



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE  
ACCIONAMIENTOS PARA UN MOTOR ELÉCTRICO  
DEL VENTILADOR NÚMERO 1 UBICADO EN EL  
CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PLANTA  
COMPRESORA DE GAS MORÓN**

Autor:

Ramón Rojas

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ACCIONAMIENTOS PARA UN  
MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR NÚMERO 1 UBICADO EN EL  
CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PLANTA COMPRESORA DE GAS MORÓN**

Proyecto del Informe de Pasantías para optar al título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autor:

Ramón Rojas

Tutor:

Ing. Gerson Sánchez

San Diego, febrero de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

### ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Propuesta de diseño para el sistema de accionamientos para un motor eléctrico del ventilador número 1 ubicada en el cuarto de máquinas de la planta Comprosoa de gas Morón

Realizado por el (la) Br. Ramón Rojas

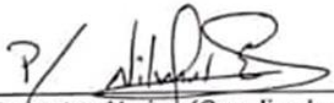
C.I. N° 28480409 cursante de la carrera de Ing. Electrónica

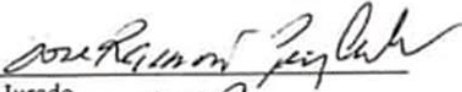
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:


APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Wilmir S212  
C.I.: 7132496

  
Jurado  
Nombre: José Luis  
C.I.: 8.829.928.

  
Jurado  
Nombre: Wiston Espinoza  
C.I.: 9885895

Fecha: 25 / 07 / 2023




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN  
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Gerson Sánchez, portador de la cédula de identidad N° 7.143.386, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Ramón Antonio Rojas Matheus, portador de la cédula de identidad N° 28.480.409, titulado **PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ACCIONAMIENTOS PARA UN MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR NÚMERO 1 UBICADO EN EL CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PLANTA COMPRESORA DE GAS MORÓN**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 13 días del mes de Junio del año dos mil veintitrés.

Ing. Gerson Sánchez

C.I: 7.143.386



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI E 004 2022-3CR IP

Valencia, 14 de abril de 2023

Ciudadano:  
ROJAS MATHEUS, RAMON ANTONIO  
28.480.409  
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2023 de fecha 10/02/2023 aprobó el proyecto de grado tipo Informe de Pasantía titulado:

**Propuesta de diseño para el sistema de accionamientos para un motor eléctrico del ventilador número 1 ubicado en el cuarto de máquinas de la planta compresora de gas Morón.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Electrónica.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. Gerson Jair Sánchez Ayala, titular de la cédula de identidad V- 7.143.386

Atentamente

**Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia**  
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

## AGRADECIMIENTOS

Es difícil expresar con palabras lo que siento al llegar a este momento. Han sido años de esfuerzo, dedicación y muchas horas de trabajo, pero hoy puedo decir con orgullo que lo he logrado. Sin embargo, esto no hubiese sido posible sin el apoyo de muchas personas que han estado a mi lado en todo momento.

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres Ramón Rojas e Iris Matheus, quienes han sido mi mayor apoyo y quienes siempre me han animado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por su amor, su paciencia y su comprensión en todo momento.

A mi novia, María Andreina Alenza, por su apoyo incondicional, sus ánimos que me ayudaron a seguir adelante en los momentos difíciles y su paciencia que me impulsaron a seguir hasta el final.

A mi amigo, Jesús Chiquito, que me apoyo en todos mis años de estudio.

Al ingeniero Wilmer Sanz quien ha sido un gran apoyo y guía en mi carrera universitaria y siempre me ayudó con todos los inconvenientes que tuve a lo largo de la carrera.

A mis amigos, gracias por estar ahí para mí, por escucharme, por motivarme y por acompañarme en esta aventura. Sus palabras de aliento, sus risas y su amistad han sido un gran regalo en mi vida.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que han participado en esta investigación, quienes han dedicado su tiempo y su energía para ayudarme en este proyecto. Gracias por su colaboración, por sus ideas y por su compromiso con la ciencia.

Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes. Gracias por ser mi motivación y mi fuente de alegría en todo momento. Este trabajo es un reflejo de su apoyo y de su confianza en mí. Les agradezco desde el fondo de mi corazón.

## DEDICATORIA

Dedicado a mis amados padres Ramón Rojas e Iris Matheus.

No hay palabras suficientes para expresar cuánto les agradezco por todo lo que han hecho por mí. Desde el primer día de mi vida, me han brindado su amor, su apoyo y su guía incondicional. Sin su amor y sacrificio, no estaría aquí hoy, celebrando este logro.

Este trabajo es una pequeña muestra de todo lo que he aprendido gracias a su ejemplo de perseverancia, disciplina y dedicación. Ustedes son mi inspiración y mi motivación para buscar siempre lo mejor en mí y en los demás.

Gracias por creer en mí, por alentarme en todo momento y por ser mi roca en los momentos difíciles. Este logro no es solo mío, sino de ustedes también, porque sin su amor y apoyo, nada de esto hubiera sido posible.

Los amo con todo mi corazón y espero que este trabajo sea una pequeña forma de retribuir todo lo que han hecho por mí. Que este logro sea un reflejo de su amor y de su dedicación, porque todo lo que soy se lo debo a ustedes.

A mi querida sobrina Elizabeth Antonella.

Para que lo tome este logro como una inspiración de poder alcanzar todo lo que se proponga sin importar las adversidades, que le de ánimos de seguir estudiando hasta realizar sus sueños y quede grabado que se puede lograr todo lo que uno sueña en esta vida.

Con todo mi amor

Ramón A. Rojas M.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN INFORMATIVO.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I LA EMPRESA</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción de la Empresa.....	2
1.1.1 Ubicación de la Empresa.....	2
1.1.2 Razón Social.....	2
1.1.3 Reseña histórica.....	2
1.1.4 Estructura Organizativa del Departamento de PDVSA....	3
1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa.....	4
1.2.1 Misión.....	4
1.2.2 Visión.....	4
1.2.3 Objetivos.....	5
1.2.4 Valores.....	5
1.3 Descripción del departamento donde se realizó la pasantía.....	5
<b>II EL PROBLEMA</b>	<b>6</b>
2.1 Planteamiento del Problema.....	6
2.2 Formulación del Problema.....	9
2.3 Objetivos de la Investigación.....	9
2.3.1 Objetivo General.....	9
2.3.2 Objetivos Específicos.....	9
2.4 Justificación.....	10
2.5 Alcance y Limitaciones.....	10
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	<b>12</b>
3.1 Antecedentes.....	12

3.2 Teoría central de la investigación.....	14
3.3 Bases Teóricas.....	14
3.3.1. Sistemas de control	14
3.3.2. Arrancadores Suaves	16
3.2.3. Tipos de Arranque de motores Trifásicos	17
3.3.4. Sistemas de Estado Sólido	19
3.4 Bases Legales.....	19
3.5 Definición de Términos.....	20
<b>IV MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>21</b>
4.1 Tipo de Investigación.....	21
4.2 Diseño de la Investigación.....	21
4.3 Nivel de la investigación.....	21
4.4. Población y muestra.....	22
4.5. Técnicas para la recolección de datos.....	22
4.5.1 Entrevista.....	23
4.5.2 Observación Directa.....	23
4.5.3 Documental.....	23
4.6 Validación del Instrumento .....	24
4.7 Técnicas y Herramientas de Análisis de Datos.....	24
4.8 Fases metodológicas.....	25
4.9 Confiabilidad de la investigación.....	26
4.10 Cuadro de Operacionalización de Variables.....	26
<b>V RESULTADOS</b>	<b>28</b>
5.1 Fase I Diagnóstico de las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas.....	28
5.1.1 Resultados obtenidos en la entrevista estructurada.....	28
5.1.2 Descripción del proceso de enfriamiento.....	28
5.1.3 Información y Características que conforman a la máquina	28
5.1.4 Proceso de enfriamiento del gas de los turbocompresores...	29
5.1.5 Conclusión del diagnóstico.....	30

5.2 Determinación de las características que deberá tener un sistema de control que se encargue del arranque de los motores trifásicos de inducción	31
5.2.1 Sistemas de arranques a tensión reducido.....	31
5.2.2 Arrancador suave.....	31
5.2.3 Sensor de corriente.....	34
5.3 Fase III Diseño de una propuesta para integrar el sistema de control a para los CCM que me proporcione un arranque prolongado que suministrará voltaje a la máquina en forma paulatina, protegiendo al motor y a su vez este optimiza tiempo y recursos al reducir los mantenimientos por desgaste.....	36
5.3.1 Dimensiones.....	36
5.3.2 Esquema circuital.....	37
5.3.3 Configuración.....	38
5.3.4 Control.....	39
5.3.5 Curvas de comparación .....	39
5.3.6 Seguridad.....	39
5.3.7 Diagrama de flujo.....	39
5.3.8 Simulaciones .....	41
5.4. Fase IV Evaluación de la factibilidad técnica, operativa y económica de una propuesta para el diseño de los sistemas de control de los CCM .....	44
5.4.1 Factibilidad Técnica.....	45
5.4.2 Factibilidad Operativa.....	45
5.4.3 Factibilidad Económica.....	46
CONCLUSIÓN.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS.....	50
APÉNDICE.....	52
ANEXOS.....	63

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Cuadro de Operacionalización de variables	28
2	Lista de cotejo del proceso de enfriamiento del gas de metano	29
3	Características Arrancadores Suaves	32
4	Características Sensores de Corriente	34
5	Factibilidades técnicas y operacionales	44
6	Análisis de operaciones, costos y pérdidas	45
7	Costo del proyecto	46

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Estructura organizativa de PDVSA	3
2	Diagrama de bloques típico de un sistema de control de lazo de control abierto	15
3	Diagrama de bloques típico de un sistema de control retroalimentado	16
4	Diagrama circuital de los arrancadores suaves	17
5	Diagrama circuital de los arranques de tensión reducida	18
6	Diagrama circuital de los arranques de estrella triángulo	18
7	Modelo real de un arrancador suave	19
8	Modelo elegido de arrancador suave	33
9	Modelo elegido de sensor de corriente	36
10	Dimensiones del Arrancador Suave	36
11	Esquema circuital del arrancador suave	37
12	Configuración del arrancador suave	38
13	Curvas comparativas del arrancador suave	39
14	Diagrama de flujo del arranque suave	30
15	Arrancador suave a un 44% de su voltaje nominal	41
16	Arrancador suave a un 76% de su voltaje nominal	42
17	Arrancador suave a un 100% de su voltaje nominal	43

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Diagrama de Pareto de los tipos de fallas y su porcentaje de ocurrencia	9



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA**

**PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ACCIONAMIENTOS PARA UN  
MOTOR ELÉCTRICO DEL VENTILADOR NÚMERO 1 UBICADO EN EL  
CUARTO DE MÁQUINAS DE LA PLANTA COMPRESORA DE GAS MORÓN**

Autor: Ramón Rojas  
Tutor: Ing. Gerson Sánchez  
Fecha: FEBRERO 2023

**RESUMEN INFORMATIVO**

En la actualidad, las empresas venezolanas, apuesten cada día más por la automatización y control industrial, ya que permite aumentar la calidad del producto. La empresa PDVSA Gas, Filial de PDVSA, Ubicada en Municipio Juan José Mora, Estado Carabobo, es pionera en la explotación y aprovechamiento del gas natural como fuente de energía. El presente trabajo tiene como objetivo proponer el diseño de un sistema de control para el mejoramiento del proceso de arranque de motores eléctricos que accionan a los ventiladores enfriadores de gas. La investigación contempló el diseño de una propuesta para el automatismo de una máquina con mucha antigüedad. En relación con la justificación, el CCM a intervenir, se desea generar un arranque en forma de rampa con la propuesta, además de evitar las paradas por mantenimiento correctivo, lo cual retrasa y genera pérdidas del proceso, en concordancia con la línea de investigación de ciencias cognitivas y aplicadas. En cuanto al ámbito metodológico, el presente trabajo es de tipo factible, con un diseño de campo y nivel descriptivo, además, a partir de la observación, revisión documental y entrevista como técnicas de recolección de datos se espera generar como resultado de la propuesta toda la información necesaria para la implementación en concordancia con el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación.

**Descriptor:** Automatización y control Industrial, arranque en forma de rampa, mantenimiento correctivo

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control son básicamente sistemas caracterizados por la presencia de varios elementos que pueden afectar el funcionamiento del sistema. Normalmente, dichos sistemas se utilizan para mejorar los procesos en plantas industriales con la finalidad de controlar su producción mediante la manipulación de la entrada (por ejemplo, agua, gas, entre otros) para lograr un valor determinado. Dicho esto, podemos aclarar que los sistemas de control se utilizan no solo con fines industriales, ya que se encuentran en la vida cotidiana y a su vez, en las plantas industriales y cuerpo humano. Entre los objetivos y beneficios que brindan los sistemas de control tenemos; Exponer y tomar decisiones racionales, observando que acción correctiva es necesaria sobre la base de la información del estado actual del proceso y el objetivo deseado, así como también se puede monitorear las variables de proceso.

Cabe destacar que, considerando estos factores, las empresas venezolanas utilizan cada vez más este tipo de sistema de control para optimizar el conjunto de procedimientos de trabajo y las herramientas necesarias para monitorear y controlar un conjunto de máquinas y otros equipos industriales que trabajan de forma coordinada para obtener un resultado favorecedor. Planteándose de esta manera en presentar un sistema capaz de accionar motores eléctricos con rampas de aceleración que permitan reducir la corriente y par de arranque del motor, siendo un sistema de automatización y control a elegir con un arrancador suave que se encargará que dicho motor tenga un arranque progresivo en forma de rampa, estable y con mayor seguridad.

Ahora bien, el proyecto se desarrolla en cinco capítulos, los cuales constan de:

*Capítulo I*, Se basa en la empresa, relatando un poco sobre su reseña histórica, misión y visión, a su vez, detallando los objetivos, valores y la descripción del departamento donde se realizó dicha pasantía.

El *Capítulo II*, señala y denomina el problema, analizando la formulación del mismo, seguidamente se expresan los objetivos tanto generales como específicos, seguidamente de la justificación, alcances y limitaciones.

*Capítulo III*, Denominado “Marco Teórico” donde se expresan las bases teóricas que sustentan la investigación.

Seguidamente del *Capítulo IV*, siendo este el Marco Metodológico de la investigación, se basa en la formulación de hipótesis, las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medios de investigaciones relacionadas con el problema.

Por último, se tienen los recursos en el *Capítulo V*, presenta las conclusiones y recomendaciones asociadas al trabajo de grado, así como el modelo de arrancador elegido.

