93	119	128	160	210	255
90° Travel	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1/2	1	2	2 3/4

**Note:** Times shown are in seconds at 5.5 bar supply pressure with 1.8 meter tubing having an internal diameter of not less than approximately (6.35 mm) using a Bray Series 62 or Series 63 solenoid. Bray S92/93 actuation times are very dependent on the flow capacity of their air supply. The use of smaller port solenoids, solenoid manifolds, smaller I.D. air supply tubing and/or extended lengths of tubing can significantly reduce the actuation time and/or initial response to the command signal.

Actuator Weights (kg)									
Size	48	63	83	93	119	128	160	210	255
Double Acting	0.9	1.5	2.9	3.9	8.2	9.8	17.7	35.4	65.1
Spring Return	1.0	1.8	3.7	4.9	10.6	12.7	24.2	50.3	115.7

Weights are in kg Spring Return unit weights are with full set of springs on each piston.

Actuator Volumes (cm <sup>3</sup> )									
Size	48	63	83	93	119	128	160	210	255
Counter-Clockwise	93.4	157.3	406.4	638.6	1327.5	1744.5	3072.6	5899.3	12290.3
Clockwise	78.7	219.6	534.2	820.5	1683.1	2303.3	4254.1	7374.2	14748.4

Counter-clockwise: Air volume in cubic millimeters required to push pistons apart, full travel.

Clockwise: Air volume in cubic millimeters required to push pistons together, full travel.

Realizando el análisis para la planta cargando  $8m^3$  en 3 baches y que en una hora se pueden realizar máximo 5 cargues de esta cantidad de concreto se tiene entonces que el consumo de este actuador neumático es igual a:

$$15 \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \times 0.2196 \frac{\text{Nl}}{\text{ciclos}} = 3.294 \frac{\text{Nl}}{\text{hora}} = 0.116 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{consumo} = 0.116 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

#### 4.5.4 Conjunto de actuador chute móvil

Este conjunto utiliza un cilindro FESTO DNC-100-400-PPVA

Ver anexo 5.

Para hallar el consumo por cilindro se aplica la siguiente formula



$$\text{consumo} = Q = Pc(Ae + Ar)$$

Ecuación 8, consumo de cilindro.

*Consumo = (Presión+1bar) x Carrera x (Superficie lado empuje + Superficie lado retroceso o vástago)*

Para obtener el consumo en Normales litros (litros de aire a presión atmosférica y 25 °C), se utiliza la presión en bar + 1bar, la carrera en decímetros, dm, y las superficies en decímetros cuadrados, dm<sup>2</sup>.

$$A_e = \frac{\pi d e^2}{4} = \frac{\pi (100\text{mm})^2}{4} = 7853,98\text{mm}^2 = 0.785398\text{dm}^2$$

$$A_r = \frac{\pi d e^2}{4} - \frac{\pi d v^2}{4} = \frac{\pi (80\text{mm})^2}{4} - \frac{\pi (20\text{mm})^2}{4} = 7539,82\text{mm}^2 = 0.753982\text{dm}^2$$

La presión es de 90 PSI o 6 bar

$$Q = (6\text{bar} + 1\text{bar})(4\text{dm})(0.785398\text{dm}^2 + 0.753982\text{dm}^2) = 43.1\text{ Nl}$$

$$Q = 43.1\text{ Nl}$$

Este cilindro se accionan 1 vez ciclo y por cada hora se puede estar realizando 5 cargues de 8m<sup>3</sup>(5 ciclos)

Tendríamos un consumo:

$$5 \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \times 43.1 \frac{\text{Nl}}{\text{ciclos}} = 215,5 \frac{\text{Nl}}{\text{hora}} = 7.6103107 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{consumo} = 7.6103107 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

### 4.5.5 Conjunto de actuador bascula de cemento

Ver anexo 6.

Para hallar el consumo por cilindro se aplica la siguiente formula

$$\text{Consumo} = Q = Pc(Ae + Ar)$$

*Consumo = (Presión + 1bar) x Carrera x (Superficie lado empuje + Superficie lado retroceso o vástago)*

Para obtener el consumo en Normales litros (litros de aire a presión atmosférica y 25 °C), se debe utilizar la presión en bar + 1bar, la carrera en decímetros, dm, y las superficies en decímetros cuadrados, dm<sup>2</sup>.

$$A_e = \frac{\pi d_e^2}{4} = \frac{\pi (80\text{mm})^2}{4} = 5026,54\text{mm}^2 = 0.502654\text{dm}^2$$

$$A_r = \frac{\pi d_e^2}{4} - \frac{\pi d_v^2}{4} = \frac{\pi (80\text{mm})^2}{4} - \frac{\pi (20\text{mm})^2}{4} = 4712,3\text{mm}^2 = 0,47123\text{dm}^2$$

La presión es de 90 PSI o 6 bar

$$Q = (6\text{bar} + 1\text{bar})(2.5\text{dm})(0.502654\text{dm}^2 + 0,47123\text{dm}^2) = 17,04 \text{ Nl}$$

$$Q = 17,04 \text{ Nl}$$

Este cilindro se accionan 1 vez por bache y cada ciclo tiene 3 bache y por cada hora se puede estar realizando 5 cargues de 8m<sup>3</sup>

Tendríamos un consumo:

$$15 \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \times 17,04 \frac{\text{Nl}}{\text{ciclos}} = 255.6 \frac{\text{Nl}}{\text{hora}} = 9.0264288 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{Npie}^3$$

$$\text{consumo} = 9.0264288 \frac{\text{Npie}^3}{\text{hora}}$$

#### 4.5.6 Conjunto de colector de polvo central en la planta

El colector central de polvo de la línea 305 fueron fabricados por INGEMOL. Del manual del fabricante se tiene que el consumo de aire comprimido máximo de estos componentes es de  $0.34 \frac{Nm^3}{min}$ .

Ilustración 3, INFORMACION TECNICA COLECTOR INGEMOL.

FABRICANTE		INGEMOL S.A.	
Referencia	IFMV-64-1.700	Sistema limpieza	Jet Pulse On-Line
Volumen de aire operación normal (m³/min)	117	Volumen de aire operación normal (m³/h)	7.000
Temperatura trabajo (°C)	40	Temperatura máxima (°C)	135
Consumo aire comprimido Min (m³/min)	0,23	Consumo aire comprimido Max (m³/min)	0,34
Díametro manga (mm)	152	Largo manga (mm)	1.700
Cantidad de mangas	64	Superficie manga (m²)	0,81
Relación de filtración (m³/min x m²)	2,2	Max. presión diferencial (mm.c.a.)	100
Superficie total (m²)	52	Carga de material (grs/m³)	30 - 50
Área perforaciones mangas (m²)	1,15	Velocidad en ducto entrada y salida (m/seg)	18 m/s
Can velocity (m/min)	51	Área carcasa filtro (m²)	3,81

Teniendo en cuenta que el colector central funciona mientras se esté cargando el mixer (camión mezclador) del cemento que viene desde la báscula, se realizaron una serie de mediciones de tiempo de cargue de cemento desde la báscula hasta el mixer (camión mezclador), dando como resultado un tiempo máximo de cargue de 2 minutos por bache (se debe tener en cuenta que el colector central sigue en funcionamiento 10 segundos después de terminado el cargue de cemento al mixer para limpiar la polución residual), por lo que el tiempo de funcionamiento por bache (ciclo de cargue) es de 2 minutos con 10 segundos (2.16 minutos).

Además, cabe recordar que el número máximo de baches es de 3 y que se realizan 5 cargues por hora. De esta manera el consumo máximo de aire comprimido por parte del colector central para la planta es igual a:

$$1.34 \frac{Nm^3}{min} \times 2.16 \frac{min}{baches} \times 3 \frac{baches}{cargue} = 2,2032 \frac{Nm^3}{hora} = 0.0778052737 \frac{Nm^3}{hora}$$

#### 4.5.7 Suma de consumo de aire comprimido de los actuadores de la planta

El consumo total de aire comprimido de la planta es la suma del consumo específico de todos los actuadores y sistemas neumáticos.

$$Q_{T=} = 9.0264288 \frac{Npie^3}{hora} + 7.6103107 \frac{Npie^3}{hora} + 0.116 \frac{Npie^3}{hora} + 120,52 \frac{Npie^3}{hora} + 135,58 \frac{Npie^3}{hora} + 0.0778052737 \frac{Npie^3}{hora}$$

$$Q_T = 272,92 \frac{Npie^3}{hora}$$

#### 4.5.8 Estimación de fuga

Según el artículo Instalación de Aire Comprimido de la Universidad de Oviedo, instalaciones bien conservadas presentan normalmente fugas que rondan entre el 2 y el 5%. Instalaciones con varios años de servicio pueden llegar a tener fugas del orden del 10%. Teniendo en cuenta que la línea 305 es relativamente vieja, se estimará el consumo por fugas en el orden del 10%. Por tanto, el consumo real es igual a:

$$Q_r = 272,92 \frac{Npie^3}{hora} \times 1.1 = 300,21 \frac{Npie^3}{hora}$$

#### 4.5.9 Tiempo de cargue de compresor 2545 IR

Realizando la validación en campo y revisando el informe enviado por contratistas encargados de realizar mantenimiento a los compresores de la planta, se encontró que descargado pasa de 0 PSI a 175 PSI en 4 minutos con 10 segundos. Además, tiene un rango de operación de entre 135 PSI y 175 PSI con un tiempo de cargue de 1 minuto con 30 segundos en este rango de operación.

