



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: REPOTENCIACIÓN DEL EXTRACTOR DE POLVO CICLÓN DE 3HP DE LA CÁMARA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO, PERTENECIENTE AL COMANDO LOGÍSTICO NRO. 25 REINO DE QUITO, EN EL 2019.**

**AUTOR: SANGOVALIN TOAPANTA, WALTER FRANCISCO**

**DIRECTOR: ING. CHIPUGSI CALERO, FREDDY JULIÁN**

**LATACUNGA**

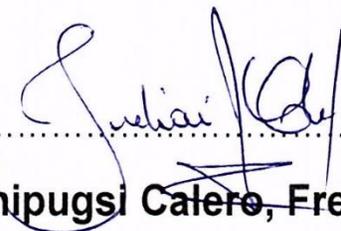
**2020**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**  
**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“REPOTENCIACIÓN DEL EXTRACTOR DE POLVO CICLÓN DE 3HP DE LA CÁMARA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO, PERTENECIENTE AL COMANDO LOGÍSTICO NRO. 25 REINO DE QUITO, EN EL 2019.”** Fue realizado por el señor **Sangovalin Toapanta, Walter Francisco**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido: por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditarlo y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 15 de enero del 2020

  
.....  
**ING. Chipugsi Calero, Freddy Julián**

**C.C.: 0502943541**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Sangovalin Toapanta, Walter Francisco**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de monografía: **“REPOTENCIACIÓN DEL EXTRACTOR DE POLVO CICLÓN DE 3HP DE LA CÁMARA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO, PERTENECIENTE AL COMANDO LOGÍSTICO NRO. 25 REINO DE QUITO, EN EL 2019.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación es veraz.

Latacunga, 15 de enero del 2020

.....  
**Sangovalin Toapanta, Walter Francisco**  
**C.C.: 0503616104**



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Sangovalin Toapanta, Walter Francisco**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de monografía: **“REPOTENCIACIÓN DEL EXTRACTOR DE POLVO CICLÓN DE 3HP DE LA CÁMARA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO, PERTENECIENTE AL COMANDO LOGÍSTICO NRO. 25 REINO DE QUITO, EN EL 2019.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 15 de enero del 2020

.....  
**Sangovalin Toapanta, Walter Francisco**

**C.C.: 0503616104**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi esposa Melisa y a mis hijas Damaris y Emily quienes día a día me motivan para seguir adelante y cumplir mi meta y propósito, por la comprensión que me brindan en el tiempo invertido en este proyecto.

También agradezco a mis padres por el esfuerzo y sacrificio realizado para verme cumplir mis metas las cuales fueron trazadas antes de inmiscuirme en ellas, por los valores impartidos con el fin de verme un hombre de bien y poner el alta el apellido el cual porto con orgullo en mi uniforme.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y las oportunidades que me brinda día a día y sobre todo por darme una gran familia, buenos amigos y compañeros, además de permitiré formar amistades en el periodo de estudio en la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE y conocer Docente mismos que gustosos impartieron sus conocimiento con el propósito de formar un tecnólogo de bien y sobre todo profesional, además agradecer de manera especial al Sr. Ing. Chipugsi Freddy por su dedicación y tiempo invertido en este proyecto con el fin que tenga buenos resultados y se logre pronto el objetivo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	i

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.4	Objetivos .....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Alcance.....	3

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Generalidades e introducción.....	5
2.2	Extractor de polvo.....	5
2.2.1	Por su aplicación.....	5
a)	Filtros auxiliares:.....	6
b)	Filtros de proceso: .....	6
2.2.2	Por su diseño de filtración.....	7
a)	Filtración exterior: .....	7
b)	Filtración interior: .....	8
2.2.3	Por la presión en el sistema.....	8
a)	Presión positiva:.....	8
b)	Presión negativa: .....	9
2.2.4	Por su principio de operación .....	11
a)	Filtro de tela .....	11
b)	Depuradores húmedos .....	11
c)	Precipitadores electrostáticos .....	12
d)	Ciclones.....	13
e)	Principio de funcionamiento.....	16
2.3	Motor de inducción .....	16
2.3.1	Elementos que constituyen un motor de inducción.....	17
2.3.2	Estator .....	18
2.3.3	Rotor jaula de ardilla .....	18
2.3.4	Carcasa o soporte.....	19

2.3.5	Auxiliares .....	19
2.3.6	Principio de operación del motor de inducción .....	20

### **CAPITULO III**

#### **DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LOS COMPONENTES DEL EXTRACTOR DE POLVO CICLÓN**

3.1	Diagnostico actual del extractor de polvo .....	22
3.1.1	Motor trifásico .....	24
3.1.2	Conexión eléctrica .....	29
3.1.3	Protecciones eléctricas y protección del motor .....	31
3.1.4	Cuerpo del extractor .....	31
3.2	Repotenciación del extractor del polvo ciclón.....	34
3.2.1	Motor trifásico de 5hp .....	34
3.2.2	Conexión eléctrica .....	39
3.2.3	Tablero de control .....	40
3.2.4	Selección de breaker del tablero de control.....	42
3.2.5	Selección de guardamotor .....	43
3.2.6	Selección de contactor.....	45
3.2.7	Selección de conductor eléctrico .....	46
3.2.8	Diagrama de conexión del equipo.....	47
3.2.9	Diagrama unifilar del taller de sandblasting .....	48
3.2.10	Cuerpo del extractor .....	50
3.3	Análisis de causa raíz.....	52
3.4	Plan de mantenimiento del extractor de polvo para el correcto funcionamiento y operación del equipo.....	55

3.4.1	Objetivo:.....	55
3.4.2	Mantenimiento preventivo .....	55
3.4.3	Importancia de mantener el colector en óptimas condiciones .....	55
3.4.4	Información de seguridad .....	55
3.4.5	Precauciones de seguridad .....	56
3.4.6	Equipo de protección individual (E.P.I) .....	57
3.4.7	Instalación y manejo del extractor de polvo .....	57
3.4.8	Operación de mantenimiento .....	58
3.4.9	Tablero de control .....	58
3.4.10	Mantenimiento del motor .....	59
3.4.11	Mantenimiento del cuerpo del extractor .....	59
3.4.12	Procedimiento antes de poner en marcha el extractor de polvo .....	60
3.4.13	Revisión de los siguientes componentes: .....	60
3.4.14	Encendido del equipo .....	61
3.4.15	Apagado del equipo .....	61
3.4.16	Programa de mantenimiento para el extractor de polvo .....	62

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones.....	65
4.2	Recomendaciones.....	65
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Fallas eléctricas y mecánicas en el extractor de polvo.....</i>	22
Tabla 2	<i>Características del motor.....</i>	24
Tabla 3	<i>Daños en el motor.....</i>	25
Tabla 4	<i>Daños en el cuerpo del extractor.....</i>	32
Tabla 5	<i>Resumen de fallas y posibles causas.....</i>	32
Tabla 6	<i>Trabajos realizados en el motor.....</i>	35
Tabla 7	<i>Trabajo realizado.....</i>	39
Tabla 8	<i>Tareas realizadas para la instalación del tablero de control.....</i>	40
Tabla 9	<i>Tarea realizada en el cuerpo del extractor.....</i>	50
Tabla 10	<i>Resumen de las fallas causa raíz (1/2).....</i>	53
Tabla 11	<i>Resumen de las fallas causa raíz (2/2).....</i>	54
Tabla 13	<i>Plan de mantenimiento.....</i>	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Filtro de proceso.....	7
<i>Figura 2.</i> Filtrado exterior.....	7
<i>Figura 3.</i> Filtrado interior.....	8
<i>Figura 4.</i> Presión positiva .....	9
<i>Figura 5.</i> Sistema negativo .....	11
<i>Figura 6.</i> Depuradores húmedos .....	12
<i>Figura 7.</i> Extractor de polvo ciclón .....	14
<i>Figura 8.</i> Ciclón para gran caudal y grado medio de deposición .....	15
<i>Figura 9.</i> Ciclón para caudales medios y altos de deposición .....	16
<i>Figura 10.</i> Funcionamiento del ciclón .....	16
<i>Figura 11.</i> Partes de un motor de inducción trifásico.....	18
<i>Figura 12.</i> Rotor jaula de ardilla.....	19
<i>Figura 13.</i> Motor trifásico de inducción .....	21
<i>Figura 14.</i> Extractor de polvo ciclón previo a la repotenciación.....	24
<i>Figura 15.</i> Motor eléctrico trifásico de 5 hp antes de la repotenciación .....	24
<i>Figura 16.</i> Motor desmontado del equipo .....	27
<i>Figura 17.</i> Ventilador del motor .....	27
<i>Figura 18.</i> Bobina quemada del motor .....	28
<i>Figura 19.</i> Carcasa del motor .....	28
<i>Figura 20.</i> Bornera de conexiones.....	29
<i>Figura 21.</i> Extractor de polvo sin conexión eléctrica y sin motor .....	30
<i>Figura 22.</i> Tomacorriente de alimentación del motor .....	30
<i>Figura 23.</i> Interruptor tipo cuchilla de tres polos.....	31
<i>Figura 24.</i> Cuerpo del extractor .....	32
<i>Figura 25.</i> Carcasa del motor repotenciada.....	36
<i>Figura 26.</i> Rebobinado de una fase del motor.....	37
<i>Figura 27.</i> Reemplazo de rodamientos.....	37
<i>Figura 28.</i> Reemplazo de bornera de conexiones .....	37
<i>Figura 29.</i> Diagrama de conexión del motor.....	38

<i>Figura 30.</i> Conexión doble estrella del motor .....	39
<i>Figura 31.</i> Tablero de control.....	42
<i>Figura 32.</i> Breaker del circuito de control y fuerza .....	43
<i>Figura 33.</i> Placa de datos y conexiones del motor .....	44
<i>Figura 34.</i> Guardamotor .....	45
<i>Figura 35.</i> Contactor.....	46
<i>Figura 36.</i> Tabla de selección de conductores .....	47
<i>Figura 37.</i> Circuito de control y fuerza.....	48
<i>Figura 38.</i> Diagrama unifilar del taller de sandblasting.....	49
<i>Figura 39.</i> Estructura pintada .....	51
<i>Figura 40.</i> Equipo repotenciado.....	51
<i>Figura 41.</i> Análisis de causa raíz aplicada al extractor de polvo .....	52

