



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE AIRE  
COMPRIMIDO PARA LAS ÁREAS DE MECÁNICA, VULCANIZADO,  
PINTURA Y TALLER MECÁNICO PARA LA EMPRESA GRUPO  
NOROCCIDENTAL**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

**Autor**

Rios Chamba Victor Alfonso

**Tutor**

Msc. Sarmiento Ortiz Fabián Alberto

QUITO – ECUADOR

2021

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Victor Alfonso Rios Chamba declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre **“DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE AIRE COMPRIMIDO PARA LAS ÁREAS DE MECÁNICA, VULCANIZADO, PINTURA Y TALLER MECÁNICO PARA LA EMPRESA GRUPO NOROCCIDENTAL”**, como requisito para optar al grado de INGENIERO INDUSTRIAL y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los... días del mes de... de 2021....., firmo conforme:

Autor: Victor Alfonso Rios Chamba.

Firma: 

Número de Cédula: 1713225447.

Dirección: Pichincha, Quito, Cumbayá, San Juan Bautista Alto.

Correo Electrónico: vrios487@gmail.com

Teléfono: 0992949791

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE AIRE COMPRIMIDO PARA LAS ÁREAS DE MECÁNICA, VULCANIZADO, PINTURA Y TALLER MECÁNICO PARA LA EMPRESA GRUPO NOROCCIDENTAL**” presentado por Victor Alfonso Rios Chamba, para optar por el Título INGENIERO INDUSTRIAL.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 13 de septiembre del 2021.

.....

Ing. Fabián Alberto Sarmiento Ortiz Msc.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de INGENIERO INDUSTRIAL, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito 13 De septiembre del 2021



Victor Alfonso Rios Chamba

1713225447

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE AIRE COMPRIMIDO PARA LAS ÁREAS DE MECÁNICA, VULCANIZADO, PINTURA Y TALLER MECÁNICO PARA LA EMPRESA GRUPO NOROCCIDENTAL, previo a la obtención del Título de INGENIERO INDUSTRIAL, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 13 de septiembre del 2021

.....  
Msc. Pablo Elicio Ron Valenzuela.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

 Firmado electrónicamente  
**ANA**  
**ALVAREZ**  
.....

Msc. Ana Álvarez Sánchez.  
VOCAL

.....  
Mg. Andrés Eduardo Morán Navarrete.  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

**En la vida hay muchas metas que cumplir y esta es una de ellas que la espere con ansias desde hace 19 años cuando me prometí estudiar un título en la Universidad y la vida me dio el amor y la razón de haber escogido esta carrera.**

**A mi esposa Cristina** que con su amor supo mantenerme a flote durante este tiempo muy duro y día a día me daba ese aliento para seguir adelante y nunca se rindió.

**A mi madre** que me dio los valores necesarios y educó para la vida, porque sin eso hoy no estaría aquí.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi amor Cristina, por ser ese bastión y complemento durante estos años, tu mi amor que siempre tuviste una mirada tierna, una palabra de aliento y sobre todo la confianza en que podríamos hacerlo.

A mi madre, por esos momentos en los que me apoyaste y me alentaste.

A los docentes por saber dar el mensaje correcto para seguir adelante.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes.....	7
Justificación.....	11
Objetivo principal.....	13
Objetivos específicos.....	13
CAPÍTULO II .....	14
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	14
Layout situación actual.....	17
VSM (Mapeo de Flujo de Valor).....	19
Área de estudio.....	36
MODELO OPERATIVO .....	37
CAPÍTULO III.....	40
Desarrollo de la propuesta.....	40
1. Taller de vulcanizado.....	41
2. Área de lavado y Lubricación.....	42



3. Área de pintura.....	44
4. Área de Metalmecánica .....	45
5. Área de Mecanizado .....	46
6. Área de Mecánica Integral.....	48
Factor de uso .....	49
Factor de simultaneidad .....	50
Perdidas por fugas.....	52
Corrección por altura.....	55
Válvula reguladora de presión .....	62
Lubricador de aire .....	62
Los accesorios más utilizados son.....	63
Dimensionamiento de tuberías:.....	67
Formula o cálculos matemáticos.....	68
Cálculos matemáticos.....	68
Nomograma para diámetro de tuberías. ....	71
Selección del compresor .....	77
El Reservorio o tanque de almacenamiento .....	82
Línea de anillo abierto.....	84
Línea de anillo cerrado.....	85
Simulación del sistema de aire comprimido. ....	88
Resultados esperados .....	93
Cronograma de actividades .....	95
Análisis de costos.....	96
CAPÍTULO IV.....	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
Recomendaciones.....	103

Bibliografía.....	104
Anexos.....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla No. 1. Usos de aire comprimido en el sector industrial en Latinoamérica. .</i>	<i>1</i>
<i>Tabla No.2. Tabla de causas y efectos de tener una mala calidad de aire en la línea de abastecimiento.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla No.3 Diagrama de recorrido del área de vulcanizado.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla No.4 Diagrama de recorrido del área de vulcanizado.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla No.5 Diagrama de recorrido del área de Pintura.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla No.6 Diagrama de recorrido del área de Metalmecánica.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla No.7 Diagrama de recorrido del área de Mecánica.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla No.8 Diagrama de recorrido del área de Mecanizado.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla No.9. Consumo total de las áreas demandantes.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla No.10. Equipos Neumáticos dentro del área de vulcanizado.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla No.11. Equipos neumáticos del área de lavado y lubricación.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla No.12 Equipos neumáticos del área de pintura.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla No.13 Equipos neumáticos del área de metalmecánica.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla No.14 Equipos neumáticos del área de mecanizado.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla No.15 Equipos neumáticos del área de mecánica integral.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla No.16. Cálculo del factor de uso.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla No.17 Número total de herramientas.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla No.18. Demanda real de aire comprimido.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla No.19. Factores de corrección.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla No.20. Tabla de accesorios para red de aire comprimido.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla No.21. Tabla selección de material para tubería.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla No.22. Comparación de compresores.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla No.23. Compresor de tornillos existentes en el mercado.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla No.24. Listado de materiales para implementación de red de aire comprimido.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla No.25. Cronograma de actividades.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla No.26. Costo de hora día de trabajo.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla No.27. Obtención de información.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla No.28. Presentación de resultados.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla No.29. Presentación de cotizaciones.....</i>	<i>99</i>

<i>Tabla No.30. Cotizaciones solicitadas.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla No.31. Valor total en tubería de acero inoxidable. ....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla No.32. Valor total en tubería de aluminio. ....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla No.33 Costos de Mantenimiento tubería acero inoxidable .....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla No.34 Costos de Mantenimiento tubería de aluminio. ....</i>	<i>101</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura No.1 Demanda energética por cada sector del Ecuador en %.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura No.2. Árbol de problemas. ....</i>	<i>5</i>
<i>Figura No.3. Giro de negocio Grupo Transportes Noroccidental. ....</i>	<i>7</i>
<i>Figura No.4. Cantidad de aire comprimido consumido por cada área porcentaje. .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura No.5. Layout de la situación actual. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura No.6. Diagrama de Flujo ingreso de equipos.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura No.7 Diagrama de recorridos.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura No.8. VSM procesos actuales en el taller del Grupo Noroccidental. ....</i>	<i>29</i>
<i>Figura No.9. Equipo de vulcanizado. ....</i>	<i>32</i>
<i>Figura No.10. Equipos de lubricación.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura No.11. Área de pintura.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura No.12. Área de metalmecánica. ....</i>	<i>34</i>
<i>Figura No.13. Área de mecánica ..... </i>	<i>34</i>
<i>Figura No.14. Área de mecanizado. ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura No.15. Modelo operativo para el diseño y dimensionamiento de red de aire comprimido.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura No.16. Tabla para selección del factor de simultaneidad. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura No.17. Tabla de valores normales de presión, temperatura y densidad. .</i>	<i>54</i>
<i>Figura No.18. Unidad de mantenimiento. ....</i>	<i>62</i>
<i>Figura No.19. Cálculo de la dimensión equivalente de accesorios en la tubería.</i>	<i>64</i>
<i>Figura No.20. Layout de la planta Noroccidental.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura No.21. Placa del equipo lubricador de referencia. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura No.22. Nomograma para dimensionar tuberías para aire comprimido... </i>	<i>72</i>
<i>Figura No.23. Compresor de tornillo. ....</i>	<i>78</i>
<i>Figura No.24. Compresor a prueba de explosiones. ....</i>	<i>79</i>
<i>Figura No.25. Compresor de pistón. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura No.26. Red de aire comprimido de anillo abierto.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura No.27. Temperatura del Fluido.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura No.28. Resultado obtenidos del compresor. ....</i>	<i>90</i>
<i>Figura No.29. Resultado obtenidos en tubería. ....</i>	<i>91</i>

*Figura No.30 Resultados obtenidos de los consumidores de energía. .... 92*

## ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo A Cotización de materiales para la implementación de la red de aire comprimido. ....</i>	<i>109</i>
<i>Anexo B Cotización de mano de obra. ....</i>	<i>110</i>
<i>Anexo C Cotización materiales empresa Indutorres. ....</i>	<i>111</i>
<i>Anexo D Tabla de propiedades mecánicas del aluminio. ....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo E Tabla para selección de factor de diseño F tabla 114<sup>a</sup> para cálculo del espesor en tuberías según norma ASME b31.8. ....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo F Tabla para selección de factor de diseño E tabla 114<sup>a</sup> para cálculo del espesor en tuberías según norma ASME b31.8. ....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo G Factor de diseño T. ....</i>	<i>115</i>

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED DE AIRE  
COMPRIMIDO PARA LAS ÁREAS DE MECÁNICA, VULCANIZADO,  
PINTURA Y TALLER MECÁNICO PARA LA EMPRESA GRUPO  
NOROCCIDENTAL**

**AUTOR:** Rios Chamba Victor Alfonso

**TUTOR:** Msc. Sarmiento Ortiz Fabián Alberto.

**RESUMEN EJECUTIVO**

En la presente tesis se realiza el diseño y dimensionamiento de una red de aire comprimido para la empresa Grupo Noroccidental, que ofrece el servicio de transporte de carga pesada y logística para los sectores petrolero, minero, energético e industrial. Con esto se busca abastecer de energía neumática a las áreas de mantenimiento, dado que actualmente no se cuenta con una red de aire comprimido que las abastezca de la energía neumática, debido que se utilizan dos compresores de pistón los cuales no cubren la demanda que se genera en las áreas, debido a su avanzada vida útil, esta energía entregada no es la que se necesita. Por esta razón el diseño de la red de aire comprimido que propone este trabajo se realizó mediante cálculos matemáticos, con la implementación de la herramienta VSM (mapeo de flujo de valor) que permite visualizar, analizar y mejorar el flujo de la producción, el Layout y la simulación de los resultados obtenidos mediante el programa PIPE FLOW. Este trabajo permitirá mejorar sustancialmente la producción dentro de la organización, centralizar la generación del aire comprimido y abastecer mejor a los operarios, para darles seguridad y un mejor enfoque de productividad. Así mismo se busca eliminar el recorrido diario de los compresores, con un enfoque más industrial a la hora de trabajar lo cual se percibe en la entrega de los equipos que salen del área de mantenimiento con menor tiempo de trabajo y una mejor calidad.

Descriptores: aire comprimido, compresores, mantenimiento, neumática.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIAS DE LA  
INFORMACION Y LA COMUNICACION  
CARRERA: INGENIERIA INDUSTRIAL**

**AUTOR:** RIOS CHAMBA VICTOR ALFONSO

**TUTOR:** MG. SARMIENTO ORTIZ FABIAN ALBERTO

**ABSTRACT**

In this thesis the design and sizing of a compressed air network for the company Noroccidental Group, which offers the service of transport of heavy cargo and logistics for the oil, mining, energy and industrial sectors is performed. The purpose is to supply pneumatic energy to the maintenance areas, since currently there is no compressed air network to supply them with pneumatic energy, due to the fact that two piston compressors are used, which do not cover the demand generated in the areas, due to their advanced useful life, this energy delivered is not what is needed. For this reason, the design of the compressed air network proposed in this work was carried out through mathematical calculations, with the implementation of the VSM tool (value flow mapping) that allows visualizing, analyzing and improving the production flow, the Layout and the simulation of the results obtained through the PIPE FLOW program. This work will substantially improve production within the organization, centralize the generation of compressed air and better supply the operators, to give them security and a better approach to productivity. It also seeks to eliminate the daily travel of the

**KEYWORDS:** compressed air, compressors, maintenance, pneumatics.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Desde soplar para avivar el fuego hasta procesos totalmente automatizados, el aire comprimido ha estado presente en muchos momentos de la historia, este va de la mano con la industrialización y los avances tecnológicos, salud, industria, producción en masa, en muchos de estos sectores está presente el aire comprimido, como una alternativa a la utilización de otros tipos de energía.

En América Latina las industrias requieren del aire comprimido en muchos de sus procesos productivos siendo que en la actualidad este consumo sea del 20% con respecto a otro tipo de energía y en algunos casos este supera el 20%. (*El Aire Comprimido En La Industria, Fuente de Energía Segura, Rápida y Sostenible - Climatización e Instalaciones*, n.d.)

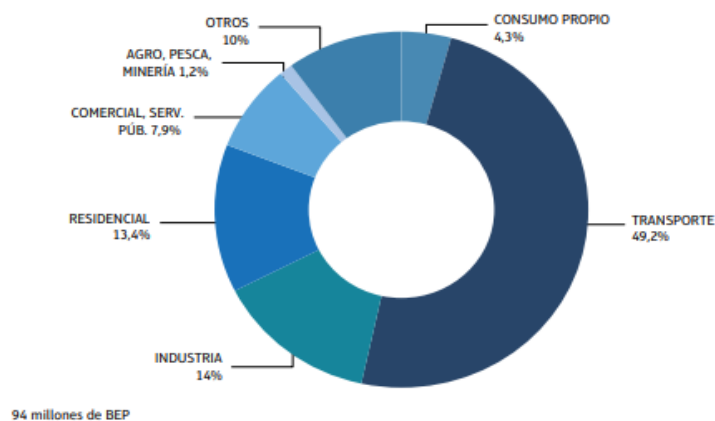
*Tabla No. 1. Usos de aire comprimido en el sector industrial en Latinoamérica.*

<b>Industria</b>	<b>Ejemplos de usos del aire comprimido</b>
Automotriz	Accionamiento de herramientas, estampado, controles y actuadores, conformado, transporte
Productos químicos	Controles y actuadores, manejo de materiales, alimentos
Alimentos	Deshidratación, embotellado, aspersión de recubrimientos, limpieza.
Manufactura en general	Sujeción, estampado, accionamiento y limpieza de herramientas, controles y actuadores
Fabricación de metales	Accionamiento de estaciones de ensamblaje, accionamiento de herramientas, moldeo por inyección.
Petróleo	Compresión de gas de proceso, controles y actuadores,
Caucho y plásticos	Accionamiento de herramientas, sujeción, controles y actuadores, soplado y moldeo de vidrio, enfriamiento
Piedra, arcilla y vidrio	Transporte, mezcla, soplado y moldeo de vidrio, enfriamiento
Textiles	Agitación de líquidos, sujeción, equipos automatizados, tejido con telar de chorro, hilado, texturizado

Tomado de (*Usos Del Aire Comprimido / Sullair, n.d.*), En la tabla No. 1 se indica el uso del aire comprimido en la industria de Latinoamérica, estando presente en muchos procesos productivos, elaborado por el Investigador.

En el Ecuador el consumo energético es medido anualmente por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables y en el balance del año 2019 se puede referenciar el incremento o decrecimiento del consumo de energías y sobre todo que tipo de energías son las más consumidas, y tal como se señala en él estudió. En 2019, 49,2% de la demanda de energía provino del sector transporte, mientras que 14% provino del sector industrial y otros 13,4% del residencial, tal como se indica en la Figura 1. En total, la demanda de energía en el país en 2019 mostró un incremento de 0,8% con respecto al 2018.

Figura No.1 Demanda energética por cada sector del Ecuador en %.



Tomado de (MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 2019). La figura No. 1 muestra en porcentajes el consumo energético de cada sector del Ecuador, sea este productivo o no, tomado de balance energético nacional 2019.

Por lo que se puede identificar en la figura antecedente, el consumo energético dentro de la industria y la movilidad es muy considerable siendo que estos sectores productivos del país necesitan grandes porcentajes de energía eléctrica, por tal

motivo en este estudio se presentará una variante, para hacerlo más eficaz y sobre todo que sea amigable con el medio ambiente y para la organización.

Obteniendo mejoras sustanciales debido a que, el aire comprimido es fácil de automatizar, es una energía muy sencilla de almacenar y transportar, los sistemas son eficientes y versátiles, las herramientas son ergonómicas, ligeras y mucho más seguras, el trabajar con aire comprimido provee un ahorro de energía, otra característica distintiva de los instrumentos neumáticos, es que garantizan un mejor rendimiento al usar menos energía que las herramientas eléctricas. Además de su eficiencia energética que los hace más respetuosos con el medio ambiente, estas prácticas también le permite a la organización ahorrar dinero a largo plazo. No es sorprendente entonces, la difusión progresiva del uso de aire comprimido en entornos industriales sobre todo para alimentar el trabajo mecánico que en la actualidad es cada día mayor. Además, las herramientas neumáticas son casi siempre más baratas que las herramientas hidráulicas y eléctricas. (Ventajas del sistema de distribución de aire comprimido | Tese>, s. f.).

Con el uso de aire comprimido dentro de los talleres mecánicos, los administradores y operarios han podido optimizar la fiabilidad de las herramientas neumáticas, debido a que los instrumentos neumáticos pesan menos que sus contrapartes eléctricas, haciéndolas más manejables, reduciendo así el estrés físico en el operario por las altas vibraciones causadas por el peso de las herramientas eléctricas.

(Atlas Copco, 2018)

Para que un taller sea exitoso ha de ofrecer a los clientes un servicio que no solo sea agradable, sino también, realizado con el mejor equipo en la industria, pues su uso, regularmente se traduce en eficiencia, innovación y ahorro sobre los costes y el tiempo de trabajo invertido. Uno de estos equipos es el compresor de aire, un aparato a través del cual se puede centralizar la fuente de energía para dar potencia a otras herramientas tanto neumáticas como de carpintería u otros oficios, tales como taladros, cierras, lijadoras, pulidoras, mangueras, remachadoras, etc. Por ello, elegir el compresor de aire más adecuado para un taller dependerá del área en la

cual se especialice, así como de otros factores relacionados con el tamaño del negocio, la cantidad de herramientas a las que se les quiere dar potencia, los ciclos de trabajo, el mantenimiento.

(PELP, 2018)

En Sangolquí, Cantón de Rumiñahui, Ecuador se encuentra la empresa Grupo Noroccidental dedicada al transporte de carga pesada y extra pesada, succión y transporte de fluidos, alquiler de maquinaria de izaje y montajes especiales. Son especialistas en ingeniería de transporte y proyectos integrales de logística para los sectores: petrolero, minero, energético e industrial. es aquí donde se centrará el estudio del presente proyecto de titulación, debido a que en la organización se utiliza el aire comprimido en la mayoría de sus actividades, aquello como una alternativa al uso de la energía eléctrica, y así poder reducir gradualmente los altos costos asociados al consumo eléctrico, a los que llegan al utilizar herramientas netamente eléctricas, por ende, se requiere de la implementación de una red de aire comprimido, que abastezca de la energía neumática a la planta de mantenimiento y a sus distintas áreas y que junto al compresor genere y distribuya el caudal necesario para todas sus líneas productivas, de las que está conformada la planta de mantenimiento donde se encuentran equipos neumáticos como:

- Pistolas de impacto.
- Sistemas para inflado de ruedas y vulcanizado.
- Bombas de lubricación y engrasadoras.
- Equipos para pintura.

En la organización donde se desarrolla la investigación, el principal problema encontrado en la planta de mantenimiento es la mala calidad del el aire comprimido, que se entrega a los puntos de servicio debido a que este presenta (agua polvo, aceite y baja presión), además que la cantidad de caudal que llega no es la mejor debido a que los dos compresores de pistón ya que estos con el transcurrir del tiempo sus

características han disminuido, sus prestaciones son muy bajas y presentan otras anomalías, esto reduce el tiempo de vida útil de las herramientas a esto se puede sumar lo siguiente:

Figura No.2. Árbol de problemas.



Tomado de “(Compañía – Grupo Noroccidental, 2020)”. Elaborado por el Investigador.

En la figura No. 2 se muestran el árbol de problemas que se evidencian dentro de la empresa Grupo noroccidental, debido a la mala calidad del aire que se entrega en los puntos de servicio, esto provoca daños a las herramientas neumáticas, retardos por traslado de equipos, además se evidencia el estado actual de los equipos que alimentan al taller de energía neumática, que a su vez no es suficiente en la tabla 2 se estarán mostrando todas las causas y efectos que genera tener equipos con una vida útil muy elevada.

Tabla No.2. Tabla de causas y efectos de tener una mala calidad de aire en la línea de abastecimiento.

<b>Causa</b>	<b>Efecto</b>
Retardo en el trabajo	Principalmente por qué se debe depurar el aire de la línea y retirar impurezas, realizar limpieza de filtros, y traslado de los compresores
Traslado constante de los compresores	Debido a que son requeridos en varias áreas del taller
Compresores actuales no abastecen el taller en general	Al tener una capacidad baja y por el tiempo de servicio el caudal ha decaído, así como la presión, no surten del aire comprimido al taller como se requiere
Tuberías sin mantenimiento	Tuberías con vida útil avanzada, falta de mantenimiento, agua en tuberías.
Mantenimientos Continuos	Debido a que son equipos que tienen muy poco descanso
Compra de repuestos de alta rotación	Por el uso excesivo que tienen los compresores el abastecerse de repuestos es cada vez más seguido
Alto consumo eléctrico	Sucede porque los compresores no tienen paras, además de haber daños en la tubería que hace que los compresores carguen a cada instante
Compresores con vida útil elevada	Al trabajar constantemente ha hecho que se reduzca la vida útil de los equipos
Deterioro de herramienta neumática	Por recibir aire en mal estado, impurezas y agua
Baja presión de trabajo	Al tener una vida útil avanzada ya no trabajan como se debe
Tiempo de trabajo elevado	Al tener una capacidad pequeña de almacenar el aire comprimido, trabajan sin parar
No hay secuencia de los mantenimientos de los equipos	Al ser equipos que trabajan casi sin para no se lleva un control eficiente de los mantenimientos
Ruido Elevado	Al ser equipos de pistón estos entregan al ambiente una mayor contaminación auditiva que puede ser perjudicial para los operarios

Tomado de Elaboración propia.

En la tabla No. 2 se muestran las causas y efectos percibidos en la empresa Grupo Noroccidental por la mala calidad del aire que se entrega a los equipos desde la actual tubería de aire comprimido.

Por lo expuesto en la tabla No. 2. Los problemas actuales de la Empresa Grupo Noroccidental, se centran en el trabajo actual de los compresores de pistón los cuales no prestan las facilidades que se necesitan para la realización del trabajo de una forma normal, ya definidas las causas y efectos que se están provocando por no tener una línea de aire comprimido que asegure el caudal, presión y calidad del aire que se necesita en cada área de trabajo, provocando disminución en la productividad del personal, generando gastos innecesarios en consumibles, reprocesos y una demora en las acciones que se deben realizar en cada área para asegurar la entrega del producto final, que es la máquina en óptimas condiciones y lista para trabajar.

### **Antecedentes.**

*Figura No.3. Giro de negocio Grupo Transportes Noroccidental.*



Nota: Tomado de “Historia Grupo Noroccidental”, de Grupo Noroccidental, 2020.

Este liderazgo ha sido reconocido también en Colombia y Perú, países en los que NOROCCIDENTAL ha participado con éxito en varios proyectos, en la figura 3 se muestra parte de los equipos utilizados en las tareas de izaje (Compañía – Grupo Noroccidental, 2020)

Grupo Transportes Noroccidental nace en 1961 como una empresa dedicada al transporte de pasajeros y encomiendas en las carreteras noroccidentales de la provincia de Pichincha, que es de ahí que proviene su nombre, en 1970 a principios

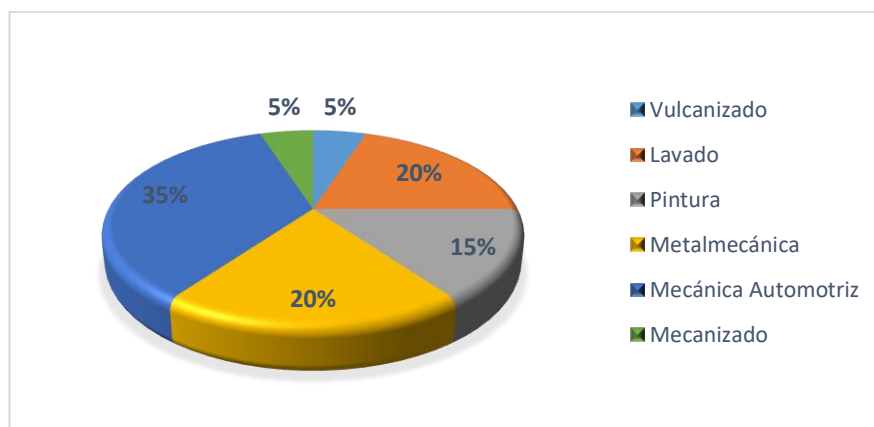


de las actividades hidrocarburifera del país la empresa toma un nuevo giro el cual fue el transporte de materiales, insumos y catering a la compañías petroleras de la zona amazónica de nuestro país, luego de eso se convierte en lo que es hoy la empresa ecuatoriana líder en el mercado de transporte de carga pesada y extra pesada, succión y transporte de fluidos, alquiler de maquinaria de izaje y montajes especiales. Son especialistas en ingeniería de transporte y proyectos integrales de logística para los sectores petrolero, minero, energético e industrial, y que para lo cual necesita proveer a sus técnicos en todos sus proyectos de equipos que estén listos para entrar en acción, por tal motivo la empresa cuenta con su planta de mantenimiento de equipo caminero, grúas y sistemas de izaje, en la ciudad de Sangolquí, siendo aquí donde se centrará el presente estudio.