## 4.6 Cálculo de fuerza desarrollada en cilindros neumáticos

Con el conocimiento del sistema neumático y la importancia de cada uno de sus elementos, revisamos los actuadores de la planta, debido que el área de mantenimiento está interesada en conocer que homologación aplicaría para los cilindros que en estos momentos se usan en la planta( CON-E-CO 4,5X8), en la actualidad la planta tiene 6 cilindros con esta referencia, y se conoce que estos cilindros son los originales con los que llegó la planta y hasta el momento están trabajando sin mostrar complicaciones en su desarrollo por esta justificación solo nos enfocamos en el cálculo de la fuerza desarrollada por el cilindro según la presión del sistema y dimensiones físicas del cilindro.

Se mencionan los valores que se tienen de este cilindro.

**Diámetro del embolo= 4,5 in= 114.3 mm**

**Diámetro del vástago= 1 in = 25.4 mm**

**Carrear del cilindro= 8 in = 203.2 mm**

**Presión del sistema = 90 psi**

Luego se hallan las áreas de cada lado del pistón del cilindro.

$$A_e = \frac{\pi d_e^2}{4} = \frac{\pi(114.3mm)^2}{4} = 10.260,825mm^2 = 1,0260825dm^2 = 15.90in^2$$

$$A_r = \frac{\pi d_e^2}{4} - \frac{\pi d_v^2}{4} = \frac{\pi(114.3mm)^2}{4} - \frac{\pi(25.4mm)^2}{4} = 9754.11mm^2 = 0.975411dm^2$$

$$= 15.11in^2$$

Se aplica la ley de PASCAL la cual se expresa de la siguiente manera

$$Presion = \frac{fuerza}{area}$$

Ecuación 9, ley de pascal.

Fuerza desarrollada en la salida del vástago

$$F_e = 90 \frac{lb}{in^2} \times 15.90in^2$$

$$F_e = 1431 \text{ lb}$$

Fuerza desarrollada en el retroceso del vástago

$$F_e = 90 \frac{\text{Lb}}{\text{In}^2} \times 15.11 \text{In}^2$$

$$F_e = 1359 \text{ lb}$$

#### 4.7 Análisis para el diámetro adecuado de tubería en el transporte de aire comprimido hasta el tablero de distribución

Se realiza el análisis del diámetro de la tubería que transporta el aire hasta el bloque de válvulas de distribución, la idea es poder escoger el diámetro correcto y pueda tener mejor desempeño los actuadores del sistema, aumentando la reacción de cada elemento y aumentando su eficiencia.

Para esto se debe conocer que el aire en la tubería genera una fricción la cual afecta el sistema en pérdidas de energía y si la tubería tiene largas distancia se debe colocar tuberías de mayor diámetro para disminuir dichas perdidas.

Por estas condiciones es difícil sostener la presión de la salida del compresor a lo largo de la tubería, pero si podemos controlar las perdidas en valores aceptables para el sistema.

Como regla se maneja que la caída de presión debe ser máximo 2%, por tal motivo se debe seleccionar la tubería con holgura sin entrar en el sobre dimensionamiento ya que afectará el costo del proyecto.

Para dimensionar las tuberías tenemos en cuenta los diferentes aspectos de una tubería obviando pérdidas por accesorios ya que el sistema requiere 25 metros lineales de tubería con 8 accesorios en su recorrido (codos) por esta razón se deprecia en la selección.

Estas pérdidas se obvian debido a la información obtenida por el fabricante donde explica que por cada 30 metros lineales de tuberías tiene una caída de presión de 1 PSI y como la tubería de la red neumática no llega a 30 metros, estas pérdidas estarían por debajo de 1 PSI y conociendo que el tanque acumulador almacena aire comprimido a 175 PSI y la presión

de trabajo final está saeteada a 90 PSI, por esta información no se tienen en cuenta las pérdidas en la tubería.

**Ver anexo 21.**

Longitud de tubería: entre más distancia de tubería se tenga las pérdidas se aumentan.

Velocidad del aire: cuando la velocidad de circulación es mayor estas pérdidas de presión aumentan, de manera que existe un límite de velocidad dependiendo del tipo de tubería que sea:

- Tubería principal: 8 m/s.
  - Tubería secundaria: 10 m/s.
  - Tubería de servicio: 15 m/s.
  - Tubería interconexión: 20 a 30 m/s.
- 
- Presión absoluta: esta presión la tenemos a la salida el compresor y afecta directamente las pérdidas.
  - Diámetro de tubería: este es inversamente proporcional a la caída de presión.

Para dimensionar la tubería y estar dentro de estos márgenes de pérdidas se realiza el siguiente cálculo.

Conociendo que el compresor genera un caudal de 35 CFM (991.08 l/m) y la presión de máxima acumulada en el tanque pulmón es de 175 PSI que es igual a 12.06 BAR, con una velocidad de 8m/s, se toma esta velocidad ya que es una tubería principal.

Se calcula el diámetro utilizando la siguiente fórmula.

$$D = \sqrt{\frac{100xQ_d}{4.71xPxV}}$$

Ecuación 10, ecuación para cálculo de tubería.

Carnicer Royo, E. (1977).

Donde:

D = Diámetro de tubería [mm]

Qd = Caudal de diseño [l/min]

P = Presión de diseño [bar]

V = Velocidad de diseño [m/s]

$$D = \sqrt{\frac{100x(991.08 \frac{l}{min})}{4.71x(12.06bar)x(8 \frac{m}{s})}}$$

$$D = 14.76 \text{ mm}$$

En las instrucciones del fabricante del compresor se recomienda una tubería mínima de  $\frac{3}{4}$ -in o su relación más cercana en milímetros que sería 19mm.

#### **4.8 Criterios de comparación para la selección de la alternativa de solución**

Para la evaluación de las posibles soluciones en cuanto al rediseño de la red neumática para la línea 305 para la empresa CONCRETOS ARGOS, se procedió a entrevistar al ingeniero de planeación del área de mantenimiento y al profesional del área de ingeniería de mantenimiento de la empresa donde se llega a un consenso sobre los mejores parámetros



para revisar las propuestas que se entregaran después de realizar todo el trabajo investigativo sustentado en este capítulo.

Estas variables deben ser capaz de poder darle claridad a cualquier persona que se desenvuelva en el mantenimiento de la empresa concretos argos.

La primera variable seleccionada es la seguridad, debido a los altos estándares en los que CONCRETOS ARGOS al pasar del tiempo ha venido entrando para poder mostrarle a sus trabajadores el claro compromiso de dar a todas las herramientas necesarias para su autoprotección, el cuidado ellos mismos y sus compañeros, esto con el objetivo de inculcar en sus trabajadores la importancia del trabajo seguro en la red neumática de la empresa concretos argos, debido que la empresa solo permite cero accidentes, y unos de sus pilares es la seguridad. Por este motivo se revisó si el sistema contaba con los elementos mínimos para poder brindarles seguridad a las personas que estén cerca y en casos de emergencias.

La segunda variable evaluada fue el costo. En la actualidad las diferentes compañías están en una fuerte lucha para hacer que sus procesos sean lo más eficiente posibles y sus mejoras sean las estrictamente necesarias. Por estas condiciones se incluye la variable costos debido que la empresa requiere que las propuestas sean lo más aterrizadas a la necesidad del sistema y la empresa, y aún más en este caso debido que la economía entre en una recesión y las diferentes áreas producción les toco hacer un alto en sus procesos productivos generando un balance moderado, de aquí la necesidad de ser estricto con las propuestas y los elementos necesarios para el rediseño que se proponga.

La tercera variable que se incluyo fue la confiabilidad, esto se tiene en cuenta ay que las diferentes compañías necesitan que sus equipos tengan la menor probabilidad de fallas y de esta menar mejorar las condiciones de los equipos. En argos esta confiabilidad tiene una gran importancia debido que el mercado concretero es bastante competitivo y para seguir siendo los números uno en este sector, ARGOS realiza una promesa de valor a sus clientes donde incluye entregas a tiempo del concreto y producto de alto estándar de calidad.

#### **4.9 Selección de la alternativa para el rediseño de la red neumática en la línea 305 para la empresa CONCRETOS ARGOS**

Se revisa que soluciones le pueden ser viable para la empresa en cuanto a costos y funcionalidad en el sistema.