# **CAPÍTULO I**

## **LA EMPRESA**

### **1.1 Descripción de la empresa**

#### **1.1.1 Ubicación**

PLANTA COMPRESORA MORÓN (PDVSA-GAS) está localizado(a) en el Municipio Juan José Mora, Estado Carabobo

#### **1.1.2 Razón social de la empresa**

Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima Gas es una filial de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima

#### **1.1.3 Reseña histórica**

PDVSA Gas es la filial de Petróleos de Venezuela, S. A., (PDVSA) dedicada a la explotación y aprovechamiento del gas natural como fuente de energía, para atender la demanda interna de los sectores doméstico, comercial e industrial, contribuyendo así al desarrollo de la Nación.

Venezuela cuenta con 197,1 billones de pies cúbicos de gas natural en reservas probadas, cifra que la ubica en el octavo lugar a escala mundial.

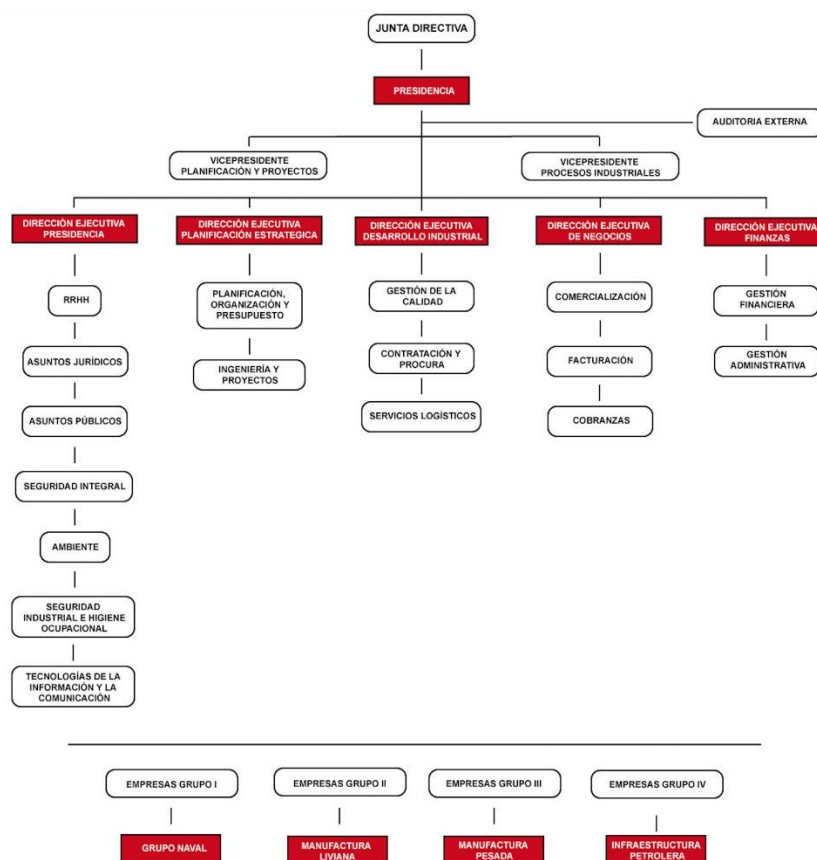
Por resolución de la Junta Directiva de Petróleos de Venezuela, se acordó en 1998 la integración a PDVSA Gas del Distrito de Producción Anaco los siguientes procesos: extracción y fraccionamiento de líquidos de gas natural en Oriente; producción de gas libre al sur del Lago de Maracaibo; extracción y fraccionamiento de LGN en Occidente; y las operaciones de transporte y distribución de gas en todo el país.

En 1999, se promulga la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos, la cual define el marco legal requerido para sustentar el negocio de gas en toda la cadena de valor. Asimismo, se obtuvo la aprobación por parte del Ministerio de Energía y Minas de los campos del área de Anaco, para ser desarrollados por PDVSA Gas, convirtiendo a Anaco en el distrito gasífero de Venezuela.

A partir del año 2001, PDVSA Gas amplía sus operaciones, incrementado su capacidad para producir, procesar, transportar y distribuir el gas, con el objetivo de apalancar el desarrollo endógeno propuesto por el Gobierno Bolivariano. La situación de conflicto generada por el sabotaje petrolero a partir del 02 de diciembre de 2002, ocasionó una considerable caída en la producción del gas asociado; así como una reducción en el suministro de gas natural, metano y del Gas Licuado de Petróleo o propano, desde los sistemas de transporte y distribución y las plantas de llenado, hacia los clientes residenciales, comerciales e industriales.

En enero de 2003 se estabilizaron cinco fuentes de suministro de GLP: Jose, Guatire, Bajo Grande, Puerto La Cruz y El Guamache. Más adelante se normalizó el suministro desde Ulé, Cardón y El Palito.

En el año 2005, se acordó la integración de los negocios de gas, a escala nacional, con base en un plan de acción: En 2007 se inició un salto cualitativo en PDVSA Gas, orientado a profundizar los planes de la corporación hacia los nuevos desarrollos del sector gasífero, en el marco de la estrategia diseñada por el Gobierno Bolivariano, de máximo aprovechamiento del hidrocarburo para satisfacer las necesidades del pueblo.



**Figura 1** Estructura organizativa de PDVSA

Fuente: Pagina web de PDVSA

## **1.2 Misión, visión y los objetivos de la empresa**

### **1.2.1 Misión**

La misión de PDVSA como corporación global, propiedad del Estado venezolano, es la de servir a la nación venezolana (su accionista), mejorando continuamente el rendimiento de la empresa, su participación en el ingreso fiscal, su contribución directa e indirecta al desarrollo económico del país y su colaboración en servicios prestados a las comunidades, tanto en Venezuela como en el exterior. PDVSA, en este sentido, no solamente debe generar divisas y traspasar la mayor cantidad posible de sus ganancias al Fisco nacional, sino que, volcando su poder de compra al máximo en Venezuela, ayuda a la creación, desarrollo y consolidación de un enorme parque de empresas venezolanas de bienes y servicios, cada vez más tecnificadas y con posibilidades, a su vez, de convertirse en ahorradoras de divisas (por sustitución de importaciones) y productoras de ellas (por exportaciones no tradicionales).

Nuestra misión nos impone un compromiso moral y ético hacia el país en general, hacia aquellas personas e instituciones con las cuales nos relacionamos, hacia las naciones con las que comerciamos y nos asociamos. Es una obligación hacia el modelo de economía abierta, libre e interdependiente, que está implantando el Gobierno nacional. Es una vía fundamental para el acercamiento y la colaboración del pueblo venezolano con otros pueblos del mundo.

### **1.2.2 Visión**

La visión de Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) es la de convertirse en una corporación global, con todas las implicaciones y responsabilidades que ello conlleva. PDVSA entiende que el mundo es cada día más interdependiente, que el viejo esquema por virtud del cual unas naciones se superponían a otras, tratando de explotar sus debilidades, está dando paso a uno de cooperación e intercambio, aproximándonos, cada vez más, al concepto de una "aldea global". PDVSA, en consecuencia, acepta retos que trascienden las fronteras del país y la responsabilidad inherente al hecho de ser una de las empresas más importantes del mundo en la producción de petróleo y sus productos.

PDVSA, además de tener la visión de una corporación global, está comprometida con la diversificación de los bienes ofrecidos. PDVSA, no solamente exporta petróleo, sino que ofrece al mundo una gama muy variada de productos refinados, así como petroquímicos, gas y carbón.

### **1.2.3 Objetivos**

La explotación y aprovechamiento del gas no asociado, adicionalmente se dedica a la extracción y fraccionamiento de líquidos de gas natural (LGN) y al transporte, distribución y comercialización del gas metano.

En cuanto al suministro interno, una de las metas de PDVSA Gas es extender su presencia en el territorio nacional, para satisfacer la demanda interna de esta fuente de energía.

### **1.2.4 Valores**

Nuestro valor esencial es la gente; en primer lugar, las personas que trabajan directamente en PDVSA y sus filiales; también aquellas que sirven a nuestros proveedores, trabajan para nuestros clientes o en las estaciones de servicio; y, desde luego, nuestros usuarios a cuyo bienestar general están dedicados todos nuestros esfuerzos.

### **1.3 Descripción del departamento donde se realizó la pasantía**

Dentro de sus funciones, los talleres mecánicos y eléctricos deberían realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades, pues el objetivo principal es mantener en óptimas condiciones los sistemas de control de procesos de toda la planta como su área de iluminación para el buen desempeño de las personas que se encargan de la planta y cumplir con las cuotas asignadas de compresión y distribución.

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1.Planteamiento del problema**

“El concepto básico de sistema de control puede describirse mediante una señal de acción, un sistema control y una variable controlada. El objetivo del sistema consiste en controlar la variable de una manera preestablecida mediante la señal de acción a través de los elementos del sistema de control (Kubo, 1997, p. 13). “

Esto normalmente se usa en el mejoramiento de procesos en una planta industrial con la finalidad de conseguir, mediante la manipulación de las entradas como agua y gas para así obtener el control de la salida del mismo, de modo que estas alcancen unos valores prefijados. Los sistemas de control no son únicamente de uso industrial, ya que existe tanto en la vida cotidiana, como en las plantas industriales y el cuerpo humano.

Los objetivos de los sistemas de automatización y control son:

- Monitorear variables de proceso
- Tomar decisiones racionales observando que acción correctiva es necesaria sobre la base de la información del estado actual del proceso y el objetivo deseado
- Implementar efectivamente estas decisiones sobre el proceso  
(Adam, 2020, pág. 22)

Pueden clasificarse como:

- Sistema de control manual, se refiere a que las tareas son llevadas a cabo manualmente por un operador humano.
- Sistema de control automático o por computadora si estas tareas son llevadas a cabo automáticamente por una máquina o computadora. (Adam, 2020)

Tomando en cuenta estos factores, actualmente, las empresas venezolanas, cada día usan más este tipo de sistemas de control para optimizar un conjunto de procedimientos de trabajo e instrumentos necesarios para monitorizar y manejar un conjunto de máquinas y otros equipos industriales que trabajan de forma coordinada para obtener un determinado resultado

Petróleos de Venezuela, SA (PDVSA) es una empresa estatal venezolana Fue creada por decreto gubernamental el 30 de agosto de 1975, luego de la nacionalización de la industria petrolera, e inició operaciones en 1976.

El objetivo de esta empresa estatal desde su inicio se basa principalmente en actividades como la explotación, producción, refinación, mercadeo y transporte del petróleo venezolano, así como los negocios de orimulsión, química, gas natural, petroquímica y carbón.

En PDVSA Gas - Planta Compresora, ubicada en Morón, estado Carabobo, por resolución de la Junta Directiva de Petróleos de Venezuela, se acordó en 1998 la integración a PDVSA Gas del Distrito de Producción Anaco los siguientes procesos: extracción y fraccionamiento de líquidos de gas natural en Oriente; producción de gas libre al sur del Lago de Maracaibo; extracción y fraccionamiento de líquidos de gas natural en Occidente; y las operaciones de transporte y distribución de gas en todo el país. A partir del año 2001, PDVSA Gas amplía sus operaciones, incrementado su capacidad para producir, procesar, transportar y distribuir el gas, con el objetivo de apalancar el desarrollo endógeno.

Esta se encarga de la explotación y aprovechamiento del gas natural como fuente de energía, para atender la demanda interna de los sectores doméstico, comercial e industrial, así como su distribución, transporte y comercialización del gas metano, contribuyendo así al desarrollo de la Nación.

El gas natural es una mezcla de compuestos de hidrógeno, carbono y pequeñas cantidades de agregados no-hidrocarburos, en fase gaseosa o en solución con el petróleo crudo que existe en los yacimientos. Los métodos de extracción de gas se van adecuando de acuerdo a las características del yacimiento, a sus condiciones:

- Producción
  - Producción
  - Separación
  - Tratamiento
- Procesamiento
  - Extracción de líquidos
  - Fraccionamiento
  - Almacenaje
- Transporte y distribución
  - Compresión
  - Transporte y distribución
  - Despacho

En esta empresa se utilizan módulos de Centro de Control de Motores (CCM), para los distintos accionamientos para motores eléctricos de corriente alterna, tal caso de la planta

compresora, los cuales se utilizan para el control de los turbocompresores que suministran a la empresa de una generación propia de energía eléctrica.

En el mundo existen diversas tecnologías para el control, aquí en Venezuela muchas organizaciones han implementado cambios.

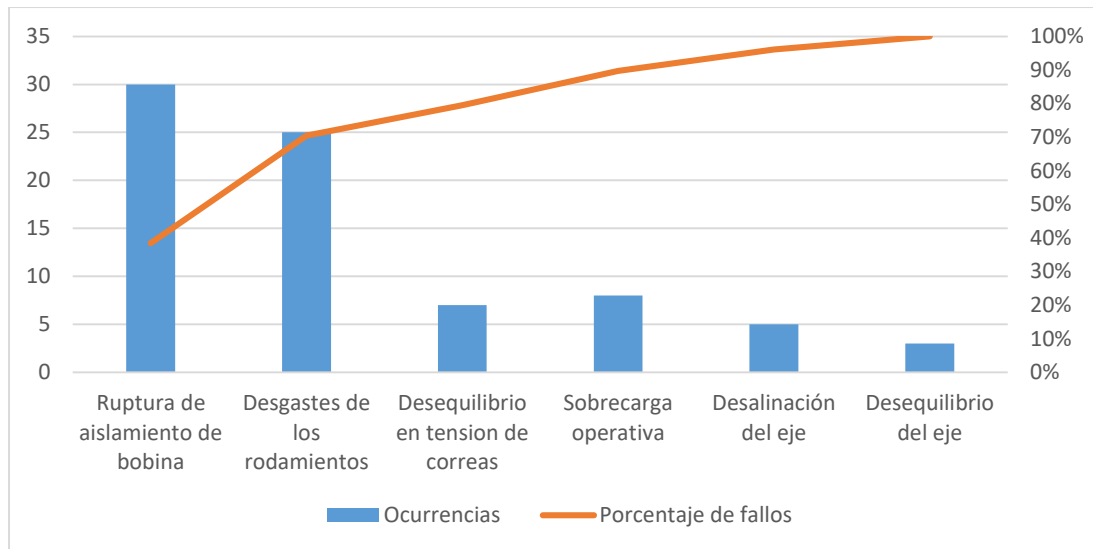
PDVSA como empresa pionera y de elevados estándares de calidad posee centros de accionamientos de motores de última generación, por ende, PDVSA Gas Filial posee accionamientos de arranque directo, lo cual afecta el ahorro energético por su elevado par de arranque, característica de estos tipos de accionamientos.