## **RESUMEN**

El presente proyecto permitirá la repotenciación del extractor de polvo ciclón de la cámara de pintura electrostática, perteneciente al Comando Logístico Nro. 25 Reino de Quito, mediante la implementación de dispositivos mecánicos y eléctricos para la puesta en marcha. El equipo a ser repotenciado permite la eliminación de polvo de la cámara de pintura en donde se aplica pintura electrostática a piezas sólidas, el equipo se encontraba fuera de servicio debido a la falta de mantenimiento preventivo, a la mala instalación del equipo y a la falta de elementos de protección eléctrica. Para la recuperación del equipo fue necesario realizar un mantenimiento correctivo del motor trifásico como: rebobinado, reemplazo de rodamientos, bornera de conexiones y aplicación de pintura anticorrosiva en la carcasa. Así como también la colocación del tablero de control con elementos de protección estrictamente dimensionados de acuerdo a la capacidad del motor trifásico como: breaker para la protección del circuito de control y fuerza, pulsadores de: encendido, apagado y de emergencia, conductores para la alimentación, contactor y guardamotor para protección y cuidado del motor con el fin de restaurar totalmente el equipo. Finalmente se implementa el plan de mantenimiento preventivo para el extractor de polvo detallando revisiones e inspecciones del motor, tablero de control y cuerpo del extractor, a fin de prolongar la vida útil de los componentes del mismo.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **EXTRACTOR DE POLVO - REPOTENCIACIÓN**
- **MOTOR TRIFÁSICO**
- **PROTECCIÓN ELÉCTRICA**

## **ABSTRACT**

This project will allow the repowering of the cyclone dust extractor of the electrostatic painting chamber, belonging to Comando Logistico No. 25 Kingdom of Quito, through the implementation of mechanical and electrical devices for commissioning. The equipment to be re-powered allows the removal of dust from the paint chamber where electrostatic paint is applied to solid parts, the equipment was out of service due to the lack of preventive maintenance, the poor installation of the equipment and the lack of electrical protection elements. For the recovery of the equipment it was necessary to perform a corrective maintenance of the three-phase motor such as: rewind, replacement of bearings, terminal block and application of anticorrosive paint on the housing. As well as the placement of the control panel with strictly sized protection elements according to the capacity of the three-phase motor such as: breaker for protection of the control and force circuit, push-buttons: on, off and emergency, power supply conductors , contactor and motor guard for protection and care of the motor in order to fully restore the equipment. Finally, the preventive maintenance plan for the dust extractor is detailed detailing revisions and inspections of the motor, control panel and extractor body, in order to prolong the life of the components of the same.

### **KEYWORDS:**

- **DUST EXTRACTOR - REPOWERING**
- **THREE-PHASE MOTOR**
- **ELECTRICAL PROTECTION**

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Antecedentes**

El Comando Logístico Nro. 25 Reino de Quito es una de la unidades de gran importancia dentro del Ejército Ecuatoriano ya que desarrolla acciones y misiones tanto en tiempo de paz como en tiempo de guerra, actualmente se encarga del mantenimiento de piezas sólidas, por lo que cuentan con el taller de sandblasting, en donde se halla instalado la cámara de pintura, extractor de polvo y horno de secado para el proceso de pintura de las piezas sólidas.

El extractor de polvo se encuentra instalado desde año 2000, permitía la eliminación de partículas de polvo volátiles dentro de la cámara de pintura, dejó de funcionar por el años 2012, perjudicando así al que las condiciones de contaminación aumentaran en la unidad y en la ciudad, siendo perjudicial para el medio ambiente y las personas que trabajan en el área.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

El Comando de Apoyo Logístico Nro. 25 Reino de Quito, es un ente importante dentro del Ejército Ecuatoriano debido a que abarca personal militar y civil capacitado para las diferentes misiones como son el de transporte, mantenimiento y abastecimiento, las mismas que brindan apoyo a las unidades y permiten el cumplimiento de la misión.

Una de las funciones del Comando es la de mantenimiento y dentro de ella está el taller de pintura, el taller posee una cámara de pintura electrostática la cual es utilizada para el proceso de laminación es decir para cubrir con pintura en polvo las diferentes piezas, por el hecho de ser pintura en polvo y q trabaja a presión alta, viene a ser un riesgo para la salud del o los operadores, además de imposibilitar la visión para el trabajo, es por ese motivo que se ve la necesidad de la recuperación del extractor de polvo de la cámara de pintura electrostática, el mismo que por fallos desconocidos se encuentra fuera de servicio.

El extractor de polvo mejorara el rendimiento del operador, existirá menor riesgo de adquirir enfermedades y mejorara el acabado en los trabajos gracias a que se eliminara los residuos de polvo de la cámara.

### **1.3 Justificación**

Debido a la alta demanda de trabajo de pintura electrostática en el taller de pintura del Comando de Apoyo Logístico Nro. 25 Reino de Quito y al alto riesgo que conlleva la falta de visibilidad para el operador dentro de la cámara de pintura se propone, desarrollar este proyecto. Con el análisis y la evaluación técnica se pretende llegar a repotenciar el extractor de polvo de la cámara de pintura electrostática mismo que será empleado en diferentes trabajos en beneficio de la Institución.

El principal beneficiario de este proyecto será el Batallón de Mantenimiento Quisquis, ya que el operador tendrá mayor confianza en el equipo y eso aportara en beneficio del Comando de Apoyo Logístico.

La importancia de aplicar los conocimientos adquiridos en la etapa de formación como tecnólogos será pilar fundamental para el desarrollo en el campo eléctrico, electrónico y mecánico, permitirán mejorar las habilidades y ser un profesional de alta credibilidad.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Repotenciar el extractor de polvo CICLÓN de 3HP de la cámara de pintura electrostática, mediante la implementación de dispositivos mecánicos y eléctricos para la puesta en marcha del equipo, perteneciente al Comando Logístico Nro. 25 Reino de Quito.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar una evaluación técnica del estado actual, revisando el sistema eléctrico y mecánico del extractor de polvo Ciclón de 3hp.
- Poner en marcha al extractor de polvo Ciclón de 3hp, ratificando las fallas y daños existentes por mal manejo y por falta de mantenimiento.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo bajo las condiciones de trabajo a la cual está expuesta el extractor.

## **1.5 Alcance**

Este proyecto tiene como alcance la recuperación del extractor de polvo Ciclón de 3hp, perteneciente al Comando Logístico Nro. 25 Reino de Quito. Ubicado en la ciudad de Quito, mediante la implementación de elementos eléctricos y mecánicos para

la puesta en marcha, mismo que se encuentra con daños en los sistemas que lo componen.

En el avance de este proyecto se realizara una revisión técnica y correctiva en el equipo, corrigiendo posibles averías debido a los esfuerzos sometidos al mismo.

El mantenimiento preventivo en el equipo debe ser minuciosamente planificado y aplicado para poder así corregir posibles fallas en el sistema eléctrico y mecánico del extractor.

Una vez corregida las averías y un previo análisis del equipo se procederá a la puesta en marcha, con su respectivo plan de mantenimiento del equipo.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Generalidades e introducción**

El presente trabajo permitirá estudiar el extractor de polvo el cual permite extraer partículas de polvo de la cámara de pintura electrostática (pintura en polvo), el equipo se encuentra formado por un motor de inducción trifásico de 5 hp, que a su vez es el encargado de hacer girar a la turbina para crear una fuerza centrífuga o vacío en el cuerpo del extractor.

En los extractores de polvo es necesario motores de altas revoluciones para alcanzar el efecto característico de estos equipos.

#### **2.2 Extractor de polvo**

Según (Mattarollo, altec, 2015), un colector de polvo es un sistema que mejora la calidad del aire, eliminando partículas contaminadas liberado por procesos industriales o comerciales. El sistema extrae aire con partículas de polvo o de materiales, los mismos entran en un proceso de transformación, antes de regresarlo al medio ambiente.

Los colectores de polvo se clasifican en 4 grupos:

##### **2.2.1 Por su aplicación**

**a) Filtros auxiliares:**

Según (Orrala, 2010) expresa que, es una unidad que no es crítica para la operación continua de la planta industrial, o que no representa peligro inmediato ya sea para los trabajadores o para el medio ambiente. Un filtro auxiliar puede ser usado para recolectar partículas de polvo en una planta maderera o en el transporte de material. Dependiendo del lugar donde va a funcionar, hay que considerar la temperatura, el material que se va a filtrar, la humedad, ácidos, etc., para de esa manera, tener un buen criterio de diseño del filtro.

**b) Filtros de proceso:**

Según (Orrala, 2010) afirma que, este tipo de filtros en cambio son críticos, forman parte del proceso de producción como se muestra en la **Figura 1**. Puede ser usado continuamente las 24 horas del día, 365 días al año. Normalmente procesa volúmenes extremadamente altos y puede ser sometido a altas temperaturas, materiales abrasivos, partículas minúsculas, altas concentraciones de contaminantes y sustancias corrosivas. La definición de filtro de proceso es que, si el colector funciona mal, la producción de la planta se detiene. Por ejemplo, en una planta de asfalto, si el filtro no funciona adecuadamente, la producción de la planta es reducida. Si el filtro deja de funcionar completamente, la planta entera deja de funcionar.

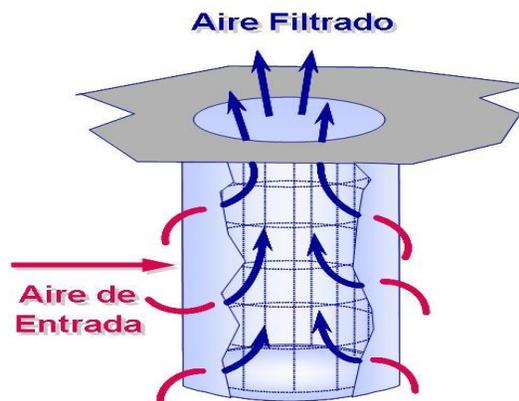


**Figura 1.** Filtro de proceso  
Fuente: (Orrala, 2010)

## 2.2.2 Por su diseño de filtración

### a) Filtración exterior:

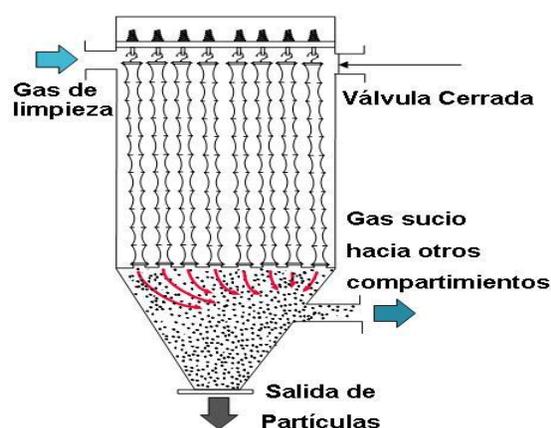
Son llamados así porque las partículas se recolectan en la superficie externa de la manga, y el aire limpio sale a través del interior como se muestra en la **Figura 2**. Entre los que utilizan este tipo de filtración tenemos los filtros de manga pulse-jet. (Orrala, 2010)



**Figura 2.** Filtrado exterior  
Fuente: (Orrala, 2010)

## b) Filtración interior:

En los filtros de mangas con filtración interna, las partículas son recolectadas en el lado interior de las mangas, como se observa en la **Figura 3**. El gas cargado de partículas entra a través de la parte interior del colector y es dirigido al interior de la manga. (Orrala, 2010)



**Figura 3.** Filtrado interior  
Fuente: (Orrala, 2010)

### 2.2.3 Por la presión en el sistema

#### a) Presión positiva:

Según (Orrala, 2010) expresa que, los gases contaminados son impulsados o succionados al colector por un ventilador. Cuando el gas contaminado es impulsado hacia el colector por medio de un ventilador colocado antes del colector, el colector se llama colector de presión positiva. El ventilador, como veremos más adelante en la **Figura 4**, es un componente integral del sistema; si presenta un mal funcionamiento, puede ocasionar el paro completo de operaciones. Colectores de presión positiva son menos costosos inicialmente debido a su estructura por ser más débil, pero más caros a

largo plazo. Este tipo de colectores, normalmente tienen pequeñas chimeneas o salidas en la parte superior del colector que se llaman monitores de techo. Esto es problemático cuando la prueba de emisiones es necesaria para determinar la efectividad de filtración.

