

**Tesis Monográfica para optar al Título de  
Ingeniero Eléctrico**

**Título**

**“Propuesta para el mejoramiento del sistema de control eléctrico, del  
separador ciclónico mediante bombas de fluido hidráulico y VDF”**

**Autores:**

➤ Br. Leonardo Fabio Torres Salas 2007-21843

-

**Tutor:**

Ing. Juan González Mena

**Managua, agosto 2019**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción .....	4
II.	Antecedente .....	6
III.	Justificación .....	7
IV.	Objetivos .....	8
V.	Marco Teórico .....	9
5.1	Sistemas de control.....	9
5.2	Clasificación de lazo de control.....	9
5.3	Separador ciclónico .....	13
5.4	Variador de Frecuencia .....	14
5.5	Cómo seleccionar VDF para mejorar control y eficiencia de los motores .....	14
5.6	Qué tan grande debe ser el variador de frecuencia .....	15
5.7	Industria 4.0 .....	15
5.8	Fundamentos de control.....	17
5.9	Motores eléctricos monofásicos y trifásicos.....	18
5.10	Planos Eléctricos.....	21
VI.	Metodología de Trabajo.....	24
6.1	Recopilación de la información y trabajo de campo.....	24
6.2	Análisis de datos.....	24
6.3	Análisis de problemas potenciales.....	25
6.4	Búsqueda en el mercado local los equipos .....	25
6.5	Elaborar el informe del estudio para la implementación del sistema .....	25
VII.	Resultado del sistema de control del separador ciclónico .....	26
VIII.	Diseño del diagrama de fuerza y mando .....	29
IX.	Conclusiones .....	31
X.	Bibliografía .....	32

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>VDF</b>	Variador de frecuencia
<b>DDC</b>	Direct Digital Control
<b>W</b>	Vatios
<b>A</b>	Amperio
<b>Ft</b>	<i>Feet</i> (Pie)
<b>F</b>	Fuerza
<b>N</b>	velocidad síncrona rpm
<b>RP</b>	Revoluciones por minuto.
<b>V</b>	Voltio
<b>P</b>	Potencia
<b>VCA</b>	Voltaje de corriente alterna
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>Hz</b>	Hercio
<b>Hp</b>	<i>Horse Power</i> (Caballos de Potencia)

---

## I. Introducción

Los ciclónicos, son dispositivos clásicos de separación de partículas transportadas por una corriente de fluido, han despertado un creciente interés debido a que son una alternativa muy práctica y económica para la remoción de partículas de diversos fluidos y debido a su aplicación en la limpieza de gases.

En este trabajo se describirá el sistema de control de un separador ciclónico y los principales parámetros que influyen en su funcionamiento y se presenta una propuesta de mejora en el diseño del sistema.

Dentro de la gran variedad de sistemas que pueden involucrar a un sistema, se debe responder a las necesidades existentes en el control y medición de los separadores verticales de alta presión, las cuales son mantener confiables los sistemas de control del proceso, reduciendo costos, eliminar errores de operación y modernizar el sistema, mediante el control y monitoreo automatizado de las válvulas que cargan y descargan al separador vertical.

El objetivo principal de esta tesis es presentar una propuesta del control del sistema eléctrico, dicha propuesta de automatización del sistema separador ciclónico, se implementará con el fin de tener un mayor control del sistema de separación de mezcla, proporcionando un sistema de supervisión y control automático.

El desarrollo de esta propuesta de tesis se realizó con el fin de automatizar el control eléctrico del separador ciclónico. El sistema consistirá en controlar el nivel de condensado dentro de un separador ciclónico, para evitar la llegada del mismo a las turbinas de vapor

Este separador se encuentra dentro de una batería de separación donde dicha batería tiene como proceso separar la mezcla, el condensado que es separado del vapor es succionado por medio de unas bombas de fluido hidráulico las cuales son

---

gobernadas por motores eléctricos y estos a su vez son controlados por variadores de frecuencias (VFD).

Los variadores de frecuencia a su vez son gobernados por un controlador de nivel que recibe una referencia de un transmisor de nivel, logrando esto por medio del nivel del separador, el controlador envía una señal análoga a los variadores para controlar el nivel.

El funcionamiento de los motores tiene un arreglo mecánico en el cual la descarga del primero es la succión del segundo y viceversa con los otros motores, en total son dos arreglos de dos motores.