Al respecto, el sistema productivo se ve afectado por medio de las siguientes eventualidades:

- Corriente de arranque elevada
- Par elevado
- Daños mecánicos en sistemas como poleas, codos, engranajes, lo cual afecta el nivel productivo debido a que se producen paradas inesperadas, elevando los costos por mantenimiento y tiempo de parada lo cual afecta directamente la economía de la organización.

Al día de hoy se realizan paradas correctivas entre doce (12) y veinticuatro (24) veces anuales, que equivalen a una o dos paradas cada mes, una revisión y mantenimiento correctivo, compras y cambio de los equipos del centro de control de motores (las correas de los ventiladores que hacen la función del enfriamiento del gas, repuestos de motores y sensores, engranajes, entre otros). Lo que significa que mensualmente hay que realizar una parada preventiva del centro de control de motores para que a los equipos se les realice este mantenimiento correctivo, lo que conlleva a que además constantemente se realicen gastos por mantenimiento y realizar una parada por mantenimiento correctivo del proceso.

Seguidamente, se presenta un análisis de falla, que indica la elevada tasa de fallas debido a contactos averiados y puntos calientes (ver figura 2):



**Gráfico 1** Diagrama de Pareto de los tipos de fallas y su porcentaje de ocurrencia

Fuente: Departamento de mantenimiento de PDVSA

Con él se puede apreciar de forma gráfica la frecuencia a la cual ocurren los distintos fallos que se generan debido a la forma de arranque que es utilizado, el cual es un arranque de forma directa en los motores eléctricos para el accionamiento de los ventiladores enfriadores de gas.

## 2.2 Formulación del problema

Debido a lo expuesto anteriormente, se plantea un diseño para responder a las interrogantes: ¿Es factible implementar un sistema de accionamiento para motores de inducción de corriente alterna en PDVSA Gas – Planta compresora?

## 2.3 Objetivos de la investigación

### 2.3.1 Objetivo General

- Propuesta de un diseño del sistema de accionamientos para un motor eléctrico del ventilador número 1 del cuarto de máquinas, ubicado en la Planta Compresora de Gas Morón.

### 2.3.2 Objetivo Específico

- Diagnosticar las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas.
- Determinar las características que deberá tener un sistema de control que se encargue del arranque de los motores trifásicos de inducción.
- Evaluar la factibilidad técnica, operativa y económica de una propuesta para el diseño de los sistemas de control de los CCM.
- Diseñar una propuesta para integrar el sistema de control para los CCM, que proporcione un arranque prolongado suministrando un voltaje a la máquina en forma paulatina,

protegiendo al motor y a su vez este optimiza tiempo y recursos al reducir los mantenimientos por desgaste.

## **2.4 Justificación**

El constante avance de la tecnología, en los procesos domésticos e industriales, se manifiesta en la vida diaria. Producto de este avance es la automatización de procesos, anteriormente realizados por el hombre, y una de sus consecuencias son las continuas facilidades proporcionadas a las distintas actividades que realiza el hombre, principalmente en los procesos industriales. La automatización permitió el avance en la modernización tecnológica industrial, dando la posibilidad de diseñar y construir equipos sofisticados ajustados a las necesidades del quehacer diario en la industria.

Al respecto, con el presente trabajo de investigación aportan fundamentos teóricos y prácticos que permiten elevar los procesos productivos gracias a la estabilidad y bajas incidencias en paradas por mantenimiento correctivo en la planta compresora.

En lo académico, será un referente para los investigadores en la disciplina de las técnicas existentes para el control de motores eléctricos.

Condiciones de funcionamiento del sistema de operación de los compresores:

Absorbe aire a presión ambiental, a través de un sistema de filtrado y lo devuelve con la presión deseada, bien a una salida directa, o a un calderín, donde se acumulará a mayor presión

En el aspecto económico, esta innovación tecnológica a las salas de máquinas permite a los empresarios disminuir costos energéticos, de mano de obra, y en seguridad del operario. Además, permite maximizar ganancias debido al aumento de la calidad de los productos, con un reintegro de la inversión en automatización y control a corto plazo.

## **2.5 Alcance y limitaciones**

### **2.5.1 Alcance**

La investigación contemplará la propuesta de un diseño para un sistema de automatización y control de los motores del CCM, para que se pueda tener un arranque prolongado en forma de rampa y un par de arranque más bajo, que accionan a los ventiladores que se utilizan para el enfriamiento del gas que es transportado a través de los turbocompresores.

### **2.5.2 Limitaciones**

- Se realizará en el cuarto de máquinas en el primer módulo del centro de control de motores.
- Las disposiciones económicas y temporales, dependerán de la factibilidad de la empresa en realizar el proyecto de diseño presentado.

- El sistema de automatización y control, solo podrá ser manejado y controlado por un personal especializado en dicho campo de trabajo.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

Según Arias, estipula que los antecedentes “reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (2012, p. 106). En toda investigación se debe realizar una previa recolección de material bibliográfico, debido a que esto permite ampliar conocimientos relativos actuales del tema que se está estudiando.

Escobas C., Garnica I., Rojas S, (2021). Desarrollaron una investigación titulada **“Implementación de Ahorro Energético en Motores AC por Medio de Arrancadores Suaves y Variadores de Velocidad”**. Proyecto previo a la obtención del título de Tecnólogo en Eléctrica en el Instituto Universitario Pascual Bravo. La investigación se planteó con un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo, mediante el cual la recolección de medidas, a través de pruebas realizadas, ayuda a resolver un problema de la industria. Tiene como objetivo evaluar métodos de ahorro energético eficiente en motores AC por medio de arrancadores suaves y variadores de velocidad, para la reducción en la corriente de arranque de este tipo de máquinas.

En el capítulo I y II se recopila información sobre la pérdida energética y la cantidad de energía que es consumida a nivel nacional, se desarrolla la teoría sobre los arrancadores suaves y variadores de velocidad y el ahorro energético que esto trae consigo. Las fases a seguir para llevar a cabo el proyecto planteado, en el capítulo IV. Finalmente, en el capítulo V se enlistan las conclusiones obtenidas. Este trabajo proporcionó información de la metodología y alternativas que se tienen que tomar en cuenta para el diseño del sistema de control aplicado a los arrancadores suaves y el beneficio energético que esto trae consigo.

Así mismo Quispe R., (2019). Desarrolló una investigación titulada **“Mantenimiento del Sistema de Control y Sistema Eléctrico de la Planta de Gas Sararí”**. Proyecto previo a la obtención del grado de Técnico Universitario Superior en la Universidad Mayor de San Andrés. Tiene como objetivo, evaluar el mantenimiento, tanto de los sistemas de control de la planta de gas, como de la red eléctrica para el buen funcionamiento de la planta de gas. El capítulo I, se basa en la información sobre la historia de la empresa y su estructura, en el capítulo II se recopila información sobre los procesos por los cuales pasa el gas de propano y las diferentes fases por la cual pasa el mismo, además se desarrolla la teoría sobre sistemas de control, separación, estabilización, compresión de gas. El mantenimiento de la planta en el capítulo III.

Finalmente, en el capítulo IV, se enlistan las conclusiones obtenidas. Este trabajo proporcionó información sobre sistemas de control y mantenimientos de los mismos aplicados a plantas compresoras de gas.

También Matos L. (2020), desarrolló un artículo llamado “**Tipos de mantenimiento en las plantas compresoras de gas de la industria petrolera venezolana Distrito-Lagunillas**”. Artículo publicado en la Universidad de Zulia. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimiento preventivos, y así minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La metodología se consideró de tipo descriptiva, bajo un diseño no experimental, de campo y transeccional. En el presente artículo de investigación se describió los tipos de mantenimiento realizados en plantas compresoras de gas en la industria petrolera venezolana y los procesos de paradas de producción por dichos mantenimientos. Este trabajo proporcionó información sobre los procesos que deben ser realizados para poder adecuar un mantenimiento a los sistemas de control, adecuándolos a las plantas de gas.

Por su parte, Paredes I. (2018). Desarrolló una investigación titulada “**Propuesta para la Optimización de la Gestión de Mantenimiento de los Enfriadores de Gas del Centro Operativo San Joaquín, perteneciente a PDVSA Gas Anaco**” (Paredes, 2018). Trabajo de grado, presentado como requisito parcial para optar al Título de Magister Scientiarum en Gerencia de Mantenimiento en la Universidad Nacional Experimental Politécnica de las Fuerzas Armadas Nacional. La metodología empleada fue del tipo descriptiva aplicada con un diseño de campo, aplicando técnicas de recolección de datos. El objetivo de esta investigación, se basó en las propuestas para la optimización de la gestión de mantenimiento de los enfriadores de gas.

En el capítulo I y II, se recopila información sobre el desarrollo de estrategias para la optimización de la gestión de mantenimiento de los equipos críticos de los trenes de compresión, se desarrolla la teoría sobre enfriadores de gas, gases, y mantenimiento de los sistemas. Se describe el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo IV. Finalmente, en el capítulo V se enlistan las conclusiones obtenidas. Este trabajo proporcionó información sobre la optimización de sistemas de enfriamiento de gas, en plantas compresoras de gas, y los distintos sistemas que se utilizan para el logro de esta.

Y, por último, Leonette J. (2018). “**Diseño e Implementación de un Conjunto de Máquinas Bobinadoras con Sistema de Velocidad Variable**”. Trabajo de grado, presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Electricista en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. La investigación se planteó con un enfoque cualitativo. El objetivo de esta investigación, se basó en el diseño e implementación de un

conjunto de máquinas bobinadoras con sistema de velocidad variable. En el capítulo I y II se recopila información sobre el sistema de máquinas bobinadoras con un sistema de velocidad variable, además de extraer información de características técnicas, de los equipos que componen el circuito de control de las máquinas bobinadoras. Posteriormente, se procedió a recopilar toda la data referente al funcionamiento y operación del mismo. Se describe el análisis de implementación de la propuesta en el capítulo IV. Finalmente, en el capítulo V se enlistan las recomendaciones obtenidas.

### **3.2 Teoría central de la investigación**

Este proyecto tiene como teoría central de investigación, la reducción del voltaje que atraviesan a los SCR (Rectificador Controlado de Silicio) debido a las conmutaciones, alterando su ángulo de disparo y ángulo de conducción, sustentado por la ley que establece que la corriente que pasa por los conductores es proporcional al voltaje aplicado en ellos (Ley de Ohm)

### **3.3 Bases teóricas**

#### **3.3.1 Sistemas de control**

Es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera, que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular a sí mismo o a otro sistema. Los controles automáticos o sistemas de control, constituyen una parte muy importante en los procesos industriales modernos, donde se les usa principalmente para regular variables tales como la presión, temperatura, nivel, flujo, viscosidad, densidad, etc.

##### **3.3.1.1 Elementos de un Sistema de Control**

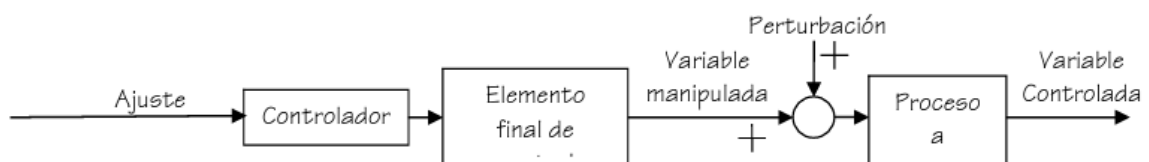
- **Proceso a controlar**  
Es como su nombre lo indica el proceso que se quiere controlar o regular.
- **Variable controlada**  
Es aquella que se mantiene en una condición específica deseada, es la que se quiere controlar.
- **Variable manipulada.**  
Es la señal sobre la cual se actúa o se modifica con el fin de mantener la variable controlada en su valor. Esta cambia continuamente para hacer que la variable controlada vuelva al valor deseado.
- **Señal de referencia (set point)**  
Es el valor en el cual se quiere mantener la variable controlada.
- **Error o señal actuadora**  
Es la diferencia entre la señal de referencia y la variable controlada.

- **Perturbación**  
Es un agente indeseable que tiende a afectar adversamente el valor de la variable controlada.
- **Elemento de medición**  
Es el encargado de determinar el valor de la variable controlada.
- **Controlador**  
Es el encargado de determinar el error y determinar qué tipo de acción tomar.
- **Elemento final de control**  
Es el encargado de realizar la acción de control modificando la variable manipulada.
- **Entrada**  
Es el estímulo o excitación que se aplica a un sistema desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin de producir, de parte del sistema, una respuesta específica.
- **Salida**  
Es la respuesta obtenida de parte del sistema.

### 3.3.1.2 Clases de sistemas de control

Existen diversas formas de clasificar un sistema de control entre las cuales están:

- **Sistema de control Pasivo**  
Es cuando la variable del sistema se diseña para obtener una determinada respuesta ante entradas conocidas, una vez diseñado el elemento no existe ningún elemento que realice o modifique la acción de control. No existe un sistema de que modifique la acción de control en función de las variables del sistema.
- **Sistema de control de lazo abierto**  
Es cuando el sistema de control utiliza la información de la entrada para realizar una acción de control, sin tomar en cuenta el valor de la variable controlada.  
Este se puede esquematizar en el siguiente diagrama de bloques (ver figura 3).



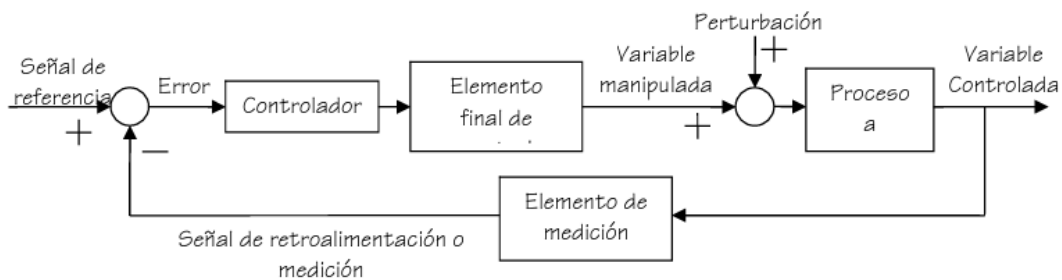
**Figura 2** Diagrama de bloques típico de un sistema de control de lazo de control abierto

Fuente: Introducción al control de procesos para ingenieros, 2020.

- **Sistema de control retroalimentado (Activo)**

Es cuando la variable controlada se compara continuamente con la señal de referencia y cualquier diferencia produce una acción que tiende a reducir la desviación existente. En otras palabras, la acción de control realizada por el sistema de control depende del valor de la variable controlada en todo instante, por lo tanto, también toma el nombre de control dinámico.

Esto se puede representar en forma de un diagrama de bloques que muestra la interacción lógica de los elementos que conforman un sistema de control retroalimentado. (Dulhoste, 2021) (ver figura 4).