En la actualidad Grupo Noroccidental cuenta con una planta para realizar el mantenimiento de los equipos que se utilizan en sus actividades cotidianas, en esta planta se cuenta con las áreas necesarias para mantener a punto sus insumos, mismos que están prestos a entrar en acción cuando son requeridos, estas áreas son:

- Vulcanizado.
- Lavado.
- Pintura.
- Metalmecánica.
- Mecánica automotriz.
- Taller de mecanizado.

*Figura No.4. Cantidad de aire comprimido consumido por cada área porcentaje.*



Tomado de elaboración propia, 2020. La figura No. 4 muestra la cantidad de aire comprimido en porcentajes, que cada área de la planta está consumiendo en la actualidad.

En las áreas mencionadas anteriormente y como se muestra en la figura 4, el uso de herramientas neumáticas es alto además de ser necesarios para la correcta elaboración de las tareas y que por tal motivo se necesita tener a disposición de los operarios herramientas de calidad que estén operativamente disponibles, el abastecimiento de aire comprimido tanto en caudal y presión necesarios y es ahí donde nace la necesidad de implementar una línea de aire comprimido que abarque a las áreas que se muestran en la figura 4 y que provea de la forma más correcta de la energía neumática a las áreas antes mencionadas, y así el trabajo se lleve a cabo con óptimos resultados.

A raíz de esto los equipos utilizados para prestar este servicio se han ido desgastando de una forma más breve y con el tiempo esto está siendo otro problema de carácter económico y es así que se decide realizar un estudio para implementar una red de aire comprimido, para que se realice un trabajo óptimo, debido a que por la antigüedad de los compresores que actualmente realizan este trabajo se obtiene que la calidad del aire que llega hasta las herramientas es muy mala, las caídas de presión son muy frecuentes, a esto se suma la capacidad actual de los compresores que no es la que se necesita y con ello los altos consumos de electricidad, el ruido de los compresores es muy elevado en cada área a donde se han trasladado para el uso y por eso se pretende mejorar esta realidad con el diseño de la red de aire comprimido.

Actualmente la generación de aire comprimido para la planta se lo realiza por medio de dos compresores de pistón uno de 10HP y otro de 5 Hp los dos cuentan con tanques de 80 Galones, los cuales suplen las necesidades de las áreas más críticas, se consideran áreas críticas a las que tengan mayor carga de trabajo, esto lo determina el equipo o máquina que este siendo revisada en planta.

Teniendo estos dos compresores que poseen tanques pequeños, la carga de trabajo que se suministra a cada uno de ellos en las horas pico es extremadamente alta (entre

seis y ocho horas continuas), debido a que depende mucho del área demandante el traslado de los equipos y este es un causal para el deterioro de estos equipos.

Siendo este causal el principal problema de la compañía que al no contar con una red aire comprimido que abarque los puestos de trabajo, hace que tenga que depender de los equipos móviles, resultado de eso se obtienen los siguientes inconvenientes:

- Demoras en realizar los trabajos por el traslado y conexión de los equipos.
- Mantenimientos más regulares.
- Costos significativos por mantenimientos más frecuentes.
- Consumo de energía alto.
- Demoras en los trabajos a realizar por traslado de equipos.
- Desgaste en mangueras por arrastre.

La empresa es muy consciente de las limitaciones a las que se enfrenta y de los resultados obtenidos por la naturaleza de los compresores de bajo potencial. De la urgente necesidad de diseñar la red de aire comprimido, se puede apreciar que es una ayuda muy necesaria, lo más importante es que aporte las características requeridas para el suministro, y cubra las necesidades de cada área para realizar un trabajo más profesional. y proporcionar mejor Como resultado, uno de ellos no depende del tiempo de parada de otras áreas, por lo que la energía proporcionada por el compresor puede ser utilizada para reemplazar el uso de energía tradicional. Por lo tanto, en los pasos pequeños y medianos, el paso de herramientas eléctricas a herramientas neumáticas, de esta manera, a través del consumo de electricidad y los altos costos asociados al mantenimiento de los equipos eléctricos brindan mayores beneficios y reducen el costo del aire comprimido. Por mentar las condiciones más importantes que se obtienen al utilizar herramientas eléctricas, y son necesarias para el trabajo actual, porque no cuentan con un sistema de aire comprimido para resolver esta demanda, y esta demanda cambia cada día. Utilizado en la red de aire comprimido de propiedad de la empresa y tuberías presurizadas.

La empresa Grupo Noroccidental El Grupo Noroccidental, ubicado en la ciudad de Sangolquí, intentó proveer de suministro de aire comprimido y almacenarlo en los pilares de la infraestructura del galpón en el que trabaja para evitar que el compresor funcione sin motivo, para que pueda realizar sus actividades en el estado normal requerido, para que pueda dar mantenimiento a todos los equipos (cabeceras, mulas, plataformas, camas bajas, bancos, grúas, etc.) utilizados en su ámbito de negocio, para poder realizar este mantenimiento la empresa tiene sus áreas de vulcanizado, pintura, metalmecánica, mecánica, mecanizado y lavado, es aquí donde nace la necesidad de tener una red de aire comprimido con un diseño profesional y que abastezca a todas las áreas que lo requieren, ya que en la actualidad no se lo puede realizar con dos compresores, los cuales cuentan con una instalación provisional, para que puedan ser trasladados por la planta a fin de mejorar el caudal y presión en las estaciones de trabajo y como resultado de este manipuleo se obtiene que, los componentes de estos compresores, sufran mucho desgaste al ser transportados por toda la planta.

Por lo antes expuesto y con miras al futuro la empresa Grupo Noroccidental ve de gran importancia realizar el diseño de una red de aire comprimido para las áreas de mecánica, vulcanizado, pintura y taller mecánico. Para que contribuya a realizar trabajos simultáneos, reduciendo de esta forma los tiempos de trabajo entre procesos precedentes. Así se pretende mejorar los tiempos de respuesta debido a que en todas las áreas de la planta se contará con puntos de servicio para abastecerse de aire comprimido, de la misma forma se aspira a mejorar la productividad en el área de mantenimiento, debido a que no solo se dispondrá de una mejor forma de alimentar a las áreas demandantes, sino que todas podrán trabajar simultanea mente y realizar las tareas de mantenimiento en las diferentes celdas de la planta.

### **Justificación.**

Grupo Noroccidental en sus actividades cotidianas mismas que están orientadas principalmente a la logística integral, transporte de carga pesada y extra pesada, alquiler de maquinaria de izaje, transporte y succión de fluidos para el sector

petrolero, energético e industrial y que para mantener estándares de calidad con sus clientes ve importante mantener sus unidades en perfecto estado, por tal motivo en sus instalaciones de la ciudad de Sangolquí en la planta de mantenimiento se implementan las áreas de: Vulcanizado, lavado y lubricación de vehículos, pintura y metalmecánica, taller de mecanizado y mecánica en general, y es de vital importancia contar con un suministro de aire comprimido que asegure el perfecto funcionamiento de las herramientas neumáticas con las que cuentan.

Se alcanzará un impacto positivo con el diseño de la red de aire comprimido, puesto que como se desarrolla en estos momentos el trabajo, este presenta muchas demoras dado al estado actual de los compresores de pistón, a esto se suma el no tener una red de aire comprimido marcando el pobre ritmo de trabajo más aun cuando no se cuenta con puntos de servicios que minimicen estos inconvenientes con los que se cuenta en la empresa, además del incremento en la adquisición de consumibles, (mangueras) por el desgaste a los que están sometido producto del traslado de los compresores.

El presente estudio es de gran utilidad para la empresa, la fuerza laboral y los clientes finales, ayudando a mitigar las limitaciones presentadas al momento de operar un equipo neumático en las diferentes secciones de la empresa, dado que los problemas antes mencionados influyen directamente en el desarrollo de las actividades con la implementación de la red de aire comprimido, lo que la empresa busca es que se provea de la energía necesaria a todas las áreas del taller de mantenimiento para que estas a su vez mantengan un ritmo de trabajo normal.

La empresa, colaboradores y clientes en general serán los principales beneficiarios, debido a que se mejoraran los tiempos de respuesta al dar solución a los equipos que se encuentren en mantenimiento, yendo de la mano con capacitaciones y mejores equipos neumáticos se podrá mejorar el servicio dado a las maquinarias, así la empresa Grupo Noroccidental podrá mantener su calidad en cuanto los servicios que presta a todos sus clientes.

La implementación del estudio propuesto es muy factible debido a que Grupo Noroccidental ha manifestado su total apoyo al proyecto, siendo así que después de

la culminación de este estudio, la empresa realizara la implementación de la red de aire comprimido en las áreas de mantenimiento para priorizar el servicio hacia sus clientes.

### **Objetivo principal.**

1. Diseñar y dimensionar una red de aire comprimido, mediante el cálculo del caudal necesario para las áreas del taller de mantenimiento, el uso de Nomograma de aproximación para diámetros internos y la simulación en el programa PipeFlow, para ser implementada en el taller de mantenimiento de la empresa grupo noroccidental.

### **Objetivos específicos.**

- 1 Identificar parámetros de diseño de la red de aire comprimido calculando la demanda dentro de las áreas demandantes, utilizando fórmulas matemáticas más la utilización del nomograma para aproximación de diámetros internos encontrar los diámetros finales de las tuberías de distribución principal y las tuberías de servicio.
- 2 Elaboración de Layout de la planta de mantenimiento y red de aire comprimido con el programa Autodesk Inventor, para el dimensionamiento, selección de accesorios y longitudes de la tubería a utilizar.
- 3 Simular el diseño de la red de aire comprimido, mediante el programa PIPEFLO, para poder comprobar temperatura, caída de presión y velocidad en la red de aire comprimido y poder corregirlo.

## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO.

Grupo Noroccidental en el firme compromiso de ética y profesionalismo que tiene con sus clientes, realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de toda su flota de maquinaria, que es utilizada en los trabajos de campo a nivel nacional e internacional, para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento la empresa dispone de un número considerable de herramientas neumáticas, mismas que ayudan a tener un importante avance en las tareas de mantenimiento que están destinados a ser realizados en los equipos con los que cuenta la empresa, estas áreas son:

Vulcanizado.

Lavado.

Pintura.

Metalmecánica.

Mecanizado.

Y Mecánica integral.

Siendo estas las áreas dentro de la organización y de la planta de mantenimiento donde se concentra la mayor cantidad de herramientas neumáticas y al no contar con una red de aire comprimido que de la confiabilidad necesaria para realizar los trabajos, se realizara un estudio para la implementación de una red de aire comprimido que garantice que en cada área se puedan realizar los trabajos y que todas las herramientas estén perfectamente abastecidas de la energía neumática que estas necesitan, asegurando que los trabajos se realicen con la calidad requerida, sobre todo reduciendo los tiempos de reacción que actualmente manejan con cada equipo que ingresa en las diferentes áreas.

La organización actualmente cuenta con dos compresores de pistón, mismos que tratan de abastecer a las diferentes áreas de la planta de mantenimiento dentro de la

organización donde se lleva a cabo estas tareas, pero su función no es efectiva debido a su vida útil muy avanzada, esto ahonda más aún con los problemas de caída de presión y caudal al momento de trabajar, al ser equipos con un tanque de dimensiones reducidas hace que el equipo este en constante trabajo durante la jornada de trabajo, aumentando en gastos eléctricos, los mantenimientos son cada vez más repetitivos, los gastos por consumibles se elevan a medida que pasa el tiempo, el traslado de los compresores condiciona a los operarios teniendo que emplear mayores tiempos de reacción en los trabajos de mantenimiento, a este factor se suma los altos decibeles que generan los compresores causando molestias dentro de los galpones donde se encuentran las áreas de mantenimiento esto se debe a una vida útil ya avanzada en los compresores.

Sabiendo que no todos los equipos presentan los mismos de fallos, resulta complejo el tener que decidirse por un proceso de mantenimiento estándar que sea aplicado a todos los equipos con los que cuenta la empresa y de esta forma realizar un cronograma donde la utilización de los compresores sea en secuencia y así eludir la saturación de trabajo que en la actualidad se enfrentan los compresores, los mismos que deben que ser movilizadas de un espacio a otro, provocando demoras en las tareas de mantenimiento por los traslados provocando el envejecimiento prematuro de aquellos compresores, que al no disponer de una línea de aire comprimido que cubra las condiciones básicas, dichos compresores padecen daños que se acumulan trabajo tras trabajo, así que el poder contar con una red de aire comprimido mejorará indudablemente la alimentación de las herramientas neumáticas resolviendo los inconvenientes que se presentan al estar trasladando los compresores de un lado a otro.

Para poder realizar los cálculos en primer lugar se debe obtener la demanda de caudal y presión que debe ser verificado en cada área de la planta de mantenimiento, en las distintas áreas, esta toma de datos contribuirá con la información necesaria para que se pueda realizar un correcto dimensionamiento de las tuberías que serán empleadas en el sistema de aire comprimido, aquellas tuberías alimentarán de una forma más eficiente a las áreas de mantenimiento, de esa forma mejorarán los



procesos internos, resultado de eliminar el transporte de los compresores de área en área, implementando la red de aire comprimido se podrá cubrir el trabajo deficiente de los actuales compresores, que a su vez provocan contratiempos en las rutinas propias del trabajo, daños en equipos neumáticos debido a que no están trabajando bajo las normas y calibraciones indicadas por el fabricante, la sobrecarga de trabajo en los compresores que ahora disponen, sumado al deterioro de los mismos hace que este trabajo sea más complicado provocando pérdidas por el tiempo empleado en el traslado de los equipos y las paradas por mantenimiento.

Dentro de la organización no se cuenta con un estudio sobre lo necesario que resulta para la empresa el tener una red de aire comprimido o un historial de las averías de herramientas neumáticas por la mala calidad de aire que se les suministra, o las pérdidas de tiempo en las que recaen por trasladar los compresores de un lugar a otro como también no existen datos que demuestren las demoras en las tareas de mantenimiento relacionado al traslado de los compresores, pero el no tener esta información no quiere decir que no exista inconvenientes al momento de realizar las tareas de mantenimiento. Por tal motivo en el presente estudio se realizara:

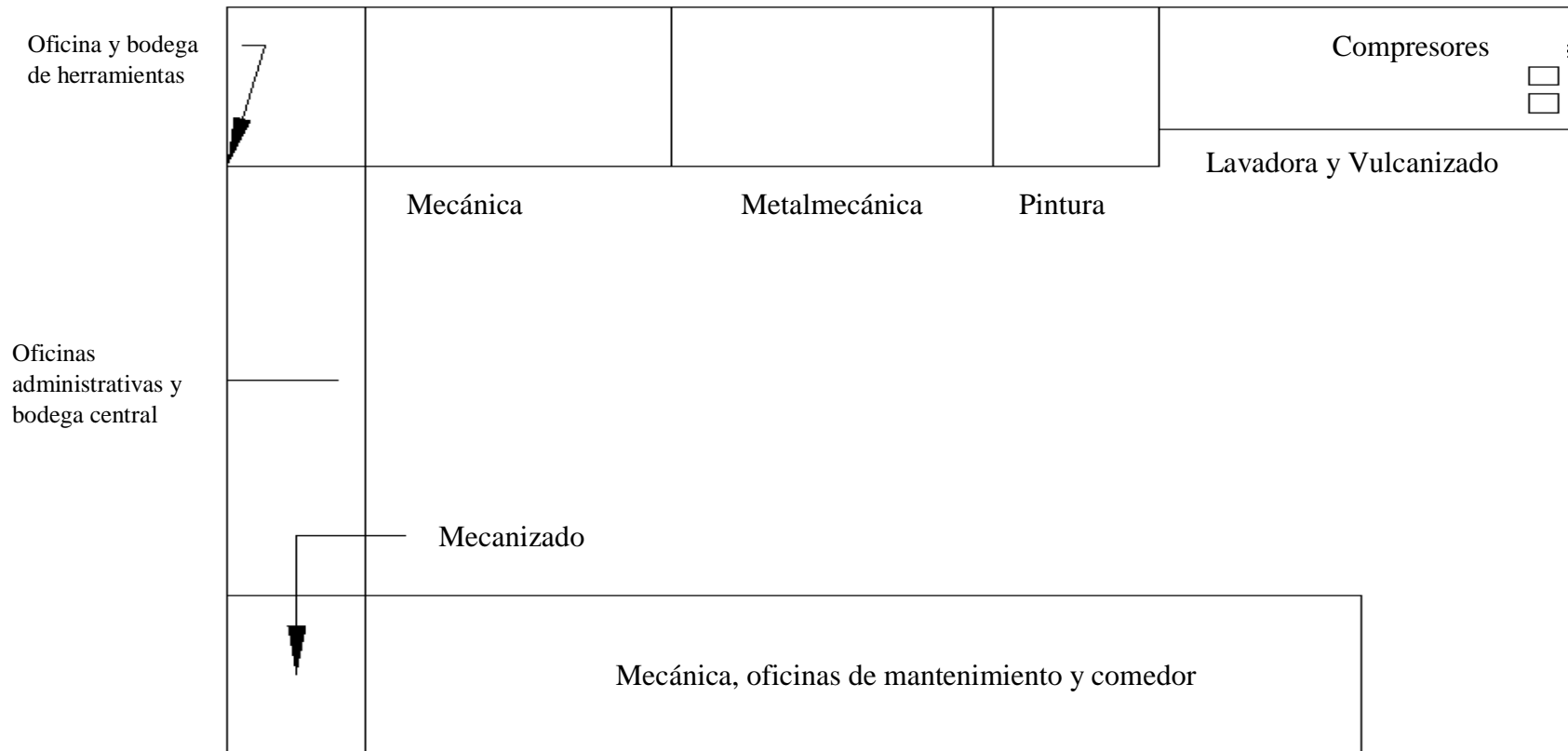
- Layout de la situación actual.
- Análisis de la situación actual mediante la herramienta de mapeo del flujo de valor (VSM).
- Análisis con el diagrama de recorrido, dirigido al traslado de los compresores.
- Recolección de información de consumo de energía de cada área demandante.
- Delimitación de las áreas totales de la empresa que necesitaran ser intervenidas durante el estudio.
- Descripción de herramientas que estarán demandando el caudal y presión de los compresores.

### **Layout situación actual.**

Es necesario conocer las áreas que serán parte del presente estudio, sus dimensiones y delimitantes puesto que a la hora de realizar las tareas propias de cada área, es importante conocer la situación geográfica y espacial de las herramientas de cada área y sección de la planta de mantenimiento, esto contribuirá con información que colabore a realizar un mejor dimensionamiento y diseño de la red de aire comprimido que se propone en este tema de tesis, entendiendo esto se desarrollara un layout donde se pueda evidenciar la situación actual describiendo las áreas de la planta y la posición inicial de los compresores, los cuales como se mencionó anteriormente tienen un recorrido importante dentro de la planta y es que con aquella rutina se origina la mala calidad de aire ya que llega mezclado con agua y aceite hacia las herramientas, provocando daños importantes dentro de los cilindros de rotación, otra de las anomalías encontradas es la baja presión e insuficiente caudal que llega a los equipos, produciendo que las herramientas se esfuerzen al máximo.

A continuación se realizara el Layout de la planta identificando las áreas que estarán dentro del estudio, para así poder identificar el traslado que realizan los equipos cuando son requeridos por las diferentes áreas.

Figura No.5. Layout de la situación actual.



Tomado de elaboración propia, 2020. La figura No. 5 muestra el Layout de la planta de mantenimiento de la empresa Transportes Noroccidental y en ella se pueden ver las áreas que estarán en este estudio, dentro de la planta de mantenimiento de la organización.

En la figura No. 5 se presenta el layout de la planta de mantenimiento de la empresa Transportes Noroccidental, donde se puede identificar las áreas intervenidas en el presente estudio, así como la ubicación de los compresores que se alojan en la parte superior derecha y es desde este lugar que se transportan los compresores diariamente a cada una de las celdas de trabajo, para luego pasar de área en área dentro de la planta.

### **VSM (Mapeo de Flujo de Valor).**

Se conoce a Taiichi Ohno y a Shigeo Shingo como los creadores del sistema VSM, que fue implementado y perfeccionado en Toyota por la década de los 80's, ellos intuyeron el representar en un diagrama de flujo de materiales e información todo el proceso complejo, teniendo como factor clave el tiempo, debido a que con este factor se puede evidenciar como afectan unas tareas a otras, el como una demora en la toma de una decisión puede influir en todo el proceso, y de cómo el estado de las colas (demoras) y las operaciones varían con el tiempo.

Con el tiempo se percataron que el VSM no solo se lo puede aplicar a las industrias manufactureras sino que puede ser utilizado en cualquier tipo de empresa de servicios, debido a que esta herramienta identifica los desperdicios y permite detectar fuentes de ventaja competitiva, orientando los esfuerzos al mejoramiento continuo en base a una producción más limpia.

(Cabrera Calva, n.d.)

Es así que siguiendo la ideología de Lean manufacturing, se realizara un mapeo de flujo de valor para poder identificar los desperdicios que se suscitan dentro de las celdas de trabajo de la planta de mantenimiento de la empresa grupo Noroccidental, provocados por el continuo traslado de los compresores dentro de la planta de mantenimiento, para realizar un VSM se necesita tener claro cuáles son los pasos que siguen los operarios en un día normal de trabajo, esto será representado en un diagrama de flujo y el estudio de tiempos y movimientos.

Figura No.6. Diagrama de Flujo ingreso de equipos.



Tomado de “Empresa Grupo Noroccidental” elaboración del investigador.

El diagrama de flujo que se muestra en la figura No. 6, se puede apreciar de una forma visual cuales son los pasos y trayectoria que sigue un equipo dentro de la planta de mantenimiento, dicho equipo seguirá toda la secuencia por cada una de las celdas de trabajo mostrado en el diagrama, hasta culminar con la reparación total del equipo.

Para realizar el VSM fue importante identificar las áreas de la organización que estarán inmersas en el siguiente estudio, para obtener los datos del transporte y paras

que existen se empleara un mapa de recorrido para cada área, para obtener la información necesaria para la implementación del VSM de la situación inicial dentro de las áreas de mantenimiento, para esto se tomaron datos de todos los tiempos empleados en el transporte de los compresores dentro de cada área por donde los equipos en mantenimiento deben transitar, desde que ingreso a la planta hasta que quedó totalmente habilitado para regresar al campo, utilizando esta información adicional al diagrama de flujo se procederá a realizar el VSM, en el cual se podrá identificar claramente el tiempo que se está desperdiciando en el transporte de los compresores a fin de realizar las tareas de mantenimiento para el equipo de turno.

Se realizara mapas de recorrido de cada área para demostrar el recorrido que deben realizar a diario los operarios al llevar los compresores y al pasar de área en área, para que puedan ser utilizados en cada celda de trabajo y así se pueda llevar a cabo todos los trabajos que necesiten los equipos y maquinaria dentro del taller de mantenimiento.

Dentro de las técnicas que existen para el desarrollo de los estándares de tiempos, se encuentran los estándares de tiempos de opinión experta y de datos históricos, como lo aborda Fred E. Meyers en su libro Estudios de tiempos y Movimientos para la manufactura ágil:

Un estándar de tiempo de opinión experta es una estimación hecha por una persona con mucha experiencia del tiempo requerido para un trabajo específico. Muchas personas dicen: “Usted no podría establecer estándares de tiempo en mi trabajo”. Una buena respuesta sería: “Tiene usted razón, pero, se de alguien que si puede: ¡usted!” La naturaleza única de muchos trabajadores de planta y de servicio hace que establecer estándares de tiempo mediante las técnicas más tradicionales sea poco redituable. Los trabajadores de ingeniería, mantenimiento y algunos de oficina nunca hacen lo mismo dos veces, pero sigue siendo necesario fijar metas (estándares de tiempo). El trabajo de mantenimiento se controla por orden de trabajo. ¿Por qué no preguntarle al experto cuanto tardara este trabajo solicitado? En las compañías bien dirigidas, los nuevos proyectos de mantenimiento no se aprueban mientras no se hayan hecho una estimación de del trabajo. Estos estándares de tiempo se podrían aprovechar para programar y controlar los trabajos de mantenimiento, de la misma manera que se controla y programa el trabajo ejecutado por un operador de máquina.