Sistemas de presión positiva son usados con mejores resultados cuando los gases son de poca humedad y de bajas concentraciones de polvo no abrasivo.



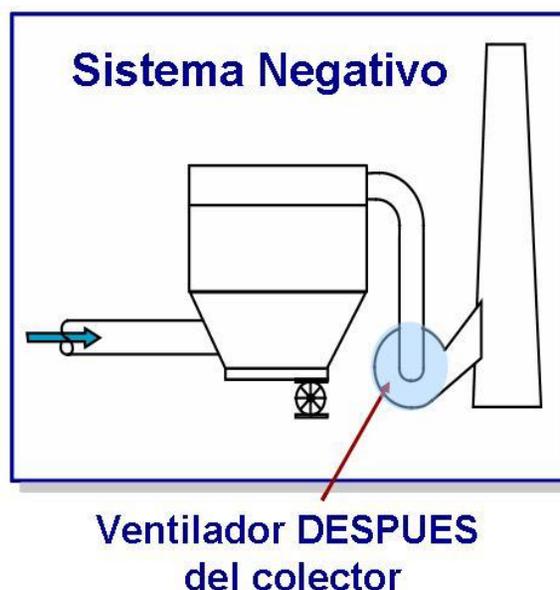
**Figura 4.** Presión positiva  
Fuente: (Orrala, 2010)

**b) Presión negativa:**

Según (Orrala, 2010) afirma que, cuando el ventilador se encuentra en la parte limpia del colector, el aire contaminado es succionado hacia el colector, y el sistema se llama colector de presión negativa. La estructura de este tipo de colectores debe ser reforzada ya que la presión negativa actúa junto con la presión atmosférica, como se muestra en la **Figura 5**.

Al tener presión negativa, no pueden existir fugas de aire contaminado, y la limpieza en los alrededores del colector es reducida. El deterioro del ventilador es mucho menor en los sistemas de presión negativa, ya que las partículas son separadas del aire antes de entrar al ventilador. Esto puede ser el factor más importante en seleccionar colectores de presión negativa. Sistemas de presión negativa son usados cuando los gases son corrosivos, contienen alta humedad o gran concentración de polvo abrasivo. Una vez que el gas entra al colector, las partículas son capturadas por el material de filtración.

Los colectores normalmente son contruidos usando grandes cantidades de filtros cilíndricos o bolsas que son colgados verticalmente en el colector. El número de bolsas puede variar de cien a mil o más, dependiendo del tamaño del colector y los requerimientos de volumen de aire del sistema. Cuando la capa de polvo crece hasta cierto espesor, la bolsa es limpiada, causando que las partículas caigan a la tolva de recolección. Estas partículas son guardadas en la tolva temporalmente y luego son retirados por medio de transportadores neumáticos o tornillos sin fin. El aire limpio es llevado al ambiente a través de la chimenea o en algunos casos, puede ser recirculado dependiendo de las necesidades del proceso.



**Figura 5 .** Sistema negativo  
Fuente: (Orrala, 2010)

#### 2.2.4 Por su principio de operación

##### a) Filtro de tela

Según (Orrala, 2010), son conocidos como filtro de manga ya que se emplea tela de origen natural o artificial, la función de la tela es negar el paso de residuos contaminantes y permitir el paso del aire puro. Las características que debe poseer esta tela es que debe poseer el grosor adecuado, ser resistente e impermeable, además debe ser de fácil limpieza.

##### b) Depuradores húmedos

Según (H2O TEK, S.A. de C.V., 2018), estos sistemas tienen el objetivo de tratar los gases o vapores que poseen mucha humedad en su composición, asimismo, tratan aquellas partículas polvorrientas que podrían representar un peligro de incendio o

explosión dentro de un entorno industrial, mediante la humidificación de tales partículas. Tal vez un inconveniente a lo que se enfrentan los que adquieren estos dispositivos, es al hecho de una alta posibilidad de corrosión del material interno de los mismos, y más si se colocan en exteriores de un edificio, en ese caso, es preponderante proteger esos sistemas del clima frío y húmedo. (Mattarollo, altec, 2015)

En la **Figura 6**, se muestra como son los depuradores húmedos que permiten sanear el aire.



**Figura 6.** Depuradores húmedos  
Fuente: (H2O TEK, S.A. de C.V., 2018)

### c) **Precipitadores electrostáticos**

Según (H2O TEK, S.A. de C.V., 2018), esto sirve para la depuración o extracción de gases. El objetivo es que las partículas contaminantes cargadas con energía interactúen al tocar el electrodo, y cuando lo hacen, el polvo inmediatamente perderá su fuerza de atracción, haciendo más fácil su remoción del interior, ya sea por caída libre, vibración, o lavado.

#### d) **Ciclones**

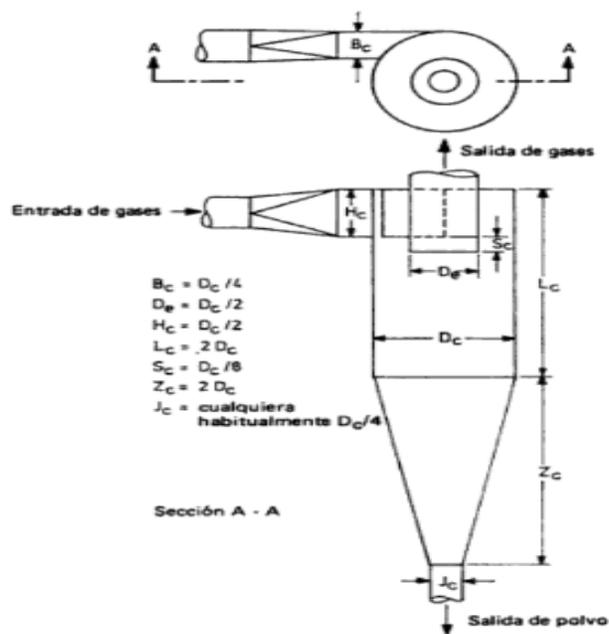
Según (Fundacion Wikipedia, Inc.,, 2019), un separador ciclónico es un equipo utilizado para separar solidas suspendidas en el aire, sin el uso de un filtro de aire, utilizando un vórtice para la separación. Los efectos de rotación y la gravedad son usaos para separar mezclas de sólidos y fluidos. El método también puede separar pequeñas gotas de un líquido de un flujo gaseoso. Una alta velocidad del flujo de aire se establece dentro del contenedor cilíndrico o cónico llamado ciclón.

En el separador ciclón la separación de partículas de polvo y el aire se produce gracias a la fuerza centrífuga que crea la turbina y la fuerza del motor, que comprime las partículas de polvo sopladas contra las paredes del ciclón y van descendiendo en espiral mientras que el aire limpio es desviado hacia arriba. (Fundacion Wikipedia, Inc.,, 2019)

Según (Duda h., 1977) afirma que, en la práctica los ciclones se han utilizados como desempolvadores desde hace mucho tiempo, antes de que se estableciera el principio teórico de su funcionamiento y haberlos hecho accesibles al cálculo.

Un ciclón consta de principalmente de dos partes, una cilíndrica, la otra cónica, como se muestra en la **Figura 7**. El gas entra por la parte alta del cuerpo cilíndrico, tangencialmente y se mueve en espiral, a lo largo de la pared, hacia abajo, casi hasta la parte inferior del cono (torbellino exterior), desde aquí comienza a ocupar el espacio interno del ciclón, en donde se mueve hacia arriba y también en espiral (torbellino interior). La fuerza centrífuga hace que las partículas de polvo del gas se depositen sobre la pared del ciclón y tanto por la acción de la gravedad, como por la del torbellino

exterior se desplazan hacia abajo. La mayor parte de las partículas cae en un colector, mientras que la otra minoría sube con el gas. El torbellino interior ocupa solo una parte pequeña de la sección cilíndrica. Alrededor de este torbellino y a lo largo de su eje se establece la llamada zona neutra que si es amplia da lugar a que los gases tomen el polvo que arrastran consigo. De aquí se deduce que cuanto más largo es el camino la capa limite, tantas menos partículas se depositaran en el ciclón.



**Figura 7.** Extractor de polvo ciclón

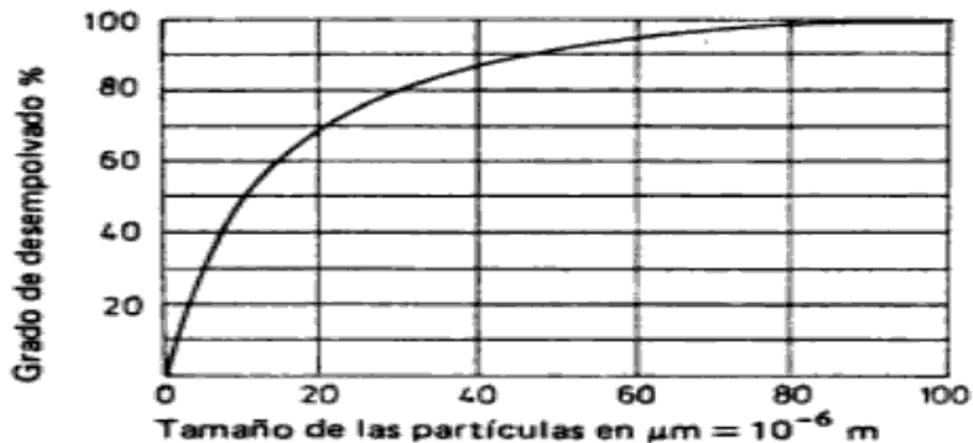
Fuente: (Duda h., 1977)

Según (Duda h., 1977) establece que, el rendimiento de un ciclón es inversamente proporcional a su diámetro. Los ciclones con 225, 400, 600 y 3150 mm tienen rendimiento de 96.7, 92.6, 88.2 y 57.5 %.