**Figura 3** Diagrama de bloques típico de un sistema de control retroalimentado

Fuente: Introducción al control de procesos para ingenieros, 2020

### 3.3.2 Arranadores Suaves

El arrancador suave es un dispositivo de control de motores trifásicos que permite el arranque y paro del motor de manera suave y lenta.

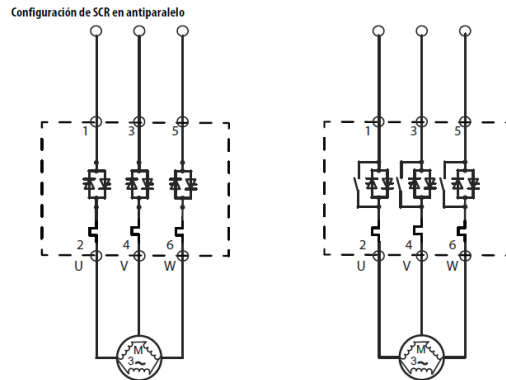
En lugar de operar a tensión plena directamente, como los arrancadores a tensión plena, los arrancadores suaves administran el voltaje y lo van suministrando de forma paulatina, protegiendo al motor y a su vez, este optimiza tiempo y recursos al reducir los mantenimientos por desgaste.

Los motores de inducción, demandan una corriente de arranque bastante elevada, que va desde 3 hasta 15 veces la corriente nominal, lo que a largo plazo puede dañar al motor y la red de alimentación.

Los arrancadores suaves, al controlar el voltaje eficazmente y suministrarlo de forma gradual hasta la nominal de funcionamiento del motor, controlan la corriente de arranque que consume el motor y el par que se genera, evitando así el pico que se genera en la corriente de arranque.

La forma de controlar el suministro de voltaje es por medio de un algoritmo, donde se controlan 3 pares de SCR en una configuración anti paralelo que nos ayuda a arrancar o parar el motor.

Este arreglo nos permite controlar el voltaje de corriente alterna, al cambiar el ángulo de disparo cada medio ciclo. Así, el voltaje se va aumentando de forma gradual hasta llegar a su voltaje pleno o proporciona el voltaje de acuerdo a la limitación de corriente.



**Figura 4** Diagrama circuital de los arrancadores suaves

Fuente: Arrancadores suaves: funcionamiento, beneficios y aplicaciones, 2021,

### 3.3.2.1 Ventaja de los Arrancadores Suaves

Los arrancadores suaves nos proporcionan una aceleración de forma gradual y un paro controlado sin picos de corrientes, ni desgastes en el motor por acciones mecánicas.

Algunos de los beneficios más importantes de los arrancadores suaves son los siguientes:

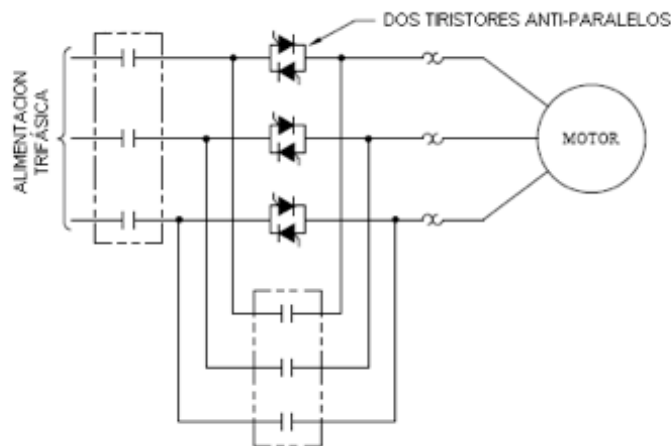
- Optimización en el arranque y paro del motor.
- Aumento de la productividad.
- Ahorro de energía.
- Protección de motor.
- Aumento de vida útil del motor.
- Protege la línea eléctrica de alimentación de los picos de corriente.

(Risoul, 2021)

### 3.3.3 Tipo de Arranques de Motores Trifásicos

#### 3.3.3.1 Arranque de tensión reducida

Existen diversas formas constructivas, la más simple es la llamada “estrella-triángulo”, otras pueden ser: emplear resistencias estáticas, mediante transformador de arranque y con dispositivos electrónicos como lo son los denominados “arrancadores suaves”. Este método puede ser automatizado, cuando la naturaleza de las funciones que cumple o cuando se trata de potencias relativamente grandes así lo requieran, para lo cual se necesita emplear contactores y dispositivos auxiliares como temporizadores, luces de señalización, etc. convenientemente conectados.

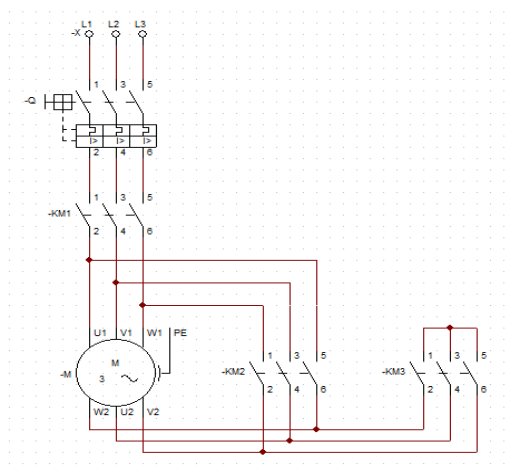


**Figura 5** Diagrama circuital de los arranques de tensión reducida

Fuente: Arranadores a tensión reducida: estrella-triángulo y estático con resistencias, 2012.

### 3.3.3.2 Arranque Estrella-Triángulo

Para suministrarles estas tensiones a los bornes de los bobinados del estator, se puede recurrir a los contactores comandados por un circuito de control adecuado (electromecánico o electrónico) o bien, a interruptores conmutadores manuales. En el primer caso, la conmutación se hace con un temporizador, prefijando el tiempo de acuerdo a lo que se requiera, para llegar a la velocidad nominal del motor, lo cual a su vez depende de la inercia del equipo acoplado. El MET (Motor Eléctrico Trifásico), destinado a arrancar mediante este método requiere que, constructivamente, los extremos de las bobinas del estator sean accesibles en la placa de bornes dentro de la caja de conexiones.



**Figura 6** Diagrama circuital de los arranques de estrella triángulo

Fuente: Arranadores a tensión reducida: estrella-triángulo y estático con resistencias, 2012.

### 3.3.4 Sistema de Estado Sólido

En los sistemas de estado sólido, puede haber variantes constructivas. Para ciertas potencias, existen arrancadores estrella-triángulo de estado sólido que se presentan como una sola unidad e incluyen las protecciones del MET.

Otra de las formas, lo constituyen los equipos de arranque con tensión reducida, denominados “arranques suaves” o “arranques progresivos”. Estos últimos permiten arrancar con alto par y baja corriente.

El empleo de estos sistemas no está aún generalizados para aplicaciones comunes, se los emplea cuando la exigencia de la carga lo requiere, sobre todo en el ámbito industrial. (Farina, 2018)



**Figura 7** Modelo real de un arrancador suave

Fuente: Arrancadores suaves: funcionamiento, beneficios y aplicaciones, 2021.

### 3.4 Bases Legales

Actualmente en Venezuela, no existe normativa que explique los procedimientos necesarios para llevar a un sistema de control de velocidad de motores de inducción trifásica, para un arranque a tensión reducida, por lo cual, para el presente proyecto se tomó como referencia las recomendaciones del Fondo Eléctrico Nacional, el cual establece lineamientos para la seguridad de instalaciones eléctricas.

Dispositivos Electrónicos de Potencia. En los sistemas de controladores de motores de estado sólido para dispositivos electrónicos de potencia, se permitirá utilizar fusibles adecuados en lugar de los dispositivos de la Tabla 430.52, siempre que al lado de los fusibles se marque claramente el valor nominal de los fusibles de repuesto.

Protección de Sobrecorriente. Los centros de control de motores, estarán dotados de dispositivos de protección de sobrecorriente de acuerdo con las Partes I, II y IX de la Sección 240. La corriente nominal o el ajuste del dispositivo de sobrecorriente, no excederá la capacidad nominal de la barra de potencia común. Esta protección será proporcionada por (1)

un dispositivo de protección de sobrecorriente, situado aguas arriba del Centro de Control de Motores o (2) un dispositivo principal de protección de sobrecorriente, situado dentro del Centro de Control de Motores.

**Puesta a Tierra.** Los Centros de Control de Motores que consten de varias secciones (celdas), estarán conectados equipotencialmente con un conductor de puesta a tierra de los equipos, o con una barra de puesta a tierra equivalente, dimensionada de acuerdo con la Tabla 250.122.

**Protección de Circuitos.** No será requerido proteger los circuitos para sistemas de control e instrumentación que estén totalmente dentro de la zona de trabajo de las líneas de celdas.

En lugares Clase I, Zona 2, se permitirá la instalación de motores abiertos o motores cerrados que no sean a prueba de explosión o a prueba de llama, tales como motores de inducción del tipo jaula de ardilla sin escobillas, mecanismos de conmutación o dispositivos similares que produzcan arcos que no estén identificados para uso en lugares Clase I, Zona 2.

### **3.5 Definición de Términos**

**Centro de Control de Motores:** Un CCM, es un tablero que tiene como funciones principales las de alimentar, controlar y proteger circuitos cuyas cargas, generalmente, son motores.

**Arrancadores de Tensión Reducida:** Los arrancadores a tensión reducida ATRW tipo autotransformador, se utilizan para el arranque de motores con rotor de jaula de ardilla. Estos arrancadores limitan la corriente en la etapa de arranque, evitando alcanzar corrientes que puedan causar fluctuaciones perjudiciales en la línea de alimentación.

**Motor de Inducción Trifásica:** Un motor trifásico de inducción (MTI), es un convertidor electromecánico reversible, capaz de convertir energía eléctrica en energía mecánica (energía cinética rotativa), o energía mecánica en energía eléctrica (aplicación como generador).

**Tiristores SCR:** Un tiristor SCR, es un dispositivo compuesto por cuatro capas de material semiconductor con estructura PNPN o bien NPNP. El nombre proviene de la unión de Tiratrón (tyratron) y Transistor.

Contiene tres conexiones llamados ánodo, cátodo y gate (puerta). Este último es el encargado de inspeccionar el paso de corriente entre el ánodo y el cátodo. Funciona básicamente como un diodo rectificador controlado, consintiendo circular la corriente en un solo sentido.

Al no aplicarse ninguna tensión en la puerta del SCR no se inicia la conducción y en el momento en que se utiliza la tensión, el tiristor comienza a conducir.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **4.1 Tipo de Investigación**

“... la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnológicos, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo de una investigación de tipo documental, de campo de diseño, que incluya ambas modalidades...” (p.5)

Debido a que la investigación intenta satisfacer una necesidad de la institución, mediante el diseño de un sistema de control para la mejora de un proceso de la empresa PDVSA Gas, este trabajo corresponde a un tipo de proyecto factible.

#### **4.2 Diseño de la Investigación**

El desarrollo del presente trabajo conlleva una serie de etapas que van desde la revisión documental para conocer el funcionamiento de ciertas herramientas (hardware y software), hasta el diseño del mismo, proceso que lleva al investigador a la realización de un trabajo de campo. Por lo tanto, después de ubicar la investigación en un proyecto factible se seleccionó el diseño que garantice el cumplimiento de las metas trazadas.

En este estudio el diseño fue de campo, por cuanto se dio respuesta a la situación del nulo mantenimiento del sistema de control para el arranque de motores de los ventiladores enfriadores de gas. Lo que ocasiona el desgaste y el daño de los motores y las correas que accionan los ventiladores, además del alto estrés mecánico que soporta la maquina producido por un arranque directo, este contacto de los investigadores con la problemática posibilita el estudio directo de la realidad.

En este sentido, Balestrini (2002) explica que las investigaciones de campo “in situ”, se realizan en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio, ello permite el conocimiento más a fondo del problema objeto de estudio” (p.28) (Balestrini, 2002). Por lo tanto, la problemática descrita anteriormente, será concebida luego de la inspección del sistema de control en la empresa PDVSA Gas.

#### **4.3 Nivel de la investigación**

Para (Arias, 2006), el nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se abordan un fenómeno u objeto de estudio. (P. 23).

Por medio de lo anteriormente planteado, se puede llegar a que la presente investigación es de nivel descriptivo, (Arias, 2006) lo define como:

Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (P. 24).

Es, por lo tanto, que nuestro proyecto de investigación tiene como fin de controlar el arranque de motores por el método de la tensión reducida, con el propósito de resolver cualquier problemática que se presente, el nivel que tiene es intermedio en cuanto a profundidad de conocimiento se refiere, una investigación es de nivel descriptivo.

#### **4.4 Población y Muestra**

##### **4.4.1 Población**

Es ‘el conjunto total finito o infinito de elementos o unidades de observaciones que se consideran en un estudio, o sea que es el universo de la investigación sobre el cual se pretende generalizar los resultados’. (Risquez & Belmiro, 1999, p.48).

Dichas poblaciones la constituyen los seres con características comunes sobre quien estarían referidas las conclusiones.

Para este caso, la población son los motores de arranque directo en la empresa PDVSA Gas, ubicada en Morón, en el Estado Carabobo.

##### **4.4.2 Muestra**

La muestra es la que puede determinar la problemática, ya que les es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso. La muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” (Tamayo & Tamayo, 1997,p.38).

Como muestra se tomó al motor A1, encargado de accionar el ventilador enfriador de gas controlado por el CCM que a su vez se encarga de los turbocompresores.

#### **4.5 Técnicas para la recolección de datos**

Arias, menciona que “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas de obtener información” (Arias, 2006). Los instrumentos de investigación, son una parte importante y los mismos pueden verse como aquellos que registran la información observable, la cual representa verdaderamente los conceptos o aquellas variables con las que el investigador trabaja en el proceso de buscar una solución al proyecto que se realiza.

Es, por ello, que se seleccionan técnicas las cuales son consideradas las más adecuadas para la recolección efectiva de información pertinente para la solución del problema.

Técnicas empleadas:

- **Entrevista.**

Se entiende por entrevista, aquella reunión de dos o más individuos con el fin de tratar un asunto o tema, que por lo general es de carácter profesional o de negocios. Según Arias (2012), La entrevista “es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. Dicho instrumento se empleó para la recolección directa de información de los trabajadores y gerentes de la planta. Su principal objetivo es, el aprovechamiento de la muestra de los paros por mantenimiento correctivo, tomando en cuenta cuál será su impacto en la metodología

- **Observación Directa.**

Según Hurtado (2008), “Un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos.” (p. 459). En el presente trabajo, se realizaron observaciones directas tanto en los sistemas de automatización y control, como en los fallos y paradas correctivas que se hicieron, para de esta manera poder recopilar la información necesaria para el estudio.