---

## II. Antecedente

Los separadores ciclónicos suelen encontrarse en etapas de pre-limpieza, en serie con otros dispositivos más eficientes. Estos dispositivos también se emplean como clasificadores de tamaños de partícula. El rango de aplicaciones de los separadores ciclónicos es muy amplio por ejemplo en la industria alimenticia, donde otros tipos de filtros pueden contaminar el producto; como dispositivo de control de emisiones en las industrias de producción de cemento y caliza, en transporte, secado y molienda de cereales, pero son mayormente usados para remover polvo o partículas sólidas del aire u otros gases [

La función principal de un ciclón es separar la mayor cantidad de sólidos de la corriente gaseosa con la mínima pérdida de presión posible, objetivo hacia el que se han dirigido la mayoría de los estudios de optimización de ciclones.

A finales del siglo pasado, la empresa American Morse solicitó la patente del primer separador ciclónico. Años más tarde, en la revista "Prometeus" de 1894, se describía a este equipo como "un pequeño dispositivo de dimensiones relativamente reducidas y gran simplicidad de construcción", en el cual el polvo se depositaba "debido a la fuerza centrífuga y a la brusca inversión del flujo de aire que circula en el ciclón". Desde entonces, la base de diseño de estos equipos de separación apenas ha cambiado muy poco.

En el Centro de Documentación de la Facultad de Electrotecnia y Computación, no se encontraron temas sobre sistemas de separación ciclónico, solo se encontró el siguiente trabajo monográfico que tienen cierta relación:

En el cual el profesor Ing. Juan González Mena de la Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua presento como tutor del trabajo monográfico Diseño de un sistema de control para instalaciones de aire acondicionado central HVAC con compresores y ventiladores en la industria Conne Dennin. En este trabajo se realizará el diseño eléctrico del separador ciclónico mediante bombas de fluido hidráulico controladas por VDF.

---

### **III. Justificación**

Con el nuevo diseño propuesto de control separador ciclónico mediante bombas de fluido hidráulico controladas por VDF se busca que el sistema cumpla con las necesidades de controlar el nivel de condensado dentro de un separador ciclónico, para evitar la llegada del mismo a las turbinas de vapor.

Se benefician los estudiantes y profesores ya que el resultado del estudio una vez desarrollado, puede ser el punto de partida para un próximo trabajo de tesis.

Para los usuarios esto ha sido un dilema ya que buscan un sistema de control integrado que sea versátil, adaptable, económico y capaz de ínter operar con otros sistemas de tal forma que no tengan que dependen de una sola marca o fabricante.

Se buscan establecer un diseño estándar de control que permita a todos los fabricantes ser más flexible entre sí y hablar el mismo lenguaje. Esto da como resultado un beneficio mayor que es la interoperabilidad.

Este trabajo pretende colaborar ofreciendo un control del separador ciclónico que permitirá que sea más sencillo y rápido de diseñar e implementar en campo, así como más económico al usuario final.

---

## **IV. Objetivos**

### **3.1 Objetivo General**

- Diseñar una propuesta para el mejoramiento del sistema de control eléctrico, del separador ciclónico mediante bombas de fluido hidráulico y VDF

### **3.2 Objetivo Específico**

- Estudiar la teoría sobre los sistemas de separador ciclónico, así como los procesos que lo conforman.
- Utilizar el software CADE\_Simu para el diseño de los planos del sistema eléctrico del separador ciclónico.
- Estudiar los elementos de monitoreo y sensado de un sistema separador ciclónico
- Controlar el nivel de condensado dentro de un separador ciclónico, para evitar la llegada del mismo a las turbinas de vapor Mediante el control y monitoreo automatizado de las válvulas que cargan y descargan al separador vertical



---

## V. Marco Teórico

El control automático se define como el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla.[1]

### 5.1 Sistemas de control

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema. [1]

### 5.2 Clasificación de lazo de control

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y de lazo cerrado; los cuales se definen a continuación

- **UN SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO:** Es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.
- **UN SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO:** Es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida. [1]

#### LAZO DE CONTROL CERRADO

- - Sensores de Nivel.
- - Transmisor.
- - Variadores de frecuencia
- - Relevadores de Control.
- - Válvulas.