Se conversa con el área de planeación de mantenimiento de Concretos Argos y muestran una buena aceptación con la marca FESTO, ya que sus válvulas direccionales, cilindros neumáticos y mangueras son de esta marca y en cuanto a su funcionalidad y calidad les ha parecido muy buena, con esta información se procede a realizar investigación en esta marca para poder saber si existe alguna mejora en estos productos, los cuales se puedan recomendar en este sistema y poder mejorar su confiabilidad.

Recomendaciones por componentes.

- Compresor

Se recomienda realizar reparación general al equipo, debido que hay presencia de aceite por válvulas y eje de cigüeñal, esto nos puede indicar desgates en el sistema motriz.

**Ver anexo 8.**

- Posenfriador

Se recomienda realizar limpieza más seguida ya que la acumulación de polvo afectaría por mal intercambio térmico.

- Motor eléctrico

El motor se observa con una capa de polvo, esta condición afecta el rendimiento del equipo ya que al aumentar la temperatura se afecta las bobinas internas y rodamientos, se debe realizar un mantenimiento donde con entregables de medidas de índice de polarización y el índice de absorción eléctrica

- Tubería rígida

Se recomienda cambiarla debido a que se observan puntos de corrosión sobre ella, lo cual nos indica que puede estar en estado de deterioro por dentro, adicional se recomienda cambiar el diámetro de esta ya que la tubería presenta una temperatura elevada en su exterior lo cual nos puede indicar que existe mucha fricción dentro de ella.

**Ver anexo 9.**

- Drenadores

Se recomienda instalar un drenador en el recorrido de esta tubería y de esta manera se mejora en la eliminación del condensado

- Válvula de seguridad en tablero

Se debe instalar una válvula de seguridad afuera del tablero de neumático para poder descargar todo el aire del sistema en el momento que se tenga una emergencia.

- Tablero neumático

Se debe realizar marcación de todas las válvulas y accesorio dentro del tablero neumático, de esta manera se logra identificar rápidamente cualquier avería en este sistema, se debe exigir levantamiento de planos neumáticos y electro neumáticos.

**Ver anexo 10.**

- Válvula de control de actuadores de válvula

Se debe organizar en un cajón las válvulas que controlan los actuadores de las válvulas de control de agua, debido a que estas están en malas condiciones.

- Tubería flexible (manguera)

Se evidencia que la tubería esta cristalizada y presenta un color inusual, se debe cambiar todas las mangueras por múltiples fugas en recorrido y en puntos de acoples con racores.

**Datos técnicos de manguera usada actualmente en el sistema.**

**Ver anexo 12.**

- Cilindros

Los cilindros del sistema requieren mantenimiento debido a que presentan capas de polución en toda su estructura y lo más grave que sus vástagos se están viendo afectados ya que se están formando costras de suciedad y esto acorta la vida útil del componente.

#### 4.9.1 Opción 1

<b>OPCION 1</b>						
<b>ETAP A</b>	<b>COMPONEN TE</b>	<b>REPUEST O</b>	<b>ACTIVIDA D</b>	<b>DESCRIPCIO N</b>	<b>COSTO DEL COMPONE NTE</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>
<b>1</b>	<b>COMPRESOR</b>	-	SI	REPARACION	-	\$ 2,000,000
	<b>TANQUE</b>	-	-	-	-	-
	<b>POSENFRIADOR</b>	-	-	-	-	-
	<b>MOTOR ELECTRICO</b>	-	SI	MANTENIMIENTO	-	\$ 850,000
<b>2</b>	<b>TUBERIA RIGIDA</b>	SI	SI	INSTALAR TUBERIA NUEVA EN ALUMINIO. REF: ITA-19mm	\$ 750,000	\$ 800,000

				(CANTIDAD 25 MTS)		
	<b>DRENADORES</b>	-	-	-	-	-
<b>3</b>	<b>VALVULA DE SEGURIDAD EN TABLERO</b>	-	-	-	-	-
	<b>TABLERO NEUMATICO</b>	-	SI	ORGANIZAR, MARCAR Y REALIZAR LEVATAMIENTOS DE PLANOS	-	\$ 1,900,000
	<b>TUBERIA FLEXIBLE(MANGUERA)</b>	SI	SI	MANGUERA FESTO PUN-H- 10X1.5-SW (CANTIDAD 400 MTS)	\$ 5,600,200	\$ 800,000
<b>4</b>	<b>CILINDROS</b>	-	-	-	-	-

Tabla 2, Opción 1

**1 UNIDAD DE PREPARACION DE AIRE COMPRIMIDO****2 TRANSPORTE DE AIRE****3 CONTROL DEL FLUJO DE AIRE****4 ACTUADOR**

Basándonos en las necesidades iniciales que presenta el sistema de la red neumática y la situación actual de los mercados en Colombia se organiza la siguiente información de esta manera se mejora el funcionamiento eliminando fugas y realizando recomendaciones para que se haga seguimiento en las rutinas de mantenimiento preventivo del sistema

Esta opción requiere una inversión de:

<b>COSTO DEL COMPONENTE</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
\$ 6,470,200	\$ 5,350,000	\$ 11,820,200

Tabla 3, Costos finales de la opción 1.

#### 4.9.2 Opción 2

<b>OPCION 2</b>						
<b>ETAP A</b>	<b>COMPONEN TE</b>	<b>REPUEST O</b>	<b>ACTIVIDA D</b>	<b>DESCRIP CION</b>	<b>COSTO DEL COMPON ENTE</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>
<b>1</b>	<b>COMPRESOR</b>	-	SI	REPARACION	-	\$ 1,000,000
	<b>TANQUE</b>	-	-	-	-	-
	<b>POSENFRIADOR</b>	-	-	-	-	-
	<b>MOTOR ELECTRICO</b>	-	-	MANTENIMIENTO	-	\$ 850,000
	<b>SECADOR</b>	SI	-	REF: D54IN IR	-	\$ 4,000,000 -

2	<b>TUBERIA RIDGIDA</b>	SI	SI	INSTALAR TUBERIA NUEVA EN ALUMINI O. REF:  ITA-19mm CANTIDA D 29 MTS)	\$ 870,000	\$ 800,000
	<b>DRENADORE S</b>	SI	-	REF: MS6- LWS-AGD- U- V(FESTO)	\$ 401,200	-
3	<b>VALVULA DE SEGURIDAD EN TABLERO</b>	SI	-	REF:  162810 FESTO  VÁL. MARCHA/ PA. HE-1/2- D-MIDI	\$ 327,203	-
	<b>TABLERO NEUMATICO</b>	-	SI	ORGANIZ AR, MARCAR Y REALIZAR LEVATAM IENTO DE PLANOS	-	\$ 1,900,000

	<b>TUBERIA FLEXIBLE(M ANGUERA)</b>	SI	-	MANGUE RA FESTO PLN- 10X1.5-SW (CANTID 400 MTS)	\$ 6,105,200	\$ 800,000
<b>4</b>	<b>CILINDROS</b>	-	-	-	-	-

Tabla 4, Opción 2.

**1 UNIDAD DE PREPARACION DE AIRE COMPRIMIDO****2 TRANSPORTE DE AIRE****3 CONTROL DEL FLUJO DE AIRE****4 ACTUADOR**

En esta segunda opción se muestra la posibilidad de mejorar las fugas en el sistema recomendaciones para poder tener la información del sistema, adicionamos seguridad en las líneas de aire y mejor manejo del aire cumpliendo con las normas de manejo de aire.

Esta opción requiere una inversión de:

<b>COSTO DEL COMPONENTE</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
\$ 7,703,603	\$ 9,050,000	\$ 16,753,603

Tabla 5, Costos finales de la opción 2.



## 4.9.3 Opción 3

<b>OPCION 3</b>						
<b>ETAP A</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>REPUESTO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO DEL COMPONENTE</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>
<b>1</b>	<b>COMPRESOR</b>	-	SI	REPARACION	-	\$ 1,000,000
	<b>TANQUE</b>	-	-	-	-	-
	<b>POSENFRIADOR</b>	-	-	-	-	-
	<b>MOTOR ELECTRICO</b>	-	SI	MANTENIMIENTO	-	\$ 850,000
	<b>SECADOR</b>	SI	-	REF: D54IN IR	-	\$ 4,000,000 -
<b>2</b>	<b>TUBERIA RIGIDA</b>	SI	SI	INSTALAR TUBERIA NUEVA EN ALUMINIO. REF: ITA-19mm CANTIDAD 29 MTS)	\$ 870,000	\$ 800,000

	<b>DRENADORES</b>	SI	-	REF: MS6- LWS-AGD- U-V(FESTO)	\$ 401,200	-
<b>3</b>	<b>VALVULA DE SEGURIDAD EN TABLERO</b>	SI	-	REF:  162810 FESTO  VÁL. MARCHA/P A. HE-1/2-D- MIDI	\$ 327,203	-
	<b>TABLERO NEUMATICO</b>	-	SI	ORGANIZA R, MARCAR Y REALIZAR LEVATAMI ENTO DE PLANOS	-	\$ 1,600,000
	<b>TUBERIA FLEXIBLE(MA NGUERA)</b>	SI	-	MANGUER A FESTO PLN-10X1.5- SW <b>(CANTID 400 MTS)</b>	\$ 6,105,200	\$ 800,000
<b>4</b>	<b>CILINDROS</b>	SI	SI	INTALAR CILINDROS REF: 1804964 DSBC-125-	\$ 10,707,006	\$ 1,300,000

				250-PPVA- N3 (CANTIDAD 6)		
--	--	--	--	------------------------------------	--	--

Tabla 6, Opción 3.