- **Revisión Documental.**

“La investigación documental, depende fundamentalmente de la información que se obtiene o se consulta en documentos, referente a todo el material al que se puede acudir como fuente de referencia.” (Hernández, 2006, p. 110). A partir de lo estipulado, se llevará a cabo esta técnica de indagación con respecto al uso de normativas, manuales y todo tipo de documentación que puede ser suministrada por la empresa PDVSA Gas para generar un análisis en retrospectiva de los datos previamente documentados.

Estas técnicas, se utilizaron para determinar el estado operativo en el que se encuentra la empresa, proporcionando además una idea clara y precisa sobre el proceso de control de los CCM que controlan a los turbocompresores, en los cuales están los motores que accionan a los ventiladores para el enfriamiento del gas, de la planta compresora de gas, así como para determinar la factibilidad operativa y técnica de una propuesta para el mejoramiento del sistema de control y monitoreo de dicho proceso.

Instrumentos Empleados:

- **Entrevista Estructurada.**

La entrevista, se podría definir como una charla o conversación que mantienen dos personas o un grupo de individuos, que se propone con un fin determinado distinto a la simple acción de hablar. Es un instrumento técnico que sirve de gran ayuda en investigaciones que necesitan recabar información. Folgueiras Bertomeu, Pilar (2016) explica, “En la entrevista estructurada se decide de antemano que tipo de información se quiere y en base a ello se establece un guion de entrevista fijo y secuencial. El entrevistador, sigue el orden marcado y las preguntas están pensadas para ser contestadas brevemente. El entrevistado, debe acotarse a este guion preestablecido a priori.” (p. 3). Dicho instrumento se empleó en la determinación del funcionamiento de los equipos, tipo de carga que soporta el motor y sus especificaciones técnicas, todo esto suministrado por las personas expertas en dichos temas en la empresa PDVSA Gas.

- **Lista de Cotejo.**

De acuerdo al autor Arias (2012), una lista de cotejo es un instrumento que permite registrar la presencia o ausencia de un rasgo, conducta o secuencia de acciones. Consiste en un listado de aspectos a evaluar (contenidos, habilidades, conductas, etc.) frente a los cuales se verifica su presencia/ausencia o el nivel de consecución. Las listas de cotejo, se utilizan para registrar observaciones, verificar el desarrollo de habilidades procedimentales o registrar información sobre el dominio de ciertos contenidos. En el presente trabajo se utilizó la técnica antes mencionada para evaluar las condiciones operativas del proceso de enfriamiento de gas.

#### **4.6 Validación del instrumento**

Según Palella, la validación de un instrumento está definida por: “como la ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir.” (2012, p.172). Para garantizar la validez del instrumento, se aplicará como el juicio de un experto, por lo cual se seleccionarán tres de los mismos, para validar las preguntas propuestas en el guion de la entrevista estructurada.

#### **4.7 Técnicas y Herramientas de Análisis de Datos.**

Los instrumentos de investigación son una parte importante y los mismos pueden verse como aquellos que registran la información observable la cual representa verdaderamente los conceptos o aquellas variables que el investigador tiene en mente. Para Sabino (1992):

“Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el

instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados.” (p. 149,150).

Por técnica se entiende, gracias a la definición que nos brinda el diccionario de metodología anteriormente citado. El cual establece que las técnicas de investigación son:

“Conjunto de mecanismos, medios y sistemas de dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir los datos sobre estos conceptos.” (p. 150).

Es por ello, que se empleará el uso de tablas de recopilación de datos, las cuales permitirán tener de forma ordenada y resumida lo recolectado a través de la observación directa.

#### **4.8 Fases Metodológicas**

A fin de cumplir con cada uno de los objetivos trazados, y en base al diseño de investigación elegido, se propone seguir un orden para el desarrollo del trabajo según las siguientes fases:

- **Fase I Diagnóstico de las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas**
  - Por medio de la entrevista, se dio a conocer los parámetros necesarios para la elaboración del diseño.
  - A través de una lista cotejo, se verificarán los aspectos de la máquina que se encargan del enfriamiento del gas de la empresa.
  - Se elaboraron los resultados del diagnóstico y se determinaron las acciones correctivas necesarias para el mejoramiento de la máquina que se encargan del enfriamiento del gas, con el fin de optimizar el nivel de control de la planta.
- **Fase II. Determinación de las características que deberá tener un sistema de control que se encargue del arranque de los motores trifásicos de inducción**
  - Para elaborar un diseño adecuado, se define previamente el modelo de sistema de control que se debe utilizar.
  - Investigar las alternativas disponibles en el mercado.
  - Escoger el sistema de control con la interfaz hombre-máquina más óptima para utilizar en el diseño, tras comparar las alternativas disponibles en el mercado con aquellas existentes en la planta.

- **Fase III. Diseño de una propuesta para integrar el sistema de control para los CCM que proporcionen un arranque prolongado que suministrará voltaje a la máquina en forma paulatina, protegiendo al motor y a su vez este optimiza tiempo y recursos al reducir los mantenimientos por desgaste**
  - Elaborar planos para representar de manera detallada, las conexiones eléctricas del sistema a controlar, atendiendo a la situación real de todos los elementos que intervienen en el proceso.
  - Realizar programación del dispositivo de control de arranque del motor.
- **Fase IV. Evaluación de la factibilidad técnica, operativa y económica de una propuesta para el diseño de los sistemas de control de los CCM**
  - Realizar un estudio de factibilidad de la propuesta.

#### **4.9 Confiabilidad de la investigación**

Según Goetz y LeCompte (1988), la confiabilidad representa el nivel de concordancia interpretativa entre diferentes observaciones, evaluadores o jueces del mismo fenómeno.

En función de la revisión documental y la entrevista se realizarán evaluaciones oficiales dentro de PDVSA Gas, ya sean consideradas de mayor o de menor confiabilidad ya que al recolectar toda la información, esta sea de utilidad para asegurar que la propuesta presentada es confiable y aprobada por la empresa.

Por último, los instrumentos a partir de la observación, tienen una alta confiabilidad por el hecho de ser de manera directa, por lo cual se recolectan datos en sitio y de vista propia por el autor, asegurando que la información observada es considerada la correcta y confiable por observación propia.

#### **4.10 Cuadro de Operacionalización de Variables.**

**Objetivo General:** Propuesta de un diseño para implementar un sistema de accionamientos para un motor eléctrico de ventilador número 1 del cuarto de máquinas, ubicado en la Planta Compresora de Gas Morón.

**Cuadro 1 Operacionalización de Variables**

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS*</b>
<p>Determinar las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas en PDVSA Gas</p>	<p>Descripción física de las máquinas de las cuales se conforma el proceso</p>	<p>Características físicas, mecánicas y eléctricas que comprenden el sistema de accionamiento</p>	Tipo de Motores	1
			Características	2
			Carga Mecánica (Torque)	3
	<p>Control del funcionamiento de las máquinas de las cuales se conforma el proceso</p>	<p>Son todas las características que controlan el mantenimiento de la máquina</p>	Protecciones ante fallas mecánicas	4
			Protocolo de mantenimiento	5

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Fase I Diagnóstico de las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas.**

##### **5.1.1 Resultados obtenidos en la entrevista estructurada**

- Se usan 3 motores para el sistema de enfriamiento del turbocompresor, que cada uno acciona un respectivo ventilador para recircular el aire y no se sobrecaliente las tuberías donde se comprime el gas
- Características del motor que debe tener en cuenta para la elección del arrancador suave:
  - ✓ Trifásico
  - ✓ Inducción
  - ✓ 40HP
  - ✓ 460 V
  - ✓ 1800 rpm
- La carga mecánica que cada motor soportara es la que ejerce un ventilador de 3 metros de diámetro con un par aproximado de 86.4 Nm
- El protocolo debido a una falla mecánica de cualquiera de los 3 motores implica en la parada del proceso de compresión de gas, se pondrá en marcha nuevamente cuando se reparen y se verifique que funcione correctamente

##### **5.1.2 Descripción del proceso de enfriamiento del gas.**

En el presente capítulo, se presenta el estudio del sistema de accionamiento que conforma el proceso de enfriamiento del gas de la empresa PDVSA, identificando los elementos que componen el proceso y se presentan las fases del presente trabajo.

##### **5.1.3 Información y Características que conforman a la máquina.**

El proceso de enfriamiento del gas se encuentra compuesto por los siguientes equipos:

- Motor de inducción trifásico conectado en delta de 40 HP 1800 rpm.
- Intercambiadores de calor.
- Controlador de temperatura.
- Sensor de temperatura.
- Sensor de vibraciones.
- Relé térmico.
- Ventilador con aspas de 1.5m
- 3 Correas de acople.

- Un relé mecánico de bloqueo por giro de boquilla.
- Un pulsador de parada normal.
- Un pulsador de arranque.
- Un pulsador de parada de emergencia.

#### 5.1.4 Proceso de enfriamiento del gas de los turbocompresores

El motor eléctrico trifásico de 40 HP, que está acoplado a un ventilador de 3m de diámetro, se utiliza para extraer el aire caliente de la carcasa del turbocompresor y hacer circular aire fresco a través de un intercambiador de calor. El intercambiador de calor, se encarga de transferir el calor del gas de escape del turbocompresor al aire que circula por el sistema, enfriando así los gases antes de que salgan a la atmósfera.

El ventilador acoplado al motor, se encarga de generar un flujo de aire suficiente para extraer el aire caliente de la carcasa del turbocompresor y hacerlo circular a través del intercambiador de calor. El motor y el ventilador están controlados por un sistema de control que garantiza que el flujo de aire sea suficiente para mantener la temperatura del gas en un rango seguro.

El proceso de enfriamiento del gas puede incluir otros componentes, como filtros de aire y sistemas de control de la calidad del aire, dependiendo de las regulaciones ambientales y las necesidades específicas de la central eléctrica.

Una vez identificados los equipos que componen el proceso de del gas y descrito el proceso de refrigeración del mismo, se procede a verificar el estado actual de operación de los elementos involucrados en el proceso de enfriamiento del gas, utilizando como herramienta de estudio la lista de cotejo. La cual se puede observar en el Cuadro 2 a continuación.

*Cuadro 2 Lista de cotejo del proceso de enfriamiento del gas de metano.*

Identificar aspectos actuales de la máquina que genera el proceso de refrigeración de la empresa PDVSA			
		Si	No
<b>Seguridad eléctrica de la máquina que genera el proceso de refrigeración.</b>			
1	¿El proceso dispone de protecciones eléctricas?	X	
2	¿Es confiable el cableado del proceso?	X	
<b>Seguridad para los operadores del proceso de refrigeración.</b>			
3	¿El proceso posee dispositivos de seguridad para paradas de emergencia?	X	

4	¿Se dispone de una luz piloto que indique que el proceso está detenido?	X	
5	¿La máquina dispone de un pulsador de parada normal y un pulsador de arranque?	X	
<b><i>Sistema de accionamiento de la máquina que genera el proceso de refrigeración.</i></b>			
6	¿Posee un sistema de arranque directo?	X	
7	¿Posee un sistema de arranque a tensión reducida?		X
8	¿Posee un sistema de arranque estrella-triángulo?		X
<b><i>Estado actual del equipo que conforma el proceso de refrigeración.</i></b>			
9	¿Los motores que conforman el proceso se encuentran operativos actualmente?	X	
10	¿Los sensores que conforma el proceso se encuentran funcionales actualmente?	X	
11	¿Los relés mecánicos que conforman al proceso se encuentran actualmente funcionales?	X	
12	¿Los pulsadores que conforman actualmente a la máquina se encuentran funcionales?		X
13	¿El proceso dispone de una correcta alimentación eléctrica?	X	
14	¿La máquina en general actualmente cuenta con planes de mantenimiento correctivo?		X
15	¿La máquina en general actualmente cuenta con planes de mantenimiento preventivo?		X
<b><i>Monitoreo de las variables del proceso.</i></b>			
16	¿Las variables de interés del proceso actualmente dispone de una interfaz hombre-máquina para su visualización?	X	
17	¿La máquina cuenta con una forma práctica para ajustar la velocidad del motor para que el sistema enfrié de manera más rápida?		X

Fuente: Ramón Rojas (2023)

### 5.1.5 Conclusión del diagnóstico

La lista de cotejo como un instrumento de observación directa, nos dio como respuesta un diagnóstico de la situación actual de los elementos que componen el proceso de refrigeración

del gas, tomando en cuenta indicadores como su estado actual, automatización, sistema de accionamiento, seguridad del operador, seguridad eléctrica de la máquina y monitoreo de las variables del proceso.

En la misma, se puede observar que en los ítem de los sistemas de accionamiento, no posee un arranque para el motor eléctrico adecuado, para que el proceso de refrigeración sea eficiente y no perjudique la vida útil del motor y componentes acoplados, debido a que un arranque directo crea una tensión tanto mecánica como eléctrica perjudicial para el proceso, en los ítem de automatización se puede evidenciar que la máquina se maneja únicamente con lógica de relés, esto tiene desventajas como una gran dificultad para buscar averías (en caso de que la máquina falle).

En el ítem de monitoreo de variables, se evidencia que en el proceso no se tiene una forma de ajustar con precisión, la velocidad a la que va el motor de la máquina no se puede ajustar.

Con todas las deficiencias que posee el proceso de refrigeración del gas expuesto anteriormente, se puede demostrar la necesidad que hay de automatizar dicho proceso con el fin de mejorar el proceso de arranque del motor, para que este arranque de forma progresiva, ya que de esta forma el sistema de refrigeración se realiza con una mayor eficiencia con un daño a los equipos de forma mínima.

## **5.2 Fase II. Determinación de las características que deberá tener un sistema de control que se encargue del arranque de los motores trifásicos de inducción**

En esta fase se describirá las características que debe tener el sistema de accionamiento que se pueda adaptar mejor al proceso de enfriado del gas

### **5.2.1 Sistemas de arranques a tensión reducida**

Este método, coloca un dispositivo que se conoce como arrancador de voltaje reducido entre el motor y la línea de suministro de energía eléctrica para regular la cantidad de corriente que se alimenta al motor. Es el enfoque de este módulo de aprendizaje.

El arranque, con tensión reducida de un motor de inducción CA, permite incrementar la velocidad del motor en etapas pequeñas, lo que resulta en una menor cantidad de corriente requerida que en el caso de un arrancador tradicional. Debido a la tensión reducida, el Par es también reducido, lo que resulta en un arranque más suave o más fácil.