Tabla No.3 Diagrama de recorrido del área de vulcanizado.








































































DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO							
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Área de Vulcanizado.							
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: VULCANIZADO E INFLADO DE RUEDAS							
RESUMEN		ACTUAL					
		NÚM.	TIEMPO	ELABORADO POR:		VICTOR ALFONSO R	
	OPERACIONES	9	1:25:05	MÉTODO ACTUAL			
	TRANSPORTE	1	0:05:00	FECHA:		viernes, 1 de enero de	
	INSPECCIONES	2	0:20:00	VERSIÓN		1	
	RETRASOS	0	0:00:00				
	ALMACENAMIENTO	0	0:00:00				
PASO	DETALLES DEL PROCESO VULCANIZADO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO
1	Inspección del equipo.	Manual					
2	Generación de orden de trabajo.	Manual					
3	Alistar el equipo.	Manual					
4	Preparación de herramienta.	Manual					
5	Traslado de compresores.	Manual					
6	Preparación de compresores.	Manual					
7	Instalación de herramienta.	Manual					
8	Inflado de ruedas.	Automático					
9	Revisión por el departamento de mantenimiento.	Manual					
10	Liberación del equipo.	Manual					
11	Desinstalar compresores	Manual					
12	Paso a la siguiente área						
							<b>TIEMPO TOTAL DE LA</b>

Tabla No.4 Diagrama de recorrido del área de vulcanizado.

## DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Área de Lavado.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: LUBRICACIÓN DE MOTORES.

RESUMEN		ACTUAL			
		NÚM.	TIEMPO		
	OPERACIONES	9	1:09:00	<b>ELABORADO POR:</b>	<b>VICTOR ALFONSO RIOS</b>
	TRANSPORTE	2	0:22:00	<b>MÉTODO ACTUAL</b>	
	INSPECCIONES	1	0:5:00	<b>FECHA:</b>	viernes, 1 de enero de 2021
	RETRASOS	0	0:00:00	<b>VERSIÓN</b>	1
	ALMACENAMIENTO		0:00:00		
























































PASO	DETALLES DEL PROCESO LUBRICACIÓN	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. METR
1	Ingreso del lavado.	Manual						4
2	Verificar tipo de lubricante para el equipo.	Manual						
3	Alistar el equipo.	Manual						
4	Preparación de herramienta.	Manual						
5	Traslado de compresores.	Manual						12
6	Preparación de compresores.	Manual						
7	Instalación de herramienta.	Manual						
8	Dosificación del lubricante.	Automático						
9	Revisión por el departamento de mantenimiento.	Manual						
10	Liberación del equipo.	Manual						
11	Desinstalar compresores	Manual						




































































Tabla No.5 Diagrama de recorrido del área de Pintura.

## DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Área de Pintura.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: VULCANIZADO E INFLADO DE RUEDAS

RESUMEN		ACTUAL						
		NÚM.	TIEMPO					
	OPERACIONES	9	3:14:00					
	TRANSPORTE	1	0:07:00					
	INSPECCIONES	2	0:20:00					
	RETRASOS	0	0:05:00					
	ALMACENAMIENTO		0:00:00					
PASO	DETALLES DEL PROCESO VULCANIZADO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST MET
1	Inspección del equipo.	Manual						6
2	Generación de orden de trabajo.	Manual						4
3	Alistar el equipo.	Manual						1
4	Preparación de herramienta.	Manual						8
5	Traslado de compresores.	Manual						2
6	Preparación de compresores.	Manual						0
7	Instalación de herramienta.	Manual						5
8	Proceso de pintado.	Automático						0
9	Revisión por el departamento de mantenimiento.	Manual						0
10	Liberación del equipo.	Manual						0
11	Desinstalar compresores	Manual						2
11	Paso a la siguiente área	Manual						







<b>ELABORADO POR:</b>	<b>VICTOR ALFONSO RIOS</b>
<b>MÉTODO ACTUAL</b>	
<b>FECHA:</b>	viernes, 1 de enero de 202
<b>VERSIÓN</b>	1

Tabla No.6 Diagrama de recorrido del área de Metalmecánica.

## DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Metalmecánica.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: RETIRO DE PIEZAS SUJETAS MEDIANTE PERNOS

RESUMEN		ACTUAL						
		NÚM.	TIEMPO					
	OPERACIONES	13	1:51:40					
	TRANSPORTE	1	0:07:00					
	INSPECCIONES	2	0:20:00					
	RETRASOS	0	0:00:00					
	ALMACENAMIENTO	0	0:00:00					

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>VICTOR ALFONSO RIOS CH</b>
<b>MÉTODO ACTUAL</b>	
<b>FECHA:</b>	viernes, 1 de enero de 2021
<b>VERSIÓN</b>	1







































































PASO	DETALLES DEL PROCESO VULCANIZADO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. EN METROS
1	Inspección del equipo.	Manual						
2	Generación de orden de trabajo.	Manual						
3	Alistar el equipo.	Manual						
4	Preparación de herramienta.	Manual						
5	Traslado de compresores.	Manual						30
6	Preparación de compresores.	Manual						
7	Instalación de herramienta.	Manual						
8	Retirar pernos de carrocería y tanques.	Manual						
9	Realizar soldadura.	Manual						
10	Esmerilar.	Manual						
11	Colocar pernos.	Manual						
12	Revisión por el departamento de mantenimiento.	Manual						
13	Liberación del equipo.	Manual						
11	Desinstalar compresores	Manual						

Tabla No.7 Diagrama de recorrido del área de Mecánica.


















































































DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO								
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Área de Mecánica.								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: REVISIÓN DE ZAPATAS E INSTALACIÓN DE GRASA.								
RESUMEN		ACTUAL						
		NÚM.	TIEMPO	ELABORADO POR:		VICTOR ALFONSO RIOS		
	OPERACIONES	14	7:16:00	MÉTODO ACTUAL				
	TRANSPORTE	1	0:05:00	FECHA:		viernes, 1 de enero de 202		
	INSPECCIONES	2	0:20:00	VERSIÓN		1		
	RETRASOS	0	0:00:00					
	ALMACENAMIENTO	0	0:00:00					
PASO	DETALLES DEL PROCESO VULCANIZADO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST MET
1	Inspección del equipo.	Manual						
2	Generación de orden de trabajo.	Manual						
3	Alistar el equipo.	Manual						
4	Preparación de herramienta.	Manual						
5	Traslado de compresores.	Manual						4
6	Preparación de compresores.	Manual						
7	Instalación de herramienta.	Manual						
8	Retirar pernos de tambores para zapatas.	Manual						
9	Realizar limpieza y cambio de zapatas.	Manual						
10	Engrasar.	Manual						
11	Ajustar zapatas.	Manual						
12	Ajustar pernos de tambores de zapatas.	Manual						
14	Revisión por el departamento de mantenimiento.	Manual						
15	Liberación del equipo.	Manual						
16	Desinstalar compresores	Manual						

Tabla No.8 Diagrama de recorrido del área de Mecanizado.











































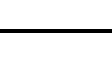








DIAGRAMA DE PROCESOS DE MANTENIMIENTO								
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Área de Mecanizado.								
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: LIMPIEZA DE TORNO.								
RESUMEN		ACTUAL						
		NÚM.	TIEMPO	ELABORADO POR:		VICTOR ALFONSO RIOS CHA		
	OPERACIONES	7	0:16:00	MÉTODO ACTUAL				
	TRANSPORTE	1	0:12:00	FECHA:		viernes, 1 de enero de 2021		
	INSPECCIONES	0	0:00:00	VERSIÓN		1		
	RETRASOS	0	0:00:00					
	ALMACENAMIENTO	0	0:00:00					
PASO	DETALLES DEL PROCESO MECANIZADO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. EN METROS
1	Barrido de material grande.	Manual						2
2	Traslado de compresores.	Manual						70
3	Preparación de compresores.	Manual						5
4	Instalación de herramienta.	Manual						2
5	Soplado de bancada.	Manual						1
6	Soplado de usillo.	Manual						1
7	Soplado de tablero.	Manual						1
8	Desinstalar compresores	Manual						70
9	Paso a la siguiente área	Manual						70
							<b>TIEMPO TOTAL DE LA OPERAC</b>	

Figura No.7 Diagrama de recorridos.

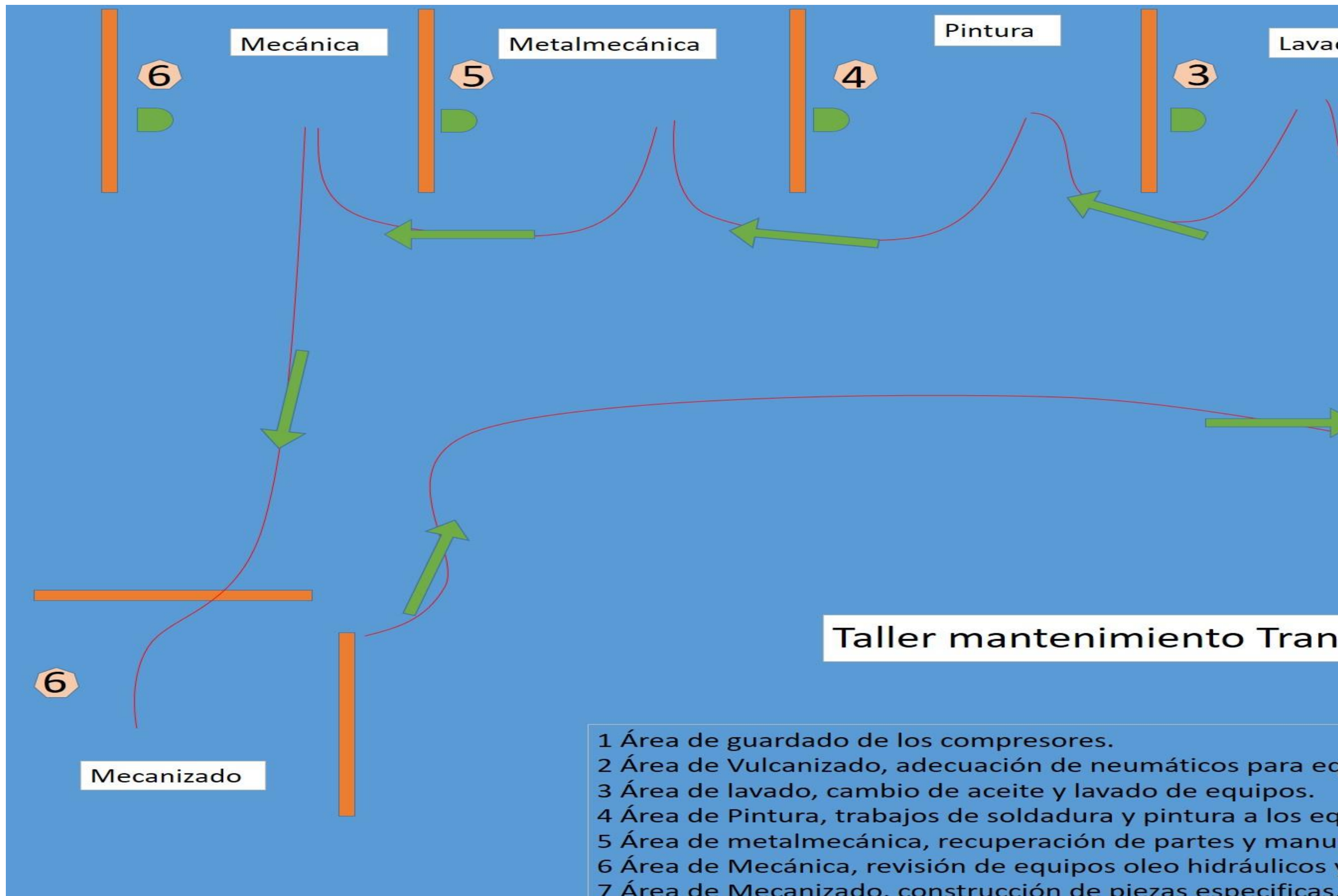
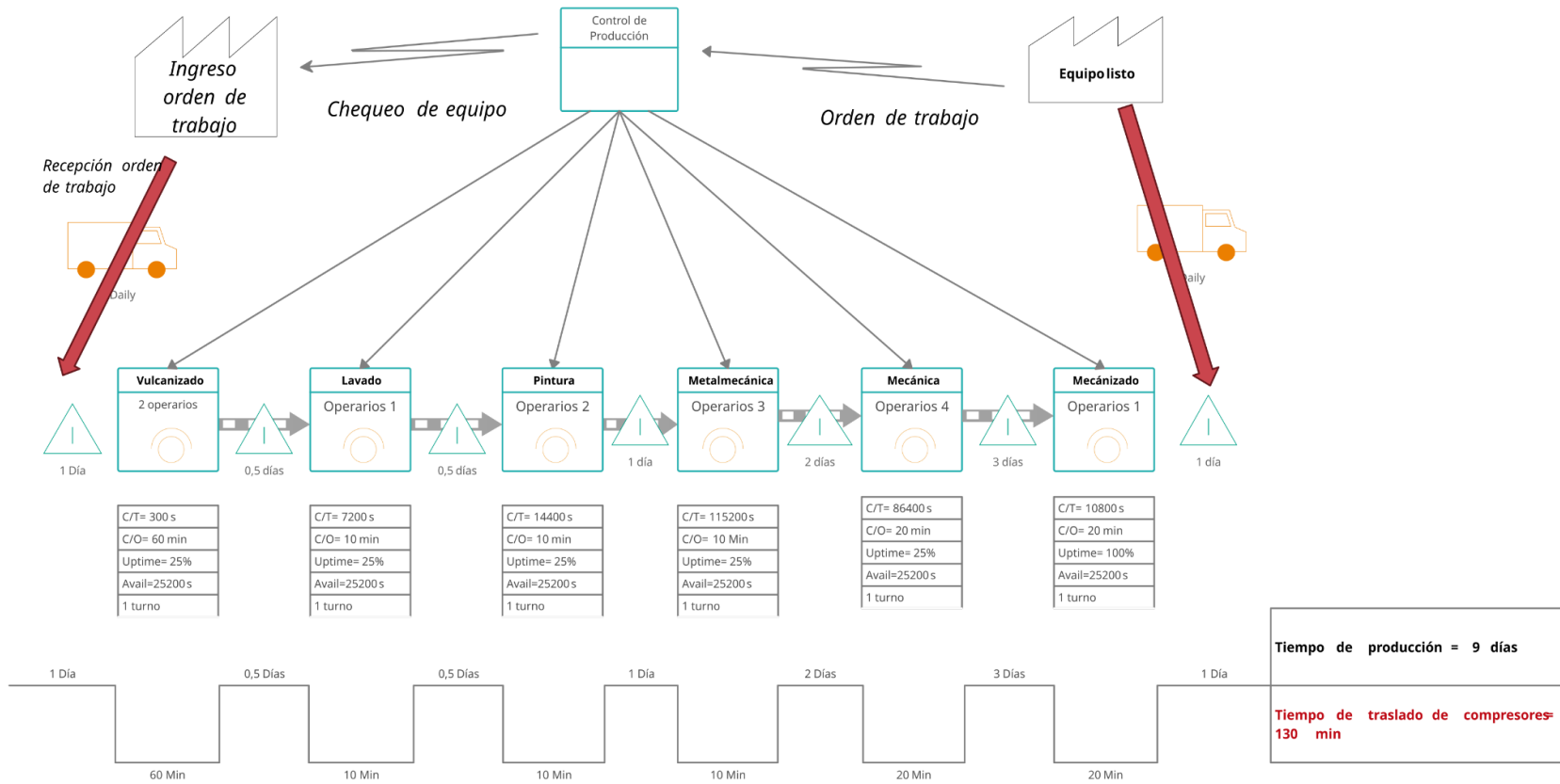


Figura No.8. VSM procesos actuales en el taller del Grupo Noroccidental.



“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental”, Elaborado por el investigado.”

En la figura No. 8 se muestra el desarrollo del VSM, con los tiempos de trabajos empleados en las actividades diarias de la planta de mantenimiento de la empresa Grupo Noroccidental.

Con la herramienta Mapa de la cadena de valor (VSM), se identifican los tiempos de demora que existen al momento de trasladar, instalar y desinstalar los compresores entre celdas de trabajo dentro del taller de mantenimiento, estas demoras son provocadas por los cambios constantes de los compresores a diferentes áreas dentro de la planta de mantenimiento, haciendo que cada operario que requiera trabajar con las herramientas neumáticas deba retirar la instalación del compresor en el puesto que se encuentre y llevar hacia el área que se necesita, volver a instalar el equipo en ese punto y proceder a trabajar en el proceso que el equipo ingresado lo esté necesitando, estos tiempos dados en minutos son los que se pretenden reducir y eliminar con la instalación de una red de aire comprimido y así cada operario pueda hacer uso en el momento que el necesite y así disminuir los tiempos de reacción frente a cada pedido, que en la orden de trabajo se evidencie y que cada área pueda llevar a cabo el trabajo de la mejor forma y entregando el equipo más breve, debido a que se estarán restando 130 minutos, que en la actualidad son ocupados para el traslado de los compresores y el posterior montaje en la área donde se requería trabajar dentro del VSM se encuentra información muy importante que será explicada a continuación.

El inicio de un VSM siempre será el control productivo de una empresa, en el caso propuesto será el área de mantenimiento, es aquí donde se realizan todos los trabajos que los equipos de campo necesiten, estos pueden ser, camas bajas, booms grúas el trabajo que será enviado a cada área de trabajo dentro de la organización.

Acto seguido se realiza una inspección del equipo por el área de mantenimiento para comprobar los daños que fueran reportados por el operario a cargo del equipo, y proceder a realizar un informe del estado del equipo, luego de esto será direccionado hacia el área pertinente para que estando allí se procedan a realizar los arreglos que la orden de trabajo así lo dispongan el trabajo.

Es importante mencionar que dentro del desarrollo de un VSM es fundamental tener claro que se estará evaluando, que problema es el que se quiere resolver, por tal motivo el estudio de la cadena de valor se aplica a las tareas dentro de la empresa sean estas servicio o al producto que salga desde manufactura, para de esa manera

poder corregir o eliminar las acciones que le restan valor a la operación que se lleva a cabo en dicho proceso dentro de la empresa.

Los datos utilizados dentro del desarrollo del VSM para este caso son los siguientes.

Número de operarios, esto muy importante para calcular los tiempos que les toma a ellos en realizar dicha actividad de inicio a fin y hasta que el producto o servicio pasa a la siguiente área o estación.

C/T.- Es el tiempo de ciclo, Se define como el tiempo en el cual un proceso se hace, así sea un proceso de máquina o un proceso manual. Este tiempo queda determinado en funcionalidad de una secuencia de parámetros y de él dependerán diferentes puntos involucrados con la productividad y la administración de la producción.

(Qe2, n.d.)

C/O.- Este se traduce como el tiempo en que se tarde de pasar de un equipo a otro o una tarea a otra tiempo de inicio a fin entre tareas, en este caso de estudio el tiempo está determinado por la para que tienen los operarios al tener que trasladar los compresores desde el sitio donde están ubicados, hacia las áreas de trabajo.

Uptime.- Se traduce como el tiempo en el que la herramienta esta disponible bajo la demanda.

Avail.- este tiempo esta proporcionado por el tiempo disponible de la herramienta dentro de la jornada.

### **Consumo de energía por área demandante.**

Se realizara el estudio de cada área que va a necesitar que se aprovisione de aire comprimido para así poder cumplir con las actividades establecidas para el proceso de mantenimiento, el resultado de esta medida será dada en CFM (pie cubico por minuto), esta información será adquirida de las placas de los equipos que se encuentran actualmente empleadas por el personal de mantenimiento de la planta en las diferentes áreas.

Vulcanizado: 12 CFM = 340 Lt/min, resultante del consumo que genera tener en el área el sistema para inflar las ruedas de los vehículos y el equipo vulcanizador.



Figura No.9. Equipo de vulcanizado.



“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de vulcanizado”, Elaborado por el investigador”.

En la figura No. 9 se muestra el equipo de vulcanizado utilizado en la adecuación de neumáticos en los equipos en el área de grabado y vulcanizado.

Lavadora: 21 CFM = 594,65 Lt/min. Resultado obtenido de medir la demanda de, tres equipos utilizados para la dosificación de aceites para el motor, caja y corona de los equipos o maquinaria que requiera ese abastecimiento de lubricante.

Figura No.10. Equipos de lubricación.



“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de lubricación”, Elaborado por el investigador.”

En la figura No. 10 se muestran los equipos de lubricación neumáticos instalados en área de lavado utilizados para recargar de aceite o grasa a los equipos que llegan para el mantenimiento.

Pintura: 7,8 CFM = 220,87 Lt/min.

En esta área se da el terminado decorativo a los equipos, donde se encuentran 2 pistolas para pintar los equipos.

*Figura No.11. Área de pintura.*



Detalles	
CAUDAL DE AIRE	3.9 CFM @ 40 PSI / 3.5 CFM @90 PSI
PRESIÓN MÁXIMA	116 PSI -8 BAR
CAPACIDAD DEL TANQUE N2	24 LITROS - 6.3 GALONES
VOLTAJE DE ENTRADA	110V - 60 HZ

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de pintura”, Elaborado por el investigador.”

Como se señala en la figura No. 11 el área de pintura se compone de dos pistolas, necesarias para dar un acabado de calidad al equipo de turno.

Metalmecánica: 7,6 CFM = 215,21 Lt/min

En esta área de la planta se realizan los trabajos de soldadura y adecuación de los equipos que han tenido algún daño, golpe, fisura o rotura de algunas de sus partes que necesitan ser cambiadas o modificadas.

Figura No.12. Área de metalmecánica.



“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de metalmecánica”,  
Elaborado por el investigador.”

Área de metalmecánica encargada de recuperar equipos o la manufactura de  
nuevos.

Mecánica 13,6 CFM = 385,11 Lt/Min.

En esta área se realizan todos los trabajos de mantenimiento oleo hidráulico, y  
mecánico.

Figura No.13. Área de mecánica



“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de lubricación”, Elaborado  
por el investigador.”

Área de mecánica revisión de elementos oleo hidráulicos, revisiones menores de cajas y motores.

Mecanizado 3,9 CFM = 110,43521 Lt/min.

En esta área se necesita tener un punto de aire comprimido para realizar tareas de limpieza dentro de los equipos de torneado y fresado. Este consumo no es mayor al de tres punto nueve CFM (3,9 CFM).

Figura No.14. Área de mecanizado.



Detalles	
CAUDAL DE AIRE	3.9 CFM @ 40 PSI / 3.5 CFM @90 PSI
PRESIÓN MÁXIMA	116 PSI -8 BAR
CAPACIDAD DEL TANQUE N2	24 LITROS - 6.3 GALONES
VOLTAJE DE ENTRADA	110V - 60 HZ

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de mecanizado”,  
Elaborado por el investigador.

Como se puede evidenciar en la figura en el área de mecanizado el uso puntual del aire comprimido es el de la limpieza de las piezas del torno y fresador que dispone el lugar.

Así es como se podrá obtener el caudal que se necesitará suministrar en la red de aire comprimido para que abastezca a todas las áreas demandantes.

El total de aire que se necesita suministrar es de 65,9 CFM que representa en litros por minuto 1866,08.

Tabla No.9. Consumo total de las áreas demandantes.

Herramienta	cantidad	Consumo Unitario CFM	Consumo total CFM
Inflado de ruedas	1	12	12
Lubricadora	3	7	21
Pistola para pintar	2	3,9	7,8
Engrasadora	1	7,6	13,6
Soplador de virutas	1	3,9	3,9
Pistola neumática	1	7,6	7,6
Demanda total de CFM de las herramientas			65,9

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de lubricación”, Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 9 se muestran los equipos consumidores por cada área y el total de CFM que se requieren para el dimensionamiento de la red de aire comprimido.

### **Área de estudio.**

Dominio: Centro de investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos - MIST.

Línea de Investigación: Diseño, realización y caracterización de sistemas inteligentes, automáticos, semiautomáticos o manuales.

Descripción: Los sistemas que se toman en cuenta para esta línea de investigación incluyen todo sistema mecánico, electromecánico, secuencial, semiautomático, automático o inteligente que tenga componentes mecánicos, electrónicos o informáticos (al menos de uno de los tipos). Así, se consideran sistemas físicos o virtuales (software) para cualquier plataforma o estructura.

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: mantenimiento producción.

Aspectos: Mejoramiento de sistema abastecedor de energía.

Objeto del estudio: Realizar el dimensionamiento de una red de aire comprimido que permita realizar de mejor forma los trabajos que se realizan en la planta de mantenimiento de la empresa Grupo Noroccidental.