---

## ➤ **SENSORES.**

Un sensor o transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro. Se utiliza para medir una variable física de interés, y se pueden clasificar en dos tipos básicos, analógico o digitales dependiendo de la forma de la señal convertida.

Los transductores analógicos proporcionan una señal variable continua, por ejemplo, voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Los transductores digitales producen una señal de salida que en código binario se considera bajo o alto (ceros o unos), en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con los controladores que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos. [1]

## TIPOS DE SENSORES

### **INDUCTIVOS**

Los sensores inductivos consisten en una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial. Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar un tiristor y con ello, lo que esté conectado al mismo, de forma digital (ON-OFF) o, analógicamente. Si el objeto metálico se aparta de la bobina, la oscilación vuelve a empezar y el mecanismo recupera su estado original.

Estos sensores pueden ser de construcción metálica para su mayor protección o, de caja de plástico. Y pueden tener formas anular, de tornillo, cuadrada, tamaño interruptor de límite, etc.

---

Además, por su funcionamiento pueden ser del tipo empotrable al ras en acero o, del tipo no empotrable. Los del tipo no empotrable se caracterizan por su mayor alcance de detección, de aproximadamente el doble.

La técnica actual permite tener un alcance de hasta unos 100 mm en acero. El alcance real debe tomarse en cuenta, cuando se emplea el mismo sensor en otros materiales.

Eléctricamente se especifican por el voltaje al que trabajan (20-40 V C.D., 90-130 V C.A., etc.) y por el tipo de circuito en el que trabajan (dos hilos, PNP, NPN, 4 hilos, etc.). Generalmente los tipos en corriente directa son más rápidos - Funcionan en aplicaciones de alta frecuencia. - que los de corriente alterna. [1]

## **CAPACITIVOS**

Existen muchas aplicaciones que requieren el sensor a distancia materiales no metálicos y, para ello se emplea este tipo de sensor que usa el efecto capacitivo a tierra de los objetos a sensor. Ejemplos: Presencia de agua en un tubo o el cereal dentro de una caja de cartón.

El elemento funcional primario del sensor capacitivo de proximidad es un oscilador de alta frecuencia con un electrodo flotante en el circuito de base de un transistor.

En el estado de inactividad hay un campo ruidoso en la región de base, que representa el área activa del sensor de proximidad. Cuando un objeto aparece dentro del área activa, empiezan las oscilaciones.

La etapa de conmutación rectifica las oscilaciones de alta frecuencia y la señal continua resultante se aplica a la etapa de salida. La etapa de conmutación incluye un sistema de señal de retroalimentación, el nivel del cual puede ajustarse en algunos modelos, a través de un potenciómetro; esto capacita el sensor de proximidad de variar su sensibilidad de respuesta. [1]

---

Principalmente se emplean para líquidos y sólidos no metálicos y, externamente son muy parecidos a los sensores inductivos.

Tanto los sensores inductivos como los capacitivos tienen una distancia máxima de accionamiento, que depende en gran medida del área de la cabeza sensora (bobina o electrodo), por ello a mayor diámetro, mayor distancia máxima.

Además, la distancia de sensado siempre se especifica para agua en estado líquido, pero, para otros materiales es diferente. Para el vidrio se tiene que considerar un factor de corrección del 65%, mientras que para el agua congelada del 30%.

Además de los voltajes y circuitos mencionados en los inductivos, existe también en los sensores capacitivos un tipo con salida analógica (4-20 mA).

#### ➤ **TRANSMISOR.**

Es un dispositivo que capta la variable de proceso a través del elemento primario, codifica las señales ópticas, mecánicas o eléctricas, las amplifica, y las convierte a una señal de transmisión estándar.

#### TIPOS DE TRANSMISORES.

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumática, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas. Las más empleadas son las tres primeras, las hidráulicas se utilizan cuando se necesita una gran potencia, y las telemétricas cuando hay distancia de varios kilómetros. [1]

#### ➤ **VÁLVULAS DE CONTROL.**

En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable.

---

Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.

Una válvula de control se compone básicamente del cuerpo y del servomotor. El cuerpo contiene en su interior el obturador y los asientos, y está provisto de rosca o de bridas para conectar la válvula a la tubería.

El obturador es quien realiza la función de control de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo. Esta unido en un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el servomotor.