### **5.2.2 Arrancador suave**

Actualmente, en la industria existen gran variedad de fabricantes de controladores lógicos programables, para el proceso de refrigeración del gas, considerando que tendrá un motor de 40HP, trabajará en un sistema trifásico a 60Hz, se tomaran en cuenta arrancadores suaves que cumplan estas expectativas, presentando en el cuadro 3 a continuación:

Cuadro 3 comparativa Arrancadores suaves

Instrumento	Características
<p>SIEMENS 3RW4037-1BB14 SIRIUS S2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 63 A</li> <li>➤ 30 kW/400 V</li> <li>➤ 40 °C AC 200-480 V</li> <li>➤ AC/DC 110-230 V</li> <li>➤ Bornes de tornillo</li> <li>➤ Precio \$1.650</li> </ul>
<p>Allen Bradley SMC-3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 3 hilos</li> <li>➤ De tipo abierto</li> <li>➤ 60A</li> <li>➤ 480V</li> <li>➤ 3 fases</li> <li>➤ 50/60 Hz máx.</li> <li>➤ Voltaje de control 24 V CA/CC</li> <li>➤ Precio \$2.000</li> </ul>
<p>Eaton S811+N66N3S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 105 A</li> <li>➤ 200 - 600 V</li> <li>➤ 50/60 Hz</li> <li>➤ 3-phase</li> <li>➤ 40 HP</li> <li>➤ Voltaje de control 24 V CA/CC</li> <li>➤ Precio \$1.900</li> </ul>
<p>ABB PSE105-600-70</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 208 - 600 V AC</li> <li>➤ (230 V) 30 kW</li> <li>➤ 50/60 Hz máx.</li> <li>➤ Voltaje de control 24 V CA/CC</li> <li>➤ 106 A</li> <li>➤ 3 fases</li> <li>➤ Precio \$1.900</li> </ul>

Fuente: Ramón Rojas (2023)

Una vez presentadas las alternativas, se puede observar que todos los equipos cumplen con lo necesario para realizar el accionamiento del motor que hará girar el ventilador, dando inicio a

realizar el proceso de refrigeración del gas. Consultando con el personal de la empresa, se informó que la empresa tiene preferencia por los equipos SIEMENS, ya que ellos tienen una base instalada de esta marca y están familiarizados con los sistemas de programación de los mismos, por lo cual para la propuesta se consideran solo los equipos SIEMENS y también se considera como mejor opción el SIEMENS 3RW4037-1BB14 SIRIUS S2, el cual se muestra en la figura 9, ya que el mismo es compacto, cuenta con entradas para las 3 fases que son las necesarias, ya que al motor que se le hará el sistema de control es trifásico (3 fases), además de usar tiristores para realizar las conmutaciones de los ciclos de voltajes y realizar un arranque suave en el tiempo que se le estipule.



**Figura 8** Modelo elegido de arrancador suave

**Fuente:** SIEMENS 3RW4038-1BB14, 2022

### 5.2.3 Sensor de corriente

A continuación, se presentan en la tabla 4.4 las diferentes alternativas de Sensores de corriente compatibles con el arrancador suave SIEMENS 3RW4037-1BB14 SIRIUS S2.

Cuadro 4 comparativa Sensores de Corriente

Instrumento	Características
<p><b>SENSOR DE CORRIENTE AC 30A NO INVASIVO - SCT-013-030</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Corriente de entrada (inducción): 0-30A AC</li> <li>➤ Modo de salida: 0-1V</li> <li>➤ No linealidad: ±1%</li> <li>➤ Resistencia (RL): 62Ω</li> <li>➤ Turn Ratio: 1800:1</li> <li>➤ Grado de Resistencia: Grade B</li> <li>➤ Temperatura de operación: -25°C ~ + 70°C</li> <li>➤ Fuerza dieléctrica (entre la carcasa y la salida): 1000V AC/1min 5mA</li> <li>➤ Longitud del cable: 1m</li> <li>➤ Tamaño abierto: 13mm x 13mm</li> <li>➤ Precio \$80</li> </ul>
<p><b>Allegro MicroSystems ACS758LCB-050B-PFF-T</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Corriente de entrada: 0 ~ 10A AC /1V</li> <li>➤ Modo de salida: 0 ~ 1V</li> <li>➤ No linealidad: ± 1%</li> <li>➤ Resistencia Grado: Grado B</li> <li>➤ Temperatura de trabajo: -25 ° C ~ + 70 ° C</li> <li>➤ Rigidez dieléctrica: 1000 V AC / 1min 5 mA</li> <li>➤ Longitud del cable: 1m</li> <li>➤ Tamaño: 13mm x 13mm</li> <li>➤ Precio \$70</li> </ul>
<p><b>ACS758LCB-050U-PFF-T</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nivel de sensibilidad a la humedad: 1 (ilimitado)</li> <li>➤ Temperatura de operación: -40°C150°C</li> <li>➤ 1 canal</li> <li>➤ Tipo de montaje: Orificio pasante</li> <li>➤ Tipo de sensor: Efecto Hall, bucle abierto</li> <li>➤ Voltaje de suministro: 3V5.5V</li> <li>➤ Frecuencia: DC~120kHz</li> <li>➤ Corriente de detección: 50A</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 5 terminales en forma de CB, paquete PFF</li> <li>➤ Precio \$65</li> </ul>
SCT013 No invasivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Corriente de entrada (inducción): 0-100A AC.</li> <li>➤ Modo de salida: 0-50mA (corriente).</li> <li>➤ No linealidad: <math>\pm 1\%</math>.</li> <li>➤ Resistencia (RL): <math>62\Omega</math>.</li> <li>➤ Turn Ratio: 1800:1.</li> <li>➤ Grado de Resistencia: Grade B.</li> <li>➤ Temperatura de operación: <math>-25^{\circ}\text{C} \sim + 70^{\circ}\text{C}</math>.</li> <li>➤ Fuerza dieléctrica: 1000V AC/1min 5mA.</li> <li>➤ Longitud del cable: 1m.</li> <li>➤ Tamaño abierto: 13mm x 13mm.</li> <li>➤ Precio \$80</li> </ul>
LEM IN 1000-S	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Escudo electrostático entre el circuito primario y secundario</li> <li>➤ Suministro de energía +/- 15 V</li> <li>➤ Rango de temperatura de funcionamiento de <math>-40</math> a <math>+85^{\circ}\text{C}</math></li> <li>➤ Salida de interfaz macho D-Sub 9</li> <li>➤ Salida de corriente</li> <li>➤ Montaje en panel plano o vertical</li> <li>➤ Salida adicional que indica el estado del transductor</li> <li>➤ LED externo que muestra la operación normal</li> <li>➤ Se espera que acomode conductores primarios redondos de hasta 38,2 mm de diámetro.</li> <li>➤ Precio \$63</li> </ul>

Fuente: Ramón Rojas (2023)

Una de las cosas importantes a considerar es que el sensor de corriente a seleccionar debe ser compatible con el arrancador suave SIEMENS 3RW3037-1BB14 SIRIUS S2, ya que la marca SIMENS tiene compatibilidad entre equipos de diferente marca.

LEM International SA posee una amplia gama de productos, los cuales varían de acuerdo a la tecnología que ofrecen. Para el presente estudio se seleccionó LEM IN 1000-S el cual observamos en la figura 9.

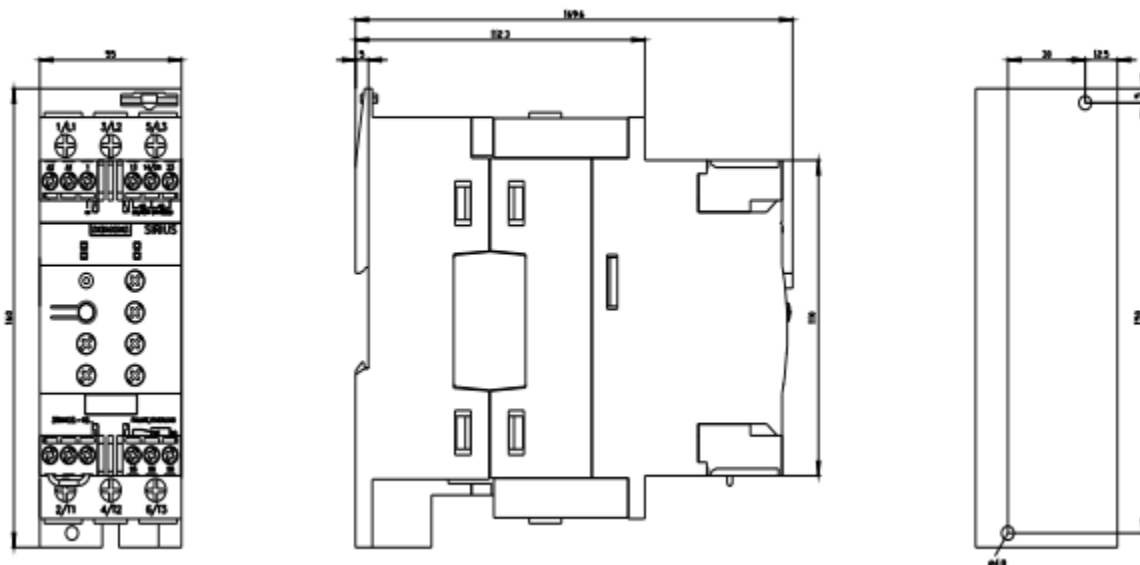


**Figura 9** Sensor de corriente LEM IN 1000-S

Fuente: LEM, 2022

**5.3 Fase III. Diseño de una propuesta para integrar el sistema de control para los CCM que proporcionen un arranque prolongado que suministrará voltaje a la máquina en forma paulatina, protegiendo al motor y a su vez este optimiza tiempo y recursos al reducir los mantenimientos por desgaste.**

### 5.3.1 Dimensiones



**Figura 10** Dimensiones del arrancador suave

Fuente: SIMENS 3RW4038-1BB14, 2022



### 5.3.3 Configuración

El tiempo y la tensión de arranque se pueden ajustar fácilmente por medio de 2 potenciómetros que aseguran una conducta de arranque óptima



**Figura 12** configuración del arrancador suave

Fuente: SIEMENS 3RW4038-1BB14, 2022

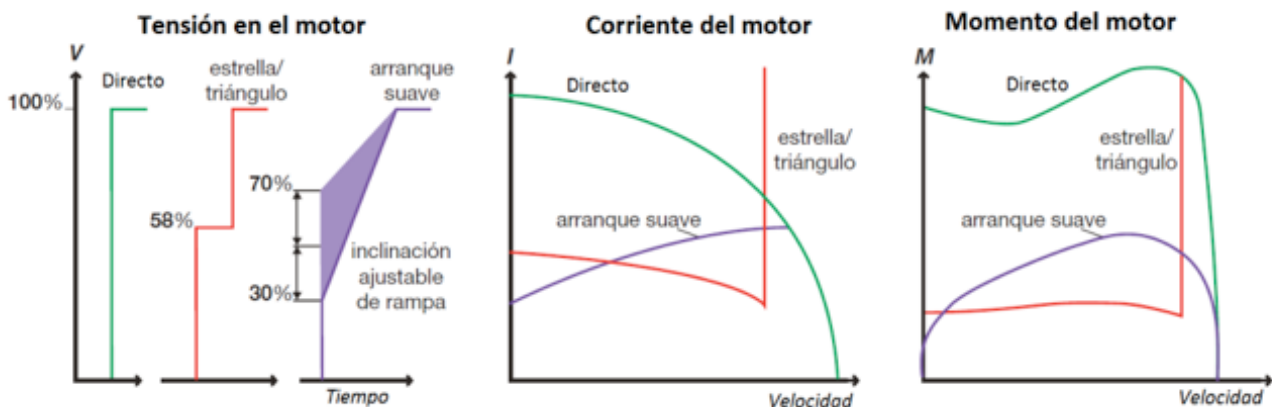
1. Tensión de empleo (tensión de red trifásica)
2. Tensión de alimentación del circuito de control
3. Entrada de arranque IN
4. Salida ON/RUN
5. Salida BYPASSED
6. Estado de LED DEVICE, STATE/BYPASSED, FAILURE
7. Estado de LED OVERLOAD, RESET MODE
8. Pulsador RESET/TEST
9. Limitación de corriente
10. Tiempo de rampa de arranque
11. Tensión de arranque
12. Tiempo de rampa de parada
13. Clase de disparo
14. Corriente por motor
15. Entrada de termistor
16. Salida de falla
17. Bornes de conexión del motor

## 18. Tecla RESET MODE

### 5.3.4 Control

Se puede controlar directamente desde su panel central el cual posee potenciómetros para la regulación de las variables de interés.

### 5.3.5. Curvas de comparación



**Figura 13** *Curvas comparativas del arrancador suave*

Fuente: Revistaespacios, 2017

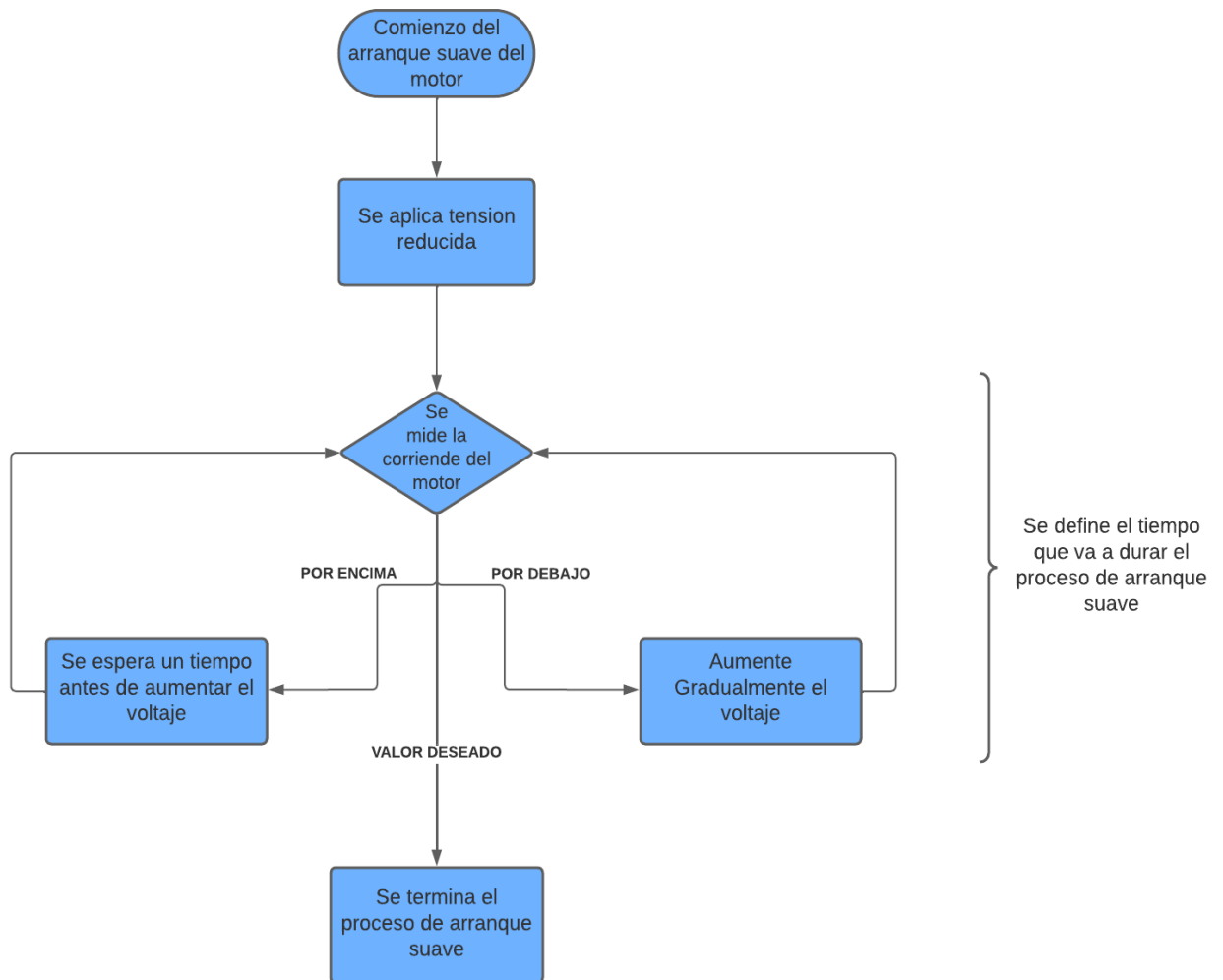
### 5.3.6 Seguridad

Posee un control bifásico y el principio de control patentado: “Polarity Balancing” (balanceo de polaridad), es un dispositivo que asegura operaciones seguras y estables. Además, el sistema de contacto de bypass integrado, reduce la pérdida de calor del arrancador suave durante las operaciones.