**1 UNIDAD DE PREPARACION DE AIRE COMPRIMIDO****2 TRANSPORTE DE AIRE****3 CONTROL DEL FLUJO DE AIRE****4 ACTUADOR**

En esta segunda opción se muestra la posibilidad de mejorar las fugas en el sistema con tubería flexible la cual dará mayor seguridad y confiabilidad, a su vez se selecciona una tubería que da una menor caída de presión y por su material tendrá mayor vida de servicio, se entregan recomendaciones para poder tener la información del sistema (planos) y en caso de cualquier novedad se ubiquen las fallas rápidamente, se adiciona seguridad en las líneas de aire y mejor manejo del aire cumpliendo con las normas, se sigue solicitud del área de mantenimiento en cuanto a revisar una opciones de cilindros más económicos y de buena disponibilidad en el mercado local, se utiliza la marca FESTO ya que esta es con la que se está estandarizando las plantas de zona norte.

Esta opción requiere una inversión de:

<b>COSTO DEL COMPONENTE</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
\$ 18,410,609	\$ 10,350,000	\$ 28,760,609

Tabla 7, Costos finales de la opción 3.

#### 4.9.4 Elementos recomendados

- **SECADOR D54IN IR**

Marca INGERSOLL RAND.

**Ver anexo 13.**

- **Tubería de transporte de aire.**

Marca AIREXPRESS

**Ver anexo 14.**

**Ver anexo 15.**

- **DRENADOR MS6-LWS-AGD-U-V**

Marca FESTO.

**Ver anexo 16.**

**Ver anexo 17.**

- **VÁL. MARCHA/PA. HE-1/2-D-MIDI**

Marca FESTO.

**Ver anexo 18.**

**Ver anexo 19.**

- **TUBERIA FLEXIBLES(MANGUERAS) PLN-10X1.5-SW**

Marca FESTO

**Ver anexo 20.**

- **TUBERIA FLEXIBLES(MANGUERAS) PUN-H-10X1.5-WS**

Marca FESTO.

**Ver anexo 21.**

- **CILINDRO DSBC-125-250-PPVA-N3**

Marca FESTO.

Ver anexo 22.

#### 4.9.5 Evaluación De La Mejor Opción Del Sistema Neumática De La Línea 305 De Concretos Argos

Se realiza la evaluación con los siguientes criterios.

- Seguridad
- Costo
- confiabilidad

Y se obtienen los siguientes resultados.

	PONDERADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
<b>SEGURIDAD</b>	40%	5	8	8
<b>COSTO</b>	30%	9	7	5
<b>CONFIABILIDAD</b>	30%	6	8	9

<b>CALIFICACIÓN</b>	6.5	7.7	7.1
<b>PORCENTAJE</b>	65%	77%	71%

Tabla 8, Ponderación de propuestas.

**Obteniendo como mejor opción la 2. Con un porcentaje de favorabilidad del 77%**

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Recomendaciones

En esta propuesta se pueden encontrar recomendaciones en mantenimientos de motor y compresor, ya que este viene trabajando bien, pero requiere corregir fugas y mejorar limpieza para disminuir el riesgo de fallas por exceso de temperatura.

Se encuentra que el diámetro de tubería idóneo para el proceso con la recomendación más adecuada para el proceso como es la tubería en aluminio de la marca AIREXPRESS, este elemento nos da una menor pérdida de presión por diseño.

Luego se muestra la válvula adecuada para poder despresurizar el sistema en caso de emergencia, esta permitirá controlar mecánicamente el corte y despresurización de toda la línea principal del sistema neumático.

Luego se muestra la tubería flexible(manguera) más idónea para el proceso y el ambiente donde estas trabajan, debido a que la manguera que actualmente usan tiene problemas de hidrólisis, problemas con los rayos UV, y problemas con los agentes externos como es el cemento que se adhiere a esta tubería flexible.

Con estas recomendaciones el sistema neumático puede mejorar su rendimiento debido a que las fugas se minimizaran, el flujo llegará con mayor facilidad hasta los elementos finales y las caídas de presión se minimizaran.

### 5.2 Conclusiones

Se realiza la caracterización del sistema neumático de la línea 305, de la empresa concretos argos, para esta labor se ejecutó el reconocimiento del sistema y su importancia en la planta de producción, se midieron variables del sistema para reconocer verificar su funcionamiento, llegando a encontrar fallas las cuales hacen disminuir su eficiencia y confiabilidad.

Entendiendo el sistema y su función, se coordina entrevista con el profesional de planeación de mantenimiento de la empresa Concretos Argos, para revisar las fallas más comunes y poder aterrizar las exceptivas del estudio presentado.

Se realiza investigación de posibles soluciones para mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema, encontrando las 3 opciones más adecuadas para presentar a la empresa concretos argos.

Además, la evaluación de las propuestas, para determinar la más idónea para la solución de los problemas del sistema de la red neumática, esta propuesta es presentada a la empresa, evidenciando los componentes que ayudarán a mejorar la eficiencia y disponibilidad del sistema.

## 6. Bibliografía

- Bray . (28 de Febrero de 2019). *Series 92/93 Pneumatic Actuators Technical Manual*. Obtenido de Series 92/93 Pneumatic Actuators Technical Manual: <https://bray.com/docs/default-source/brochures/product-brochures/92-93/pneumatic-actuators-accessories---technical-manual.pdf>
- Bray. (s.f.). *pneumatic-actuators-accessories - technical-manua*.
- Diana Deaza Carvajal, D. A. (2019). *Cálculo y selección de un sistema de tratamiento de aire comprimido para la red neumática del laboratorio de automatización de la facultad tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Bogotá.
- Domínguez, J. G. (2018). *Circuitos neumáticos aplicados a la industria manufacturera*. México.
- Fernández, J. M. (s.f.). *Neumática Básica*. Obtenido de Neumática Básica: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33210813/19112859-CURSO-DE-NEUMATICAv20.pdf?1394744845=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNeumatica\\_Basica\\_Neumatica\\_Basica.pdf&Expires=1591125682&Signature=VXR0~x-mCIGEPREONhPMs28U-TqfKBiN3xoNvwtgK48w](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33210813/19112859-CURSO-DE-NEUMATICAv20.pdf?1394744845=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNeumatica_Basica_Neumatica_Basica.pdf&Expires=1591125682&Signature=VXR0~x-mCIGEPREONhPMs28U-TqfKBiN3xoNvwtgK48w)
- Festo. (Febrero de 2018). *Festo*. Obtenido de Cilindros normalizados DNC, ISO 15552: [https://www.festo.com/cat/en-gb\\_gb/data/doc\\_ES/PDF/ES/DNC\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/DNC_ES.PDF)
- Festo. (Abril de 2020). *Tubos de plástico, con calibración exterior*. Obtenido de Tubos de plástico, con calibración exterior: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/data/doc\\_es/PDF/ES/OD-TUBING\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/OD-TUBING_ES.PDF)
- Festo. (s.f.). *Cilindro normalizado*. Obtenido de cilindro normalizado: [https://www.festo.com/cat/es-co\\_co/xDKI.asp?PartNo=1383341&mode=extApp&xR=DKI3WebDataSheetV1&xU=GuestESES&xP=GuestESES](https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp?PartNo=1383341&mode=extApp&xR=DKI3WebDataSheetV1&xU=GuestESES&xP=GuestESES)
- Ingersoll Rand. (2018). *Secadores Frigoríficos PDF*. Obtenido de Secadores Frigoríficos PDF: [https://www.ingersollrand.com/content/dam/ir-products/en/NGDPP/IRITS-0418-046%20DIN%20Refrigerated%20Dryer%20Datasheet\\_A4\\_SPA-LD.pdf](https://www.ingersollrand.com/content/dam/ir-products/en/NGDPP/IRITS-0418-046%20DIN%20Refrigerated%20Dryer%20Datasheet_A4_SPA-LD.pdf)