En la industria los ciclones separadores se utilizan para desempolvar los gases de hornos rotatorios, enfriadores de Clinker, trituradores, secaderos, molinos, dispositivos de transporte, etc. Los ciclones pertenecen al grupo de los dispositivos de

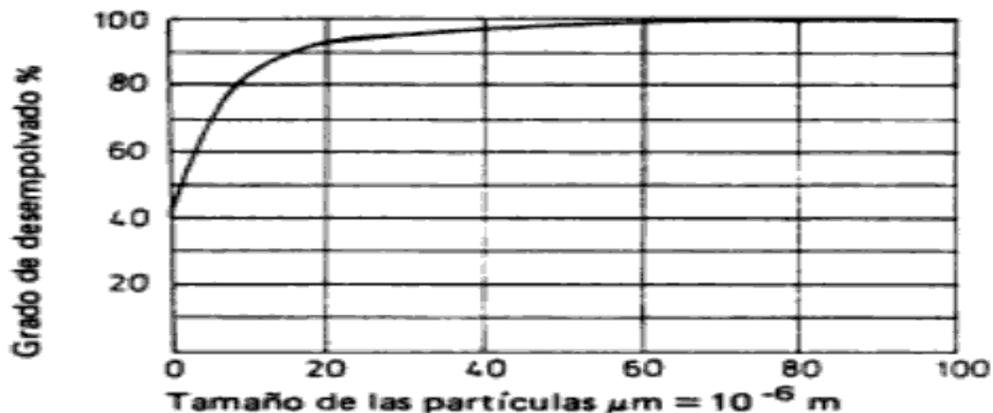
sedimentación de polvo más económicos, no tienen ninguna parte móvil y para altas temperaturas, del orden de los 875 °C se le puede revertir con material refractario. Se construye ciclones:

- Para caudales altos ligados con rendimientos medios y pérdidas de carga media, como se muestra en la **Figura 8**.
- Para caudales medios con alto rendimiento y alta caída de presión, como se muestra en la **Figura 9**



**Figura 8.** Ciclón para gran caudal y grado medio de deposición

Fuente: (Duda h., 1977)

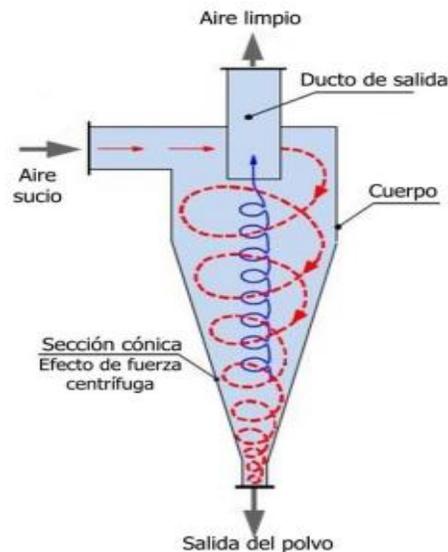


**Figura 9.** Ciclón para caudales medios y altos de deposición

Fuente: (Duda h., 1977)

**e) Principio de funcionamiento**

Como se muestra en la **Figura 10**, el ciclón gracias que está compuesto por un motor eficiente, conjuntamente con la turbina a la cual gira a una velocidad impresionante permite que se origine una impactación inercial conocido como fuerza centrífuga (vacío) que a su vez hace que las partículas se muevan en forma espiral para que ingrese al cuerpo del ciclón y sean eliminados o separados el polvo del aire.



**Figura 10.** Funcionamiento del ciclón

Fuente: (Buchelli Carpio & Reinoso Sánchez, 2014)

**2.3 Motor de inducción**

Según (Enriquez Harper, 2005), recibe este nombre porque, al igual que el transformador, opera bajo el principio de inducción electromagnética. Debido a este tipo de motores no llega a trabajar nunca a su velocidad síncrona, también se conoce como motores asíncronos. Por el número de fases se clasifican en:

- a) Trifásicos
- b) Bifásicos
- c) Monofásicos

Por el tipo de rotor pueden ser:

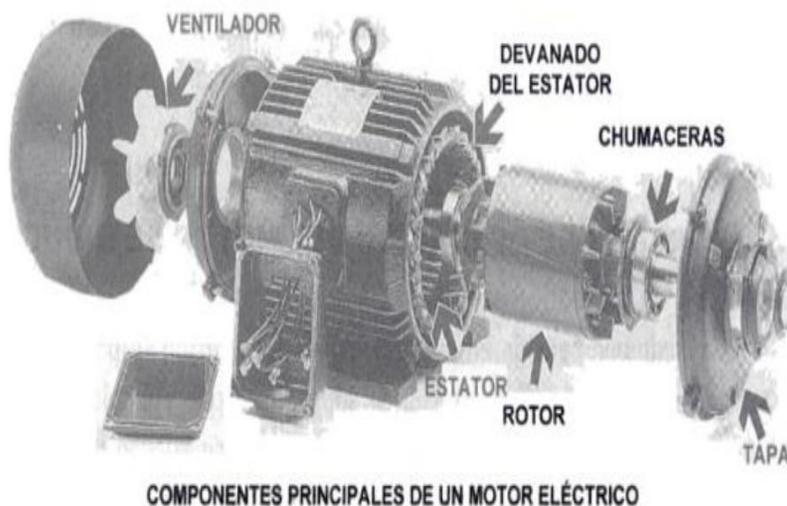
- a) De rotor devanado
- b) De rotor de jaula de ardilla**

Por lo general se fabrican de varios polos, de acuerdo a la frecuencia y la velocidad de operación.

### **2.3.1 Elementos que constituyen un motor de inducción**

Un motor de inducción está constituido fundamentalmente por los siguientes elementos como se muestra en la **Figura 11**:

1. Estator
2. Rotor
3. Carcasa
4. Auxiliares: tapa anterior y posterior, chumaceras, tornillos de sujeción, caja de conexiones, base o soporte.



**Figura 11.** Partes de un motor de inducción trifásico  
Fuente: (Enriquez Harper, 2005)

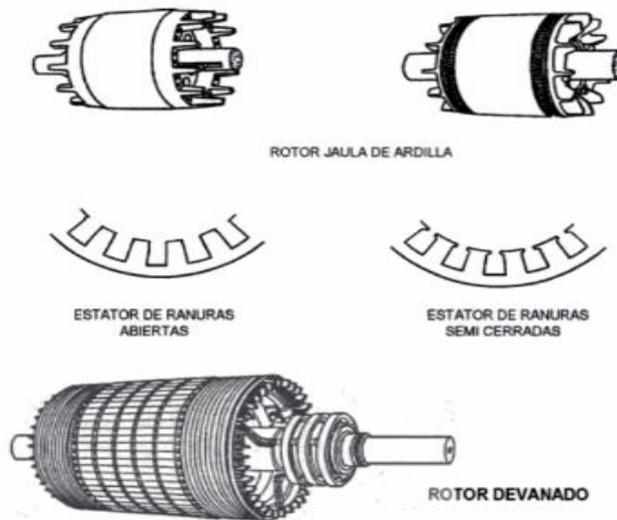
### 2.3.2 Estator

Según (Enriquez Harper, 2005), el estator de los motores de inducción está formado por paquetes de láminas de acero al silicio troquelados. El estator presenta una de las partes del circuito magnético del motor. El contenido de silicio, que al igual que en los núcleos de transformadores depende de las densidades de flujo usuales, está constituido por paquetes de lámina troquelada en forma de ranuras, con el objeto de que el bobinado del estator pueda alojarse en dichas ranuras. Desde luego, la forma de las ranuras varía de acuerdo con el tamaño o tipo de motor.

En las ranuras del estator se alojan las bobinas del estator, que puede considerarse, en forma análoga al transformador, como el circuito primario.

### 2.3.3 Rotor jaula de ardilla

Recibe este nombre debido a que precisamente tiene la forma de una jaula de ardilla. Aquí, el bobinado está constituido por barras que vacían sobre el rotor destinado para este fin; debido a la forma que se le da, quedan unidas entre sí en cortocircuito en la forma de una jaula de ardilla, como se observa en la **Figura 12**. (Enriquez Harper, 2005)



**Figura 12.** Rotor jaula de ardilla  
Fuente: (Enriquez Harper, 2005)

### 2.3.4 Carcasa o soporte

La carcasa recibe también el nombre de soporte por ser el elemento que contiene el estator y los elementos del motor. (Enriquez Harper, 2005)

### 2.3.5 Auxiliares

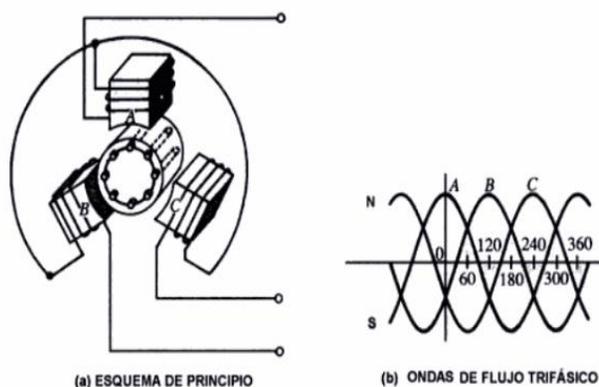
Los auxiliares del motor de inducción son elementos necesarios para el funcionamiento de este y dependen del trabajo de motor. Desde el punto de vista de conversión de energía, el motor de inducción se puede definir como sigue: Elemento

que convierte energía eléctrica en energía mecánica por el principio de inducción electromagnética. (Enriquez Harper, 2005)

### 2.3.6 Principio de operación del motor de inducción

Al aplicar una tensión en los terminales del estator se produce una fuerza magnetomotriz uniforme y giratoria. Si suponemos, por ejemplo, que el rotor es de tipo jaula de ardilla, en cada barra se induce una fuerza magnetomotriz de sentido opuesto, esta hace circular corriente y se produce un par que hace girar el rotor. (Enriquez Harper, 2005)

Si se estudia el motor de inducción en forma semejante al transformador, se puede considerar el devanado del estator como el circuito primario y el del rotor como el secundario como se muestra en la **Figura 13**.



**Figura 13.** Motor trifásico de inducción  
Fuente: (Enriquez Harper, 2005)

Según (Enriquez Harper, 2005), el motor de inducción fue inventado por **Nikola Tesla** en 1888 y su principio no requiere conexión a la parte rotatoria, la transferencia de energía de la parte estacionaria a la parte rotatoria es por medio de inducción electromagnética. Un campo magnético rotatorio producido por el devanado estacionario (llamado estator) induce una fuerza electromotriz y una corriente en el rotor.

Aun cuando el flujo generado por cada bobina es únicamente un flujo alterno, las contribuciones de los flujos combinados de las tres bobinas superpuestas, llevan las corrientes en los ángulos de fase apropiado y produce un flujo rotatorio de dos polos. Es el flujo rotatorio, no el flujo alterno el que produce la acción de inducción en el motor. Al flujo rotatorio (llamado también campo rotatorio), producido por las corrientes trifásicas, se puede eslabonar con el campo rotatorio producido por un imán superpuesto al rotor.