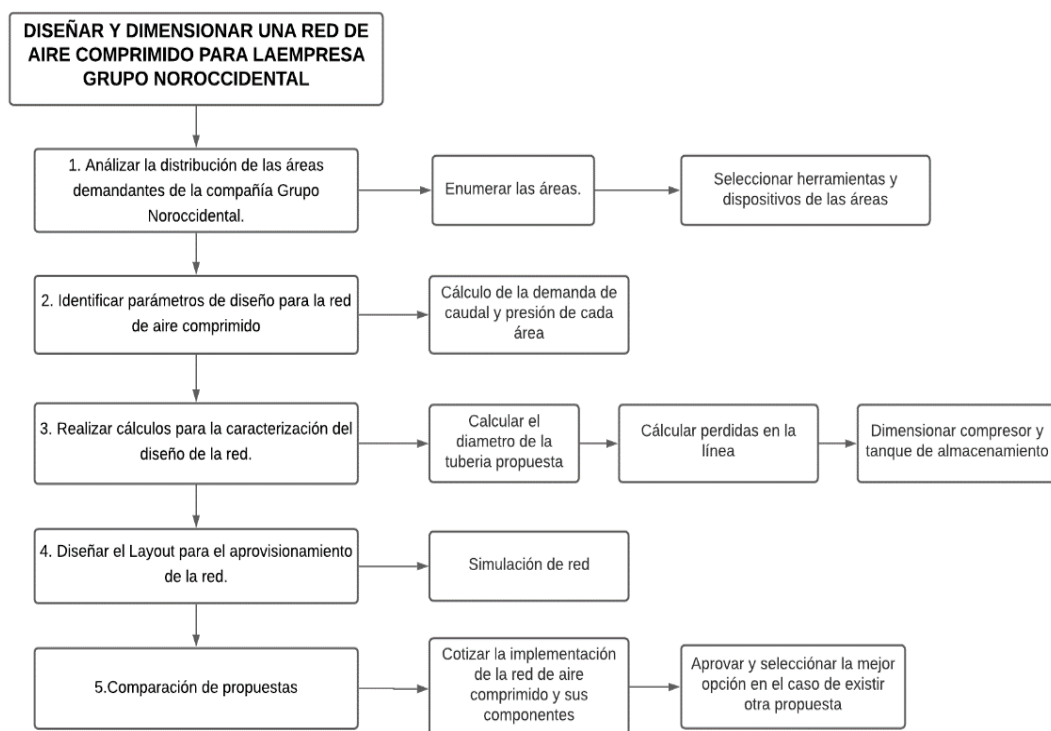
Periodo de análisis agosto 2020 – Marzo 2021.

El enfoque global de esta línea consiste en tomar en cuenta las necesidades reales identificadas en la sociedad, con miras a proponer soluciones innovadoras con un alto componente tecnológico y adaptado a la realidad del campo de utilización.

Con este fin, la línea incluye todas las metodologías y campos de investigación necesarios para generar sistemas inteligentes o interactivos innovadores.

## MODELO OPERATIVO

Figura No.15. Modelo operativo para el diseño y dimensionamiento de red de aire comprimido.



“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de lubricación”, Elaborado por el investigador.

En la figura No. 15 se muestra el modelo operativo que será utilizado para el desarrollo de la propuesta para el diseño de la red de aire comprimido para la empresa Grupo Noroccidental.

### **Desarrollo del modelo operativo**

A continuación, se describirán los pasos descritos en el modelo operativo.

1. Analizar la distribución de las áreas demandantes de la compañía Grupo Noroccidental.

En este primer paso del proceso del dimensionamiento de la red de aire comprimido, se evaluarán las áreas existentes y sobre todo la demanda, que cada una de estas tiene para el normal funcionamiento y operatividad dentro de una tarea normal de mantenimiento.

2. Identificar parámetros de diseño para la red de aire comprimido.

En este apartado se tomarán todos los parámetros necesarios para poder realizar el dimensionamiento de la red tales como, distancia que debe recorrer la tubería, total de herramientas y demanda por área, tipo de infraestructura, accesorios para el aprovisionamiento de la misma.

3. Realizar cálculos para la caracterización del diseño de la red.

Desarrollo de cálculos necesarios para el dimensionamiento y posterior esquematización, dentro de estos cálculos se tendrá como resultantes, el diámetro de la tubería a utilizar, número de dispositivos de lubricación y filtración, pendiente a utilizar en la tubería, puntos adecuados para el abastecimiento.

4. Realizar el Layout para el aprovisionamiento de la red.

Bajo la utilización del programa AutoCAD de Autodesk se desarrollará el Layout de la planta para así poder determinar de una forma más visual la distribución de los puntos de aprovisionamiento para las herramientas neumáticas.

## 5. Comparación de propuestas.

En este punto del proyecto ya se contará con las cotizaciones de los materiales que se puedan utilizar y se realizará la comparativa para escoger la mejor opción para la organización.



## **CAPÍTULO III**

### **Desarrollo de la propuesta**

Utilizando la información obtenida dentro de las áreas de la empresa Grupo Noroccidental y mediante los objetivos planteados, se iniciará el desarrollo de la propuesta y el desarrollo de cada objetivo planteado para de esta forma culminar con el desarrollo del tema de estudio de este proyecto de titulación.

Como se expuso en el capítulo anterior dentro de la organización Grupo Transportes Noroccidental en la planta de mantenimiento existen áreas de trabajo, las cuales poseen dentro de su inventario herramientas neumáticas que son utilizadas en las labores de mantenimiento y las cuales demandan de una cantidad de energía neumática para realizar su trabajo diario y que para este análisis es importante considerar cuáles son las necesidades que deben ser consideradas para realizar posteriormente la implementación de este proyecto dentro de la organización.

La propuesta que se va a desarrollar dentro de este estudio y que será de gran utilidad para la organización Grupo Transportes Noroccidental es el diseño y dimensionamiento de una red de aire comprimido, que cuente con todos los parámetros idóneos para prestar un desempeño eficaz y que sea de gran ayuda para los operarios en el desarrollo natural de sus actividades, dentro de sus celdas de trabajo, donde es muy importante tener la alimentación a las herramientas neumáticas para de esta forma poder operar normalmente dentro de cada área de trabajo.

Para esto se considera necesario conocer muy bien los procesos que se realizan dentro de cada celda de trabajo, debido que este trabajo muchas veces se lo realiza a un solo equipo como también diferentes trabajos a diferentes equipos, debido a que la frecuencia de estos equipos es rotatoriamente producto de los diferentes proyectos que maneja la empresa, por tal motivo hay equipos que ingresan a realizarse un balanceo del sistema de dirección o recambio de neumáticos estos equipos van directamente al área de vulcanizado, como así también necesitan un cambio de aceite estos equipos irán al área de lavado, dependiendo de la necesidad que presenten los equipos estos pueden ser direccionados al área de metalmecánica,

por un trabajo de soldadura o acondicionamiento de alguna parte, y de ser necesario después pasaran por el área de pintura y por último podrán llegar al área de mecánica para que se revisen los motores mecánicos o los componentes oleo hidráulicos del equipo.

Para desarrollar de una forma ordenada el diseño y dimensionamiento de la red de aire comprimido se debe considerar los siguientes pasos y cálculos que se realizarán en el presente capítulo tres, estos son diferenciar las áreas que estarán dentro de la investigación, el caudal demandante en las áreas de trabajo, el número total de herramientas, los factores de uso, factor de simultaneidad, factor por corrección de altura, factor por expansión futura, que son muy importantes para el desarrollo de este proyecto.

### **1. Taller de vulcanizado.**

- a) En el taller de vulcanizado se realiza principalmente el grabado de ruedas y el acondicionamiento de los neumáticos para los equipos, a los cuales se les va a realizar un recambio de ruedas o para que estén ya listas e inventariadas, otra de la función de esta área es revisar el estado la presión y caudal de aire en los neumáticos.

Para mantener operativa esta área se necesita contar con dos puntos de abastecimiento de aire comprimido para trabajos internos en el generador de nitrógeno y para los trabajos en el área de vulcanizado.

*Tabla No.10. Equipos Neumáticos dentro del área de vulcanizado.*

Área	Vulcanizado	
Equipo	Consumo de caudal CFM	Consumo de caudal en L/M
Sistema para inflar ruedas	12	340
Generador de Nitrógeno	17	481,39
Total	29	821,19

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de lubricación”, Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 10 se enumeran los equipos correspondientes al área de vulcanizado, que son utilizados para rellenar de nitrógeno los neumáticos de los equipos camineros y de izaje, así como camas bajas y demás.

#### I. Frecuencia de uso.

La frecuencia de uso de los equipos en el área de vulcanizado, está dado por el tiempo en que al operario le toma en rellenar de nitrógeno al neumático, esta actividad le toma aproximadamente al operario cinco minutos, siendo este el tiempo empleado en esta actividad diez veces cada hora y realizando esta actividad tres veces al día.

$$Tu = \frac{\textit{Tiempo empleado en la actividad}}{\textit{secuencia de trabajo}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

$$Tu \frac{\cancel{10 \textit{ veces}}}{\cancel{1 \textit{ hora}}} * \frac{\cancel{5 \textit{ minutos}}}{\cancel{1 \textit{ vez}}} * \frac{\cancel{8 \textit{ horas}}}{\cancel{1 \textit{ semana}}} * \frac{1 \textit{ hora}}{\cancel{60 \textit{ minutos}}}$$

$$Tu = \frac{400}{60} = 6,666 \textit{ horas cada semana}$$

Como resultado se obtiene que la frecuencia de uso de los equipos en el área de vulcanizado y lubricación es de 6,666 horas cada semana en un turno de trabajo de 8 horas.

### 2. Área de lavado y Lubricación

- b) Las actividades principales de esta área son el lavado de los vehículos, y la lubricación de los mismos en motores y partes móviles por ejemplo cambio de aceite del motor, coronas, etc.

En esta área se requieren de tres puntos de alimentación para las tres bombas de lubricación que aquí se encuentran.

Tabla No.11. Equipos neumáticos del área de lavado y lubricación

Área	Lavadora	
Equipo	Consumo de energía CFM	Consumo de energía L/M
Bomba de lubricación 1	7	198,22
Bomba de lubricación 2	7	198,22
Bomba de lubricación 3	7	198,22
Total	21	594,66

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de lubricación”, Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 11 se muestran los equipos que utilizan aire comprimido dentro del área de lavado y lubricación.

En esta área se necesitan instalar tres puntos de aire comprimido para el correcto funcionamiento de las bombas de lubricación que aquí existen.

Horas de funcionamiento del aire comprimido en el área de vulcanizado.

- II. La frecuencia de uso de los equipos de lubricación, está dado por el tiempo en que al operario le toma en reabastecer de lubricante al equipo, esta actividad le toma aproximadamente al operario cinco minutos, siendo este el tiempo empleado en esta actividad una vez cada por cada tipo de aceite, siendo tres tipos de aceite por unidad y realizando esto dos veces al día.

$$Tu \frac{\cancel{3 \text{ veces}}}{\cancel{1 \text{ hora}}} * \frac{\cancel{10 \text{ minutos}}}{\cancel{1 \text{ vez}}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} * \frac{\cancel{1 \text{ hora}}}{\cancel{60 \text{ minutos}}}$$

$$Tu = \frac{240}{60} = 4 \text{ horas cada turno}$$

Como resultado se obtiene que la frecuencia de uso de los equipos en el área de vulcanizado es de cuatro horas cada turno de trabajo de 8 horas, con la consideración que se realiza este trabajo una vez cada dos o tres días y dependiendo de la cantidad de neumáticos una vez cada semana.

### 3. Área de pintura

- c) En el área de pintura principalmente se llevan a cabo trabajos de pintura y preparación de equipos para dejarlos a punto en el proceso pintura.

En esta área se necesitará de tres puntos de alimentación, debido a que en esta área se requiere pintar en diferentes puntos del área, esto facilitara que el operario se traslade con facilidad.

*Tabla No.12 Equipos neumáticos del área de pintura.*

Área	Pintura	
Equipo	Consumo de energía en CFM	Consumo de energía en L/M
Pistola para pintar 1	3,9	110,44
Pistola para pintar 2	3,9	110,44
Total	7,8	220,87

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de pintura”, Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 12 se muestran los equipos que utilizan aire comprimido dentro del área de pintura. Elaborado: Investigador.

- III. La frecuencia de uso de los equipos del área de pintado, está dado por el tiempo que al operario le toma en realizar tareas de pintado y barnizado de piezas mecánicas, esta actividad le toma aproximadamente al operario entre una y tres horas dependiendo del tipo de mecanismo que se deba pintar, siendo este el tiempo empleado en esta actividad la cual varía entre días

continuos o una vez cada semana, para el cálculo se promedia el tiempo de entre una y tres horas, dando un resultado de 2 horas.

$$Tu \frac{\cancel{1 \text{ vez}}}{\cancel{8 \text{ horas}}} * \frac{\cancel{120 \text{ minutos}}}{\cancel{1 \text{ vez}}} * \frac{\cancel{8 \text{ horas}}}{\cancel{1 \text{ turno}}} * \frac{1 \text{ hora}}{\cancel{60 \text{ minutos}}}$$

$$Tu = \frac{960}{480} = 2 \text{ horas cada turno}$$

Como resultado se obtiene que la frecuencia de uso de la línea de aire comprimido en la tarea de pintura es de 2 horas cada turno de trabajo de 8 horas.

#### 4. Área de Metalmecánica

- d) En el área de metalmecánica principalmente se llevan a cabo trabajos de arreglos de partes mecánicas de los equipos que están en mantenimiento y construcción de nuevos componentes.

En esta área se requiere de tres punto para conexiones con acople rápido, para la utilización de engrasadoras, llaves de impacto o cortes por plasma que será implementado en un futuro.

*Tabla No.13 Equipos neumáticos del área de metalmecánica.*

Área	Metalmecánica	
Equipo	Consumo de energía en CFM	Consumo de energía en L/M
Engrasadora	7,6	215,21
Pistola de impacto	7,6	215,21
Total	15,2	430,42

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de metalmecánica”,  
Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 13 se muestran los equipos que utilizan aire comprimido dentro del  
área de metalmecánica. Elaborado: Investigador.

- IV. La frecuencia de uso de los equipos de lubricación, está dado por el tiempo  
en que al operario le toma en lubricar o engrasar a las partes móviles así  
como para aflojar o ajustar pernos del equipo que se encuentre en el área de  
metalmecánica, esta actividad le toma aproximadamente al operario veinte  
y cinco minutos, siendo este el tiempo empleado en esta actividad cuatro  
veces por cada herramienta ocho horas al día.

$$Tu \frac{\cancel{8 \text{ veces}}}{\cancel{8 \text{ hora}}} * \frac{\cancel{25 \text{ minutos}}}{\cancel{1 \text{ vez}}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} * \frac{\cancel{1 \text{ hora}}}{\cancel{60 \text{ minutos}}}$$

$$Tu = \frac{1600}{480} = 3,33 \text{ horas cada turno}$$

Como resultado se obtiene que la frecuencia de uso de los equipos en el área de  
metalmecánica es de 3,33 horas cada turno de trabajo de 8 horas.

## 5. Área de Mecanizado

- e) En el área de mecanizado principalmente se llevan a cabo trabajos de  
reparación de partes mecánicas de los equipos que están en mantenimiento  
y construcción de nuevos componentes.

En el área de mecanizado se requiere contar con un punto de aire comprimido, para  
realizar labores de limpieza.

Tabla No.14 Equipos neumáticos del área de mecanizado.

Área	Mecanizado	
Equipo	Consumo de energía en CFM	Consumo de energía en L/M
Sistema de limpieza de torno paralelo	3,9	110,44
Total	3,9	110,44

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de mecanizado”,  
Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 14 se muestran los equipos que utilizan aire comprimido dentro del área de mecanizado. Elaborado: Investigador.

- V. La frecuencia de uso de la línea de aire comprimido en el área de mecanizado, está dado por el tiempo en que al operario le toma en realizar una limpieza del espacio de trabajo en el torno, utilizado para recolección de virutas y barrido del sistema del torno esta actividad le toma aproximadamente al operario un minuto, siendo este el tiempo empleado en esta actividad una vez cada hora y realizando esta actividad tres veces al día.

$$Tu \frac{\cancel{4 \text{ vez}}}{\cancel{1 \text{ hora}}} * \frac{\cancel{2 \text{ minuto}}}{\cancel{1 \text{ vez}}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} * \frac{\cancel{1 \text{ hora}}}{\cancel{60 \text{ minutos}}}$$

$$Tu = \frac{64}{60} = 1,07 \text{ horas cada turno}$$

Como resultado se obtiene que la frecuencia de uso de los equipos en el área de mecanizado es de 1,07 horas cada turno de trabajo de 8 horas.



## 6. Área de Mecánica Integral

- f) En el área de mecánica integral principalmente se llevan a cabo trabajos de reparación de partes mecánicas de los equipos que están en mantenimiento como pueden ser reparación de bombas, reparación de motores, reparación de sistemas de izaje.

En el área de mecánica integral se requiere contar con tres puntos de alimentación para la utilización de pistolas de impacto, engrasadoras y otro tipo de herramienta neumática.

*Tabla No.15 Equipos neumáticos del área de mecánica integral.*

Área	Mecánica Integral	
Equipo	Consumo de energía en CFM	Consumo de energía en L/M
Pistola neumática	9	254,9
Engrasadora neumática	4,6	130
Total	13,6	385

“Tomado de la empresa Transportes Noroccidental, área de mecánica integral”,  
Elaborado por el investigador.

En la tabla No. 15 se muestran los equipos que utilizan aire comprimido dentro del área de mecánica integral. Elaborado: Investigador.

- VI. La frecuencia de uso de los equipos de lubricación, está dado por el tiempo en que al operario le toma en lubricar o engrasar a las partes móviles así como para aflojar o ajustar pernos del equipo que se encuentre en el área de metalmecánica, esta actividad le toma aproximadamente al operario veinte y cinco minutos, siendo este el tiempo empleado en esta actividad cuatro veces por cada herramienta ocho horas al día.

$$Tu \frac{8 \text{ veces}}{8 \text{ hora}} * \frac{25 \text{ minutos}}{1 \text{ vez}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}$$

$$Tu = \frac{1600}{480} = 3,33 \text{ horas cada turno}$$

**Factor de uso.**

$$Fu \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía esperada}} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Es el cociente que resulta de dividir la energía que ha producido o consumido una instalación en un período de tiempo, entre la que habría producido o consumido si hubiera funcionado a la potencia nominal, (*Factor de Utilización / Real Academia de Ingeniería, n.d.*)

Obteniendo los valores de las horas de utilización diarias de cada herramienta dentro de cada área, se procederá a calcular el factor de uso de cada herramienta, dispuesta en cada sección de la planta de mantenimiento de la organización, se tomará en cuenta para estos cálculos las horas de funcionamiento (Tu) de cada herramienta anteriormente calculado y dividido para la jornada laboral, considerando para cada turno siete horas de trabajo más una hora de almuerzo (Tr), la fórmula que se utilizará es la siguiente.

Tabla No.16. Cálculo del factor de uso.

Área	Tiempo de uso Tu	Turno de trabajo Tr	Factor de uso Fu
Vulcanizado	6,67	8	0,83
Lavadora y lubricación	4,00	8	0,50
Pintura	2	8	0,25
Metalmecánica	3,33	8	0,42
Mecánica	3,33	8	0,42
Mecanizado	1,07	8	0,13

“Tomado de la empresa Transportes Noroocidental, área de lubricación”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 16 se evidencia los cálculos realizados para obtener el factor de uso de cada área, elaborado por el Investigador.

Calculado el factor de uso de los equipos que estarán en funcionamiento dentro de la planta, es importante poder realizar el cálculo del factor de simultaneidad.

**Factor de simultaneidad.** Cuando en la planta existen varios equipos funcionando, al determinar el producto del factor de utilización de cada una de estas herramientas, nos dará un valor al cual se lo conoce como factor de simultaneidad, al ser este proceso muy laborioso, aunque este nos arrojará un valor más exacto, hoy en día se utiliza un valor global que se indica en la siguiente tabla, (Carnicer Royo, 1994)

En otras fuentes se indica lo siguiente:

Que el factor de simultaneidad es un valor comprendido entre cero y uno, que puede ser calculado mediante datos estadísticos de uso de cada herramienta y también puede ser encontrado en la siguiente tabla.

Figura No.16. Tabla para selección del factor de simultaneidad.

Qty. consumer devices	Simultaneity factor f
1	1,00
2	0,94
3	0,89
4	0,86
5	0,83
6	0,80
7	0,77
8	0,75
9	0,73
10	0,71
11	0,69
12	0,68
13	0,67
14	0,66
15	0,64
16	0,63

Tomado de “(Boge, n.d.), (: : : *Guidebook Compressed Air* :., n.d.)”, elaborado por el Investigador

Nota. En la figura No. 16 se muestra una tabla donde se podrá seleccionar el factor de simultaneidad, mismo que será necesario para los cálculos posteriores.

Tabla No.17 Número total de herramientas

Herramienta	Cantidad
Generador de nitrógeno	1
Lubricadora	3
Pistola para pintar	2
Engrasadora	1
Soplador de virutas	1
Pistola neumática	2
Total herramientas	10

“Tomado de la planta de mantenimiento Transportes Noroccidental”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 17 se describe el número total de herramientas que existen en la planta de mantenimiento de la empresa Grupo Transportes Noroccidental, elaborado por el investigador.

Como paso siguiente se deben identificar los factores que se requieren para un cálculo correcto del caudal total que se debe cubrir en el proceso de dimensionamiento e instalación de una red de aire comprimido estos factores serán descritos a continuación:

**Perdidas por fugas.** Las fugas en un sistema de aire comprimido son consideradas un problema, debido a que el equipo generador debe trabajar por más tiempo para compensar esta fuga que existe en el sistema, lo que implica un mayor consumo de, este valor debe ser considerado para instalaciones nuevas con un máximo del 5% del caudal demandado y para instalaciones antiguas un máximo de 25% (Górriz, 2020).

$P_f = 3\%$ .

**Factor o coeficiente de error.**- este valor es a dimensional, y va desde un 2% a un 5% del caudal que se requiera en la línea de aire comprimido para el presente estudio se considera el valor de 5% para poder darle al sistema una holgura y que mantenga un factor de seguridad a la instalación propuesta. (*Como Determinar El Consumo de Aire Comprimido – Kaeser Compresores, n.d.*)

$F_e = 5\%$ .

**Futuras ampliaciones.**- a este apartado se le dará un valor del 50% para futuras ampliaciones, debido a que la planta siempre está en constante crecimiento y a esta consideración se suma que próximamente se implementará un recambio de equipos y la adquisición de nuevos, esto dará el dimensionamiento extra tanto en la red

como en los equipos, destinados a este proyecto. (*Como Determinar El Consumo de Aire Comprimido – Kaeser Compresores*, n.d.)

Fa = 50%.

### **Factor por corrección de altura.**

El decrecimiento de la presión y la temperatura atmosférica perjudica directamente a la densidad del aire y en consecuencia, a las prestaciones de todo equipo térmico, entre ellos los de aspiración natural como los compresores,(Lapuerta et al., 2006).

La capacidad del compresor se reduce al incrementar la altitud, esto debido al cambio del ratio de presión. Paralelamente, la potencia de salida del motor se reduce debido a que reduce la refrigeración del mismo (la densidad del aire se reduce al incrementar la altitud), (ASERCOBE, 2017).

Esta variación en la densidad del aire afecta principalmente en un equipo generador de aire en:

- Capacidad del compresor.
- Consumo de potencia del motor del compresor.
- Potencia del motor del compresor.
- Eficiencia del sistema de refrigeración.

Y por todas estas circunstancias afecta en el caudal final que entrega el compresor, por eso este valor es necesario que sea identificado para poder realizar un dimensionamiento más eficaz.

Figura No.17. Tabla de valores normales de presión, temperatura y densidad.

Altitud (m)	Presión (Bar)	Temperatura °C	Densidad Kg/m3
0	1,013	15	1,225
100	1,001	14,4	1,213
200	0,989	13,7	1,202
500	0,959	11,8	1,167
1000	0,899	8,5	1,112
2000	0,795	2	1,007
3000	0,701	-4,5	0,909
4000	0,616	-11	0,819
5000	0,540	-17,5	0,736
7500	0,383	-33,8	0,557

Tomado de “(ASERCOBE, 2017).”, elaborado por el Investigador

Nota. En la figura No. 17 se muestran los valores normales para la presión, temperatura y densidad del aire según varía la altitud en la que se encuentra el equipo.

Mediante estos valores se realizara el cálculo del factor por corrección de altura, teniendo en cuenta los valores exactos se realizara un procesos de interpolación para obtener los valores exactos para realizar el cálculo real, más no una aproximación, para esto se utilizara la fórmula para interpolar valores desconocidos teniendo dos valores conocidos.

Donde los valores son sacados de la tabla 14, para encontrar el valor real a utilizar se utilizará la siguiente ecuación.

$$Y_x = Y_0 + \frac{X - X_0}{X_1 - X_0} * (Y_1 - Y_0) \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

X es el valor intermedio a interpolar.