- Ingersoll Rand. (s.f.). *INGERSOLL RAND - 2545K10V*. Obtenido de INGERSOLL RAND - 2545K10V:  
<https://www.lacasadelcompresor.com.pe/wp-content/uploads/2018/11/Ficha-t%C3%A9cnica-Ingersoll-Rand-10HP-120-min.pdf>
- Konzelmann, A. (2015). *Libro blanco*. Obtenido de Preparación de aire comprimido en sistemas neumáticos:  
[https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/373496/WhitePaper\\_airprep\\_MS\\_es.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/373496/WhitePaper_airprep_MS_es.pdf)
- Majumdar, S. (1998). *Sistemas neumáticos*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Ramírez, F. I. (2017). *INTEGRATED PNEUMATIC AND HYDRAULIC SYSTEMS*. Obtenido de Atlantic International University: <https://phelectronics.cl/wp-content/uploads/2018/06/Integrated-Pneumatic-and-Hydraulic-Systems.pdf>
- Roydisa. (s.f.). *Roydisa*. Obtenido de Roydisa: <https://www.roydisa.es/archivos/2480>
- Royo, C. (1977). *Aire comprimido-Teoría y cálculo de instalaciones*. Barcelona: Gustavo GII SA.
- Salvador, A. G. (1988). *Introducción a la Neumática*. Marcombo: ilustrada.
- SISTEMAS NEUMÁTICOS. (s.f.). *SISTEMAS NEUMÁTICOS*. Obtenido de SISTEMAS NEUMÁTICOS:  
<http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%202.pdf>
- Solé, A. C. (2012). *Neumática e Hidráulica*. Marcombo.
- Troya, M. H. (2010). *Rediseño del Sistema de Aire Comprimido de la Estación de Bombeo-Faisanes del Poliducto Esmeraldas-Quito-Macul*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ingersoll rand, *IRITS-0418-046 DIN Refrigerated Dryer Datasheet\_A4\_SPA-LD*, (sf).
- La casa del compresor. *Ficha-tecnica-Ingersoll-Rand-10HP-120-min*, (2018).
- Carnicer Royo, E. (1977). *Aire comprimido-Teoría y cálculo de instalaciones*. *Barcelona: Gustavo GII SA*.
- Royo, E. C. (1991). *Aire comprimido*. Paraninfo.

## Anexo 1: carta de aceptación



Barranquilla- Atlantico 02/03/20

Para:  
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

De:  
Ing. MARCOS FIDEL SUAREZ  
Profesional de planeación y programación de mantenimiento.

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes con el objetivo de notificarle que al señor Roland David Vergara Nieto identificado con la cedula de ciudadanía 72.347.876 de barranquilla, alumno de la Universidad Antonio Nariño, se le otorga el permiso de realizar la caracterización del sistema de aire comprimido de una de una de las plantas de concretos argos y presentar la propuesta de mejora del sistema evaluado.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Marcos Fidel Suarez Realpe".

MARCOS FIDEL SUSREZ REALPE  
Ingeniero De Planeación Y Programación De Mantenimiento  
CONCRETOS ARGOS S.A.S  
Cel: 312 6530392  
Tel: 3619222 ext. 65641

## Anexo 2: Carta de satisfacción



Barranquilla- Atlántico 28/05/20

Para:  
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

De:  
Ing. MARCOS FIDEL SUAREZ  
Profesional de planeación y programación de mantenimiento.


Cordial saludo,

Por medio de la presente certifico que el señor Roland David Vergara Nieto identificado con la cédula de ciudadanía 72.347.876 de la ciudad de barranquilla, en calidad de estudiante en la profesión de Ingeniería electromecánica. entrega el análisis técnico realizado al sistema neumático de la línea 305 de la empresa concretos argos, dentro de esta muestra un reporte de fallas que actualmente presente dicho sistema y la propuesta de mejora y actualización de componente necesarias.

Atentamente,

MARCOS FIDEL SUSREZ REALPE  
Ingeniero De Planeación Y Programación De Mantenimiento  
CONCRETOS ARGOS S.A.S  
Cel: 312 6530392  
Tel: 3619222 ext. 65641

## Anexo 3: FESTO DNC-100-400-PPVA.

Funcionamiento		Ejecución	Tipo	Diámetro del émbolo	Carrera	Detección de posiciones	Antigiro	Doble vástago hueco	Rosca de vástago prolongada	Rosca interior en el vástago	Rosca especial en el vástago	
				[mm]	[mm]	A	Q	S2/S20	K2	K3	K5	
Doble efecto	Tipo básico											
		DNC	32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500	10 ... 2000	■	■	■	■	■	■	

Datos técnicos generales								
Diámetro del émbolo		32	40	50	63	80	100	125
Conexión neumática		G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
Rosca del vástago		M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
	K3	M6	M8	M10	M10	M12	M12	M16
	K5	M10	M12	M16	M16	M20	M20	M27
Construcción		Émbolo						
		Vástago						
		Tubo perfilado						
Holgura máxima de giro del vástago [°]	Q	±0,65	±0,6	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45	–
Amortiguación		Anillos y discos elásticos en ambos lados						
		Amortiguación neumática regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación PPV [mm]		20	20	22	22	32	32	42
Detección de posiciones		Para detectores de posición						
Tipo de fijación		Con rosca interior						
		Con accesorios						
Posición de montaje		Indistinta						

¡ Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1

# Anexo 4: FESTO DSBC-80-250-PPVA-N3

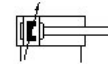
## cilindro normalizado DSBC-80-250-PPVA-N3


Número de artículo: 1383341


★ Gama básica

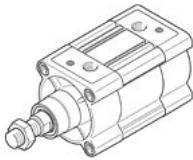
Con amortiguación de final de carrera regulable en ambos lados.

**FESTO**



 Condiciones de servicio generales

 Hoja de datos



### Hoja de datos

Característica	Valor
Fecha de envío	→ Indicación
Carrera	250 mm
Diámetro del émbolo	80 mm
Rosca del vástago	M20x1.5
Amortiguación	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados
Posición de montaje	indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Embolo Vástago Tubo perfilado
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple
Presión de funcionamiento	0.4 ... 12 bar
Modo de funcionamiento	de doble efecto
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4.4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C

A  
V

## Anexo 5: Información compresora 2545

### DESCRIPCIÓN TÉCNICA

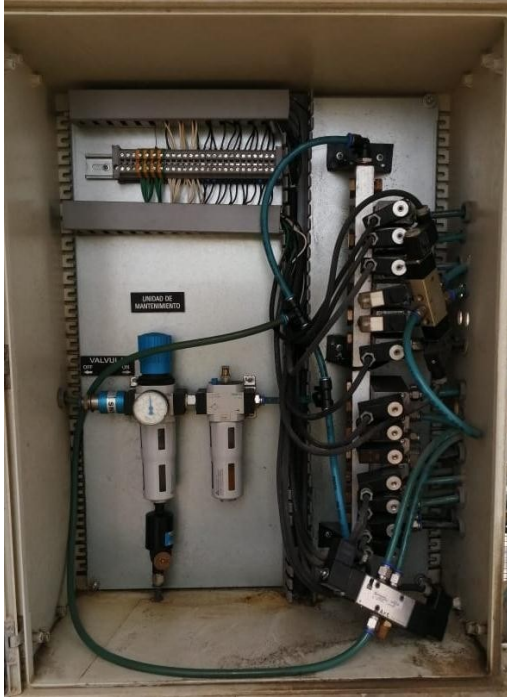
Marca	Ingersoll Rand – EE.UU.
Motor	10 HP
Modelo	2545K10V
Presión	175 PSI
Caudal de aire	35 CFM
Voltaje	Trifásico 380V
Etapas	2
Tanque	120 gl / vertical
<ul style="list-style-type: none"><li>o Manómetro</li><li>o Válvula check de descarga</li><li>o Válvula de drenaje manual</li><li>o Válvula de servicio</li><li>o Válvula de alivio</li></ul>	

Activar Window  
Ver Continuar

## Anexo 6: Estado de tubería del proceso



## Anexo 7: Tablero del sistema neumático





## Anexo 8: Aspecto de deterioro manguera neumática



## Anexo 9: Manguera PUN, marca FESTO

Tubos de plástico PUN-H, resistentes a la hidrólisis

### Hoja de datos

#### Tubo de plástico PUN-H

Con diámetro exterior de 3 ... 16 mm



Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Código del producto	PUN-H-3	PUN-H-4	PUN-H-6	PUN-H-8	PUN-H-10	PUN-H-12	PUN-H-14	PUN-H-16
Diámetro exterior [mm]	3	4	6	8	10	12	14	16
Conexión neumática								
Para racor de conexión [mm]	3	4	6	8	10	12	14	16
Para boquilla estriada con tuerca de unión [mm]	-	3	4	6	-	-	-	-
Presión de funcionamiento en función de la temperatura [bar]	-0,95 ... +10 → diagrama							
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:--:] Agua según declaración del fabricante <sup>1)</sup>							
Temperatura ambiente [°C]	-35 ... +60							
Aptitud para el contacto con alimentos <sup>1)</sup>	Véase la información complementaria sobre el material							
Prueba de inflamabilidad del material	UL94 HB							
Certificación <sup>1)</sup>	TUV							
Características de los tubos flexibles	Apropiado para cadenas de arrastre para aplicaciones con duración de los ciclos elevada							
Condiciones de comprobación de tubos flexibles	Apropiado para cadenas de arrastre: > 5 millones de ciclos según la norma Festo 942021							