## CAPITULO III

### DIAGNOSTICO ACTUAL DE LOS COMPONENTES DEL EXTRACTOR DE POLVO CICLÓN

#### 3.1 Diagnostico actual del extractor de polvo

Mediante el diagnóstico inicial podemos determinar las fallas eléctricas y mecánicas que afectaron a cada uno de los componentes de equipo, para posteriormente realizar la reparación o el reemplazo de ser el caso.

Este equipo cuenta con las siguientes partes: cuerpo metálico del extractor, motor eléctrico trifásico de 5 hp, interruptor tipo cuchilla de tres polos (al momento de la inspección). El equipo actualmente se encuentra fuera de servicio debido a los fallos que se detallan en la siguiente **Tabla 1**.

**Tabla 1**

*Fallas eléctricas y mecánicas en el extractor de polvo*

Componente	Descripción	Estado
Motor trifásico	Motor trifásico de 5 Hp siemens, elemento principal de extractor de polvo que permite crear el vacío en sistema.	Mal estado, bobina quemada, rodamiento desgastado, bornera deteriorada (crea falso contacto).

Sistema eléctrico	Sin conexión eléctrica	
Protección eléctrica	Interruptor tipo cuchilla de tres polos	Se halla en mal estado, se presume que la causa fue un cortocircuito.
Cuerpo del extractor	Estructura metálica	Con corrosión, pintura desprendiéndose, fisuras en el cordón de suelda.

Como se muestra en la **Figura 14** y la **Figura 15**, el motor se encontraba desacoplada de la estructura del extractor de polvo.



**Figura 14.** Extractor de polvo ciclón previo a la repotenciación



**Figura 15.** Motor eléctrico trifásico de 5 hp antes de la repotenciación

### 3.1.1 Motor trifásico

Debido que el motor es la herramienta principal para el funcionamiento del equipo con características que se detalla en la **Tabla 2**, es necesario realizar una inspección visual, para determinar si la herramienta se encuentra completa y si es posible determinar falla que se detalla en la **Tabla 3**.

**Tabla 2**

*Características del motor*

Marca	Siemens
Modelo	1LA7 112-2YA66
Tamaño	112M
Potencia	5 Hp

CONTINUA →

Voltaje	220 YY/440Y
In	16A/8 <sup>a</sup>
Eficiencia	71.1
Factor de potencia	0.86
Velocidad nominal	3480 rpm
Peso	30 Kg

**Tabla 3**

*Daños en el motor*

Componente	Descripción	Estado
Bornera	Bornera de 6 puntas para las conexiones del motor.	Se halla lleno de polvo, aislados, imposible de ajustarlos puede ser causantes de falso contacto
Rodamientos	Rodamiento del eje Rodamiento del ventilador	Se encuentran desgastadas, y casi sin lubricante.
Bobinas	Tres bobinas de alambre de cobre	Se encontró con bobina quemada
Ventilador	Ventilador del motor	Se halla cubierta de polvo (pintura electrostática).

En las **Figura 16**, se puede observar el estado del motor que se encuentra fuera de servicio.



**Figura 16.** Motor desmontado del equipo

En la **Figura 17**, se puede observar el desarmado de los componentes del motor.



**Figura 17.** Ventilador del motor

En la **Figura 18** y **Figura 19**, podemos observar el estado de las bobinas y del estator.



**Figura 18.** Bobina quemada del motor



**Figura 19.** Carcasa del motor

En la **Figura 20**, se observa la bornera de conexiones llena de polvo, pernos aislados y deteriorado.



**Figura 20.** Bornera de conexiones

### 3.1.2 Conexión eléctrica

Debido a que el motor se encontraba fuera de servicio, la instalación eléctrica fue retirada como se muestra en la **Figura 21** y **Figura 22**, siendo así que no existía ni un cable a la vista, razón por la cual es necesario una nueva instalación eléctrica.



**Figura 21.** Extractor de polvo sin conexión eléctrica y sin motor



**Figura 22.** Tomacorriente de alimentación del motor

### 3.1.3 Protecciones eléctricas y protección del motor

Las instalaciones eléctricas instaladas hace años atrás, eran realizadas de manera directa sin protección para la red y el equipo, razón por la cual los equipos tenían fallas y posterior quedaban fuera de servicio, el único artefacto encontrado y en mal estado fue un interruptor tipo cuchilla de tres polos observar **Figura 23**.



**Figura 23.** Interruptor tipo cuchilla de tres polos

### 3.1.4 Cuerpo del extractor

El cuerpo del extractor es el componente que permite que se cree el vacío que se necesita para que cumpla la función determinada, para verificar el estado del cuerpo del extractor fue necesario una inspección visual y se detalla en la **Tabla 4** los daños encontrados.

**Tabla 4**

*Daños en el cuerpo del extractor*

Componente	Descripción	Estado
Ductos	Ducto de entrada Ducto de salida.	Se halla con puntos de suelda sueltas y fisuradas, el ducto de salida es muy corto.
Estructura	Metal del soporte y cuerpo del ciclón	Se encuentra con corrosión y pintura desgastada ver <b>Figura 24</b>
Pernos	Pernos de sujeción	Se encontró con una bobina quemada
Sellante	Sellante de la estructura para evitar fuga del aire e ingreso del mismo	El sellante se encuentra en buenas condiciones, con contextura impenetrable.

**Figura 24.**

Cuerpo del extractor

En la

**Tabla 5** se detalla las fallas, causa y corrección a tomar en el equipo a ser repotenciado.

**Tabla 5**

*Resumen de fallas y posibles causas*

Componente	Fallas	Causa	Corrección
Motor trifásico	Bobinados cortocircuitados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contaminación interna del motor</li> <li>▪ Desequilibrio de tensión y corriente entre las fases</li> <li>▪ Falta de elementos de protección: fusible, contactor y guardamotor</li> </ul>	Debido al daño es necesario realizar el reemplazo de bobinas <b>CONTINÚA</b>
	rodamiento desgatado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lubricación inadecuada</li> <li>▪ Daños ocasionados por vibraciones</li> <li>▪ Contaminación por polvo</li> <li>▪ Desalineación del eje</li> </ul>	Reemplazo de rodamientos NPN
	Bornera	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tiempo de vida útil</li> <li>▪ Tornillo aislados</li> <li>▪ Mala conexión</li> </ul>	Es necesario el reemplazo de la bornera, para evitar falso contacto.

Sistema eléctrico	Conductores quemados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desbalance de tensión y corriente</li> <li>▪ Mal dimensionado</li> </ul>	Dimensionamiento e instalación de conductores
Protección eléctrica	Interruptor de tres polos tipo cuchilla cortocircuitado .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortocircuito</li> </ul>	Dimensionamiento e instalación de elementos de protección, breaker conductores, contactor y guardamotor.
Cuerpo del extractor	Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de polvo</li> <li>• Humedad</li> <li>• Pintura desgastada</li> </ul>	Recubrimiento con pintura anticorrosiva

### 3.2 Repotenciación del extractor del polvo ciclón

Para poner en marcha el equipo es necesario instalar, reemplazar y reparar de ser el caso elementos que componen el extractor de polvo.

#### 3.2.1 Motor trifásico de 5hp

A continuación se detalla en la Tabla 6, el trabajo realizado en el motor con el objetivo de realizar la repotenciación y poner en marcha al equipo.

**Tabla 6***Trabajos realizados en el motor*

<b>Componente</b>	<b>Tarea realizada</b>
BORNERA	Se realizó la remoción del polvo de la caja en donde se aloja la bornera para realizar el reemplazo de la misma.
Rodamientos	Se realizó el desensamble del motor para el cambio de rodamientos por unos nuevo (del eje y del ventilador)
Bobinas	Se rebobino una fase ya que se encontraba quemada la anterior para lo cual se utilizó 8 lb de alambre de cobre revestido calibre 17 Awg.
Ventilador	Se limpió y aceito el ventilador para su mejor funcionamiento
carcasa	Se pintó toda la carcasa del motor con el fin

de obtener mayor resistencia al ambiente.

La carcasa es un elemento importante, motivo por la cual debe estar en buen estado ya que protege a componentes esenciales del motor, por esta razón se debe aplicar pintura anticorrosiva como se muestra en la **Figura 25**.



**Figura 25.** Carcasa del motor repotenciada

En la **Figura 26**, podemos observar que se desensambla el motor para poder realizar los cambios de piezas por nuevas y rebobinar la fase quemada.



**Figura 26.** Rebobinado de una fase del motor

Se puede observar en la **Figura 27**, el cambio de rodamientos realizados, como son del ventilador y del eje, ya que por la gran revolución o velocidad del motor es necesario el reemplazo.



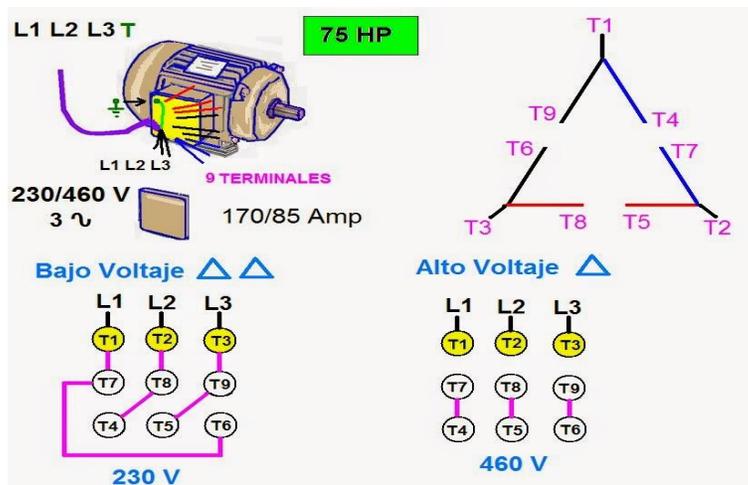
**Figura 27.** Reemplazo de rodamientos

Es necesario que la bornera de conexiones se encuentre en buen estado, para evitar falso contacto en el motor o daños en las bobinas con el fin de alargar la vida útil del equipo, en la **Figura 28** se muestra el reemplazo del mismo.



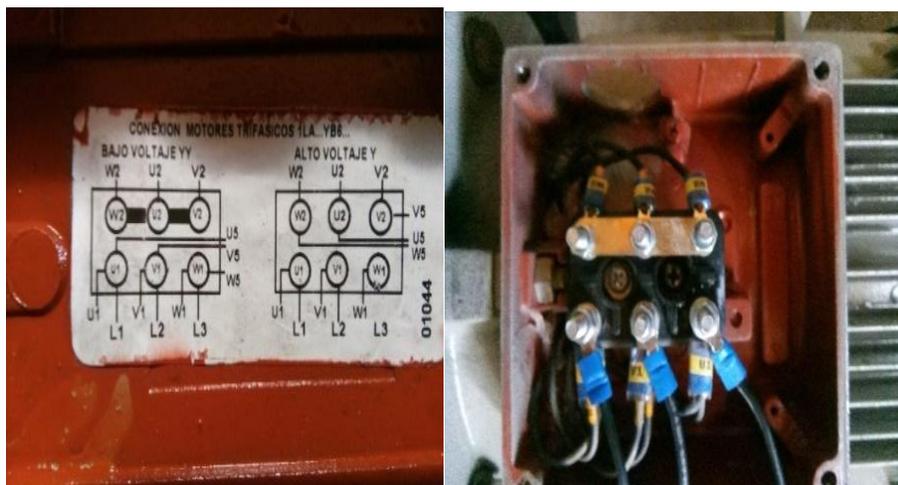
**Figura 28.** Reemplazo de bornera de conexiones

En la **Figura 29**, se puede observar que debido a la configuración del motor y el tipo de fuente eléctrica que existe en el taller de sandblasting (220 V), la conexión recomendable del motor es de YY (DOBLE ESTRELLA), como se muestra en el diagrama de la **Figura 30**, que a su vez la In es de 16 A como indica en la placa de conexiones.