$Y_x$  es el valor a encontrar.

$X_0$  el valor en X superior.

$X_1$  es el valor X inferior.

$Y_0$  es el valor en Y superior.

$Y_1$  es el valor en Y inferior.

Resolviendo:

$$Y_x = Y_0 + \frac{X - X_0}{X_1 - X_0} * (Y_1 - Y_0)$$

$$1,007 + \frac{(2550 - 2000)}{(3000 - 2000)} * (0,909 - 1,007)$$

$$Y_x = 0,9531$$

Por medio de la aplicación de la interpolación, se encuentra el dato de la densidad real en la ciudad de Sangolquí a 2550 metros sobre el nivel del mar, este valor será utilizado en la fórmula para encontrar el coeficiente de corrección por altura, dicho valor es sumamente importante, para obtener las condiciones óptimas en las que debe funcionar un equipo mecánico.

### **Corrección por altura**

Fórmula para cálculo del volumen real a 2550 metros sobre el nivel del mar (msnm), la misma que se utilizara para caudales.



$$V2 = \frac{d1 * v1}{d2} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde:

$v1 = Q1$  Caudal necesario CFM.

$d1$  densidad del aire a nivel del mar  $\text{Kg/m}^3$ .

$d2$  densidad del aire real a 2550 msnm  $\text{Kg/m}^3$ .

$v2 = Q2$  caudal resultante para la corrección por altura.

Entonces:

$$Q2 = \frac{d1 * Q1}{d2}$$

$$Q2 = \frac{1,2254 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 21,68 \text{ CFM}}{0,9531 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$Q2 = 27,8739 \text{ CFM}$$

Obtenido el caudal resultante en CFM, se procede a encontrar el porcentaje en el que debe ser aumentado el caudal original para poder operar sin mayor inconveniente.

$$\text{dif}\% = \frac{Q2 - Q1}{Q2} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

$Q2 =$  Caudal encontrado.

Q1 = Caudal inicial.

dif% = Porcentaje resultante.

$$dif\% = \frac{27,874 - 21,68}{27,874}$$

$$dif\% = 0,22\%$$

Factor por corrección de altura es de 22%.

Los valores que fueron calculados anteriormente, sumado a este último que serán ingresados a la tabla de caudales unitarios para identificar el caudal total necesario para el dimensionamiento de la red de aire comprimido y la posterior selección de tuberías, tanto el ramal principal como las tuberías de servicio que alimentaran a las áreas de mantenimiento de la empresa.

Con la información recabada de la planta de mantenimiento y de la investigación personal que recabo en el estudio de la situación actual se procederá a desarrollar una tabla donde se determine el caudal total que necesita el sistema de aire comprimido, para poder calcular los diámetros de tubería tanto de servicio como ramal principal.

Tabla No.18. Demanda real de aire comprimido.

Área	Herramienta	Cantidad	Consumo Unitario CFM	Consumo total CFM	Factor de simultaneidad	Factor de uso	Consumo para cálculo de tubería
Vulcanizado	Inflado de ruedas	1	12	12	0,71	0,83	7,0716
	Equipo vulcanizador	1	17	17	0,71	0,83	10,0181
Lavadora	Lubricadora	3	7	21	0,71	0,5	7,455
Pintura	Pistola para pintar	2	3,9	7,8	0,71	0,25	1,3845
Metalmecánica	Pistola neumática	1	7,6	7,6	0,71	0,42	2,26632
	Engrasadora	1	7,6	7,6	0,71	0,42	2,26632
Mecánica	Pistola neumática	2	9	18	0,71	0,42	5,3676
	Engrasadora	1	4,6	4,6	0,71	0,42	1,37172
Mecanizado	Soplador de virutas	1	3,9	3,9	0,71	0,13	0,35997
Demanda total de CFM de las herramientas							37,5611

Tomado de “Transportes Noroccidental”, elaborado por el Investigador.

Nota. En la tabla No. 18 se muestra el caudal total de aire comprimido que demandan las áreas de trabajo, dentro de la organización.

Realizado el análisis de la demanda de cada área se obtiene una demanda total que consumirán las herramientas dentro de cada área, para obtener el caudal final para el dimensionamiento de la red de aire comprimido se debe adicionar a esta tabla los valores que fueron encontrados en cada factor de corrección.

Tabla No.19. Factores de corrección.

Factores de riesgo	Valor	Caudal Inicial	Caudal Adicional
Perdidas por fugas	3%	37,56113	1,1268
Coefficiente de error	5%	37,56113	1,8781
Corrección por altura	22%	37,56113	8,2634
Futura ampliación	50%	37,56113	18,7806
Caudal Total			67,6100

Tomado de “Transportes Noroccidental”, elaborado por el Investigador.

En la tabla No. 19 se adiciona al caudal total de las herramientas los valores encontrados por los valores de corrección, mismo que darán el caudal final para el dimensionamiento de la red de aire comprimido, elaborado por el Investigador.

Esta demanda total que se da en las seis áreas de la empresa Grupo Noroccidental sumado los factores de corrección es de: 67,61CFM correspondiente a 1947,13 L/m.

Dentro del dimensionamiento de una red de aire comprimido es sumamente importante conocer los componentes y accesorios que conformarán el sistema. Una red de aire comprimido está conformada por una unidad generadora, la tubería principal y la tubería secundaria o de servicio, el secador de aire perfectamente dimensionado para trabajar con el compresor, las unidades de mantenimiento, encargadas de asegurar la calidad del aire en los puntos de servicio y de alargar la vida útil de las herramientas neumáticas.

Como primer punto a conocer es la unidad generadora de energía neumática conocida como compresor, este elemento tiene la principal función de comprimir el aire, gases y fluidos, suministrando a su salida un flujo constante de aire y su división principal es en dos grandes grupos unos son dinámicos y otros son de desplazamiento positivo y estos a su vez pueden ser:

- Dinámicos.
  - Radiales
  - Axiales.
- Desplazamiento Positivo
  - Rotativos
    - Un rotor
      - Paletas
      - Anillo líquido.
    - Dos rotores

- Tornillo
- Lóbulos.
- Pistón
  - Simple efecto
  - doble efecto
  - laberinto

(Maq Power, n.d.)

Sabiendo la clasificación de los compresores y como los define Luszczewski, A. (2013). En su libro *Redes industriales de tuberías: bombas para agua, ventiladores y compresores*.

Como las máquinas que sirven para comprimir los gases y estos a su vez. Por la manera de comprimir los gases, se distinguen dos tipos de compresores. Los volumétricos y los de flujo. En los compresores volumétricos, el aumento de presión se logra por la disminución del volumen de gas confinado en una cámara y el proceso de compresión es pulsante, es decir, no es continuo. En los compresores de flujo, la elevación de la presión del gas se logra por la transformación de la energía cinética que se le proporciona por medio de un rodete de forma adecuada, en energía de presión, cuando se hace que disminuya la velocidad del gas. De esta manera, el proceso de compresión es continuo.

(Luszczewski, 2013)

**Ramales de servicio.-** Todas las tuberías que se desprenderán de la línea principal y donde se instalarán los puntos en los que serán conectadas las herramientas neumáticas, mediante acoples especiales.

**Unidades de mantenimiento.-** Llamados así a los sistemas de lubricación y filtros separadores de impurezas, como también de agua existente en el sistema, acondicionarán de una mejor forma la calidad de aire que se encontrará en los puntos de conexión de las herramientas a utilizar.

**Válvulas reguladoras de presión y caudal.-** dispositivos que serán implementados en la red, para evitar que el aire llegue en cantidades fuera de lo normal al punto de servicio, más caudal y presión de lo necesario, puede causar daños irreversibles en las herramientas conectadas.

**Secador de aire.-** este tiene la función de bajar la temperatura del aire resultante de la producción del compresor a una temperatura que es menor al punto de rocío de este aire comprimido y el cual pasara hasta él depósito de donde se distribuirá en el caudal y presión necesarios a cada punto de servicio dentro de la planta de mantenimiento de la empresa grupo Noroccidental.

(Guillén Salvador, 2003), Para un correcto funcionamiento de una red de aire comprimido, siempre será de gran utilidad el contar con unidades de mantenimiento dentro del sistema, para así poder tener el máximo valor de calidad del aire comprimido que se entregara en los puntos de servicio, estos accesorios serán los siguientes:

Como lo describe EP e Ingeniería en su Blog (EP e Ingeniería Eléctrica, 2016) “La unidad de mantenimiento es el equipo encargado de acondicionar el aire de la instalación neumática para su posterior utilización en los elementos de trabajo. Es la combinación de 3 elementos filtro de aire comprimido, válvula reguladora de presión y lubricador de aire, formando un solo conjunto. Se encuentra emplazada a la entrada de toda instalación de aire comprimido”

Para el correcto funcionamiento de las unidades de mantenimiento se debe tener claro las siguientes consideraciones.

- El caudal de aire de la línea para dimensionar la unidad de mantenimiento.
- La presión del sistema no debe ser mayor a la de la unidad.
- El nivel del condensado no debe superar el nivel de la mirilla del filtro.
- Si antes de la unidad existe un filtro, este no requiere de mantenimiento.
- El nivel de aceite del lubricador debe ser el permitido para su funcionamiento.

### **Filtro de aire a presión.**

La función principal de este elemento es la de separar las impurezas provenientes del compresor, que son aspiradas de la atmosfera y llevadas por la red de aire comprimido, además del condensado que surge por la caída de la temperatura desde

el generador de aire hasta el punto de servicio, este proceso alarga la vida útil de los sistemas neumáticos que trabajan en las diferentes áreas.

El funcionamiento de este accesorio es el siguiente:

El aire ingresa por una chapa deflectora que está equipada de ranuras que le dan el sentido centrífugo al aire, para que este a su paso por el filtro pueda desprender las partículas de polvo y agua que ahí se encuentran y las deposita al fondo del reservorio, luego este sigue su camino hasta el regulador de presión y posteriormente hacia la línea o puntos de servicio. (EP e Ingeniería Eléctrica, 2016)

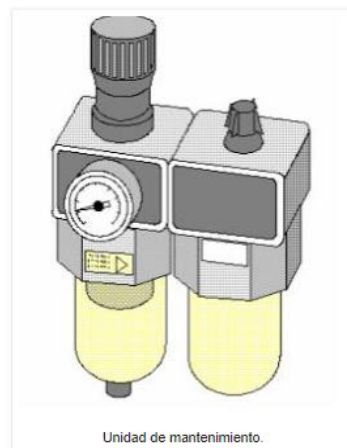
### **Válvula reguladora de presión.**

La válvula de presión es un accesorio sumamente muy importante de la red de aire comprimido debido a que su función es mantener todo el sistema a una sola presión, debido a que el compresor por su trabajo no mantiene la presión constante en todo el sistema.

### **Lubricador de aire.**

El lubricador de aire tiene como objeto lubricar las piezas de las herramientas, que trabajan con la red de aire comprimido, equipos que necesitan girar a revoluciones muy altas, son lubricados con el dispositivo lubricador.

*Figura No.18. Unidad de mantenimiento.*



*Tomado de “Unidad de mantenimiento”, “(EP e Ingeniería Eléctrica, 2016)”, elaborado por el Investigador.*

Como se mostrará en la próxima figura del Layout en tres dimensiones los accesorios para unión de la red y distribución desde la red principal hacia las tuberías de servicio, se podrá evidenciar los accesorios necesarios para la interconexión de las tuberías los cuales se describen a continuación.

**Los accesorios más utilizados son:**

- Codos de 90°.

La finalidad de este accesorio, es la de poder cambiar la dirección del flujo del fluido, cobrándose una cantidad de energía del flujo transmisible.

- Unión T.




















Accesorios que se utilizan para realizar derivaciones perpendiculares hacia la línea matriz y esta debe realizarse a un diámetro menor. (Gutiérrez Yagüe, 2021)

- Unión para tubería.

Dentro de los accesorios para la unión de tuberías, existen las uniones y/o neplo corridos, la función de estos es de unir un tramo de la tubería con otra, mediante soldadas frías, soldadura normal, mediante fundentes o roscados.



Figura No.19. Cálculo de la dimensión equivalente de accesorios en la tubería.

Diámetro D		Codo 90° Radio largo	Codo 90° Radio medio	Codo 90° Radio corto	Codo 45°	Curva 90° R/D 1½	Curva 90° R/D 1	Curva 45°	Entrada normal	Entrada de borda	Válvula de compuerta abierto	Válvula tipo globo abierta	Válvula de ángulo abierta	Té paso directo	Té salida lateral	Té salida bilateral	Válvula de pie	Salida de tubería	Válvula de retención tipo jiviana	Válvula de retención tipo pesado
mm	pulg.																			
13	½	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1	1	3,6	0,4	1,1	1,6
19	¾	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1¼	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10	0,9	2,7	4
38	1½	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14	1,5	4,2	6,4
63	2½	1,3	1,7	2	0,9	0,8	1	0,5	0,9	1,9	0,4	21	10	1,3	4,3	4,3	17	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26	13	1,6	5,2	5,2	20	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34	17	2,1	6,7	6,7	23	3,2	6,4	12,9
125	5	2,8	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2	4	0,9	43	21	2,7	8,4	8,4	30	4	10,4	16,1
150	6	3,7	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5	1,1	51	26	3,4	10	10	39	5	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3	2,4	3,3	1,5	3,5	6	1,4	67	34	4,3	13	13	52	6	16	25
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85	43	5,5	16	16	65	7,5	20	32
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9	2,1	102	51	6,1	19	19	78	9	24	38
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11	2,4	120	60	7,3	22	22	90	11	28	45

Tomado de “Longitud equivalente de tubería en metros”, “(Castelló Gómez et al., 2020), elaborado por el Investigador.

En la figura No. 19, se muestra la tabla que se utilizará para calcular las longitudes equivalentes de los accesorios a ser utilizados en la red de aire comprimido, para seleccionar definitivamente la longitud y diámetro real de la tubería.

Tabla No.20. Tabla de accesorios para red de aire comprimido.

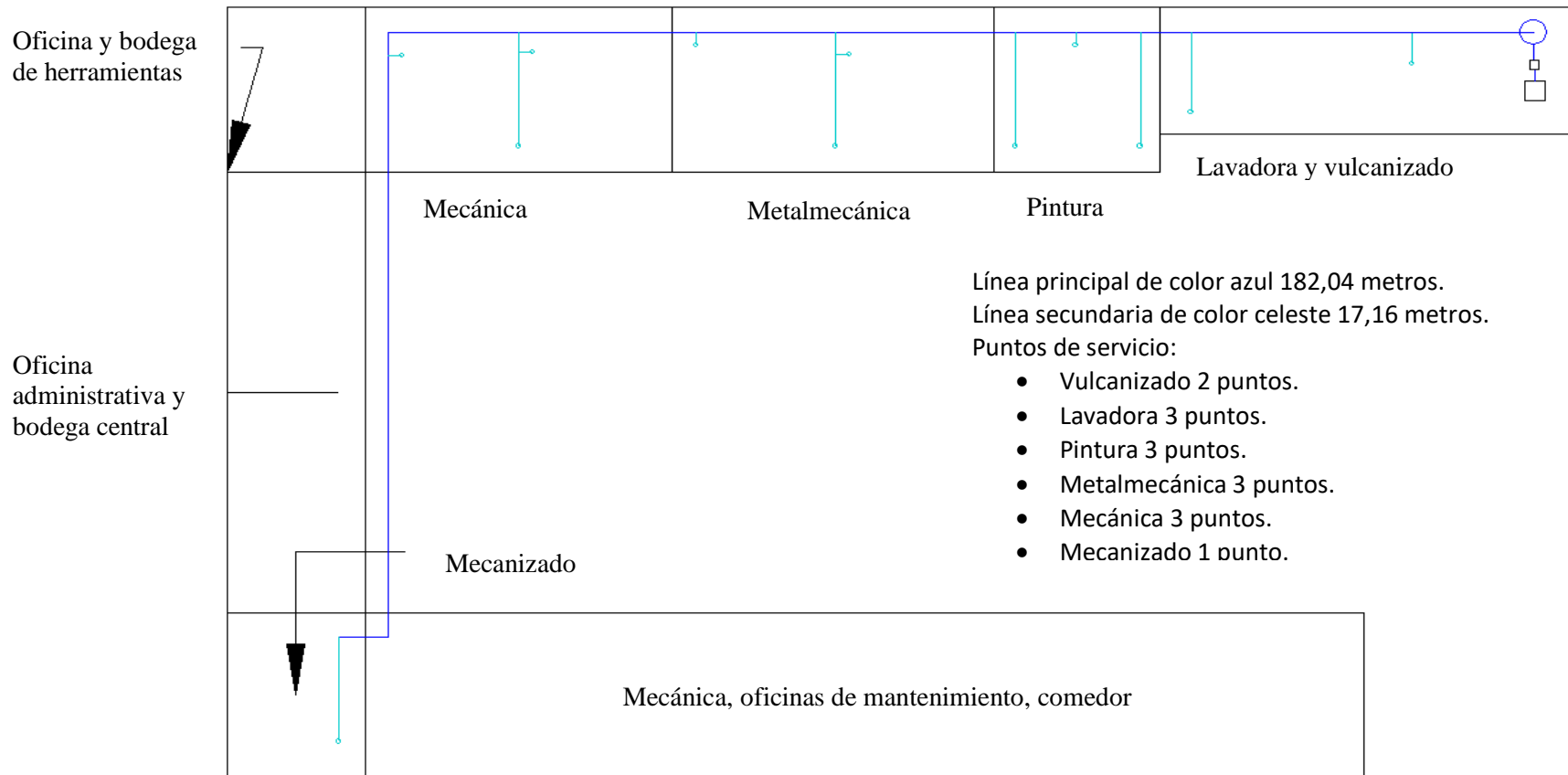
Cant	Componente	Diámetro interior de tubería en mm				Cant*Longitud	
		19	25	38	50	19 mm	38 mm
12	Curva 90°.	0,3	0,4	0,5	0,6	68,4	228
6	T 38 mm.	0	0	2,8	3,5	0	638,4
8	Reducción T 38mm.	0	0	0,9	1,1	0	273,6
24	Uniones 38 mm.	0	0	0,9	1,1	0	820,8
6	Uniones 19 mm.	1,4	0	0	1,1	159,6	0
Total longitudes por accesorios						0,228	1,9608

Tomado de “Longitudes equivalentes, elaboración propia”, Elaborado por el investigador.

Nota. Tabla para el cálculo de la longitud de la tubería adicional por elementos y accesorios, que deben ser instalados,

Obtenidos los datos de caudal necesario para los puntos de servicio, más la distancia total de la tubería a utilizar en el dimensionamiento de la red de aire comprimido, se procede a realizar un Layout donde se pueda plasmar la información obtenida en el desarrollo de este estudio, con el fin de poder visualizar de mejor forma lo expuesto con anterioridad y teniendo una visión más espacial, obtener una idea más clara de lo que se está proyectando en el presente documento, con la información ya detallada se podrá empezar con los cálculos necesarios para poder seleccionar el diámetro interior y exterior de la tubería a utilizar, así como el tanque reservorio para el aire comprimido y el compresor que cubra las necesidades dentro de la planta de mantenimiento de la organización Grupo Noroccidental.

Figura No.20. Layout de la planta Noroccidental.



Tomado de “Planta de mantenimiento del grupo Noroccidental”, elaborado por el investigador.

En la figura No. 20 se muestra un Layout de la planta, donde se realiza un trazado de la red de aire comprimido conformada por el ramal principal y las tuberías de servicio, estos puntos identifican la ubicación donde se debe instalar las tuberías de servicio además de dar cuenta clara de los accesorios (tipos y cantidades) que deben ser considerados para la instalación de la red de aire comprimido, por otra parte se puede evidenciar las áreas involucradas en el estudio y con eso la longitud total del ramal principal su dimensionamiento y ubicación espacial dentro de la planta de mantenimiento, se verifica o comprueba porque el tipo de instalación debe ser en anillo abierto y no en anillo cerrado, se puede ver la ubicación real de los compresores y el porqué de la distribución y modo de instalación que se propone en este estudio.

Teniendo ya en consideración la información descrita en el párrafo precedente se procede a desarrollar los cálculos para dimensionar el diámetro de las tuberías que serán instaladas en la planta para después realizar el diseño de Layout definitivo de la red de aire comprimido, posteriormente se debe realizar la selección del tipo de tubería a instalar, el compresor a utilizar y el tanque abastecedor de la línea de aire comprimido para la planta del Grupo Noroccidental, en sus áreas demandantes.

Los pasos siguientes a realizar son:

- Por medio de cálculos matemáticos y el nomograma encontrar el diámetro de tubería y el tipo de tubería a utilizarse.
- Mediante cálculos matemáticos encontrar la capacidad de compresor
- Y por último hallar la capacidad de reservorio de almacenamiento.

### **Dimensionamiento de tuberías:**

Para el dimensionamiento de tuberías que serán utilizadas en la distribución de aire comprimido, existen varias opciones de calcular el diámetro óptimo para la selección de las tuberías por donde circulará sin mayor problema el suministro de

energía para las herramientas ubicadas en cada punto de las áreas previstas, estas herramientas son:

Nomograma para diámetro de tuberías.

### **Formula o cálculos matemáticos.**

#### **Cálculos matemáticos.**

Como seleccionar la tubería para la red de aire comprimido.

- Fórmula de aproximación para dimensionar tuberías para la red de aire comprimido.  $d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 * 10^3 * V^{1,85} * L}{\Delta p * p_s}}$  con la fórmula descrita se podrá realizar una aproximación del diámetro interno de la tubería que se podría estar necesitando para la instalación final que después será confirmada con el uso del nomograma para tuberías para aire comprimido. (Kaeser, 2020)

Tomado de la página de la empresa Kaeser, fabricante e instalador a nivel mundial de compresores de pistones, lóbulos y tornillo, la siguiente fórmula dará el inicio del dimensionamiento y selección de las tuberías que serán propuestas hacia la administración de la organización para su posterior aceptación en base a los requerimientos puntuales en cuanto a la inversión que se presupueste para este proyecto.

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 * 10^3 * V^{1,85} * L}{\Delta p * p_s}} \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde:

$d_i$  = diámetro interior de la tubería (m).

$p_s$  = presión del sistema (absoluta en Pa).

$L$  = longitud nominal (m).

$V$  = flujo volumétrico ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$\Delta p$  = pérdida de presión (Pa)

Entonces:

$p_s$  = Presión del sistema será considerado para este el cálculo la presión máxima que se requiere para accionar un equipo lubricador que será instalado después de tener la red de aire comprimido y el que tendrá un uso muy puntual y será muy ocasional este equipo requiere una presión de ingreso de 125 PSI.

Figura No.21. Placa del equipo lubricador de referencia.



Tomado de “Transportes Noroccidental placa informativa del equipo lubricador con mayor demanda de presión”, elaborado por el investigador.

El flujo volumétrico será seleccionado de la demanda total de las herramientas que se encuentran actualmente funcionando dentro de la planta de mantenimiento de la organización este valor es de 67,61 CFM (pies cúbicos por metro)

Para el cálculo requerido se necesita este caudal expresado en  $m^3/s$ .

*conversión de unidades.* [Ec. 7]

$$67,61 \text{ CFM} = \frac{0,000471 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ CFM}} = 0,0318 \text{ m}^3/\text{s}$$

Y la pérdida será asumible en 1 bar permisible de la línea, este valor es recomendado en cálculos para líneas de aire comprimido.

Cálculo tubería matriz sumando la longitud del área inicial más la tubería adicional por accesorios.

Long inicial + Long por accesorios en ramal principal = 162+1,96=163,9 m.

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot V^{1,85} \cdot L}{\Delta p \cdot \rho \cdot s}}$$

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 0,0318^{1,85} \cdot 163,9}{10000 \cdot 689478,02}}$$

$$d_i = 0,03569 \text{ m.}$$

Como resultado se obtiene un diámetro final de treinta y cinco milímetros (35,69 mm), medida que se utilizará para poder seleccionar el diámetro final dependiendo de las dimensiones de tuberías comerciales en el país esta será de cuarenta milímetros.

Cálculo tubería de servicio sumando la longitud del área inicial más la tubería adicional por accesorios.

Long inicial + Long por accesorios en ramal principal = 24+0,23=24,23 m.