1) Válido solo para los colores natural, azul, negro, plateado, rojo, verde, amarillo

## Anexo 10: SECARDOR D54N IR

Modelo	Clase 5: Punto de rocío < 7°C		Clase 4: Punto de rocío < 3°C		Potencia nominal kW	Suministro de energía estándar V/F/Hz	Conexiones de aire pulg. BSP	Dimensiones Largo x ancho x alto mm	Peso kg	Presión de funcionamiento máxima bar g
	m³/min FAD de 20°C	m³/h FAD de 20°C	m³/min FAD de 20°C	m³/h FAD de 20°C						
<b>Refrigerado por aire</b>										
D12IN	0,2	12	0,2	9,6	0,12	230/1/50	¾"	305 x 360 x 408	18	14
D25IN	0,4	25	0,3	20,0	0,12	230/1/50	¾"	305 x 360 x 408	18	14
D42IN	0,7	42	0,6	33,6	0,17	230/1/50	½"	390 x 432 x 454	26	14
<b>D54IN</b>	<b>0,9</b>	<b>54</b>	<b>0,7</b>	<b>43,2</b>	<b>0,20</b>	<b>230/1/50</b>	<b>½"</b>	<b>390 x 432 x 454</b>	<b>26</b>	<b>14</b>
D72IN	1,2	72	1,0	57,6	0,20	230/1/50	½"	390 x 432 x 454	26	14
D108IN	1,8	108	1,4	86,4	0,41	230/1/50	¾"	420 x 515 x 562	33	14
D144IN	2,4	144	1,9	115,2	0,47	230/1/50	¾"	420 x 515 x 562	38	14
D180IN	3,0	180	2,4	144	0,61	230/1/50	¾"	420 x 515 x 562	43	14
D240IN	4,0	240	3,2	192	0,90	230/1/50	1 ½"	500 x 717 x 980	76	14
D300IN	5,0	300	4,0	240	0,90	230/1/50	1 ½"	500 x 717 x 980	76	14
D360IN	6,0	360	4,8	288	0,90	230/1/50	1 ½"	500 x 717 x 980	76	14
D480IN	8,0	480	6,4	384	1,24	230/1/50	1 ½"	500 x 717 x 980	82	14
D600IN	12,0	720	10,0	600	1,24	230/1/50	2"	779 x 720 x 1.360	128	14
D780IN	15,6	936	13,0	780	2,14	400/3/50	2"	779 x 720 x 1.360	158	14
D950IN	19,0	1.140	15,8	950	2,14	400/3/50	2"	779 x 720 x 1.360	162	13
DA1300IN	26,0	1.560	21,7	1.300	2,78	400/3/50	3"	806 x 1.012 x 1.539	234	14
DA1500IN	30,0	1.800	25,0	1.500	2,78	400/3/50	3"	806 x 1.012 x 1.539	234	14
DA1800IN	36,0	2.160	30,0	1.800	2,78	400/3/50	3"	806 x 1.012 x 1.539	234	14
DA2250IN	45,0	2.700	37,5	2.250	3,54	400/3/50	3"	806 x 1.012 x 1.539	260	14

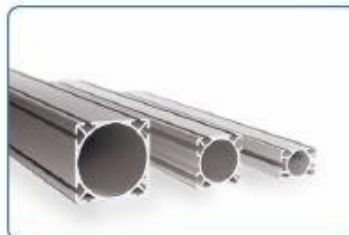
## Anexo 11: Medidas de tubería AIREXPRESS

### Productos *airexpress*



#### Tubería Redonda

160mm	Ref ITA-160
110mm	Ref ITA-110
63mm	Ref ITA-63
42mm	Ref ITA-42
25mm	Ref ITA-25
19mm	Ref ITA-19
12mm	Ref ITA-12



#### Tubería Cuadrada

80mm	Ref ITA-80
50mm	Ref ITA-50
32mm	Ref ITA-32



#### Codo

160mm	Ref C-160
110mm	Ref C-110
63mm	Ref C-63
42mm	Ref C-42
25mm	Ref C-25
19mm	Ref C-19
12mm	Ref C-12



#### Codo

80mm	Ref C-80
50mm	Ref C-50
32mm	Ref C-32



#### Tee

160mm	Ref T-160
110mm	Ref T-110
63mm	Ref T-63
42mm	Ref T-42
25mm	Ref T-25
19mm	Ref T-19
12mm	Ref T-12



#### Tee

80mm	Ref T-80
50mm	Ref T-50
32mm	Ref T-32



#### Abrazaderas

160mm	Ref URE-160
110mm	Ref URE-110
63mm	Ref URE-63
42mm	Ref URE-42



#### Unión Recta

80mm	Ref URE-80
50mm	Ref URE-50
32mm	Ref URE-32
25mm	Ref URE-25
19mm	Ref URE-19
12mm	Ref URE-12

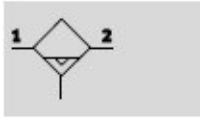
## Anexo 12: Información técnica de tubería

TIPO DE TUBERÍA	AIREXPRESS®	ACERO CARBONO	INOXIDABLE	POLIPROPILENO
Diseño	Especialmente diseñada para la conducción y manejo de aire comprimido	Diseñada especialmente para estructuras; se utiliza también para conducción de fluidos	Diseñada para fluidos que lo requieren, en especial alimentos	Diseñada para conducción de agua; utilizada para aire comprimido
Tiempo para realizar una toma	5 minutos y se puede realizar con la línea presurizada	1 1/2 hora con despresurización	1 1/2 hora con despresurización	1 hora con despresurización
Peso	Hasta 3 veces más liviana	Pesada	Pesada	Liviana
Tipo de Montaje	Acople rápido	Soldado y roscado	Soldado y roscado o grafada	Termo fusionada o roscada
Equipos especiales para el montaje	Ninguno	Soldador, polipasto, tarrajas o roscadora	Soldador, polipasto, tarrajas o grafadora	Polí fusor y matrices, tarrajas o roscadora
Imprevistos	Fácilmente modificable	No es fácilmente modificable	No es fácilmente modificable	No es fácilmente modificable
Mantenimiento y pintura Norma ICONTEC 3458	No requiere	Requiere pintura y mantenimiento periódico para evitar fugas y oxidación	No requiere	requiere
Resistencia en la intemperie	Excelente	Mala (corrosión)	Excelente	A los 2 años pierde sus propiedades a la intemperie por los rayos UV y necesita ser forrada en cinta aislante de aluminio
Trabajos en caliente	Sí se pueden realizar tomas en caliente	No se pueden realizar tomas con la tubería presurizada. Planear paro de la planta. Pérdida de dinero por recarga de la tubería	No se pueden realizar tomas con la tubería presurizada. Planear paro de la planta. Pérdida de dinero por recarga de la tubería	No se pueden realizar tomas con la tubería presurizada. Planear paro de la planta. Pérdida de dinero por recarga de la tubería
Efectos de la corrosión	Por su composición y anodizado o pintura electrostática se protege de agentes oxidantes del aluminio. Las tomas que están directamente expuestas a agentes oxidantes como soda cáustica se pueden realizar en inoxidable o fluoro-resina	Se duplica su rigurosidad y se incrementa su factor de fricción un 20% en 3 años. Mayores pérdidas de presión. Menor conducción de caudal. (Libro de CRANE, flujo de fluidos)	No sufre efectos de la corrosión	No sufre efectos de la corrosión
Fugas	No se presentan. Seño con o-ring doble para mayor seguridad	Se presentan en las roscas y a partir de 2 años se incrementan	Se presentan en las roscas y a partir de 2 años se incrementan	Se presentan en las roscas
Efectos del condensado	Ninguno	Corrosión y fugas	Ninguno	Crystallización y fugas
Calidad del aire comprimido Norma ISO 8573 -1	Mantiene la calidad del aire a través de ella, desde su generación hasta el punto de consumo	Las empresas gastan gran cantidad de dinero en generación, filtrado y secado del aire, pero la tubería oxidada lo contamina	Mantiene la calidad del aire a través de ella, desde su generación hasta el punto de consumo	Mantiene la calidad del aire a través de ella, desde su generación hasta el punto de consumo
Vida útil a 200 psi y a 20°C	No posee problema	No posee problema	No posee problema	1 año

## Anexo 13: DRENADOR MS6-LWS-AGD-U-V

Hoja de datos

Purga de condensado  
Automática



- Caudal  
2400 ... 3800 l/min
- Temperatura  
+1 ... +60 °C
- Presión de funcionamiento  
0,8 ... 16 bar
- [www.festo.com](http://www.festo.com)



Con el separador de agua que no precisa de mantenimiento, se extrae el condensado del aire comprimido.