**Figura 29.** Diagrama de conexión del motor

Fuente: (Paco, 2014)



**Figura 30.** Conexión doble estrella del motor

### 3.2.2 Conexión eléctrica

Cabe recalcar que al momento de la inspección no existía conexión eléctrica razón por la cual se realizó lo que se detalla a continuación en la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

*Trabajo realizado*

Componente	Tarea realizada
caja térmica principal	Se revisó la caja térmica general del taller para constatar si existía o no conexión trifásica de 220 V o 440 V, debido a que el motor por configuración de fábrica permite realizar su conexión con opción a estos tipos de voltaje.
caja térmica del taller	Dentro de esta caja existe un breaker de 40 A para alimentar al panel de control del motor, además existía cable de cobre flexible calibre 8 Awg hasta un cajetín cuadrado cercana al motor.
	Desde del cajetín cuadrado hasta el

selección del diámetro del conductor principal	motor se colocó cable flexible coaxial calibre 8 Awg debido a que el breaker de la caja térmica es de 40 A.
--	---

### 3.2.3 Tablero de control

Es necesario la instalación de tablero de control en donde albergaran elementos de protección eléctrica para el conductor y para el motor, por lo que se realizó el siguiente trabajo para poner en marcha al equipo, se detalla en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**

*Tareas realizadas para la instalación del tablero de control*

Componentes	Tarea realizada
GABINETE	Se instaló un gabinete 30x30 para alojar los elementos de protección y alimentación de los circuitos.
BREAKER PARA CIRCUITO DE FUERZA	Se colocó breaker de tres polos para la protección y alimentación del circuito de fuerza de acuerdo a la tabla de selección de breaker dependiendo el amperaje a aplicar.
BREAKER PARA CIRCUITO	Se colocó el breaker de dos polos

DE CONTROL	para protección y alimentación del circuito de control debidamente dimensionado.
CONTACTOR	Se colocó un contactor para el arranque, enclavamiento y protección del motor debidamente dimensionado.
GUARDAMOTOR	Se instaló un guardamotor para protección específicamente del motor, ya que en la instalación anterior no existía ninguna protección razón por la cual se quemó una de las fases del motor.
PULSADOR N/O	Se instaló un pulsador N/O para poner en marcha el equipo.
PULSADOR N/C	Se coloso un pulsador N/C para apagar el equipo luego de su utilización.
PARO DE EMERGENCIA	Se instaló un paro de emergencia para apagar el sistema de inmediato en caso de existir anomalías como cortocircuitos, sonidos extraños en el motor o dentro del tablero de control.

LUZ PILOTO	Esta luz indicara cuando el sistema este encendido.
------------	---

El gabinete o tablero de control que se muestra en la **Figura 31**, es esencial para alojar elementos de alimentación y protección de los circuitos y del motor mismo que permitirán el funcionamiento óptimo del equipo.



**Figura 31.** Tablero de control

Se puede observar el pulsador verde N/O mismo que permitirá encender el sistema, conjuntamente con luz piloto de color verde.

Para apagara o detener el equipo se instaló un pulsado N/C de color rojo y un paro de emergencia ya que los dos cumplen la misma función.

### **3.2.4 Selección de breaker del tablero de control**

Para proteger al conductor, circuito y al motor es necesario colocar un breaker ya que su función principal es la de abrir el circuito en caso de ser sobre corrientes o

cortocircuitos. Para seleccionar un breaker se debe calcular la corriente de protección como se muestra en la ecuación 1.

$$\text{Ecuación (1)} \quad I_p = 1,25 \times I_n$$

$$I_p = 1,25 \times 16$$

$$I_p = 20$$

El breaker seleccionado para este sistema es de 20 A para el circuito de fuerza y para el circuito de control, como se muestra en la **Figura 32**, indicando al lado izquierdo el único dispositivo instalado al momento de la inspección y que se encontraba en mal estado fue el interruptor tipo cuchilla de tres polos.



**Figura 32.** Breaker del circuito de control y fuerza

### 3.2.5 Selección de guardamotor

Para selección del guardamotor es necesario verificar el amperaje del motor en la placa de datos y de acuerdo a la conexión a realizarse mismo consta en la placa de conexiones como se muestra en la **Figura 33**.



**Figura 33.** Placa de datos y conexiones del motor

Aplicando la siguiente ecuación:

Datos:

$$P_m = 5 \text{ HP (746)} \quad P_m = 3730 \text{ W}$$

$P_m$  = Potencia de motor

$$V = 220 \text{ a.c.}$$

$V$  = Voltaje

$$\eta = 71.1$$

$\eta$  = Eficiencia

$$F_s = 1.15$$

$F_s$  = Factor de servicio

$$F_p = 0.86$$

$F_p$  = Factor de potencia

$$I_n = ?$$

$I_n$  = Corriente nominal

Ecuación (2)

$$PE = \frac{P_m}{\eta}$$

$$PE = \frac{3737}{0.711}$$

$$PE = 5246.13 \text{ W}$$

Ecuación (3)

$$I_n = \frac{PE}{(\sqrt{3} * V * F_p)}$$

$$I_n = \frac{5246.13 \text{ W}}{(\sqrt{3} * 220 * 0.86)}$$

$$I_n = 16 \text{ A}$$

Ecuación (4)

$$I_n = 16 \text{ A} * F_s$$

$$I_n = 16 \text{ A} * 1.15$$

$$I_n = 18,4 \text{ A}$$

Por lo tanto el guardamotor que se utilizara será de 18 A

En la **Figura 34**, se muestra el guardamotor instalado en el tablero de control.



**Figura 34.** Guardamotor

### 3.2.6 Selección de contactor

En la **Figura 35**, se muestra el contactor instalado en el tablero de control para el arranque directo del motor, mismo que permitirá permanecer encendido al sistema, de acuerdo al dimensionamiento dado por la ecuación:

Ecuación (5)  $I_p = I_n \times 1.25$

$$I_p = 16 \text{ A} \times 1.25$$

$$I_p = 20 \text{ A}$$



**Figura 35.** Contactor

### 3.2.7 Selección de conductor eléctrico

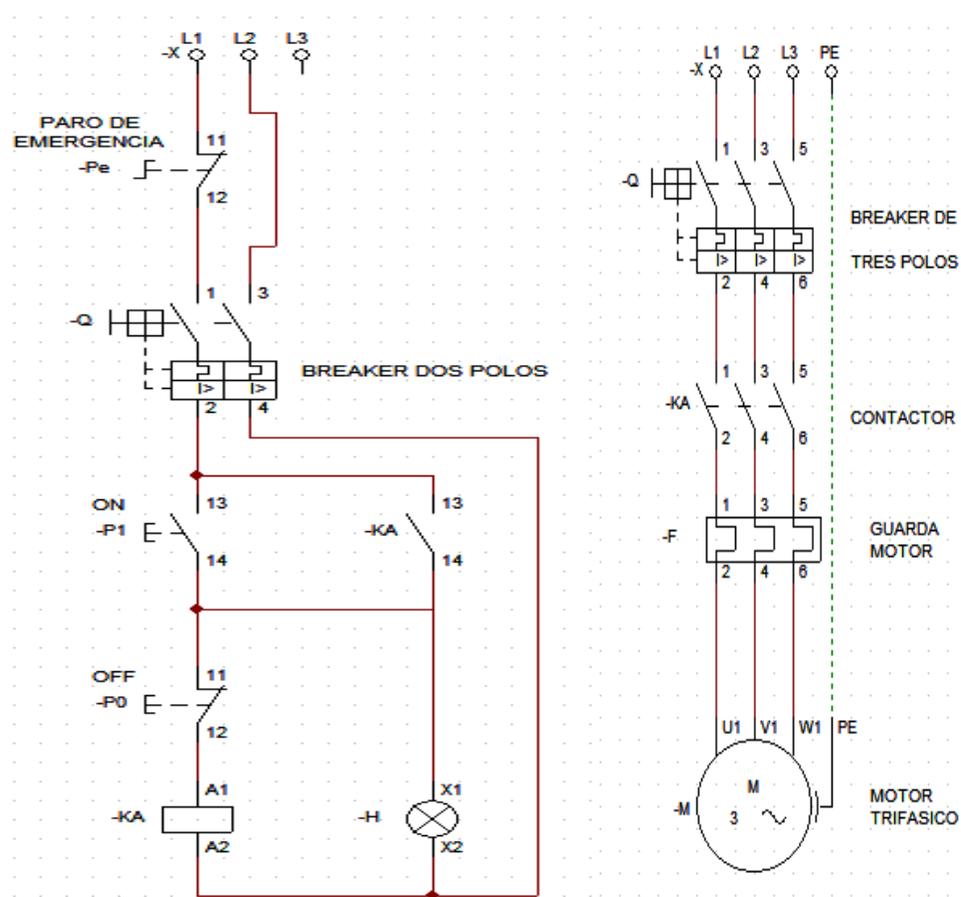
De acuerdo a la temperatura y al amperaje a la cuál va a trabajar el conductor se realiza la selección, para alimentar al motor desde el tablero de control existe 2 metros de distancia por lo que de acuerdo a la tabla y al amperaje del motor se selecciona el cable 12 AWG ya que los equipos de protección tiene esa capacidad, como se muestra en la **Figura 36**.

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A	12 AWG	25 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

**Figura 36.** Tabla de selección de conductores  
Fuente: (Masvoltaje, 2016)

### 3.2.8 Diagrama de conexión del equipo

Gracias al software Cade Simu se puede simular la conexión a cada uno de los elementos de protección como podemos ver en la **Figura 37**.