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6*10^3*V^{1,85}*L}{\Delta p*ps}}$$

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6*10^3*0,008495^{1,85}*24,23}{10000*551582,41}}$$

$$d_i = 0,1596 \text{ m.}$$

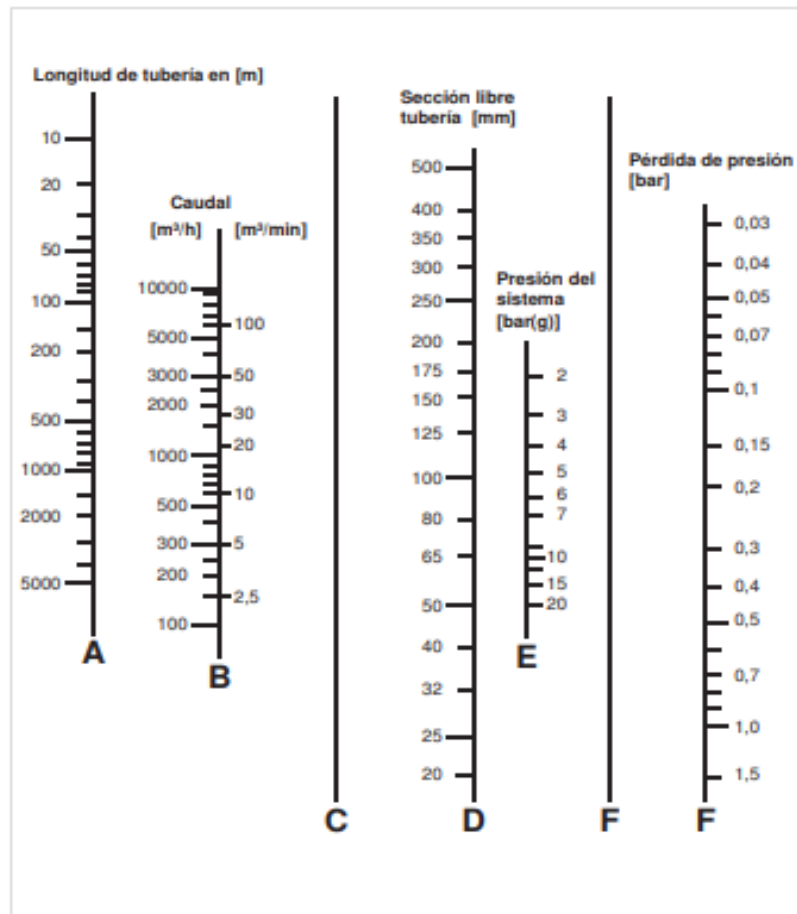
Como resultado se obtiene un diámetro interno de quince punto noventa y seis milímetros (15,96 mm), medida que varía medianamente con el primer cálculo, que de la misma forma deberá ser llevada a un catálogo de tuberías comerciales, para encontrar el diámetro final de la tubería, para las posteriores solicitudes de ofertas y cotizaciones para el material que será utilizado en la instalación de la red de aire comprimido, misma que alimentara a las áreas demandantes de la planta.

### **Nomograma para diámetro de tuberías.**

Nomograma para diámetros de tuberías. Es una herramienta empleada de forma visual y muy básica, uniendo las líneas del nomograma para así poder determinar el diámetro ideal para la línea de red de aire comprimido, serán utilizados los nomogramas de diámetro de tubería principal y el nomograma para tuberías suplementarias.



Figura No.22. Nomograma para dimensionar tuberías para aire comprimido.

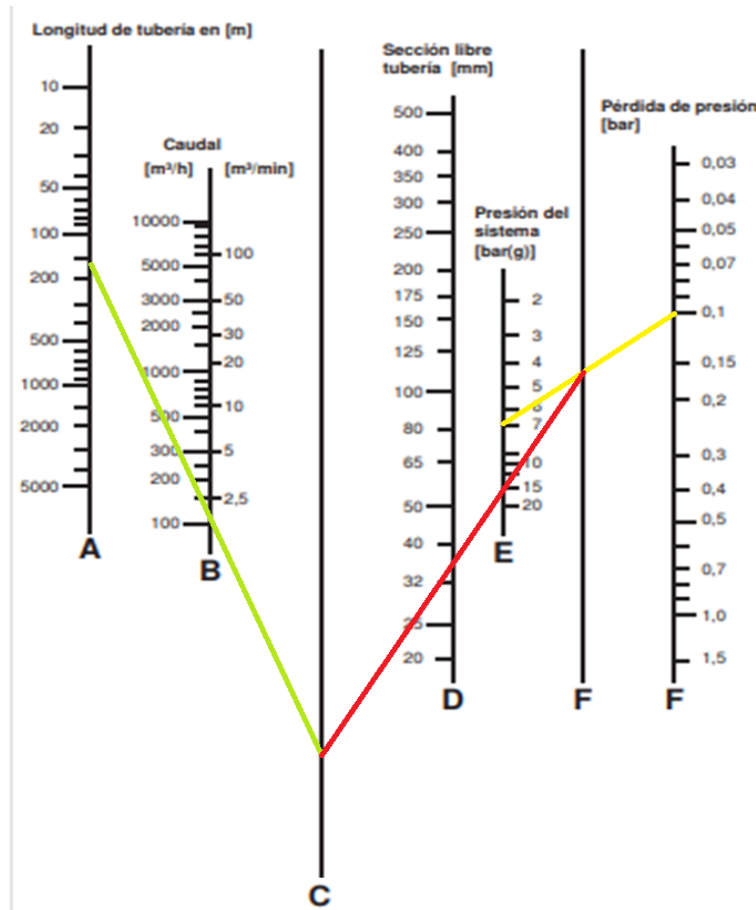


Tomado de “Nomograma para selección de tuberías para aire comprimido”, “(Kaeser, 2020)”, elaborado por el Investigador.

Mediante la figura No. 22 se procederá a seleccionar el diámetro de la tubería para la red de aire comprimido cual procedimiento es el siguiente:

1. Selección de la longitud de la tubería y el caudal en  $m^3/h$  hasta hacer una intersección con el eje C.
2. Selección de la pérdida de presión en la línea de aire comprimido y la presión del sistema las dos unidades deben estar en bares, intersecando el eje F.
3. Trazar una recta entre el eje C y F cortando el eje D, que es el valor del diámetro de la tubería a utilizar.

Selección de la tubería mediante nomograma para selección de tuberías para aire comprimido.



En el mercado existen varias alternativas de tuberías tanto en su composición física como en las prestaciones técnicas de cada una, mismas que pueden servir para la instalación de aire comprimido así como diferentes proveedores, es importante saber que cada tubería sea cual sea su naturaleza, tienen diferentes tipos de espesor que ayudan a tener las mejores prestaciones dentro de las actividades a las cuales se les va emplear y dar un uso definitivo, dicho esto las tuberías darán solo el uso para el cual han sido dimensionadas o seleccionadas en este caso aire comprimido.

Así como es importante conocer el espesor de la tubería que se va a utilizar, también es importante conocer las características que prestan al momento de la

implementación de una red de aire comprimido para esto se realizar una selección por valores ponderados, donde se calificaran de la siguiente forma siendo 5 muy bueno, 3 bueno y 1 malo.

Tabla No.21. Tabla selección de material para tubería.

CRITERIOS	Peso	TIPO DE TUBERIA							
		Acero Inoxidable		Acero Negro		Aluminio		PVC	
Resistencia a la corrosión	20%	5	1	1	0,2	5	1	5	1
Costo del material	25%	1	0,25	3	0,75	3	0,75	3	0,8
Costo de instalación	25%	1	0,25	3	0,75	3	0,75	3	0,8
Presión de operación	20%	5	1	3	0,6	3	0,6	3	0,6
Temperatura	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3	1	0,1
Total	1,00	2,8		2,6		3,4		3,2	

Tomado de “Tabla ponderada selección de tubería”, Elaborado por el Investigador.

Nota. En la tabla No. 21 se muestran los valores ponderados utilizados para la selección de la tubería más idónea para esta aplicación debido a que las tuberías se comportan diferente debido a la aplicación y al líquido o gas que transporte la tubería.

Tomando los valores resultantes de la tabla 15 para la selección de la tubería más idónea se determina que la composición de aluminio es la mejor opción por cuanto es resistente a la corrosión, el precio es accesible y la instalación es sumamente intuitiva, asegurando un trabajo de calidad.

A continuación se realizara el cálculo del espesor mínimo de la tubería según la norma Asme B3 1.8 transmisión de gases ((15) *Dimensionado de Tuberías Con Hojas de Excel. ASME B31.8 / LinkedIn*, n.d.).

La ecuación es:

$$t = \frac{PD}{2SFET} \quad [\text{Ec. 8}]$$

Donde:

T = espesor a encontrar.

P = Presión del sistema.

D = Diámetro exterior.

S = Esfuerzo de fluencia tomado de Goodfellow proveedor de materiales Anexo D.

F = Factor de diseño F tomado de la tabla 841.114<sup>a</sup>. Anexo E

E = Factor de diseño E tomado de la tabla 841.115<sup>a</sup>. Anexo F

T = Factor de diseño T tomado de la tabla 841.116<sup>a</sup>. Anexo G

Entonces:

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

$$t = \frac{115 * 1 \frac{1}{2}''}{2 * 10000 * 0.5 * 1 * 1}$$

$$t = 1.7 * 10^{-3} \text{ pulgadas}$$

Dado que el resultado es en pulgadas se transformara a milímetros.

Entonces:

$$6.9 * 10^{-3} \cancel{\text{pulg}} = \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \cancel{\text{pulg}}} = 0,4381 \text{ mm}$$

Resultado de 0,4381 milímetros.

Comercialmente en el mercado se encuentran espesores en tuberías desde 1 milímetro de espesor.

No solo basta saber que accesorios y que tubería utilizar, también es importante el poder predecir la caída de presión que tendrá el sistema para así poder avizorar futuros cambios o correcciones en la marcha antes de una instalación definitiva.

Es importante el cálculo de esta caída de presión y así lo indica la empresa Parker en su portal (Parker, n.d.), “La caída de presión en un sistema de aire comprimido es un factor muy importante. Está provocada por la fricción del aire comprimido que fluye contra el interior del tubo y a través de las válvulas, tes, codos y otros componentes que constituyen un sistema completo de canalización de aire comprimido. El tamaño y el tipo de los tubos empleados, el número y el tipo de válvulas, racores y curvas del sistema pueden afectar a la caída de presión. Las turbulencias provocadas por fricción reducen el volumen de aire comprimido transportado a través del tubo. Además, la superficie de las paredes internas del tubo se vuelve irregular. Estos factores, combinados con el caudal, crean una caída de presión como resultado de la fricción provocada por la dinámica del flujo de aire dentro del tubo. Los valores de caída de presión se muestran como dP y se expresan en PSI o bar.”

Para poder realizar este cálculo se procederá a emplear la siguiente formula.

$$\Delta p = 1,6 * 10^8 * \frac{Q^{1,85} * L}{d^5 * \rho_i} \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde:

$\Delta p$  = Caída de presión.

Q = Caudal (Nm<sup>3</sup>/s).

L = Longitud (m).

D = diámetro tubería (mm).

$\rho$  = presión de entrada al sistema.

$$\Delta\rho = 1,6 * 10^8 * \frac{Q^{1,85} * L}{d^5 * \rho_i}$$

$$\Delta\rho = 1,6 * 10^8 * \frac{0,03^{1,85} * 188,13}{40^5 * 7_{bar}}$$

$$\Delta\rho = 0.06395 \text{ bar.}$$

La caída de presión de la red principal se encuentra dentro de los valores permisibles, de los dimensionamientos para redes de aire comprimido, este valor es de 0,1 bares de caída general dentro de la red, al tener este valor dentro de los límites, se procede a realizar una selección del compresor y el tanque de almacenamiento.

### **Selección del compresor**

Para la selección del compresor se debe toma en consideración las siguientes referencias.

1. Caudal necesario.

El caudal demandado por la empresa total es de 68 pies cúbicos por metro (CFM), este cálculo se lo realizo, tomando la demanda total de los equipos, valores con el factor de uso y simultaneidad, un valor extra por futuras ampliaciones.

2. Presión de trabajo.

La presión de trabajo está dada por el equipo el cual es el máximo consumidor de presión este es un equipo lubricador que tiene una demanda de presión máxima de 8,62 bar, es decir 125 PSI.

### 3. Cometida eléctrica.

La conexión eléctrica es de vital importancia al momento de decidir la adquisición de un compresor, debido a que la selección de este debe ser el idóneo para el servicio eléctrico de la planta, esto reducirá al máximo los gastos innecesarios de componentes extras, tales como transformadores o cableado nuevo para las acometidas de servicio para el equipo seleccionado.

Con la información recaba el siguiente paso es elegir el compresor que más se ajuste a las necesidades de la organización, debido a que existen propiedades, que hacen que cada equipo se diferencia de otros y brinden mejores y únicas características destinadas a usos particulares, estos valores agregados hacen que la selección de los equipos se la deba tomar con total profesionalismo, estos equipos se describen a continuación.

- Compresor de tornillo.

*Figura No.23. Compresor de tornillo.*



Tomado de “Compresor de tornillo marca Kaeser”, (Kaeser Compresores, 2021), elaborado por el Investigador

Los compresores de tornillo pueden funcionar con un motor eléctrico o un motor de gasolina. Su funcionamiento consta de dos tornillos de gran longitud para comprimir el aire en la cámara durante el trabajo. Estos tornillos están lubricados con aceite este se extrae del aire a través de un filtro. Los compresores de tornillo son mucho más eficientes que otros compresores de aire, porque proporcionan un flujo de aire y una presión constantes y constantes. Están equipados con un sistema electrónico avanzado e inteligente que elimina el consumo máximo de energía cada vez que se enciende el compresor de aire. Además, evita que el motor funcione todo el tiempo y regula eficazmente su funcionamiento y el uso de la presión acumulada, lo que reduce considerablemente el consumo de energía..(Como Seleccionar Un Compresor / CBS Compresores, n.d.)

- Compresor a prueba de explosiones.

*Figura No.24. Compresor a prueba de explosiones.*





Tomado de "Compresor a prueba de explosiones", (CBS, n.d.), elaborado por el Investigador.

Equipos necesarios en industrias y locaciones donde exista riesgo de explosiones, por ejemplo en industrias químicas y petroleras. Los compresores de este tipo pueden funcionar con motores eléctricos o motores a gasolina. Se componen de un cabezal, tanque, motor, switch y presostato todos estos componentes a prueba de explosión, manómetro con glicerina y pintura epóxica especial. Están diseñados con la finalidad de ofrecer la máxima seguridad para utilizarse cerca de materiales peligrosos. *(Como Seleccionar Un Compresor | CBS Compresores, n.d.)*

- Compresor de pistón.

*Figura No.25. Compresor de pistón.*



Tomado de "Compresor de pistón" (Condor, 2021), elaborado por el investigador

Son los más utilizados (en potencias bajas) debido a su gran eficiencia y rendimiento. Abren y cierran válvulas que con el movimiento del pistón aspiran/comprimen el aire. Pueden ser del tipo herméticos, semiherméticos o abiertos. Los de uso doméstico son herméticos, y no pueden ser intervenidos para repararlos. Los de mayor capacidad son semiherméticos o abiertos, que se pueden desarmar y reparar. *(Como Seleccionar Un Compresor | CBS Compresores, n.d.)*

Se analizará cada uno de estos y se procederá a elegir mediante descarte al mejor equipo para la necesidad presentada en la planta de la empresa Grupo Noroccidental.

*Tabla No.22. Comparación de compresores.*

		Lubricación	Capacidad de generación	Uso Constante
Tipo de compresor	Tornillo	X	↑	☺
	Contra explosiones	X	↓	☹
	Pistón	X	↓	☹

Tomado de “Elaboración propia, Tabla que muestra características de los diferentes tipos de compresores al estar en funcionamiento, Elaborado por el Investigador.

Como se puede evidenciar en la tabla No. 22, el mejor equipo para la aplicación en la empresa Grupo Noroccidental es el compresor de tornillo, por sus características que son muy generosas con el trabajo que se realiza, es de fácil lubricación, además que es un equipo .que al ser adaptado un tanque este puede generar grandes cantidades de aire comprimido, los ciclos de trabajo son muy extensos, mediante a la programación del logo que viene incluido en el equipos, haciéndolo más fiable.

En el mercado existen gran variedad de equipos y proveedores, en la tabla 22 se muestran algunos de los equipos existentes en el mercado, muchos varían entre características específicas, tecnología, como en precios los cuales van dirigidos a diferentes empresas que presentan músculos económicos más diversos y para ellos es más sencillo poner la tecnología y prestaciones por sobre el precio.

Tabla No.23. Compresor de tornillos existentes en el mercado.

Compresor	Modelo	HP / KW	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI	m <sup>3</sup> /min	CFM	Enfriamiento
Puma	SP-30	30/22	8	117	3,43	121	Aire
Kaeser	AS	30/22	8,79	125	3,99	141	Aire
Atlas Copco	G 22	30/22	7,31	104	3,63	128,2	Aire
Porten	PCT-30A	30/22	8,51	116	2,56	90,41	Aire

Tomado de “Modelos de equipos y características existentes en el mercado nacional”, “Elaborado por el investigador”.

Determinado el tipo de compresor se procederá a seleccionar el depósito más idóneo para la red de aire comprimido, este puede ser calculado mediante una fórmula matemática, para tener un resultado muy certero.

Así lo indica la empresa Eacsa en su página (EACSA, 2016)

*“El almacenamiento de aire comprimido protege al sistema de fluctuaciones. Proteger al sistema de fluctuaciones es uno de los beneficios de incrementar el volumen de aire comprimido. Al incluir el almacenamiento de aire comprimido, volumen de aire adicional puede ser suministrado en ciertas aplicaciones, reduciendo la demanda del sistema y manteniendo una presión fija por medio de una válvula check. Otra cosa que hay que mencionar es que un tanque de almacenamiento ayuda a mitigar estos lapsos en que el sistema cambia de presión, sin embargo esto no quiere decir que va a eliminar las fluctuaciones. El enfoque del almacenamiento es estabilizar y controlar la presión por medio de un desfogue de aire. Un controlador de flujo en combinación con un tanque de almacenamiento nos puede ayudar para esta tarea. Básicamente un controlador de flujo se encarga de detectar la presión en el punto de salida y modular el caudal de aire desde el tanque para mantener una presión constante. En resumen, el almacenamiento de aire comprimido (propriadamente aplicado y dimensionado) ayuda a reducir la demanda energética para mantener un sistema con un alta rendimiento, incrementa la productividad y reduce costos de operación. Cuando no tenemos almacenamiento de aire el sistema tendrá que trabajar a presiones más altas, requerirá más gasto de energía para compensar la falta de caudal de aire durante aplicaciones especiales o fallas del sistema. Antes de adquirir un equipo adicional, el almacenamiento de aire comprimido es una opción a considerar.”*

### **El Reservorio o tanque de almacenamiento.**

Desde las instalaciones más complejas como las más sencillas necesitan un depósito donde se acumule el aire comprimido que será trasladado por la línea hasta el punto donde será utilizado por una o más herramientas neumáticas

Y es así que este componente tiene las siguientes misiones.

- Adaptar el caudal del compresor al consumo de la red.
- Acumular el aire comprimido, funcionando como reserva energética y reguladora de la presión de servicio.
- Reducir los impulsos discontinuos de presión que produce el compresor para estabilizar el aire.
- Compensar las oscilaciones del consumo del aire provocadas por las demandas en los puntos de servicio.
- En caso de emergencia por corte de servicio eléctrico, devolver los elementos de la instalación a su posición de reposo y/o seguridad.

(De las Heras Jiménez, n.d.)

Fórmula para el dimensionamiento del tanque para el depósito del aire presurizado y posterior alimentación a la red.

$$V = \frac{T * (C - S) * Pa}{P1 - P2} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Donde:

V = volumen del tanque. (pies<sup>3</sup>)

T = Lapso de tiempo para perdida de presión. (Minutos)

C= caudal requerido en la línea. (CFM)

S = Caudal excedente, diferencia entre caudal producido y caudal demandado.  
(CFM)

Pa = Presión atmosférica absoluta. (PSI)

P1 = Presión al corte. (PSI)

*P2 = Presión de carga. (PSI)*

*(EACSA, 2017)*

$$V = \frac{T * (C - S) * Pa}{P1 - P2}$$

$$V = \frac{3 * (68 - 13) * 11,22}{120 - 100}$$

$$V = \frac{1851,3}{20} = 92,57 \text{ pies}^3$$

$$93 \text{ pies}^3 = 2,63 \text{ m}^3.$$

Obtenido el volumen necesario para el tanque de reservorio, para el almacenamiento del aire comprimido que abastecerá a la red, se procederá a realizar el diseño de la instalación del sistema y posterior simulación de la red.

Dentro del diseño, dimensionamiento y desarrollo de las instalaciones de aire comprimido dentro de las industrias a nivel nacional e internacional, existen dos sistemas conocidos como anillo abierto y anillo cerrado.

A continuación se evaluarán las dos opciones escogiendo así la más óptima.

#### **Línea de anillo abierto.-**

Este tipo de redes se caracterizan por tener un ramal principal el cual sale desde el compresor hacia las áreas demandantes, es decir se constituye de una red principal

que abarca todo el espacio físico, de donde salen tuberías secundarias y las redes de servicio que van directo al puesto de servicio, Una de las características más importante de esta configuración de redes de aire comprimido es el costo inicial para su implementación, se podría considerar como una desventaja el mantenimiento el cual implica dejar sin suministro al resto del sistema.

(IBERMAQ, n.d.).

### **Línea de anillo cerrado.**

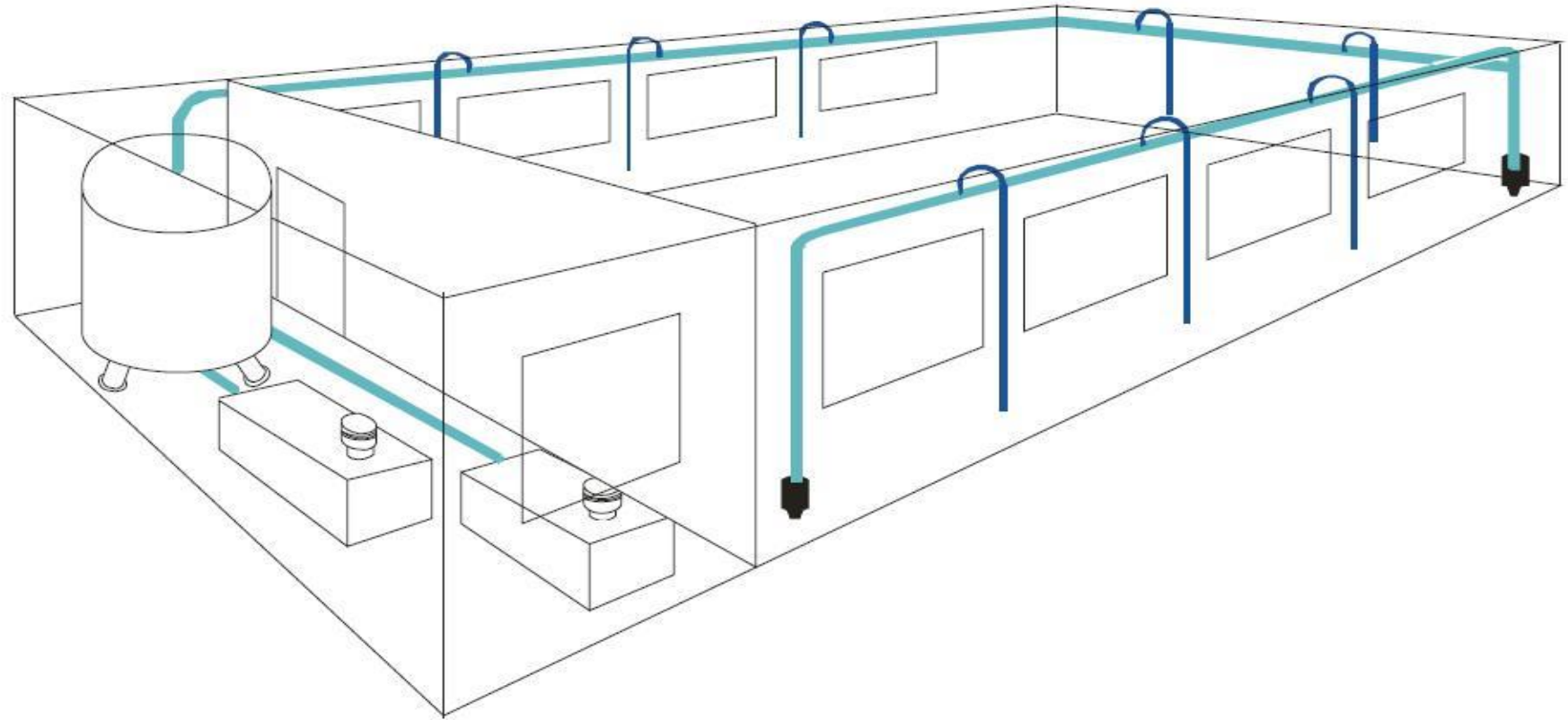
Esta configuración de línea de aire comprimido, consiste en tener un ramal principal que ira desde el compresor, recorrerá todo el perímetro físico de las áreas demandantes, y regresara a un punto muy cercano del compresor cerrando así con la misma tubería un anillo de alimentación, y de este se desprenderán los ramales secundarios y de servicio, una de las ventajas principales de esta configuración es la de poder cerrar por áreas los espacios para poder realizar un mantenimiento, aislando así un segmento de la tubería pero el resto de la línea si podrá trabajar normalmente, una de las desventajas más importantes es la del costo de implementación por su mayor inversión.

(IBERMAQ, n.d.)