- Separación constante del condensado (99 %), también con caudal máximo
- Depósito metálico

- Con purga de condensados automática, opcionalmente con control mecánico o eléctrico

- Variante opcional EX4 para el uso en zonas 1, 2, 21 y 22 con peligro de explosión

Datos técnicos generales	
Tamaño	MS6
Conexión neumática 1, 2	
Rosca interior	G $\frac{3}{4}$ , G $\frac{3}{8}$ o G $\frac{1}{2}$
Placa base AG...	G $\frac{3}{4}$ , G $\frac{3}{8}$ , G $\frac{1}{2}$ o G $\frac{3}{4}$
Placa base AQ...	NPT $\frac{1}{4}$ , NPT $\frac{3}{8}$ , NPT $\frac{1}{2}$ o NPT $\frac{3}{4}$
Construcción	Separación por fuerza centrífuga
Tipo de fijación	Con accesorios Montaje en línea
Posición de montaje	Vertical $\pm$ 5°
Clase de pureza del aire en la salida	Aire comprimido según ISO 85731:2010 [7:7:4] (con variante E2, E3 o E4: [-:7:4])
Protección del depósito del filtro	Integrado en la funda metálica
Purga de condensado	Automática Automática, control eléctrico
Grado de purga de condensado [%]	99
Cantidad máx. de condensado [ml]	38

Activar W  
Ve a Configu

! Importante: Este producto cumple con los estándares ISO 1179-1 e ISO 228-1

## Anexo 14: Información técnica DRENADOR MS6-LWS-

## Separadores de agua MS6-LWS, serie MS

FESTO

Hoja de datos

Condiciones de funcionamiento y del entorno		
Purga de condensado	Automática V	Automática, control eléctrico E2/E3/E4
Tamaño	MS6	MS6
Presión de funcionamiento [bar]	2 ... 12 (2 ... 10) <sup>1)</sup>	0,8 ... 16 (0,8 ... 10) <sup>1)</sup>
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-]	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [-:-:-]
	Gases inertes	
Temperatura ambiente [°C]	+5 ... +60	+1 ... +60
Temperatura del fluido [°C]	+5 ... +60	+1 ... +60
Temperatura de almacenamiento [°C]	-10 ... +60	+1 ... +60
Clase de resistencia a la corrosión <sup>2)</sup>	2	
Apropiado para el contacto con alimentos <sup>3)</sup>	Consultar información ampliada sobre el material	-
Certificación UL <sup>3)</sup>	c UL us - Recognized (OL)	

1) El valor entre paréntesis es válido para MS6-LWS con certificación UL.

2) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070

Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

3) Más información [www.festo.com/sp](http://www.festo.com/sp) → Certificates.

ATEX	
Certificación UE	EX4
ATEX, categoría gas	II 2G
Ex-protección contra encendido gas	Ex h IIC T6 Gb X
ATEX, categoría polvo	II 2D
EX-protección contra encendido polvo	Ex h IIC T60°C Db X
ATEX, temperatura ambiente	+5 °C ≤ Ta ≤ +60 °C
Símbolo CE (consultar declaración de conformidad) <sup>1)</sup>	Según directiva de protección contra explosiones de la UE (ATEX)

1) Más información [www.festo.com/sp](http://www.festo.com/sp) → Certificates.

Pesos [g]	
Tamaño	MS6
Separador de agua	820
Purga automática de condensado con control eléctrico E2/E3/E4	1800

Activar Win  
Ve a Configura





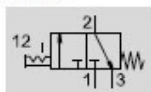
# Anexo 16: VÁL. MARCHA/PA. HE-1/2-D-MIDI

## Válvulas de cierre HE, serie D, ejecución metálica

Hoja de datos

FESTO

Función



- - Caudal  
1000 ... 6500 l/min
- - Temperatura  
-10 ... +60 °C
- - Presión de funcionamiento  
0 ... 16 bar



- Válvula de cierre manual de 3/2 vías
- Al desconectarse descarga el aire
- Mediante una conexión roscada es posible recuperar el aire de escape
- Posición reconocible visualmente
- Candado (artículo comercial) para asegurar la posición de bloqueo

Datos técnicos generales													
Tamaño	Mini				Midi					Maxi			
Conexión neumática 1, 2	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	- <sup>1)</sup>	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{3}{4}$	- <sup>1)</sup>	G $\frac{1}{2}$	G $\frac{3}{4}$	G1	- <sup>1)</sup>
Conexión neumática 3	G $\frac{1}{8}$				G $\frac{1}{4}$					G $\frac{3}{8}$			
Construcción	Válvula de corredera												
Tipo de accionamiento	Manual												
Tipo de fijación	Con accesorios												
	Montaje en línea												
Posición de montaje	Indistinta												
Clase de pureza del aire en la salida	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]												
	Gases inertes												
Funciones de válvulas	Válvula biestable de 3/2 vías												

Activar Windows!  
Ve a Configuración.p...

## Anexo 17: Tubos de plástico PLN

### Tubos de plástico PLN

#### Hoja de datos

##### Tubo de plástico PLN

Los tubos flexibles de polietileno se distinguen por ser muy resistentes a sustancias químicas y a la hidrólisis. También son muy resistentes a agentes de limpieza y a lubricantes.



Condiciones de funcionamiento y del entorno								
Código del producto		PLN-4	PLN-6	PLN-8	PLN-10	PLN-12	PLN-14	PLN-16
Diámetro exterior [mm]		4	6	8	10	12	14	16
Conexión neumática								
Para rasor de conexión [mm]		4	6	8	10	12	14	16
Para boquilla estriada [mm]		3	4	6	-	-	-	-
Para boquilla estriada con tuerca de unión [mm]		3	4	6	-	-	-	-
Presión de funcionamiento en función de la temperatura [bar]		-0,95 ... +14 → diagrama						
Medio de funcionamiento		Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7--]						
		Agua según declaración del fabricante <sup>1)</sup>						
Temperatura ambiente [°C]		-30 ... +80						
Aptitud para el contacto con alimentos <sup>1)</sup>		Véase la información complementaria sobre el material						
Certificación		TÜV						

1) Más información en [www.festo.com/sp](http://www.festo.com/sp) → Certificados.

#### Hoja de datos

Materiales	
Dureza Shore	D 59 ±3
Tubo flexible	PE
Nota sobre los materiales	En conformidad con la Directiva 2002/95/CE (RoHS) Sin cobre ni PTFE

Dimensiones y referencias de pedido								
Diámetro exterior [mm]	Diámetro interior [mm]	Radio de flexión mín. [mm]	Radio de flexión relevante para el caudal [mm]	Peso [kg/m]	Color	Nº art.	Código del producto	PE <sup>1)</sup> [m]
4	2,9	12	25	0,0056	Natural	193403	PLN-4x0,75-NT	50
					Negro	195280	PLN-4x0,75-SW	50
					Azul	558205	PLN-4x0,75-BL	50
					Plateado	558211	PLN-4x0,75-SI	50
					Rojo	558217	PLN-4x0,75-RT	50
6	4	11	32	0,0147	Natural	193404	PLN-6x1-NT	50
					Negro	195281	PLN-6x1-SW	50
					Azul	558206	PLN-6x1-BL	50
					Plateado	558212	PLN-6x1-SI	50
					Rojo	558218	PLN-6x1-RT	50
8	5,9	23	50	0,0214	Natural	193405	PLN-8x1,25-NT	1 ... 50
					Negro	195282	PLN-8x1,25-SW	1 ... 50
					Azul	558207	PLN-8x1,25-BL	1 ... 50
					Plateado	558213	PLN-8x1,25-SI	1 ... 50
					Rojo	558219	PLN-8x1,25-RT	1 ... 50
10	7	22	57	0,0375	Natural	193406	PLN-10x1,5-NT	1 ... 50
					Negro	195283	PLN-10x1,5-SW	1 ... 50
					Azul	558208	PLN-10x1,5-BL	1 ... 50
					Plateado	558214	PLN-10x1,5-SI	1 ... 50
					Rojo	558220	PLN-10x1,5-RT	1 ... 50
12	8,4	23	65	0,054	Natural	193407	PLN-12x1,75-NT	1 ... 50
					Negro	195284	PLN-12x1,75-SW	1 ... 50
					Azul	558209	PLN-12x1,75-BL	1 ... 50
					Plateado	558215	PLN-12x1,75-SI	1 ... 50
					Rojo	558221	PLN-12x1,75-RT	1 ... 50
14	10	40	80	0,07	Natural	570424	PLN-14x2-NT	1 ... 50
					Negro	570423	PLN-14x2-SW	1 ... 50
					Natural	539064	PLN-16x2-NT	1 ... 50
16	12	55	95	0,082	Negro	539065	PLN-16x2-SW	1 ... 50
					Azul	558210	PLN-16x2-BL	1 ... 50
					Plateado	558216	PLN-16x2-SI	1 ... 50
					Rojo	558222	PLN-16x2-RT	1 ... 50