### 5.3.7 Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo, representan una herramienta muy implementada en el mundo de la automatización de procesos, ya que a través de ellos es posible obtener una visión clara y concisa de las diferentes situaciones presentes en un proceso facilitando así la lógica de programación necesaria para llevar a cabo la automatización del mismo.

En la figura 14, se puede observar el diagrama de flujo que pertenece al proceso de arranque suave del motor que se desea implementar en la empresa PDVSA.



**Figura 14** Diagrama de flujo del arrancador suave

Fuente: Ramón Rojas, 2023

### 5.3.8 Simulaciones

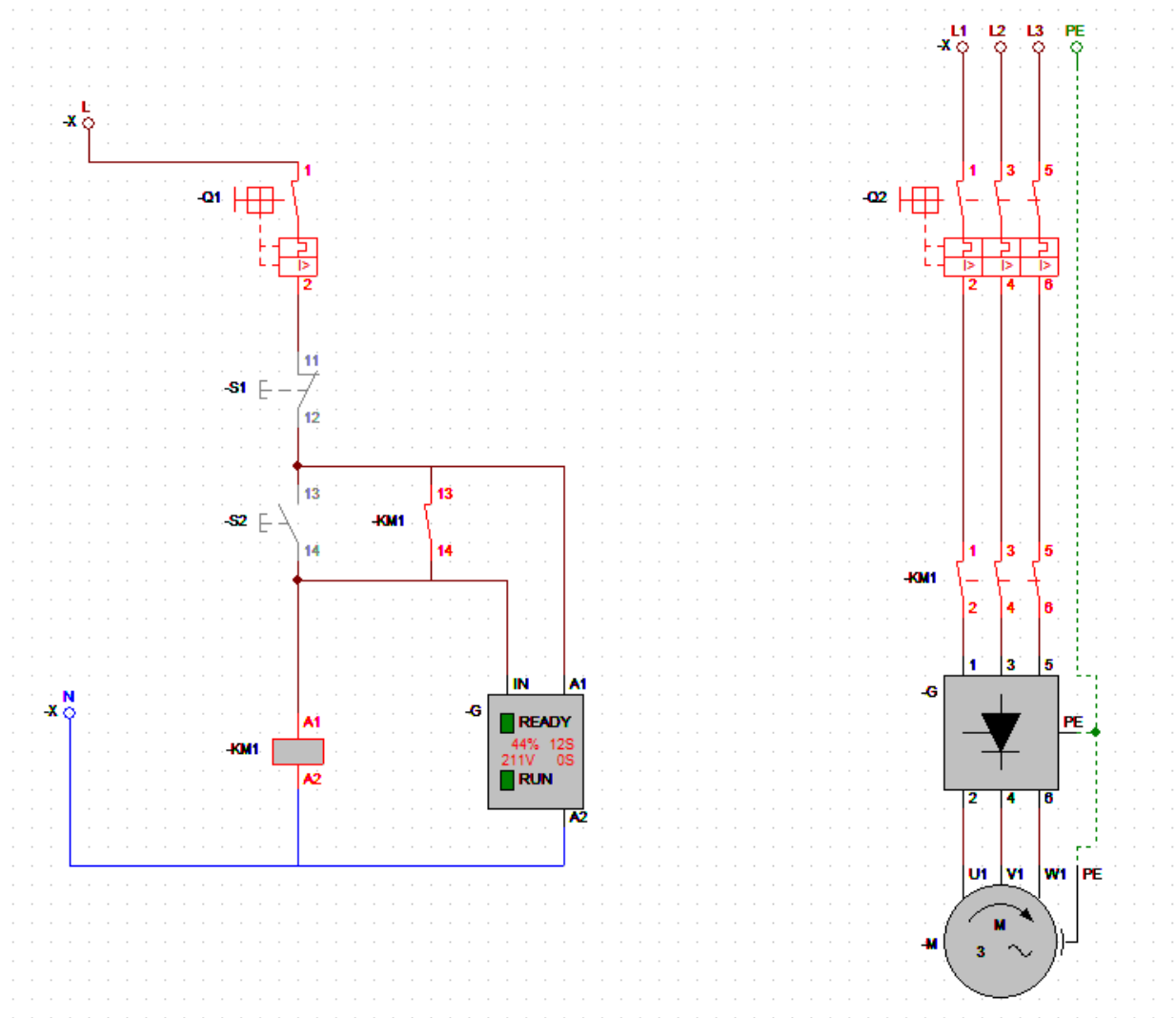
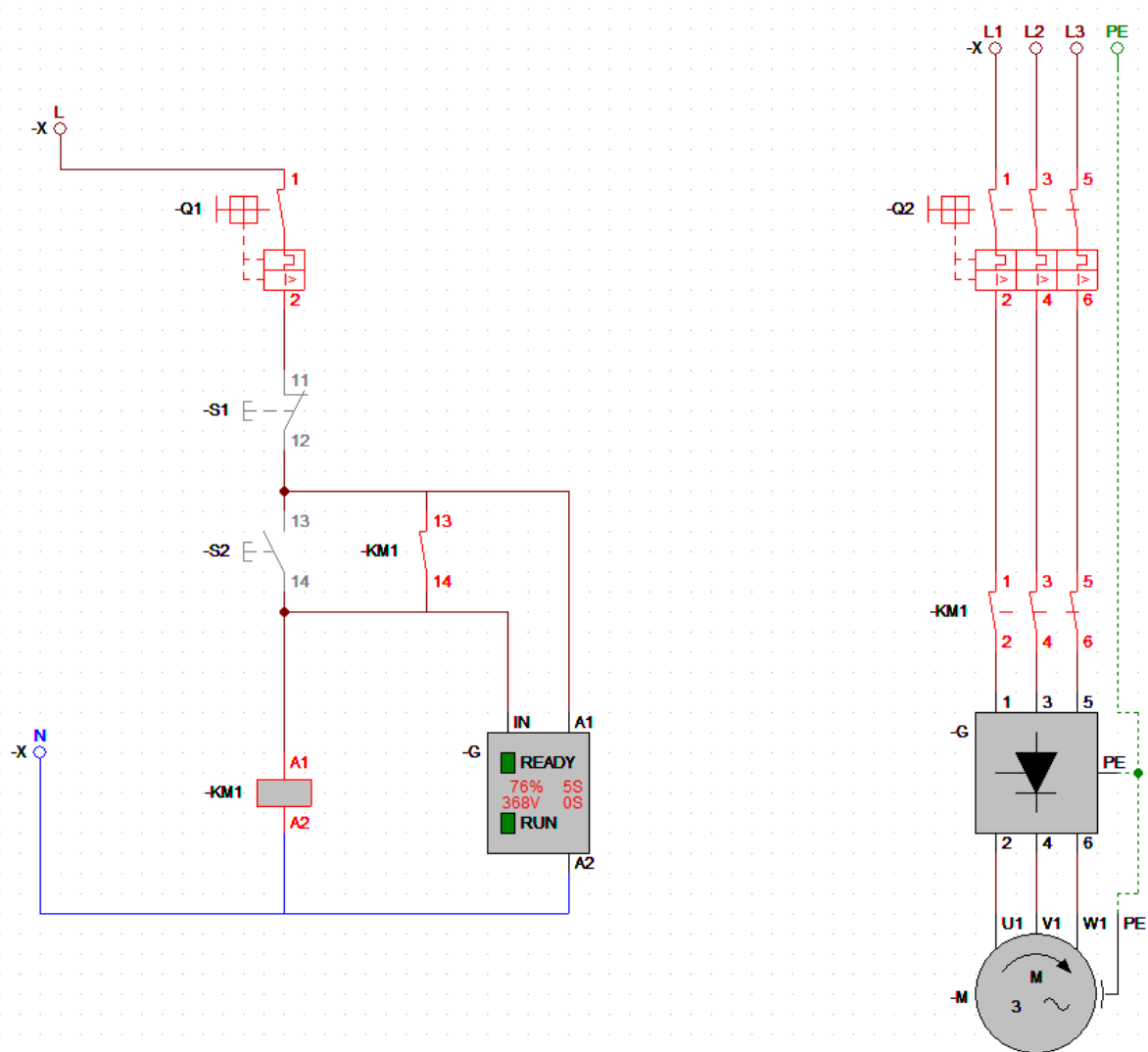


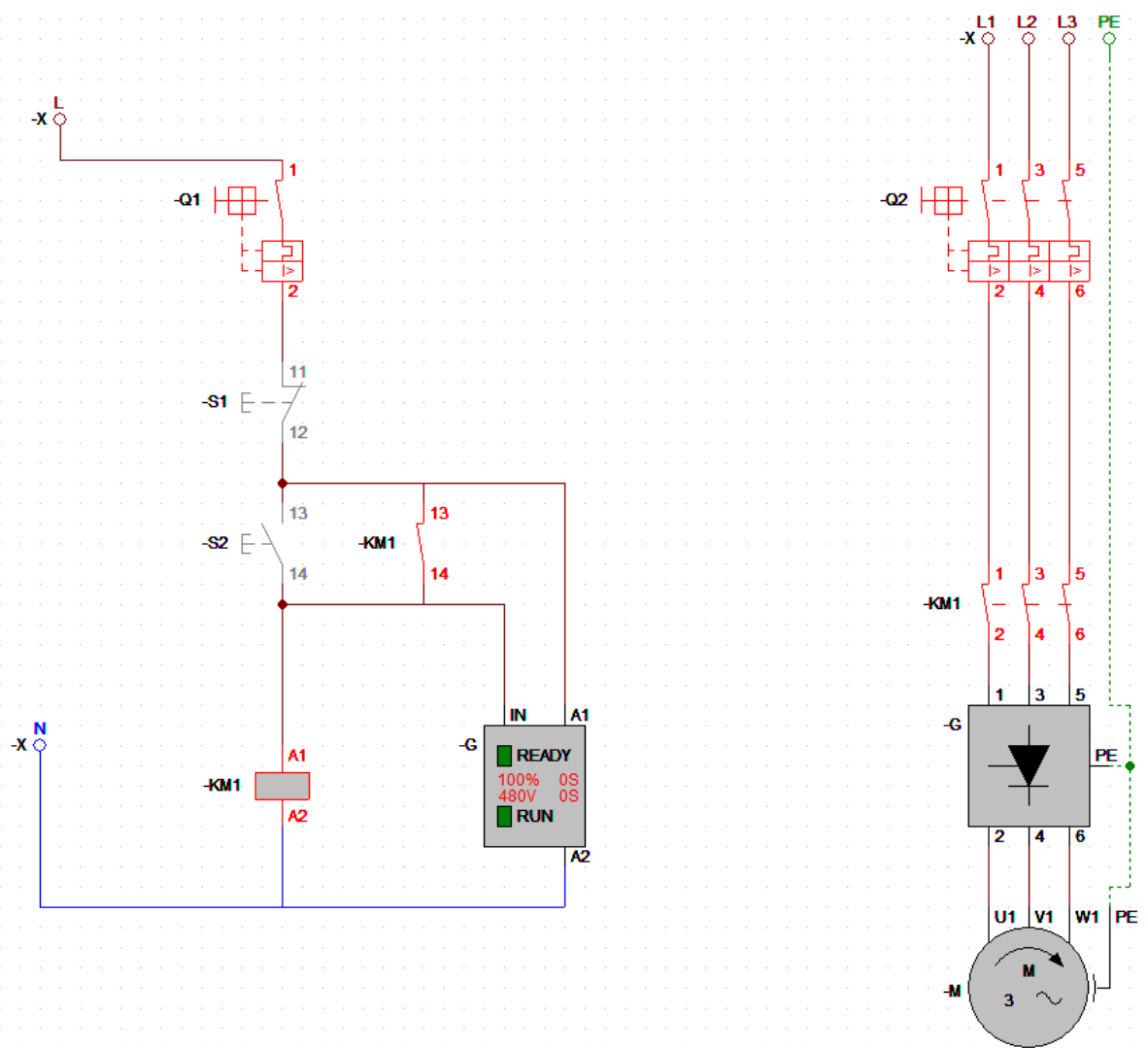
Figura 15 Arrancador suave a un 44% de su voltaje nominal

Fuente: Ramón Rojas, 2023



**Figura 16** Arrancador suave a un 76% de su voltaje nominal

Fuente: Ramón Rojas, 2023



**Figura 17** Arrancador suave a un 100% de su voltaje nominal

Fuente: Ramón Rojas, 2023

**5.4 Fase IV. Evaluación de la factibilidad técnica, operativa y económica de una propuesta para el diseño de los sistemas de control de los CCM**

Cuadro 5 Factibilidad técnica y operacional

<b>Factibilidad Técnica</b>		
<b>1</b>	¿La empresa PDVSA Gas cuenta con la alimentación de energía eléctrica que requieren el equipo para la automatización del proceso de enfriamiento del gas?	<b>Si</b>
<b>2</b>	¿Se dispone del espacio necesario para la implementación del arrancador suave, en la empresa PDVSA Gas?	<b>Si</b>
<b>3</b>	¿Se puede adquirir el elemento que se plantean en la propuesta?	<b>Si</b>
<b>Factibilidad operacional</b>		
<b>4</b>	¿El actual sistema de accionamiento permite minimizar los errores presentes en el proceso de refrigeración?	<b>No</b>
<b>5</b>	¿Cree usted que, con el mejoramiento del proceso de refrigeración del gas, con el controlador arrancador suave SIEMENS 3RW3037-1BB14 SIRIUS S2, mejoraría el proceso y la calidad del producto?	<b>Si</b>
<b>6</b>	¿Considera necesario que la manipulación de las variables de interés del proceso solo sea accesible para el personal autorizado?	<b>Si</b>
<b>7</b>	¿Considera necesario mejorar el proceso de refrigeración del gas de metano?	<b>Si</b>
<b>8</b>	¿Considera que el accionamiento directo de la máquina para el proceso de refrigeración del gas genere resultados óptimos?	<b>No</b>
<b>9</b>	¿Se encuentra en la capacidad de operar el proceso de accionamiento del motor por un arrancador suave?	<b>Si</b>

*Fuente: Ramón Rojas (2023)*

#### 5.4.1 Factibilidad Técnica

Como podemos observar, en los ítems correspondientes al estudio de la factibilidad técnica del cuestionario realizado, se concluye que la empresa PDVSA cuenta con el espacio disponible para la implementación del sistema de control en el proceso de compresión del gas, cuenta con la alimentación de energía eléctrica necesaria para la implementación del sistema de control de arranque del motor para poder tener así un arranque suave.