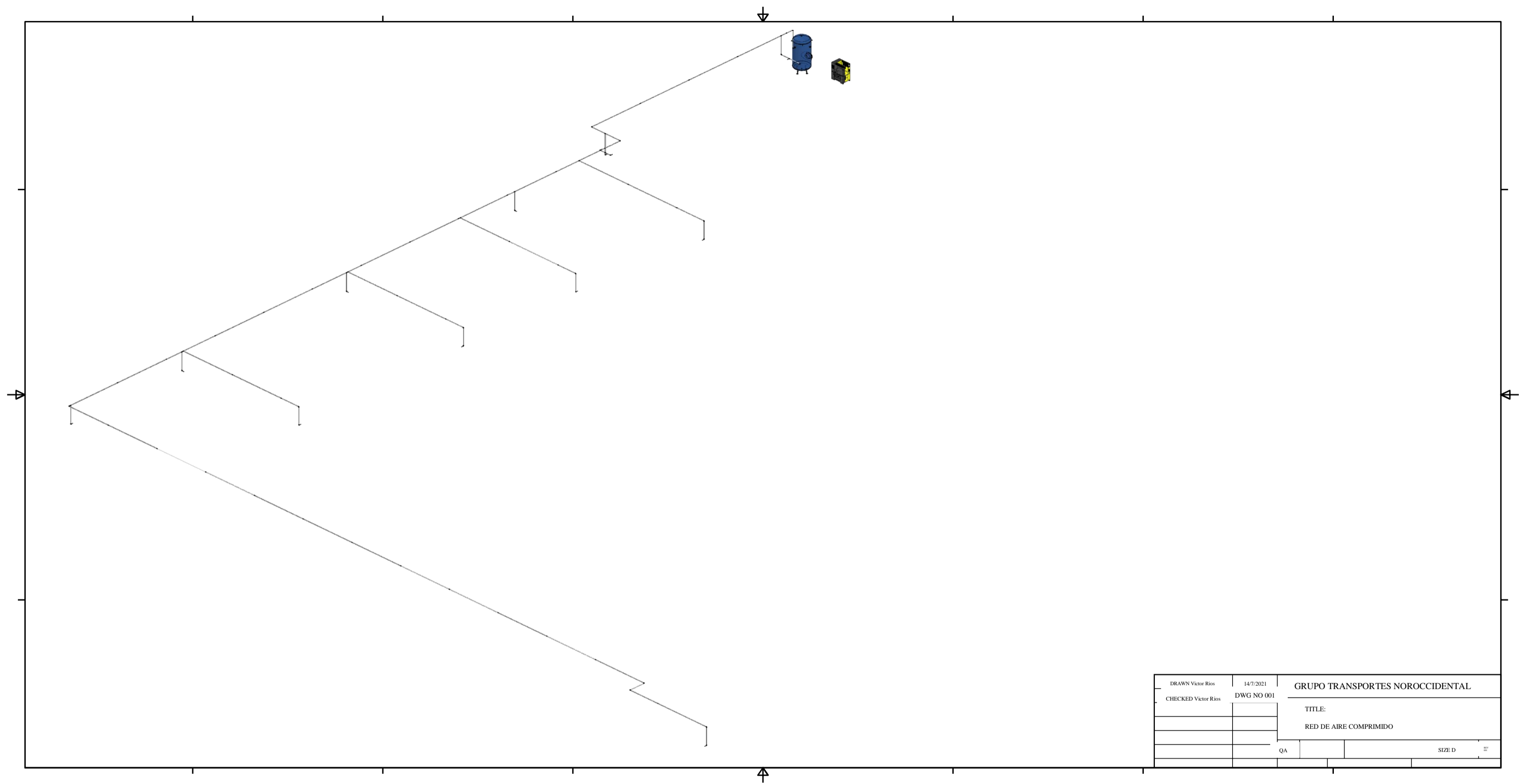
Teniendo claro los conceptos sobre las configuraciones de los dos sistemas que se pueden utilizar para realizar el montaje de una red de aire comprimido se procede a realizar una selección de la opción más viable.

Y la que se plantea implementar en la planta de la empresa Transportes Noroccidental, es la de sistema de anillo abierto por las características física de la organización y es la que se presenta en imágenes precedentes.

Figura No.26. Red de aire comprimido de anillo abierto.



Tomado de “red de aire comprimida sistema abierto”, “(Automatización Industrial, 2010)”, sistema adecuado para cumplir con las necesidades de la empresa Grupo Noroccidental, elaborado por el Investigador.



DRAWN Victor Rios	14/7/2021	GRUPO TRANSPORTES NOROCCIDENTAL	
CHECKED Victor Rios	DWG NO 001	TITLE:	
		RED DE AIRE COMPRIMIDO	
		QA	SIZE D



Realizado el diseño de la red de aire comprimido y la selección de todos sus componentes, se procede a solicitar las cotizaciones respectivas, para realizar un análisis económico de las alternativas recibidas, esto para poder tener un valor óptimo y que este dentro del presupuesto de la organización.

El material requerido para la cotización de los materiales será desglosado en una tabla, para posteriormente ser enviado a los proveedores del servicio.

*Tabla No.24. Listado de materiales para implementación de red de aire comprimido.*

Cantidad	Unidad	Descripción
188,13	Metro	Tubería de 40 mm
24,23	Metro	Tubería de 19 mm½"
24	Unidad	Unión de 38 mm
12	Unidad	Curva de 90° 38 mm
8	Unidad	T 19 mm
6	Unidad	T 38 mm
6	Unidad	Unión de 19 mm

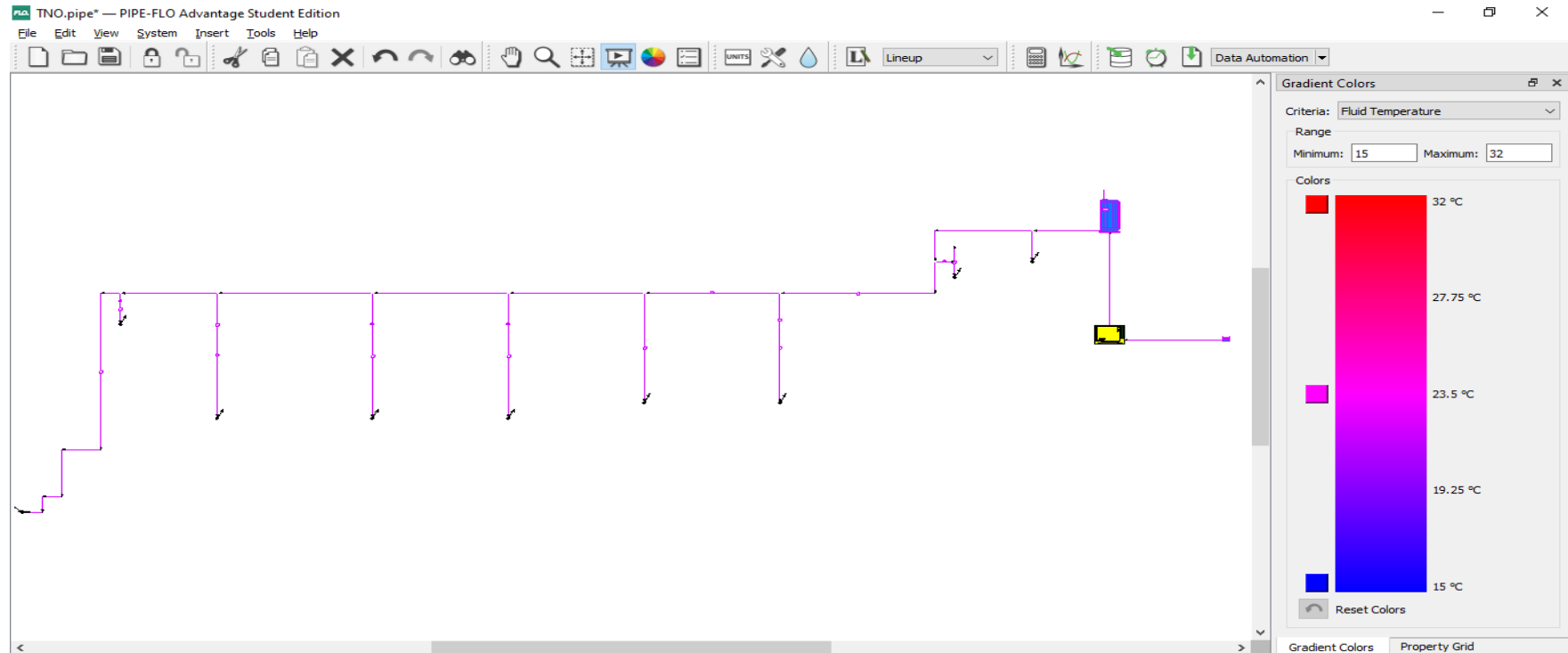
Tomado de “Elaboración propia”, elaborado por el Investigador.

En la tabla No. 24 se muestran un listado de materiales, que serán cotizados a las empresas locales que prestan los servicios de instalación de redes de aire comprimido, elaborado por el Investigador.

### **Simulación del sistema de aire comprimido.**

Mediante el programa PIPE FLOW, se realiza una simulación del sistema de aire comprimido en operación normal, esto para poder comprobar que el diseño ha sido realizado de una forma correcta, mediante la revisión de la temperatura, velocidad y caída de presión se podrá comprobar el diámetro de la tubería, dimensionamiento del compresor y tamaño del dispositivo de almacenamiento temporal, y de ser necesario corregirlo.

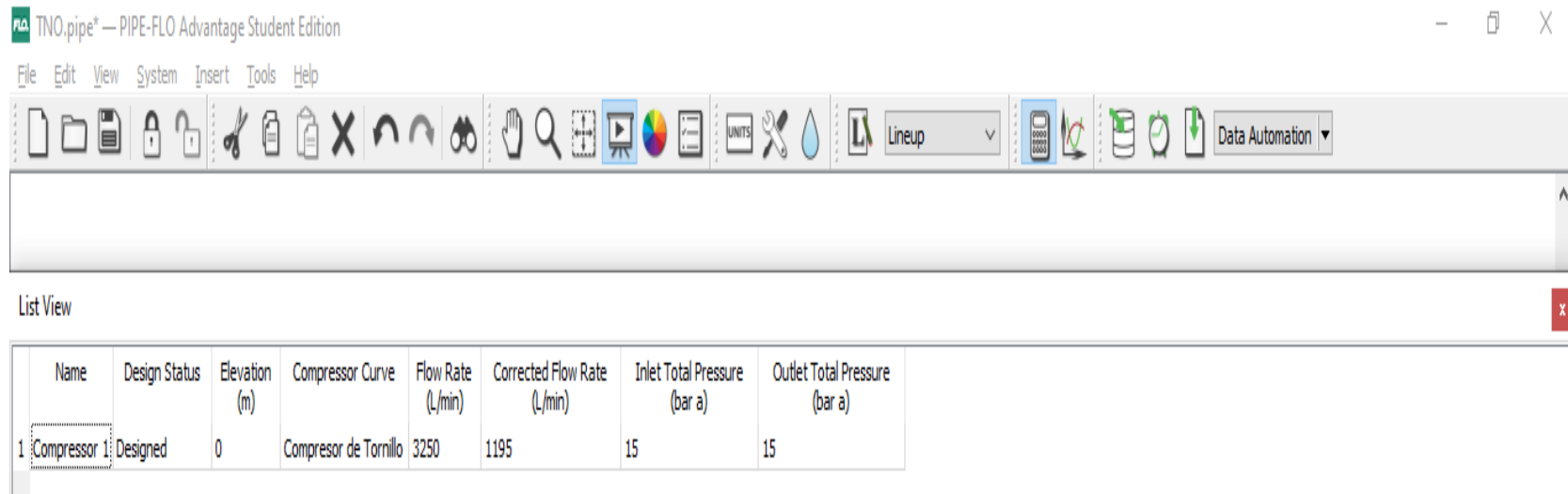
Figura No.27. Temperatura del Fluido.



Tomado de Pipe Flow”, “Realizado por el investigador”.

En la figura No. 27 se muestran los resultados obtenidos de la simulación en el programa PIPE Flow, aquí se verifica que la temperatura del gas a lo largo de la red de aire comprimido no supera los 23,5 °C grados, esto permitirá que la pérdida de potencia debido a la condensación del gas sea menor en la red de aire comprimido.

Figura No.28. Resultado obtenidos del compresor.



Tomado de “Pipe Flow”, datos obtenidos sobre el compresor en la simulación, “Realizado por el investigador”.

En la figura No. 28 se muestran las características del compresor seleccionado anteriormente para el diseño de la red de aire comprimido, caudal inyectado de 3250 l/m, así el programa indica que solo se necesitan 1195 l/m considerando el trabajo puntual sin los factores de corrección, se muestran la presión de ingreso tope del compresor así como la presión que este alimenta a la red.

Figura No.29. Resultado obtenidos en tubería.

TNO.pipe\* — PIPE-FLO Advantage Student Edition

File Edit View System Insert Tools Help

List View

	Name	Design Status	Fluid Zone	Specification	Size	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Length (m)	Close Pipe	Flow Rate (L/min)	Velocity (m/s)	Reynolds Number	Pipe Friction Factor
10	Pipe 1	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	58	False	110	1,396	73,63	0,8692
2	Pipe 6	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	3	False	594	28,78	776,9	0,08238
16	Pipe 7	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	5	False	1229	15,6	822,7	0,07779
3	Pipe 8	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	13	False	220	10,66	287,7	0,2224
11	Pipe 9	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	12	False	302	3,832	202,2	0,3166
4	Pipe 10	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	2	False	192	9,301	251,1	0,2549
12	Pipe 11	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	50 mm	2,165E-03	13	False	494	3,803	257,6	0,2485
5	Pipe 12	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	12	False	192	9,301	251,1	0,2549
13	Pipe 13	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	13	False	644	8,172	431,1	0,1485
6	Pipe 14	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	12	False	150	7,267	196,2	0,3262
14	Pipe 15	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	12	False	794	10,08	531,5	0,1204
7	Pipe 16	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	12	False	150	7,267	196,2	0,3262
15	Pipe 17	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	13	False	1009	12,8	675,4	0,09475
8	Pipe 18	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	12	False	215	10,42	281,2	0,2276
17	Pipe 19	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	50 mm	2,165E-03	1	False	3250	25,02	1695	0,03777
19	Pipe 21	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	0,5	False	2163	27,45	1448	0,0442
18	Pipe 22	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	50 mm	2,165E-03	2	False	3250	25,02	1695	0,03777
9	RAMAL PRINCIPAL	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	40 mm	1,313E-03	58	False	1823	23,13	1220	0,05245
1	VULCANIZADO	Designed	Aire comprimido	Tuberia TNO	20 mm	3,440E-04	2	False	340	16,47	444,7	0,1439

Pipe Compressor Flow Demand Node Tank

Tomado de “Pipe Flow” resultados obtenidos de la simulación en la tubería, “Realizado por el investigador”.

En la figura No. 29 se muestran los resultados obtenidos de la simulación en el programa PIPE Flow, aquí se muestran datos como el fluido en la red, el tamaño de la tubería seleccionada, la longitud de la tubería seleccionada, el caudal que circula en cada tubería expresado en (L/min), la velocidad del fluido expresado en (m/s), el número de Reynolds que muestra que es un fluido laminar y no turbulento así la resistencia a la fricción es mínima como se muestra en la última columna y así es como se presenta el diseño de la presente red de aire comprimido.

Figura No.30 Resultados obtenidos de los consumidores de energía.

The screenshot shows the software interface with a 'List View' table containing the following data:

Name	Design Status	Elevation (m)	Operation	Flow Type	Flow Rate (L/min)	Total Pressure (bar a)	Static Pressure (bar a)
7 Flow Demand 9	Designed	2	Flow Rate @ 150 L/min	Flow out	150	14,58	14,58
6 Flow Demand 8	Designed	2	Flow Rate @ 192 L/min	Flow out	192	14,56	14,56
9 Flow Demand 7	Designed	2	Flow Rate @ 215 L/min	Flow out	215	14,6	14,6
4 Flow Demand 6	Designed	2	Flow Rate @ 220 L/min	Flow out	220	14,62	14,62
3 Flow Demand 5	Designed	2	Flow Rate @ 594 L/min	Flow out	594	14,66	14,66
2 Flow Demand 4	Designed	2	Flow Rate @ 340 L/min	Flow out	340	14,97	14,97
5 Flow Demand 3	Designed	1	Flow Rate @ 192 L/min	Flow out	192	14,62	14,62
8 Flow Demand 2	Designed	2	Flow Rate @ 150 L/min	Flow out	150	14,61	14,6
1 Flow Demand 1	Designed	1	Flow Rate @ 110 L/min	Flow out	110	14,62	14,62

Tomado de “Pipe Flow” datos obtenidos de la demanda en la simulación, “Realizado por el investigador”.

En la figura No. 30 se muestra la perdida presión que existe en la red de aire comprimido, siendo esta de 0.44 bar, dándonos en los cálculos 0.6 bar con todos los valores de corrección.

## **Resultados esperados**

Con la instalación de la red de aire se espera minimizar costos de consumo eléctrico, al tener una planta de mantenimiento de la magnitud que cuenta la organización, es de vital importancia tomar conciencia sobre consumo eléctrico y mudar a un tipo de energía más limpia, confiable y renovable.

Las herramientas al tener su origen eléctrico suponen un mayor consumo dentro de la organización, y es aquí donde existe la buena disposición de la empresa grupo Transportes Noroccidental, el de tomar un camino energético más limpio y amigable con el medio ambiente, teniendo una alternante en la forma en cómo se alimentan los equipos utilizados en las diferentes áreas de la empresa, propone un ahorro económico muy importante para la empresa debido a que. Las herramientas no tendrán ya una fuente de energía no renovable más bien un cambio de este tipo de alimentación energética.

A más de lo antes expuesto otra forma en la que se vera la reducción de consumo eléctrico es que el aire presurizado es fácil de almacenar con esto al utilizar las herramientas no se está utilizando directamente energía eléctrica para cargar el tanque y después utilizar, sino que estaría utilizando la energía almacenada anteriormente, esto supone a la organización un ahorro económico, otro punto a considerar es que las herramientas neumáticas en muchos casos son más económicas que las herramientas eléctricas.

Con la red de aire comprimido se va obtener una modernización en las áreas de trabajo yendo desde equipos nuevos a e quipos más confiables, debido a que en un futuro se podrán implementar nuevas tecnologías en el campo del mantenimiento, como es en el caso del área de metalmecánica, que se pretende sumar un plasma para poder realizar cortes más limpios y así reducir el ruido factor importante en esta área, reducir el consumo eléctrico, y la reducción del material particulado que llega a la superficie, siendo más consientes con el medio ambiente.

Al eliminar los Oxicortes (sistema de corte para placas mediante un gas inerte y oxígeno), se estaría dando un gran paso a la concientización con el medio ambiente debido a que se estaría reduciendo totalmente las emanaciones de gases a la atmósfera, de esta manera se estará reduciendo un foco de enfermedades profesionales, como son las causadas a los pulmones por la aspiración de gases nocivos, así como los daños causados a el órgano visual de la persona que utiliza el oxicorte.

Al no contar al momento con una red de aire comprimido que pueda asegurar a la organización, un uso fiable del aire que se suministra a las herramientas con las que ahora se cuenta, la vida útil de las herramientas se reduce notablemente debido que el suministro no llega limpio y en buenas condiciones, el agua y corrosión que existen en los compresores actuales hacen que la organización destine una cantidad importante de dinero para el mantenimiento de equipos, herramientas y en la adquisición de nuevas, por eso es vital la implementación de la red de aire comprimido.

Como también tener centralizado el sistema de aire comprimido en un solo lugar y retirar los compresores de aire que se tiene dispuesto en cada área.

Mediante la simulación se evidenciará si el diseño propuesto para la implementación de la red de aire comprimido es óptimo, obteniendo así los reportes de caída de presión, velocidad del fluido, la potencia de ingreso y de salida, así como las características físicas a la que está expuesta la red de aire comprimido.

## Cronograma de actividades

Tabla No.25. Cronograma de actividades.

Actividad	Octubre				Noviembre		
	Semana 1	Semana2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana2	Semana 3
Presentación de las ofertas para la implementación de la red de aire comprimido.							
Presentación de las mejoras.							
Limpieza y aprovisionamiento de las áreas intervenidas.							
Implementación de la red de aire comprimido.							
Pruebas de funcionamiento.							
Entrega de red de aire comprimido.							
Capacitación del personal.							

Tomado de “Elaboración propia” cronograma de actividades a seguir para la socialización de resultados y la valoración de costes”,  
 “Elaborado por el Investigador



### **Análisis de costos.**

En el presente análisis de costos se revisaran todos los gastos y costos que se generen al implementar la propuesta a la organización, dentro de estos rubros cuantitativos están: presentación de los resultados y propuestas, implementación de la red de aire comprimido en todas sus etapas, así como gastos de socialización y capacitación del personal.

Se tomaran como datos para el cálculo del costo de la hora diaria de cada persona que intervendrá en cada uno de los pasos de socialización del presente proyecto y que será utilizada en las presentaciones de resultados y propuesta general, los valores que cada persona percibe dentro de la organización dividida para la jornada de trabajo mensual 160 horas. Quedando de la siguiente forma:

*Tabla No.26. Costo de hora día de trabajo.*

	Gerente Financiero	Jefe de mantenimiento	Investigador
Sueldo Básico	400	400	400
Sueldo percibido	2000	1500	400
Costo hora diaria	12,5	9,375	2,5

Tomado de “Transportes Noroccidental” elaborado por el Investigador.

Nota. En la tabla No. 26 se identifican los costos de la hora por cada día de trabajo, de las personas involucradas en la socialización de resultados y presentación de propuestas.

### **Movilización.**

La movilización ingresaran en estos rubros , los cuales cubre el traslado hacia la organización donde estará involucrado el traslado de todo el material de oficina, audiovisual y todo el necesario para dar a conocer la propuesta y resultados, sacados de este proyecto de titulación.

Presentación de la propuesta.

En estos rubros serán considerados todos los que intervienen directamente con la implementación de la red de aire comprimido donde estarán inmersos los costos de materiales (tuberías, acoples, accesorios, mano de obra e instalación y mantenimiento), en este aparatado se mostrarán las ofertas realizadas a profesionales del sector, quienes prestaran el servicio de instalación y puesta en marcha de todo el sistema, mismo que contara con todas las facilidades para la organización, con su debida garantía técnica y capacitación en el arranque de los equipos.

Materiales de oficina para la presentación de la propuesta.

Dentro de este rubro se considerara todo el material didáctico que será empleado en la presentación del estudio realizado, la propuesta de las empresas ofertantes, los resultados obtenidos y las recomendaciones dadas por el investigador y las empresas prestadoras del servicio de implementación de la red de aire comprimido, así como los materiales audiovisuales que se requieran implementar en la presentación de este proyecto.

*Tabla No.27. Obtención de información.*

	Tiempo horas	Gerente Financiero	Costo Hora Jefe de mantenimiento	Investigador	Costo
Material de papelería y material métrico	1			45	45
Movilización hacia la empresa	2			2,5	5
Recabar problemas en la planta	1	12,5	9,38	2,5	24,38
Segmentación de áreas de trabajo	3	0	9,38	2,5	35,64
Obtención de listado de herramientas	0,5	0	9,38	2,5	5,94
Longitudes encontradas	0,5	0	9,38	2,5	5,94
Selección de diseño de la red	0,5	0	9,38	2,5	5,94
<b>Total</b>					<b>127,84</b>

Tomado de “Elaboración propia”, elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 27 se muestran los valores resultantes de realizar el estudio previo y recolección de datos.

*Tabla No.28. Presentación de resultados.*

Actividad	Tiempo	Costo/hora		Costo total
		Gerente Financiero	Jefe de mantenimiento Investigador	
Presentación de propuesta	1,00	12,50	9,38	24,38
Presentación de problemas encontrados	1,00	12,50	9,38	24,38
Segmentación de áreas de trabajo	1,00	12,50	9,38	24,38
Listado de herramientas	0,50	12,50	9,38	12,19
Longitudes encontradas	0,50	12,50	9,38	12,19
Presentación de cálculos y fórmulas utilizadas	1,50	12,50	9,38	36,56
Opciones de sistemas de aire comprimido anillo cerrado y abierto	0,50	12,50	9,38	12,19
Presentación de las ofertas para la implementación de la red de aire comprimido	1,00	12,50	9,38	24,38
Información de materiales idóneos	0,50	12,50	9,38	12,19
Información de accesorios utilizados	0,50	12,50	9,38	12,19
Presentación de ofertas	1,50	12,50	9,38	36,56
Presentación de resultados finales	1,50	12,50	9,38	36,56
Presentación de las mejoras	1,50	12,50	9,38	36,56
Extras	100,00			100,00
<b>Total</b>				<b>404,69</b>

Tomado de “Elaboración propia”, Elaborado por el Investigador.

En la tabla No. 28 se muestran los gastos directos que se generarán al momento de presentarla propuesta de este caso de estudio.