# Anexo 18: Tubos de plástico PUN-H

## Tubos de plástico PUN-H, resistentes a la hidrólisis

### Hoja de datos

Tubo de plástico PUN-H  
Con diámetro exterior de 3 ... 16 mm



Condiciones de funcionamiento y del entorno		PUN-H-3	PUN-H-4	PUN-H-6	PUN-H-8	PUN-H-10	PUN-H-12	PUN-H-14	PUN-H-16
Código del producto									
Diámetro exterior [mm]		3	4	6	8	10	12	14	16
Conexión neumática									
Para racor de conexión [mm]		3	4	6	8	10	12	14	16
Para boquilla estriada con tuerca de unión [mm]		-	3	4	6	-	-	-	-
Presión de funcionamiento en función de la temperatura [bar]		-0,95 ... +10 → diagrama							
Medio de funcionamiento		Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:---] Agua según declaración del fabricante <sup>1)</sup>							
Temperatura ambiente [°C]		-35 ... +60							
Aptitud para el contacto con alimentos <sup>1)</sup>		Véase la información complementaria sobre el material							
Prueba de inflamabilidad del material		UL94 HB							
Certificación <sup>1)</sup>		TUV							
Características de los tubos flexibles		Apropiado para cadenas de armstre para aplicaciones con duración de los ciclos elevada							
Condiciones de comprobación de tubos flexibles		Apropiado para cadenas de armstre: > 5 millones de ciclos según la norma Festo 94.2021							

<sup>1)</sup> Válido solo para los colores natural, azul, negro, plateado, rojo, verde, amarillo  
Más información en [www.festo.com/es](http://www.festo.com/es) → Certificados.

Activar Window

## Tubos de plástico PUN-H, resistentes a la hidrólisis

### Hoja de datos

Dimensiones y referencias de pedido		Radio de flexión mín. [mm]	Radio de flexión relevante para el caudal [mm]	Peso [kg/m]	Color	Nº art.	Código del producto	FE <sup>1)</sup> [m]
Diámetro exterior [mm]	Diámetro interior [mm]							
8	5,7	21	37	0,0287	Natural	* 197378	PUN-H-8x1,25-NT	1 ... 50
					Natural	558266	PUN-H-8x1,25-NT-400	400
					Azul	* 197385	PUN-H-8x1,25-BL	1 ... 50
					Azul	558259	PUN-H-8x1,25-BL-400	400
					Azul translúcido	* 8048691	PUN-H-8x1,25-TBL	50
					Azul translúcido	8048692	PUN-H-8x1,25-TBL-400	400
					Negro	* 197392	PUN-H-8x1,25-SW	1 ... 50
					Negro	558252	PUN-H-8x1,25-SW-400	400
					Negro translúcido	* 8048693	PUN-H-8x1,25-TSW	50
					Negro translúcido	8048694	PUN-H-8x1,25-TSW-400	400
					Plateado	* 558280	PUN-H-8x1,25-SI	1 ... 50
					Plateado	558273	PUN-H-8x1,25-SI-400	400
					Rojo	558287	PUN-H-8x1,25-RT	1 ... 50
					Rojo translúcido	8048695	PUN-H-8x1,25-TRT	50
					Rojo translúcido	8048696	PUN-H-8x1,25-TRT-400	400
					Verde	558294	PUN-H-8x1,25-GN	1 ... 50
					Verde translúcido	8048697	PUN-H-8x1,25-TGN	50
					Verde translúcido	8048698	PUN-H-8x1,25-TGN-400	400
					Amarillo	558301	PUN-H-8x1,25-GE	1 ... 50
					Amarillo translúcido	8048699	PUN-H-8x1,25-TGE	50
					Amarillo translúcido	8048700	PUN-H-8x1,25-TGE-400	400
10	7	28	52	0,0465	Natural	* 197379	PUN-H-10x1,5-NT	1 ... 50
					Natural	558267	PUN-H-10x1,5-NT-300	300
					Azul	* 197386	PUN-H-10x1,5-BL	1 ... 50
					Azul	558260	PUN-H-10x1,5-BL-300	300
					Azul translúcido	* 8048701	PUN-H-10x1,5-TBL	50
					Azul translúcido	8048702	PUN-H-10x1,5-TBL-300	300
					Negro	* 197393	PUN-H-10x1,5-SW	1 ... 50
					Negro	558253	PUN-H-10x1,5-SW-300	300
					Negro translúcido	* 8048703	PUN-H-10x1,5-TSW	50
					Negro translúcido	8048704	PUN-H-10x1,5-TSW-300	300
					Plateado	* 558281	PUN-H-10x1,5-SI	1 ... 50
					Plateado	558274	PUN-H-10x1,5-SI-300	300
					Rojo	558288	PUN-H-10x1,5-RT	1 ... 50
					Rojo translúcido	8048705	PUN-H-10x1,5-TRT	50
					Rojo translúcido	8048706	PUN-H-10x1,5-TRT-300	300

# Anexo 20: CILINDRO DSBC-125-250-PPVA-N3

Cilindro normalizado DSBC, ISO 15552

## Hoja de datos

Función

Amortiguación elástica



Amortiguación PPV



Amortiguación PPS



Diámetro  
32 ... 125 mm

Carrera  
1 ... 2800 mm

www.festo.com



### Especificaciones técnicas generales

Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Forma constructiva	Émbolo/vástago/camisa perfilada						
Modo de operación	De doble efecto						
Conexión neumática							
DSBC...-	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
DSBC...-C	M5	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
Carrera							
DSBC...-	[mm]	1 ... 2800					
DSBC...-Q	[mm]	1 ... 1500					
DSBC...-L1	[mm]	10 ... 1000					
DSBC...-C	[mm]	10 ... 2000					
DSBC...-E1/-E2/-E3	[mm]	10 ... 2000					
DSBC...-P2	[mm]	10 ... 500					
DSBC...-E	[mm]	1 ... 2000					
DSBC...-L	[mm]	1 ... 2000					
Amortiguación							
DSBC...-P	Anillos/placas amortiguadores elásticos en ambos lados						
DSBC...-PPV	Amortiguación neumática regulable en ambos lados						
DSBC...-PPS	Amortiguación neumática autorregulable en ambos lados						

Cilindro normalizado DSBC, ISO 15552

## Hoja de datos

ATEX <sup>1)</sup>	
Categoría ATEX para gas	II 2G
Tipo de protección (contra explosión) de gas	Ex h IIC T4 Gb
Categoría ATEX para polvo	II 2D
Tipo de protección (contra explosión) de polvo	Ex h IIIC T120 °C Db
Temperatura ambiente con riesgo de explosión	-20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de protección contra explosiones de la UE (ATEX)

1) Tener en cuenta la certificación ATEX de los accesorios.

### Fuerzas [N] y energía de impacto [J]

Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica a 6 bar, avance	483	754	1178	1870	3016	4712	7363
Fuerza teórica a 6 bar, retroceso	415	633	990	1682	2721	4418	6881
Energía máx. de impacto en las posiciones finales							
DSBC...-	0,4 <sup>1)</sup>	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3
DSBC...-L/-U/-T1/-T3/-T4	0,2 <sup>1)</sup>	0,35	0,5	0,65	0,9	1,25	1,65
DSBC...-L1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,9	1,25	1,65

1) En combinación con el kit de hélice basculante con pistón (MMT) la energía de impacto máx. es de 0,1 J

## Anexo 21: tabla de flujo de tuberías AIREXPRESS y valores de caídas de presión

### Tasas de flujo a lo largo de la tubería

DIAMETRO INTERIOR		Presión 7 bar 102 PSIG		
mm	in	CFM	l/s	m <sup>3</sup> /h
12	1/2	35	16	59
19	3/4	52	24	88
25	1	72	33	119
32	1 1/4	150	70	254
42	1 1/2	300	141	509
50	2	480	225	815
63	2 1/2	940	444	1597
80	3 1/4	1750	822	2970
110	4	3400	1604	5776
160	6	12000	5663	20388
200	8	28000	13214	45572

#### Notas:

Las tasas de flujo están determinadas con base en 1Psi de caída de presión por cada 30 metros (100 pies de tubería).

Probado de acuerdo con ISO 2944, medido bajo condiciones atmosféricas estándar, 1013mBar (14.7 PSIA y 20°C 68°F).