Actualmente en el mercado, en el área de automatización industrial, existen los recursos tecnológicos necesarios para llevar a cabo la mejora del sistema de arranque del motor que se encarga del enfriamiento del proceso. Con este propósito en mente, el uso de un arrancador suave es lo que cumple todas las necesidades, lo cual se traduce en la optimización del proceso.

#### 5.4.2 Factibilidad Operativa

Al estudiar los ítems del cuestionario correspondiente a la factibilidad operativa, se demuestra que este actualmente no genera resultados óptimos, por lo que existe la necesidad de realizar un diseño de automatización que haga uso de un arrancador suave.

Además, que el personal encuentra la implementación como un impacto positivo para el proceso de enfriamiento de gas.

También, se estableció que el personal técnico de la empresa se encuentra en total capacidad de operar un proceso automatizado del arranque del motor, por lo tanto, la propuesta se determina como operativamente factible.

#### 5.4.3 Factibilidad Económica

Para poder establecer la factibilidad económica de la propuesta se procedió a realizar un estudio de precios de los equipos que son necesarios para llevar a cabo la mejora del proceso de arranque del motor

Cuadro 6 análisis de operaciones, costos y pérdidas

Descripción	Precio
Ganancia por millón de BTU	\$0.50
Gas comprimido por día en Millones de pies cúbicos estándar día	170
Gas comprimido por día en Millones de BTU	174.760
Ganancias diarias	\$87.380
Ganancias anuales	\$31.893.700
Cantidad de días aproximados por paradas correctivas al año	54
Ganancias anuales con paradas	\$27.175.180
Pérdida anual	\$4.718.520

Fuente: Ramón Rojas (2023)

Lo más relevante del cuadro anterior, podemos notar que, debido a la cantidad de paradas correctivas, tenemos una serie de días que el turbocompresor se mantiene parado, por lo que anualmente tendría una pérdida de aproximadamente \$4.718.520 lo que equivale a un 14.79% de la producción anual.

Con el arrancador suave, se podría evitar este tipo de paradas los que nos da una mayor compresión y distribución de gas a nivel anual pasando de 54.350.360 millones de BTU anuales a 63.787.400 millones de BTU anuales.

Cuadro 7 Precio del proyecto

Descripción	Cantidad	Precio
Mano de obra	1	\$100
SIEMENS 3RW4037-1BB14 SIRIUS S2	1	\$1.650
LEM IN 1000-S	1	\$68
Terminal De Cobre Para Cable #4 Awg 75° C	6	\$30
Cableado Cable #4 Awg 75° C	1 m	\$5,20
Total		\$1.853,20

*Fuente: Ramón Rojas (2023)*

Se concluye entonces, que es necesaria una inversión de \$1.853,20 para la implementación de la propuesta de mejoramiento del proceso de arranque del motor.

Tomando un 0,5% de las ganancias mensuales, que nos da como resultado la aplicación del arrancador suave, esto equivaldría a \$1.966,05 lo que paga por completo el proyecto en 1 mes.

Al culminar el estudio de factibilidad técnica, operativa y económica, se concluye que la propuesta es factible técnicamente, ya que los equipos seleccionados son compatibles entre ellos. Además, es un diseño cómodo, con una facilidad de operar, lo que le da flexibilidad al sistema. Es operativamente factible, puesto que el personal encuentra su implementación como un impacto positivo en el proceso del arranque del motor.

Finalmente, se observó que no se requiere de una inversión inicial alta para implementar la propuesta. Sin embargo, con el nuevo sistema, se estima que disminuye en un 95% las paradas por mantenimiento tanto correctivo como preventivo, aumentando notablemente la compresión y distribución de gas metano lo que resulta en un aumento económico para la empresa.



## CONCLUSIÓN

Una vez finalizado el presente trabajo de investigación, cuyo objetivo fue el de diseñar un sistema de control para el mejoramiento del proceso del arranque del motor basado en un arrancador suave que baje el torque y el nivel de corriente, se pueden emitir las siguientes conclusiones:

La propuesta de diseño para el sistema de accionamiento del motor eléctrico, se enfoca en mejorar la eficiencia energética, reducir los costos de operación y mantenimiento, y prolongar la vida útil del equipo. Para lograr estos objetivos, se propone la utilización de un arrancador suave, el cual permite controlar la corriente de arranque del motor y reducir el desgaste del mismo, lo que, a su vez, se traduce en una disminución de los costos de mantenimiento y una prolongación de la vida útil del motor. Además, el arrancador suave también contribuye a mejorar la eficiencia energética del sistema, ya que reduce la demanda de energía en el arranque del motor y minimiza las pérdidas asociadas a la corriente de arranque.

La metodología empleada en el diseño se basó en un enfoque sistemático y riguroso, que contempló la selección adecuada de los componentes y materiales, la simulación y análisis del sistema. Para la selección de los componentes, se consideraron aspectos como la capacidad de carga y la compatibilidad con el arrancador suave para poder realizar el montaje de los componentes seleccionados. Finalmente, se realizó un estudio de costo para poder ver la factibilidad y validar propuesta realizada

Debido este trabajo de grado se da a conocer que el uso del arrancador suave es una solución efectiva para controlar la corriente de arranque y reducir el desgaste del motor, lo que se traduce en una mayor eficiencia energética y una prolongación de la vida útil del equipo, además de una mejora en la compresión anual de gas que equivale a una mayor ganancia.

En resumen, se espera que esta propuesta de diseño sea útil para futuros desarrollos y mejoras en el sistema de accionamiento de la planta compresora de gas Morón, y para la implementación de arrancadores suaves en otros equipos con motores eléctricos, con el fin de mejorar la eficiencia energética, reducir los costos de operación y mantenimiento, y prolongar la vida útil del equipo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo una fase de pruebas después de hacer las instalaciones de los equipos, con el fin de realizar los ajustes que se necesiten para el manejo del arranque del motor, como serian el rango de acción del disparo y en cuanto tiempo se llega a los valores nominales.
- Implementar el proyecto lo antes posible, ya que en función de lo estudiado se disminuirían los tiempos de parada correctivas, y menor materiales de mantenimiento, lo cual disminuiría los costos de proceso.
- Implementar el proyecto en los demás motores para que en todo el proceso estos tengan una mayor vida útil y el proceso de refrigeración tenga menos paradas correctivas.
- Desarrollar un manual de usuario, ajuste y de análisis de solución de problemas del sistema de arranque suave del motor, para entrenar a los operarios de la misma y al personal de mantenimiento.

## REFERENCIAS

- Arias, Fidas. (2012). **El Proyecto de Investigación**. 6ta Edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Bolaños C., Portilla A. (2002) **Arrancadores Suaves para Motores Trifásicos de Inducción**  
Chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10433/3/T2043.pdf. Quito, Ecuador.
- Echeverría D., Villanueva J., (2008) **Diseño y Construcción de un Arrancador Suave Aplicado a un Motor de Inducción Trifásica**  
chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/483/digital\_17607.pdf?sequence=1&isAllowed=y.  
Bucaramanga, Colombia.
- Escobar C., Garnica I., Rojas S., (2021) **Implementación De Ahorro Energético En Motores Ac Por Medio De Arrancadores Suaves Y Variadores De Velocidad**  
chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/bitstream/pascualbravo/1631/1/Rep\_IUPB\_Tec\_Ele\_Arrancadores.pdf.  
Medellín, Colombia.
- Estrella A., Ortega R., Romero D., (2021) **Implementación De Un Módulo Didáctico De Arrancadores Suaves Para Motores Trifásicos En El Laboratorio De La Carrera De Electricidad**.  
<https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/19>. Tsáchilas, Ecuador.
- García J. (2011) **Diseño y Puesta en Marcha de un Arrancador Suave**  
chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/483/digital\_17607.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Mérida, Venezuela.
- Kling S. (2002) **Nuevos Arrancadores Suaves Para Motores Eléctricos**  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=209556>. Suecia

Quispe René (2019) **Mantenimiento Del Sistema De Control Y Sistema Eléctrico De La Planta De Gas Sirari**

Chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/28014/P-2397.pdf?sequence=1&isAllowed=y. La Paz Bolivia.

Villajulca J., (2012) **Arrancadores a Tensión Reducida: Estrella-Triángulo Y Estatórico Con Resistencias.**

https://instrumentacionycontrol.net/arrancadores-a-tension-reducida-estrella-triangulo-y-estatorico-con-

resistencias/#:~:text=Este%20procedimiento%20consiste%20en%20arrancar,58%25%20de%20la%20tensi%C3%B3n%20nominal. Lima, Perú.

Weg (2021) **Arrancadores Suaves: ¿Cómo Elegir El Modelo Ideal Para una Aplicación?**

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1d/hb3/WEG-sugerencia-tecnica-arrancadores-suaves-50085126-es.pdf.

Brasil.

DataSheet (2021) **Arrancador suave SIEMENS Sirius**

https://motores-electricos.com.ar/wp-content/uploads/2017/06/Arrancadores-Suaves-Resumido.pdf

DataSheet (2020) **Arrancador suave SIEMENS 3RW30**

https://www.electricalautomationnetwork.com/PDF/PIM/SIE/ES\_3RW3037-1BB14.pdf

DataSheet (2020) **Arrancador suave SIEMENS 3RW3037-1BB14 SIRIUS S2**

file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Arrancadores%20suaves%20SIRIUS%203RW.pdf

DataSheet (2020) **Sensor de corriente SIEMENS 3RV2901-1E**

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://media.automation24.com/datasheet/es/3RV29011E.pdf

# APÉNDICES

## **APÉNDICE A**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

### INSTRUCCIONES PARA LA GUÍA DE ENTREVISTA

- Indique su función dentro de la empresa.
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas.
- Responda de manera objetiva.
- En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar la entrevista.

*Cuadro de Operacionalización de variables*

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS*
Determinar las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas en PDVSA Gas	Descripción física de las máquinas de las cuales se conforma el proceso	Características físicas, mecánicas y eléctricas que comprenden el sistema de accionamiento	Tipo de Motores	1
			Características	2
			Carga Mecánica (Torque)	3
	Control del funcionamiento de las máquinas de las cuales se conforma el proceso	Son todas las características que controlan el mantenimiento de la máquina	Protecciones ante fallas mecánicas	4
			Protocolo de mantenimiento	5

Fuente: Ramón R (2023)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

### **INSTRUCCIONES PARA LA GUÍA DE ENTREVISTA**

- Indique su función dentro de la empresa.
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas.
- Responda de manera objetiva.
- En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario.

<b>N°</b>	<b>Guion de entrevista</b>
<b>1</b>	¿Cuáles son los motores eléctricos que están empleados en el proceso de enfriamiento de gases?
<b>2</b>	¿Cuáles son las características de los motores eléctricos?
<b>3</b>	¿Cuál será la carga mecánica total de estos motores eléctricos en el proceso de enfriamiento de gas?
<b>4</b>	¿Cuál es la frecuencia de las paradas no planificadas de los ventiladores?
<b>5</b>	¿Cuál es el protocolo debido a una falla mecánica?

## **APÉNDICE B**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ESTIMADO PROFESOR (A):**

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la Empresa PDVSA Gas, ubicada en el Municipio Juan José Mora, Estado Carabobo, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Determinar las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas en la empresa PDVSA Gas, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

**AUTOR (A):**

Rojas, Ramón

C.I.: 28.480.409

**TUTOR (A):**

Sanchez, Gerson

C.I.: 7.143.386



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	/			/		
2	/			/		
3	/			/		
4	/			/		
5	/			/		
6						

Firma del Especialista:

Fecha: 03/02/2023

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ingeniero en Computación. Coordinador de Ciencias Básicas Aplicadas a la Ingeniería.
--	--



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ESTIMADO PROFESOR (A):**

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la Empresa PDVSA Gas, ubicada en el Municipio Juan José Mora, Estado Carabobo, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Determinar las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas en la empresa PDVSA Gas, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

**AUTOR (A):**

Rojas, Ramón

C.I.: 28.480.409

**TUTOR (A):**

Sanchez, Gerson

C.I.: 7.143.386




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		

Fecha: 03 / 02 / 2023

  
Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:

Ingeniero Mecánico  
Dra. Ciencias de la Educación



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ESTIMADO PROFESOR (A):**

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la Empresa PDVSA Gas, ubicada en el Municipio Juan José Mora, Estado Carabobo, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Determinar las condiciones actuales de los equipos y componentes que conforman el proceso de enfriamiento del gas en la empresa PDVSA Gas, de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

**AUTOR (A):**

Rojas, Ramón

C.I.: 28.480.409

**TUTOR (A):**

Sanchez, Gerson

C.I.: 7.143.386



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5						
6						

Fecha: 06/02/2023

  
Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:

ING. MECÁNICO  
ESP. EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL  
DI. EN EDUCACIÓN

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