### **5.3 Separador ciclónico**

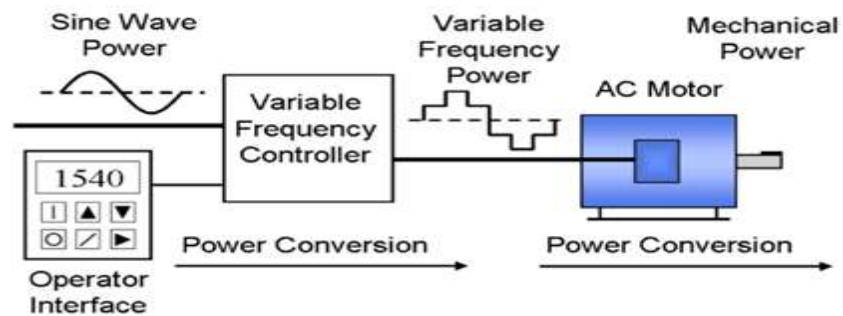
Un separador ciclónico es un equipo utilizado para separar partículas sólidas suspendidas en el aire, gas o flujo de líquido, sin el uso de un filtro de aire, utilizando un vórtice para la separación. Los efectos de rotación y la gravedad son usados para separar mezclas de sólidos y fluidos. El método también puede separar pequeñas gotas de un líquido de un flujo gaseoso.

Ciclones de gran escala son utilizados en aserraderos para eliminar el serrín y polvo de los extractores colocados en las distintas máquinas del aserradero. Los ciclones también son usados en refinerías de petróleo para separar aceites y gases, y en la industria del cemento como componentes del precalentador del horno. Se ha incrementado el uso de los ciclones dentro de las casas, como principal tecnología de las aspiradoras portables en limpiadoras de vacío y limpiadoras centrales de vacío. Los ciclones también son utilizados en ventiladores de cocina industriales o profesionales para la separación de grasa del flujo de aire. Pequeños ciclones son utilizados para el análisis de partículas contenidas en el aire libre. Algunos son lo suficientemente pequeños para ser llevados en la ropa, y son utilizados para separar partículas respiradas para análisis posteriores. [3]

---

## 5.4 Variador de Frecuencia

El sistema Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. [5]



## 5.5 Cómo seleccionar VDF para mejorar control y eficiencia de los motores

Se Para seleccionar variadores de frecuencia es necesario considerar algunos consejos que permitan garantizar la inversión con el pasar del tiempo. Los avances en la tecnología de motores eléctricos de alta velocidad junto con las mejoras en el coste y el rendimiento de los sistemas VFD (variadores de frecuencia), hacen que el acoplamiento directo de un motor eléctrico sin engranajes a una bomba valga la pena considerar.

En general, un variador de frecuencia toma una fuente de alimentación de CA y la convierte en alimentación de CC. La parte de control de velocidad del variador usa el voltaje de CC para crear impulsos de CC en frecuencia variable para impulsar el motor de salida a velocidades diferentes a las 3.600 rpm o 1.800 rpm u otra velocidad, dependiendo del número de polos en los que el motor fue diseñado para funcionar. Una tensión de alimentación de 60 o 50 Hz AC.

---

## 5.6 Qué tan grande debe ser el variador de frecuencia

El tamaño del VFD debe elegirse en función de la corriente máxima del motor en la demanda máxima y no en base a la potencia del motor. El arranque constante, la parada y las cargas dinámicas afectan a la electrónica dentro del VFD mucho más que el efecto que tienen sobre el bus de potencia local y un arrancador de motor de voltaje completo. Por lo tanto, se debe utilizar la corriente máxima de demanda.

Puede ser tentador dimensionar una unidad de frecuencia variable (VFD) basada sólo en la potencia. Sin embargo, existen otros factores a considerar antes de seleccionar el mejor variador de frecuencia para tu fábrica. Es por ello, que este artículo te explicamos cómo seleccionar variadores de frecuencia para mejorar el control y eficiencia de los motores, así como su vida útil y otros parámetros. [5]

## 5.7 Industria 4.0

Un elemento clave de Industria 4.0 es la capacidad para obtener y procesar datos mediante sensores y dispositivos inteligentes integrados en máquinas o procesos. Esos datos se convierten en información útil para diversas aplicaciones, como diagnósticos predictivos, optimización de procesos e integración máquina a máquina.