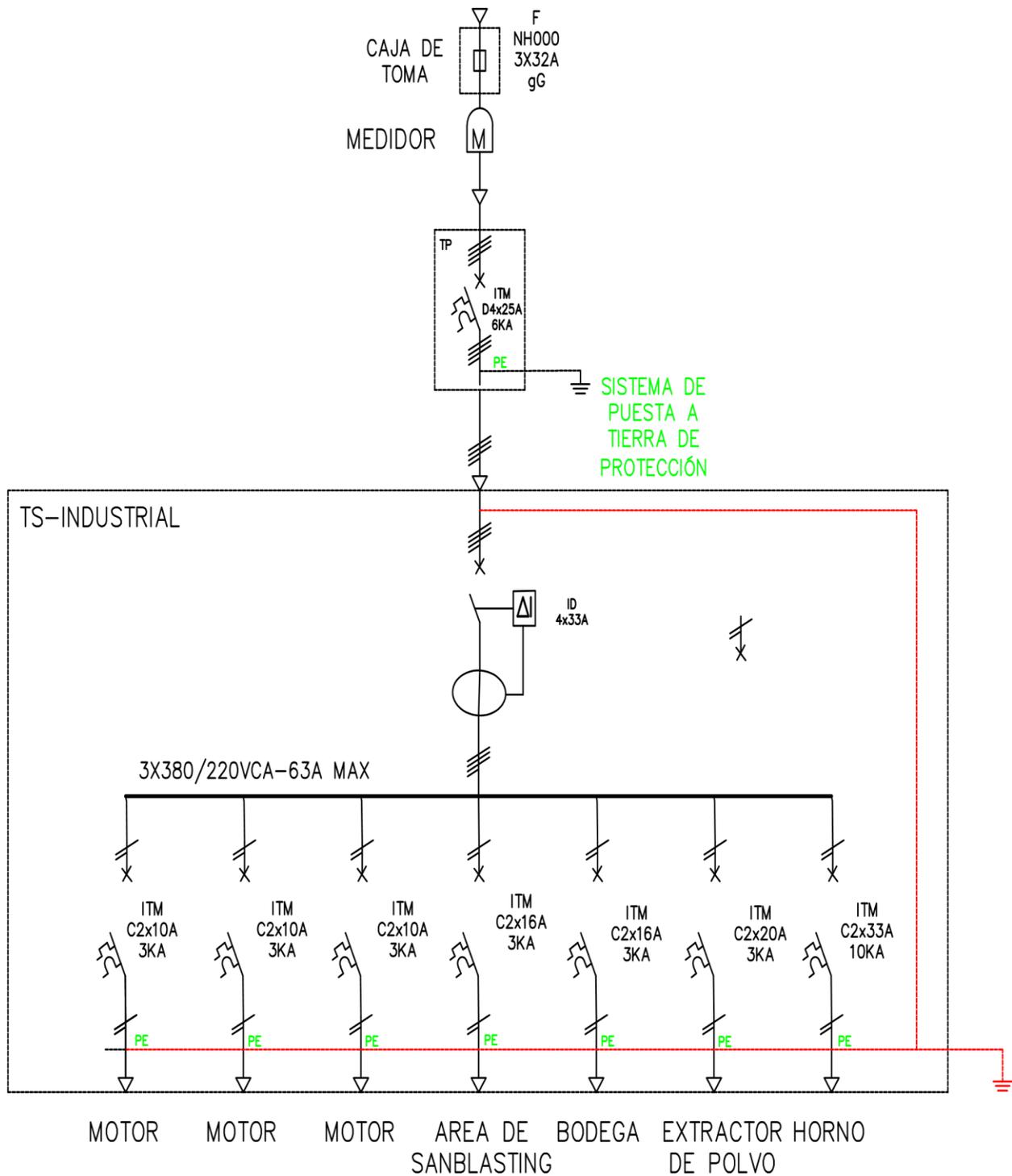


**Figura 37.** Circuito de control y fuerza

### 3.2.9 Diagrama unifilar del taller de sandblasting

El taller de sandblasting cuenta con varios equipos que realizan distintos trabajos por lo que es necesario conocer las conexiones y las protecciones que existen como se muestra en la **Figura 38**.

# DISTRIBUCIÓN



**Figura 38.** Diagrama unifilar del taller de sandblasting

### 3.2.10 Cuerpo del extractor

Para tener una estructura reforzada y duradera es necesario realizar un mantenimiento de las secciones que lo componen como se detalla en la **Tabla 9**.

**Tabla 9**

*Tarea realizada en el cuerpo del extractor*

Componente	Tarea realizada
ductos	Se aumentó el ducto de salida y se procedió a corregir los puntos de suelda, además de realizar una limpieza de los ductos para descartar presencia de objetos dentro del mismo.
estructura	Se verifico los cordones de suelda y se procedió a aplicar pintura anticorrosiva.
pernos	Se realizó el ajuste necesario en pernos que se encontraban flojos.
sellante	Ya que los sellante se encontraban en buenas condiciones, con contextura impenetrable no fue necesario realizar el cambio.

Es necesario verificar el estado de la estructura y aplicar pintura anticorrosiva para aumentar su protección, durabilidad y seguridad como se muestra en la **Figura 39**.



**Figura 39.** Estructura pintada

Para concluir se montó el motor a la estructura, se verificó que todas las secciones se encuentren acopladas correctamente y se realizó la alimentación eléctrica al tablero de control y al motor para finalmente poner en marcha al equipo como se puede observar en la **Figura 40**.



**Figura 40.** Equipo repotenciado

### 3.3 Análisis de causa raíz

El análisis de causa raíz, es el método para encontrar la causa raíz de la problemática, para aplicar posibles soluciones que ayuden a corregir las fallas. El RCA atribuye que son más práctico la prevención y solución sistemáticamente los inconvenientes latentes en vez de solucionarlos cuando el daño ya es grave y cause que el equipo quede fuera de servicio.

Por medio del análisis de causa raíz podremos determinar el motivo que provocaron el deterioro y falla de los equipos del extractor de polvo. A continuación se presenta el diagrama causa raíz de cada una de las partes del extractor de polvo que son motivo de estudio. Para elaborar este análisis se procedió a la recolección de datos acerca de las fallas suscitadas en el equipo, en la **Figura 41** se detallan las principales causa:



**Figura 41.** Análisis de causa raíz aplicada al extractor de polvo

A continuación en la **Tabla 10** y **Tabla 11**, se exponen las diversas fallas en el extractor de polvo, partiendo de las causa principales se detallaran las fallas que se han provocado en los mismos.

**Tabla 10**

*Resumen de las fallas causa raíz (1/2)*

<b>EXTRACTOR DE POLVO</b>	<b>FALLAS</b>
	Daño estructural Corrosión en la parte externa de la estructura.
	Uniones en los ductos Cordones de soldadura fisurado.
<b>Malas condiciones de empleo del equipo</b>	Fallos estéticos Afectan directamente al revestimiento (pintura)
	Motor eléctrico Calentamiento de las fases del motor.
	Motor eléctrico Cortocircuito en las fases del motor.
	Agresiones mecánicas Desgaste prematuro en las partes mecánicas (rodamientos, ejes)
	Agresiones mecánicas Vibraciones ocasionados por el motor

**CONTINÚA** 

<b>Inadecuado servicio y montaje del equipo</b>	Fallas en el montaje	El equipo se lo debe emplear en superficies que soporten el peso y sea capaz de aislar las vibraciones por el funcionamiento.
---	----------------------	---

**Tabla 11**

*Resumen de las fallas causa raíz (2/2)*

Extractor de polvo		fallas
<b>Operadores no capacitados</b>	Daños en la estructura	Falta de capacitación al personal de operadores.
		Falta de control y seguimiento del buen uso de los equipos.
		Falta de concientización por parte de los operadores.
<b>Falta de mantenimiento en los equipos</b>	Bornera del motor	Pernos y tuercas Aislados Caja de bornera Llenos de polvo
	Conductores	Deterioro del revestimiento de los cables de conexión
<b>selección de Equipo inadecuado</b>	Inadecuado	Mala selección de interruptor
		Elementos de protección eléctrica inexistentes

### **3.4 Plan de mantenimiento del extractor de polvo para el correcto funcionamiento y operación del equipo**

#### **3.4.1 Objetivo:**

El plan de mantenimiento permite que el extractor de polvo se mantenga en óptimas condiciones y de ser el caso dar una asistencia oportuna al equipo.

#### **3.4.2 Mantenimiento preventivo**

Gracias a la evaluación técnica y al análisis de falla realizado de los elementos del extractor expuestos en el capítulo anterior, se ve la necesidad de implementar un plan de mantenimiento con el fin de anticipar daños, averías y desgastes en los componentes del equipo.

#### **3.4.3 Importancia de mantener el colector en óptimas condiciones**

- a) Porque el área de trabajo puede contener partículas tóxicas, por esta razón se debe proporcionar a los trabajadores un ambiente de trabajo limpio y saludable.
- b) Aumentar la conciencia local y global de contaminación atmosférica, la contención y el polvo de procesos industriales ha hecho hincapié de la importancia de los colectores de polvo.
- c) La normativa en expansión han presionado a las empresas a diseñar, instalar, operar y mantener el equipo de recolección de polvo.

#### **3.4.4 Información de seguridad**

Antes de poner en marcha el colector de polvo, lea cuidadosamente las recomendaciones de seguridad, junto con las instrucciones de operación, la omisión de

algunas de las advertencias e instrucciones que se enlistan a continuación pueden dar como resultado un choque eléctrico, fuego o daños serios. (Mattarollo, altec, 2015)

### **3.4.5 Precauciones de seguridad**

- Mantenga el área de trabajo limpio y bien iluminada, las áreas desordenadas y oscuras provocan accidentes. (Mattarollo, altec, 2015)
- No maneje herramientas eléctricas en atmosferas explosivas, tales como presencia de líquidos inflamables, gases o polvo. Las herramientas eléctricas crean chispas que pueden encender en polvo o los humos.
- Mantenga alejado a los niños y curiosos mientras maneja una herramienta eléctrica. Las distracciones pueden causarle la pérdida del control.
- Realice una inspección visual del equipo del equipo antes de ponerlo en marcha.
- Inspección visual del tablero de control, no ponga en marcha el equipo si los componentes no se encuentran en buenas condiciones.
- Identificar el botón de paro de emergencia
- Verifique que el equipo se encuentre conectado a tierra.
- Apagar y bloquear todas las fuentes energía eléctrica antes de realizar trabajos de servicio o mantenimiento.
- Antes de operar el equipo, asegúrese de contar con todo el equipo de protección individual. (casco, guantes, botas, overol, protección de oídos, gafas, mascarilla)
- No toque el motor mientras el equipo se encuentre en funcionamiento, debido a que el motor se encuentra en alta temperatura.

### 3.4.6 Equipo de protección individual (E.P.I)

En la **Figura 42**, se puede observar los equipos de protección personal que debe usar el operador para evitar accidentes y daños físicos:

	Use gafas de protección		Use calzado con protección dieléctrica
	Use mascarillas		Use ropa adherente al cuerpo
	Use guantes		Use protección de oídos

**Figura 42.** Equipo de protección individual

### 3.4.7 Instalación y manejo del extractor de polvo

Es importante la correcta ubicación del extractor de polvo para precautelar la seguridad y el buen funcionamiento del mismo, por lo cual debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La selección del sitio debe tener en cuenta el viento, la zona sísmica y otras condiciones de carga al seleccionar la ubicación de los colectores.
- El equipo debe ser seleccionado de acuerdo a las necesidades del lugar de trabajo y al trabajo que va a realizarse.