Tabla No.29. Presentación de cotizaciones.

	Tiempo horas	Gerente Financiero	Costo Hora		Costo
			Jefe de mantenimiento	Investigador	
Presentación de ofertas	1	12,5	9,375	2,5	24,38
Costo de oferta en aluminio	0,5	12,5	9,375	2,5	12,19
Costo de oferta en acero inoxidable	0,5	12,5	9,375	2,5	12,19
Total					48,75

Tomado de “Elaboración Propia”, Elaborado por el investigador.

Nota en la tabla No. 29 se muestran los valores que se incurren al presentar las ofertas.

Tabla No.30. Cotizaciones solicitadas.

Ofertas solicitadas		
Cotización. Acero inoxidable	11337,01	11337,01
Cotización. Aluminio	7082,87	7082,87

Tomado de “Elaboración Propia”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 30 se muestran los valores de la cotizaciones solicitadas a dos empresas de la ciudad de Quito una en acer45o inoxidable y la otra en aluminio. Elaborado por el investigador.

Tabla No.31. Valor total en tubería de acero inoxidable.

Total 1	
Obtención de resultados.	127,84
Presentación de resultados.	404,69
Presentación de cotizaciones.	48,75
Costo en acero inoxidable.	11337,01
Total	11918,29

Tomado de “Elaboración Propia”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 31 se muestran los valores totales de la implementación de la red de aire comprimido en caso que el cliente desee instalarla en acero inoxidable. Elaborado por el Investigador.

*Tabla No.32. Valor total en tubería de aluminio.*

Total 2	
Obtención de resultados.	127,84
Presentación de resultados.	404,69
Presentación de cotizaciones.	48,75
Costo en aluminio.	7082,87
Total	7664,15

Tomado de “Elaboración Propia”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 32 se muestran los valores totales de la implementación de la red de aire comprimido en caso que el cliente desee instalarla en aluminio. Elaborado por el Investigador.

A estos costos de instalación se deben considerar los costes por mantenimiento de la red de aire comprimido y sus accesorios, siendo estas juntas de empalme, tubería nueva o unidades de mantenimiento que por el uso normal sufren deterioros, o desgastes en sus piezas, así como las unidades finales de mantenimiento que proveen a las herramientas un aire más puro, regulan la presión en el punto de servicio y adicionan aceite para la lubricación de las partes internas de las herramientas neumáticas y que éstas trabajen con normalidad. Estos costos se detallan en la tabla 33 y 34.

*Tabla No.33 Costos de Mantenimiento tubería acero inoxidable*

Actividad	Costo Anual
Mantenimiento de red de aire comprimido	500
Cambio de juntas y apliques	1000
Mantenimiento de unidades de mantenimiento.	200
	1700

Tomado de “Elaboración Propia”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 33 se muestran los valores por concepto de mantenimiento en la red de aire comprimido instalada con material en acero inoxidable, en los que la empresa debería incurrir para mantener los estándares necesarios para realizar un trabajo óptimo y sobre todo mantener la red de aire comprimido siempre en perfecto funcionamiento. Elaborado por el Investigador.

*Tabla No.34 Costos de Mantenimiento tubería de aluminio.*

Actividad	Costo Anual
Mantenimiento de red de aire comprimido	200
Cambio de juntas y apliques	300
Mantenimiento de unidades de mantenimiento.	200
	700

Tomado de “Elaboración Propia”, Elaborado por el investigador.

Nota. En la tabla No. 34 se muestran los valores por concepto de mantenimiento en la red de aire comprimido instalada con material en aluminio, en los que la empresa debería incurrir para mantener los estándares necesarios para realizar un trabajo óptimo y sobre todo mantener la red de aire comprimido siempre en perfecto funcionamiento. Elaborado por el Investigador.

Revisando los costos finales de las dos opciones tanto en acero inoxidable como en aluminio y al presentar características muy similares en lo que es rugosidad y resistencia a la corrosión, han sido consideradas para realizar la selección de una de ellas y el aspecto que más prima es, accesibilidad al momento de realizar mantenimiento y reparación en la línea de aire comprimido y para llevar a cabo esta tarea lo más factible es que sea instalado en aluminio ya que en el mercado existen acoples rápidos en termo fusión para aluminio ideales para aire comprimido, a más que en la actualidad muchas industrias están instalando en sus plantas redes de aire comprimido en conductos de aluminio, por esto y más la mejor elección es que se instale la red de aire comprimido en tubería de aluminio, teniendo el apoyo total de la organización para realizar la implementación de esta mejora que presenta sustanciales cambios dentro del taller de mantenimiento.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.

- Se resalta la importancia de tener las herramientas, en perfecto estado evitando tener fugas y de esta forma no obtener medidas erróneas que supongan consumos menores o mayores a los que realmente se necesitan en cada celda de trabajo siendo estas: Vulcanizado 17,0897 CFM, Lavadora, 7,455 CFM, Pintura 1,3845 CFM, Metalmecánica 42,2663 CFM, Mecánica 7,6339 CFM y Mecanizado 0,3599 CFM, siendo el total de la demanda de las herramientas de 37,5611 CFM necesarios para que el taller de mantenimiento trabaje al 100%, esto ayudará a reducir costos en los valores eléctricos que se suponen con las herramientas eléctricas así como definir el espacio físico dentro de las áreas del taller de mantenimiento por donde la red de aire comprimido deberá ser instalada, optimizando los espacios y recursos que deban emplearse, siendo así una ayuda a las labores diarias.
- Con la elaboración del Layout de la planta de mantenimiento, se puede dimensionar perfectamente las longitudes necesarias para la implementación de la red de aire comprimido, modernizando la infraestructura del taller de mantenimiento, así como poder elaborar un check list de accesorios y complementos necesarios para la instalación a fin de abastecer de la energía requerida en cada área de trabajo siendo el total de 67,61 CFM (pie cubico por metro), necesarios para que las áreas del taller de mantenimiento no sufran paras por falta de la energía neumática.
- Mediante la simulación realizada en el programa PipeFlow se pueden comprobar los cálculos realizados, anteriormente en el diseño de la red de aire comprimido, así como corregir parámetros dentro de los cálculos que hayan estado fuera de los parámetros normales y que la simulación ayude a solventarlos y así realizar los cambios necesarios para poder tener un sistema que brinde todas las facilidades de trabajo a los operarios.

## Recomendaciones

- Se recomienda a la organización el poder realizar un inventario de los equipos neumáticos que existen dentro de las áreas y que son necesarias para realizar el trabajo, realizar un mantenimiento de los equipos que lo necesiten y cambiar los equipos obsoletos, con esto la organización podrá aprovechar el 100% de la energía que se entrega al final de los puntos de servicio y así evitar demoras en los trabajos, se recomienda realizar mantenimientos periódicos a los dispositivos que sean instalados en las líneas de aire comprimido, tales como filtro de aire, lubricador y válvula de presión, para asegurar el perfecto funcionamiento de aquellos dispositivos que aseguran la calidad del aire y el mantenimiento de las herramientas neumáticas, consecuencia de eso el uso de la energía neumática será más efectiva y se reducirán gastos relacionados con paros y recambios de equipos o herramientas.
- Realizar un análisis con la herramienta SLP (Planificación de diseño sistemática), para poder encontrar opciones de mejora para la adecuación de las áreas dentro de la planta y así poder maximizar la utilización de la red de aire comprimido, así como una posible reubicación de los compresores a un punto más central y de esta forma poder generar más con menor tiempo de trabajo del compresor de tornillo.
- Se recomienda instalar medidores de presión y caudal a lo largo de la red para que se pueda controlar que no existan caídas tanto de presión como de caudal a lo largo de la línea de aire comprimido de esta forma tener un control en los puntos de servicio de cada celda de trabajo, de igual forma realizar inspecciones rutinarias a la red y los accesorios instalados, a fin de descartar fugas de aire



## Bibliografía.

- .: *Guidebook Compressed Air* .: (n.d.). Retrieved April 15, 2021, from <http://www.drucklufttechnik.de/english/?msf=400,910>
- (15) *Dimensionado de Tuberías con Hojas de Excel. ASME B31.8* | LinkedIn. (n.d.). Retrieved April 24, 2021, from <https://www.linkedin.com/pulse/dimensionado-de-tuberías-con-hojas-excel-asme-b318-piping-industrial/?originalSubdomain=es>
- ASERCOBE. (2017). *Como afecta la altura a los compresores*. Como Afecta La Altura a Los Compresores. <https://www.arsercobe.com/post/como-afecta-la-altura-a-los-compresores>
- Atlas Copco. (2018). *El aire comprimido y su aporte en el crecimiento de la industria automotriz*. El Aire Comprimido y Su Aporte En El Crecimiento de La Industria Automotriz. <https://laenergiaestaenelair.com/aire-comprimido-su-aporte-en-el-crecimiento-de-la-industria-automotriz/>
- Automatización Industrial. (2010, September 2). *Automatización Industrial: Distribución de Aire Comprimido*. Neumática, Hidráulica, MicroControladores y Autómatas. <https://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/distribucion-de-aire-comprimido.html>
- Boge. (n.d.). .: *Guidebook Compressed Air* .: Guidebook Compressed Air. Retrieved July 22, 2021, from <http://www.drucklufttechnik.de/english/>
- Cabrera Calva, R. C. (n.d.). *VSM: Mapeo del Flujo de Valor. EVSM: Extendido para Cadena de Suministro*. - Google Libros. EVSMVSM-RCCC. Retrieved February 23, 2021, from [https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=tzgAUpkc4-cC&oi=fnd&pg=PA3&dq=que+es+el+vsm&ots=Fr\\_KWnMSUN&sig=Ut\\_brmcI4OYgsGHFXm0sXIItWZVI&pli=1#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=tzgAUpkc4-cC&oi=fnd&pg=PA3&dq=que+es+el+vsm&ots=Fr_KWnMSUN&sig=Ut_brmcI4OYgsGHFXm0sXIItWZVI&pli=1#v=onepage&q&f=false)
- Carnicer Royo, E. (1994). *Aire Comprimido* (Paraninfo (Ed.)).
- Castelló Gómez, M., Barrera Puigdollers, C., Pérez Esteve, É., & Betoret Valls,

N. (2020). *Redes de distribución de aire comprimido y dimensionamiento del compresor*.

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102434/Castelló%3BBarrera%3BPérez - Redes de distribución de aire comprimido y dimensionamiento del compresor.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102434/Castelló%3BBarrera%3BPérez-Redes%20de%20distribución%20de%20aire%20comprimido%20y%20dimensionamiento%20del%20compresor.pdf?sequence=1)

CBS. (n.d.). *Compresores a prueba de explosión | CBS Compresores de Aire*.

COMPRESORES CON ACCESORIOS A PUEBA DE EXPLOSIÓN.

Retrieved June 7, 2021, from

<https://cbscompresores.com.mx/categoria/piston/compresores-a-prueba-de-explosion/>

*Como determinar el consumo de aire comprimido – Kaeser Compresores*. (n.d.).

Retrieved September 7, 2021, from

<https://ingenieriakaeserargentina.com/2021/02/03/como-determinar-el-consumo-de-aire-comprimido/>

*Como seleccionar un compresor | CBS Compresores*. (n.d.). Retrieved March 7, 2021, from <https://cbscompresores.com.mx/utilidades/como-seleccionar-un-compresor/>

Compañía – Grupo Noroccidental. (2020). *Compañía – Grupo Noroccidental*.

<https://www.noroccidental.com/about/>

Condor. (2021). *Compresor de Aire a Pistón CONDOR 13 HP Na Alta Baja 300L | CONDOR GROUP*. <https://condorgroup.com.ar/producto/compresor-de-aire-a-piston-condor-13-hp-na-alta-baja-300l/>

De las Heras Jiménez, S. (n.d.). *utiec - Instalaciones neumáticas*. Instalaciones Neumáticas. Retrieved February 17, 2021, from

<https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/56300?bfpag=1&bfsearch=&bffolder=all&prev=bf>

EACSA. (2016). *¿Por qué incluir tanques de almacenamiento en un sistema de aire comprimido? - Energia en Aire Comprimido*.

<http://energiaenaire.com.mx/por-que-incluir-tanques-de-almacenamiento-en-un-sistema-de-aire-comprimido/>

- EACSA. (2017). *Como calcular un tanque de almacenamiento de aire comprimido - Energia en Aire Comprimido*.  
<http://energiaenaire.com.mx/como-calcular-un-tanque-de-almacenamiento-de-aire-comprimido/>
- El aire comprimido en la industria, fuente de energía segura, rápida y sostenible - Climatización e Instalaciones*. (n.d.). Retrieved August 26, 2020, from <https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/204941-El-aire-comprimido-en-la-industria-fuente-de-energia-segura-rapida-y-sostenible.html>
- EP e Ingeniería Eléctrica. (2016, January 21). *FP e Ingeniería Eléctrica: Unidad de mantenimiento neumática*. Blog Institucional.  
<https://fpeingenieriaelectrica.blogspot.com/2016/01/unidad-de-mantenimiento-neumatica.html>
- factor de utilización* / *Real Academia de Ingeniería*. (n.d.). Retrieved April 15, 2021, from <http://diccionario.raing.es/es/lema/factor-de-utilización>
- Górriz, F. J. (2020, May 11). *Las fugas de aire comprimido - Atlas Copco España. Las Fugas de Aire Comprimido*, 1–1. <https://www.atlascopco.com/es-es/compressors/air-compressor-blog/las-fugas-de-aire-comprimido>
- Guillén Salvador, A. (2003). *E Libro*. Introducción a La Neumática.  
<https://elibro.net/es/ereader/utiec/45843?bfpag=1&bfssearch=&bffolder=all&prev=bf>
- Gutiérrez Yagüe, J. (2021). *Conceptos básicos de tuberías y accesorios / PumpsBombas*. <https://pumpsbombas.com/tutorial-conceptos-basicos-tuberias-accesorios/>
- IBERMAQ. (n.d.). *Tipos de redes neumáticas* / *GRUPO IBERMAQ*. Retrieved March 31, 2021, from <http://www.ibermaq.es/producto/tipos-redes-neumaticas/>
- Kaeser. (2020). *Kaeser compresores. Técnica de Aire Comprimido Fundamentos y Concejos Prácticos*, 1–31. <https://ec.kaeser.com>

Kaesar Compresores. (2021). *Compresores pequeños de tornillo rotativo hasta 30 hp*. <https://ec.kaeser.com/productos-y-soluciones/compresores-de-tornillo-rotativo/accionamiento-de-bandas/>

Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Sánchez, C. A. (2006). Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 1: Funcionamiento. *Informacion Tecnologica*, 17(5), 21–30. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642006000500005>

Luszczewski, A. (2013). *E Libro*. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/46717?bfpag=1&bfsearch=&bfolder=all&prev=bf>

Maq Power. (n.d.). *Clasificación y tipos de compresores, ¿cuál compresor comprar?* Clasificación y Tipos de Compresores, ¿cuál Compresor Comprar? Retrieved May 28, 2021, from <https://www.maqpower.com.mx/clasificacion-tipos-compresores-cual-compresor-comprar/>

MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. (2019). *MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Balance-Energetico-Nacional-2019-1.pdf>

Parker. (n.d.). *DIMENSIONADO DE LAS INSTALACIONES*.

PELP. (2018, August 5). *Los mejores compresores de aire para talleres mecánicos* | *Pelp*. Los Mejores Compresores de Aire Para Talleres Mecánicos. <https://www.pelp.cl/blog/los-mejores-compresores-de-aire-para-talleres-mecanicos/>

Qe2. (n.d.). *Tiempo de ciclo* | *QE2 eConsulting Consultoría e ingeniería*. Industria 4.0. Retrieved May 13, 2021, from <https://qe2ingenieria.com/blog/tiempo-de-ciclo>



*Usos del aire comprimido* | *Sullair*. (n.d.). Retrieved August 26, 2020, from <https://america.sullair.com/es/blog/usos-del-aire-comprimido>

*Ventajas del sistema de distribución de aire comprimido* | *Teseo*. (n.d.). Retrieved

January 20, 2021, from <http://www.teseoair.com/es-ES/por-que-elegir-teseo>

## Anexos

Anexo A Cotización de materiales para la implementación de la red de aire comprimido.



COTIZACIÓN No. PN21-016

CLIENTE ATENCION A:  
Señores  
Noroccidental  
Atención: Victor Ríos

Validez 10 días

ASESOR TÉCNICO: Paola Naranjo

Quito, 27 de agosto de 2018

ITEM	CODIGO	DESCRIPCION	CANT	P. UNIT	% DESCT	TOTAL
1	Servicio de Proyecto	Red de tubería para Noroccidental Incluye: Tubería de Aluminio para red principal Accesorios de conexión Codos Tees Uniones Valvulas Bajantes Apliques Tubería de Aluminio para puntos de consumo Accesorios de conexión Codos Tees Uniones Valvulas Bajantes Apliques Conexión a tanque pulmon Conexión a compresores secundarios	1	\$ 7.136,24		\$ 7.136,24

**NOTA**

DOCUMENTO EN VALOR COMERCIAL

ENTREGA: **1 SEMANA** emitida orden de compra

P. PAGO: **CONTADO**

GARANTIA:

MARCA:

\*Para mayores detalles técnicos favor regirse a los catálogos

SUBTOTAL \$	7.136,24
FLETE	
IVA 12% \$	856,35
<b>TOTAL \$</b>	<b>7.992,59</b>

Paola Naranjo  
ASESOR TECNICO INDUSTRIAL  
969061883

Av. de la Prensa NS4-123 y Jorge Piedra  
022451212  
QUITO-ECUADOR

Nota. En el Anexo A se muestra una oferta de la empresa Indutorres, de la ciudad de Quito, “Elaborado por Surmaq, Paola Naranjo”

Anexo B Cotización de mano de obra.



AV. DE LA PRENSA 3263 y J. PIEDRA  
TELF. 2451212 FAX 2448440  
QUITO

www.surmaq.com

RUC 1790168096001

QUITO 3/17/2021

PROFORMA #: PN21-015

NOROCCIDENTAL  
PARQUE INDUSTRIAL AMAQUAÑA  
AMAQUAÑA

VENDEDOR		CONDICIONES			
ESTEBAN (E) NOBOA		C.O.B.			
CANT	ITEM #	DESCRIPCION	V UNIT	DESC%	VALOR TOTAL
12	PRO GENE3020 1/2	VALVULA BOLA 1/2	\$13.99	10%	\$151.08
1	MANTENIMIENTO	SERVICIO DE INSTALACION DE TUBERIA	\$3,150.00	10%	\$2,835.00
SUBTOTAL					\$2,986.08
FLETE					\$0.00
IVA 12%					\$358.33
TOTAL					\$3,344.42
PROFORMA SIN DERECHO A CREDITO TRIBUTARIO					

Nota. En el Anexo B se muestra una oferta por el servicio de instalación de la tubería oferta en la figura precedente a esta, “Elaborado por Surmaq”.



**Ciudad:** [Redacted]  
**Cliente:** [Redacted]  
**DPI:** [Redacted]  
**100%**

**Cotización #:** 0003/2021 Rev 1.0.0.001 001  
**Distribución:** Industrial S.A. - Ecuador  
**Fecha:** 06 de mayo de 2021  
**Caracter:** Instalación de sistema de aire comprimido y red de aire 60 l/min. terminadas en cabina de 1.2'

Material		Cantidad		Precios		Montaje		
Descripción	Numero de Parte	Qty	Unidad	Precio Unitario (USD \$)	Precio Total (USD \$)	Tiempo requerido (Horas)	Tiempo Total (Horas)	
1.2'	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
1.0'	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
	Accesorio para Filtro 1/2" (10000)	1	un	10.00	10.00	0.20	0.20	
<b>Sub Total Material</b>					<b>1,100.00</b>	<b>Placa Totales para Montaje</b>	<b>60.00</b>	
<b>Material</b>				<b>0.00%</b>	<b>1,100.00</b>	<b>Sub Total Montaje</b>	<b>1,100.00</b>	
<b>Sub Total Material, Material y Montaje</b>					<b>1,100.00</b>			
<b>Costo Total del Sistema</b>					<b>1,7,000.00</b>			

**CONDICIONES DE LA OFERTA:**

**Cotización #:** 0003/2021 Rev 1.0.0.001 001  
**Valor de la oferta:** **1,7,000.00** (mil setecientos)  
**Plazo de entrega:** Inmediato, Stock salvo venta **1** día  
**Montaje de elementos:** **2** días  
**Tiempo total:** **3** días  
**Forma de pago:** **50%** como anticipo y **50%** contra entrega-recepción.  
**Validad de la oferta:** **30** días calendario  
**Garantía técnica:** **2** Años de garantía contra defectos de fabricación y/o materiales  
**Información adicional:** El plazo de entrega corre a partir de la recepción del anticipo y la orden de trabajo.  
 El montaje es realizado por personal calificado por EQOFLUIDO / KAESER

Oferta elaborada por:  
 Luis Ramirez (Ingeniero de Aplicaciones Norte) | Indutorres S.A. |  
 Quito | Ecuador | P.O. Box: 2 341 2101 Quito 0903 | Cel: 0995551401 |  
 | www.indutorres.com | aplicaciones.norte@indutorres.com |

En el Anexo C se adjunta una oferta de la empresa Indutorres por el material en acero inoxidable para la instalación del proyecto caso de estudio, “Elaborado por Indutorres”.



*Anexo D Tabla de propiedades mecánicas del aluminio.*

**Propiedades Mecánicas**

Estado del Material	Blando	Duro	Policristalino
Dureza - Vickers	21	35-48	
Límite Elástico ( MPa )	10-35	110-170	
Módulo de Tracción ( GPa )			70,6
Módulo Volumétrico ( GPa )			75,2
Relación de Poisson			0,345
Resistencia a la Tracción ( MPa )	50-90	130-195	

Anexo E Tabla para selección de factor de diseño  $F$  tabla 114ª para cálculo del espesor en tuberías según norma ASME b31.8.

**Factor de diseño  $F$** , se deberá elegir en función de la localización de nuestra tubería

**Table 841.114A Basic Design Factor,  $F$**

Location Class	Design Factor, $F$
Location Class 1, Division 1	0.80
Location Class 1, Division 2	0.72
Location Class 2	0.60
Location Class 3	0.50
Location Class 4	0.40

"Location Class" en función de la localización de nuestra línea

"Location Class" en función de la localización de nuestra línea

**Table 841.114B Design Factors for Steel Pipe Construction**

Facility	Location Class				
	1		2	3	4
	Div. 1	Div. 2			
Pipelines, mains, and service lines [see para. 840.21(b)]	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
Crossings of roads, railroads without casing:					
(a) Private roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Unimproved public roads	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
(c) Roads, highways, or public streets, with hard surface and railroads	0.60	0.60	0.50	0.50	0.40
Crossings of roads, railroads with casing:					
(a) Private roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Unimproved public roads	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Roads, highways, or public streets, with hard surface and railroads	0.72	0.72	0.60	0.50	0.40
Parallel encroachment of pipelines and mains on roads and railroads:					
(a) Private roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(b) Unimproved public roads	0.80	0.72	0.60	0.50	0.40
(c) Roads, highways, or public streets, with hard surface and railroads	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Fabricated assemblies (see para. 841.121)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Pipelines on bridges (see para. 841.122)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Pressure/flow control and metering facilities (see para. 841.123)	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40
Compressor station piping	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40
Near concentration of people in Location Classes 1 and 2 [see para. 840.3(b)]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40

Anexo F Tabla para selección de factor de diseño E tabla 114ª para cálculo del espesor en tuberías según norma ASME b31.8.

**Factor de diseño E**, se deberá elegir en función del acabado de nuestra tubería

**Table 841.115A Longitudinal Joint Factor, E**

Spec. No.	Pipe Class	E Factor
ASTM A 53	Seamless	1.00
	Electric Resistance Welded	1.00
	Furnace Butt Welded: Continuous Weld	0.60
ASTM A 106	Seamless	1.00
ASTM A 134	Electric Fusion Arc Welded	0.80
ASTM A 135	Electric Resistance Welded	1.00
ASTM A 139	Electric Fusion Welded	0.80
ASTM A 211	Spiral Welded Steel Pipe	0.80
ASTM A 333	Seamless	1.00
	Electric Resistance Welded	1.00
ASTM A 381	Double Submerged-Arc-Welded	1.00
ASTM A 671	Electric Fusion Welded	
	Classes 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Classes 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A 672	Electric Fusion Welded	
	Classes 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Classes 12, 22, 32, 42, 52	1.00
API 5L	Seamless	1.00
	Electric Resistance Welded	1.00
	Electric Flash Welded	1.00
	Submerged Arc Welded	1.00
	Furnace Butt Welded	0.60

Anexo G Factor de diseño T.

**Factor de diseño T**, se elegirá según la temperatura de operación de nuestra línea

**Table 841.116A Temperature Derating Factor, T, for Steel Pipe**

Temperature, °F	Temperature Derating Factor, T
250 or less	1.000
300	0.967
350	0.933
400	0.900
450	0.867

GENERAL NOTE: For intermediate temperatures, interpolate for derating factor.