- Los anclajes del extractor deben ser suficientes para soportar cargas muertas, vivas, sísmicas y otras cargas anticipadas.
- Este colector puede ubicarse sobre una base o estructura metálica, siempre y cuando sea firme y plano.
- Proporcione espacio libre de fuentes de calor y evite cualquier interferencia con otros equipos al seleccionar la ubicación.
- Conexión a tierra para evitar cualquier accidente

### **3.4.8 Operación de mantenimiento**

El extractor de polvo se compone de elementos específicos que permiten su funcionamiento tales como:

- Tablero de control
- Motor
- Cuerpo del colector

### **3.4.9 Tablero de control**

Es el conjunto de elementos que controla en su totalidad el funcionamiento del extractor de polvo, motivo por el cual debe estar en óptimas condiciones, de modo que si existiera fallas en el tablero revise de acuerdo a lo siguiente:

- Inspección visual del estado del tablero de control.
- Revise los componentes, en caso de existir daños en los mismos, asegúrese de repararlos o reemplazarlos de ser el caso.
- Encienda el tablero

- Revise que la luz piloto indique el correcto funcionamiento del sistema.
- Verifique que el contactor este en buen estado.
- Verifique que el guardamotor se encuentre en posición START.
- Verifique que los cables se encuentren en buenas condiciones.
- Inspeccione que las conexiones de los cables se encuentren bien sujetas.
- Importante verificar que el pulsado de encendido, apagado, paro de emergencia se encuentren funcionando correctamente, en caso de no estarlo reemplácelos de inmediato.

#### **3.4.10 Mantenimiento del motor**

- Realice una inspección visual del motor.
- Verificar el estado del rotor y el estator.
- Limpieza de bornera y reapriete de las tuercas y pernos de conexión.
- Realice pruebas de arranque y parada.
- Realice la comprobación de los rodamientos.
- Verifique los niveles de tensión, corriente, frecuencia y potencia del motor.
- Verifique los pernos de sujeción del motor al equipo.

#### **3.4.11 Mantenimiento del cuerpo del extractor**

- Limpieza de los ductos.
- Con un nivel verifique que el colector este perfectamente nivelado
- Revisión de las partes móviles (ductos, pernos de sujeción del motor a la estructura).
- Aplicar pintura anticorrosiva.

- Reajuste de pernos del cuerpo del extractor.

#### **3.4.12 Procedimiento antes de poner en marcha el extractor de polvo**

- Instruya a todo el personal sobre el uso seguro y los procedimientos de mantenimiento.
- Compruebe la estanqueidad y el contacto de todas las conexiones eléctricas.

#### **3.4.13 Revisión de los siguientes componentes:**

- Verifique que se encuentre bien fijo el motor eléctrico en función de las masas, tipo de montaje y ejecución.
- Revise que el motor se encuentre en una base rígida sin vibraciones y resistentes a la deformación.
- Verifique el estado de la bornera del motor (para evitar falso contacto).
- Verifique que los elementos protecciones dentro del tablero de control se encuentre en buenas condiciones.
- Asegúrese de que no exista cables de conexión sueltas o cortadas.
- Verifique que la fuente de energía sea de 220 V en caso de realizar una conexión YY (doble estrella) y 440 V para conexión Y (estrella) en el motor.
- Buscar puntos de corrosión o fisuras en la estructura.
- Asegúrese de que no exista objetos sólidos en el ducto de entrada al extractor, podría causar daños en la turbina y en el motor.
- Verifique que esté funcionando el pulsador de paro de emergencia a cualquier eventualidad.

#### **3.4.14 Encendido del equipo**

- Verifique el voltaje de las fases se encuentren en los rangos nominales 220 V.
- Verifique que el breaker del circuito de control y de fuerza se encuentre en buenas condiciones.
- Alimente el tablero de control.
- Presione el pulsador de arranque (ON), verifique el voltaje, la corriente y la velocidad del motor se encuentren correctos.
- Espere un momento y verifique que no exista fuertes vibraciones en el motor si lo hay apague el equipo.

#### **3.4.15 Apagado del equipo**

- Presione el pulsador OFF que desconecta el equipo.
- Puede apagar el equipo con el pulsador de paro de emergencia.
- Espere un momento y desconecte los breaker que alimentan al circuito de control y fuerza.
- Verifique que todo este apagado correctamente.

Con estas recomendaciones garantizamos la correcta operación y funcionamiento del colector de polvo, además del periodo adecuado de la vida útil de cada una de las partes. Además de prevenir fallas que puedan dejar fuera de servicio al equipo, este plan de mantenimiento permite ahorro de dinero en elementos que puedan ser reparados a tiempo y como punto principal se puede evitar accidentes cumpliendo las precauciones impresas en este manual.

### 3.4.16 Programa de mantenimiento para el extractor de polvo

En la

**Tabla 12**, se detalla los sistemas y los periodos de tiempo respectivo de los mantenimientos, a fin de evitar que los fallos o averías dados en el equipo se vuelvan a repetir por empleo inadecuado o por no ejecutar el plan de mantenimiento a tiempo.

**Tabla 12**

*Plan de mantenimiento*

		Periodo	
		Mes	Año
SISTEMAS	Revisión, inspección y verificación de trabajos a realizar		S
		S	M e
		D e e m A	
		i m n e n	
		a a s s u	
		r n u t a	
		i a a r l	
			l
	Revisar las condiciones del tablero de control		X
	Revisar el contactor sin conexión	X	

**CONTINÚA** 

<b>PANEL DE CONTROL</b>	Revisar el guardamotor sin conexión	<b>X</b>	
	Inspeccionar los cables de conexión	<b>X</b>	
	Verificar las conexiones de cable estén bien sujetas	<b>X</b>	
	Verifique que los pulsadores de encendido, apagado y emergencia estén funcionando	<b>X</b>	
<b>MOTOR</b>	Inspeccionar el motor	<b>X</b>	
	Comprobar cables terminales del motor	<b>X</b>	
	Revisión del estator y rotor		<b>X</b>
	Limpieza de bornera y reapriete de las tuercas y pernos de conexión		<b>X</b>
	Pruebas de arranque y parada		<b>X</b>
	Verificación de niveles de tensión, corriente y velocidad		<b>X</b>
	Revisar vibraciones anormales		<b>X</b>
	Limpiar el motor si existe grasas	<b>X</b>	
	Revisar el apriete de los pernos de sujeción		<b>X</b>
	Comprobar los rodamientos		<b>X</b>
	Buscar puntos de corrosión		<b>X</b>
	Revisar soldaduras que no existas agrietamientos en los cordones de suelda		<b>X</b>
	Revisión de fugas o entrada de aire en los	<b>CONTINÚA</b> 	

<b>CUERPO DEL EXTRACTOR</b>	ductos	
	Obstrucción por objetos sólidos en os ductos	<b>X</b>
	Revisión de las partes móviles	<b>X</b>
	Revisión de fugas o entrada de aire en los ductos	<b>X</b>
	Revisión de pintura de la estructura	<b>X</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Al realizar la evaluación técnica del equipo, se pudo observar que las fallas en el mismo se dio por mala instalación de equipo y por falta de elementos de protección tanto para los conductores eléctricos como para el motor eléctrico.
- El equipo se encuentra funcionando correctamente gracias a la corrección de fallas y a la implementación de elementos de protección.
- Se implementó un plan de mantenimiento preventivo-correctivo para el correcto manejo y la conservación de los elementos que lo componen.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Para mantener en óptimas condiciones el equipo es necesario dar los mantenimientos preventivos para corregir el elemento y evitar llegar al mantenimiento correctivo.
- Para un óptimo funcionamiento del equipo es necesario dimensionar adecuadamente los equipos de protección.
- Se cumpla el cronograma de mantenimiento establecido para el equipo a fin de evitar daños o fallas en el sistema que son parte del equipo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Buchelli Carpio, L., & Reinoso Sánchez, M. (Julio-Diciembre de 2014). *Ingenius*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de Dialnet Disminución de contaminantes aéreos en una planta de balanceados mediante la propuesta de un sistema de extracción de polvo:  
<https://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/search/search>
- Duda h., W. (1977). *Manual tecnológico del cemento*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A. Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de  
[https://books.google.com.ec/books?id=pt20-8Ey56YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=pt20-8Ey56YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Enriquez Harper, G. (2005). *Curso de transformadores y motores de inducción (4a. ed.)*. Mexico DF, Mexico: Limusa. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de  
<https://books.google.com.ec/books?id=IBS13ls30R8C&pg=SL4-PA377&dq=motores+electricos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiX2MmRsKfmAhVorlkKHZrTDrMQ6AEIUjAG#v=onepage&q&f=true>
- Fundacion Wikipedia, Inc.,. (23 de Octubre de 2019). *WIKIPEDIA La enciclopedia libre*. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de separador ciclónico:  
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Separador\\_cicl%C3%B3nico&oldid=120688969](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Separador_cicl%C3%B3nico&oldid=120688969)
- H2O TEK, S.A. de C.V. (29 de Mayo de 2018). <https://www.h2otek.com/>. Recuperado el 29 de Octubre de 2019, de <https://ventiladoresyextractores.com.mx/tipos-de-captacion-de-polvo-para-la-extraccion-optima-de-contaminantes-en-un-entorno-industrial/>
- Masvoltaje. (27 de Abril de 2016). *Masvoltaje*. Recuperado el 06 de Enero de 2020, de <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>
- Mattarollo, Y. (01 de Septiembre de 2015). *altec*. Obtenido de <https://www.altecdust.com/blog/item/45-mantenimiento-a-colectores-de-polvo>
- Mattarollo, Y. (01 de Septiembre de 2015). *altec*. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de Alta Tecnologia de Vanguardia S.A de C.V:  
<https://www.altecdust.com/blog/item/45-mantenimiento-a-colectores-de-polvo>

- Orrala, A. (Mayo de 2010). *Diseño de un sistema de extracción de material particulado de una planta de arena (Trituración y clasificación de polvo) (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 08 de Octubre de 2019, de Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4856/6/UPS-CT001898.pdf>
- Paco. (18 de Septiembre de 2014). *coparoman*. Recuperado el 06 de Enero de 2020, de <https://coparoman.blogspot.com/2014/09/motores-electricos-trifasicos-de-9.html>

**ANEXOS**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

## CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor **SANGOVALIN TOAPANTA, WALTER FRANCISCO**.

En la ciudad de Latacunga, a 15 de enero del 2020

**Aprobado por:**

ING. CHIPUGSI CALERO, FREDDY JULIÁN.  
DIRECTOR DE PROYECTO

ING. CULQUILTIPAN, JAVIER FERNANDO, MGS.  
DIRECTOR DE CARRERA

ABG. PLAZA CARRILLO, SARITA JOHANA.  
SECRETARIA ACADÉMICA