- Nuestras soluciones de motores y accionamientos inteligentes desempeñan un papel fundamental en la recopilación de información en la primera línea del proceso:
- Nuestros accionamientos y motores facilitan un aprovechamiento más inteligente de la energía mediante la medición y la optimización del consumo.

- 
- Nuestros accionamientos suelen conectarse a sensores externos críticos para el proceso, como los de flujo, temperatura y posición.
  - Los accionamientos también generan información crucial para el proceso, como velocidad, par, corriente y temperatura.
  - Los encoders proporcionan datos que permiten configurar automáticamente los accionamientos y medir la velocidad, posición y vibración de los motores. Al mismo tiempo, los accionamientos registran los datos aportados por las sondas de temperatura del motor.
  - La posibilidad de usar tarjetas de memoria SD fomenta la incorporación masiva y eficaz de datos.
  - El control integrado mediante programación estándar facilita la toma rápida de decisiones específicas.
  - La compatibilidad con todos los principales protocolos industriales en base Ethernet ofrece comunicación sencilla y abierta dentro de toda la fábrica.
  - Nuestros sistemas de motores y accionamientos pueden comunicarse por Internet o dentro de una red mundial privada para supervisión y diagnóstico remotos

Industria 4.0 consiste en tener las máquinas totalmente conectadas de manera que todos los sensores compartan todos los datos constantemente para optimizar y aumentar la producción.

Nuestra tecnología funciona como un núcleo de recopilación de datos para aprovechar toda la información de los sensores de componentes existentes. Ello permite el mantenimiento predictivo y la optimización de la maquinaria. También es posible analizar los datos para mejorar el diseño de futuras máquinas.

La conectividad continua permite reconfigurar los modelos de negocio mediante el uso de Big Data. Por ejemplo, se puede cobrar a los clientes por unidad producida en vez de por el precio de la máquina y reducir los costes de servicio mediante la asistencia remota.



---

El concepto Industria 4.0 también sirve para facilitar la personalización masiva. Los fabricantes de automóviles e impresoras fotográficas son ejemplos de empresas que ofrecen personalización masiva, como configuración específica de álbumes fotográficos o equipamiento de vehículos nuevos.

La generalización de la impresión en 3D ampliará las posibilidades a combinaciones prácticamente infinitas. [4]

## **5.8 Fundamentos de control**

Un moderno punto de vista de los sistemas de control es aquel que emplea retroalimentación para controlar un sistema sin importar los disturbios externos. Los sistemas de control hacen que otros sistemas hagan lo que nosotros deseamos que hagan, sin que nosotros tengamos que hacer todo el trabajo.

Esta es la razón por la que los sistemas de control son empleados alrededor de nosotros en la tecnología moderna.

Estos tienen una gran variedad de aplicaciones en una infinidad de campos, que sin ellos, muchos de los avances tecnológicos actuales no serían posibles. Sistemas de control son encontrados en nuestras casas, autos, fábricas, telecomunicaciones, medicina, transporte, en el área militar y sistemas aeroespaciales por mencionar solo algunos. [1]

### **¿Qué es control?**

Un Sistema de Control es una interconexión de componentes con el objetivo de proporcionar una respuesta deseada del sistema. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, la cual supone una relación de causa-efecto para los componentes de un sistema. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede ser representado mediante un bloque como el de la figura



**Figura: Proceso a controlar**

Un sistema de control por medios automáticos en vez de humanos se conoce generalmente como automatización. La automatización es frecuente en las industrias química, automotriz, textil, papelera y siderúrgica, entre otras. Las máquinas automáticas se usan para aumentar la producción de una planta por trabajador, a fin de compensar los salarios crecientes y los costos inflacionarios. Por ésta razón, las industrias están interesadas en la productividad de sus plantas por trabajador.

En la actualidad, así como en la industria, encontramos edificios totalmente automatizados en los cuales su operación es muy confortable, eficiente y segura.

En caso de condiciones de incendio, la distribución del aire controlado permitirá la libre evacuación del humo y la detección de humo en ductos de aire podrán cerrar las compuertas para prevenir que se extiendan el humo y los gases tóxicos. [1]

## **5.9 Motores eléctricos monofásicos y trifásicos**

Los compresores de refrigeración y la mayor parte de los demás equipos del circuito, como bombas y ventiladores, son movidos por motores de corriente alterna (CA). Los motores de corriente directa (CD), se usan ocasionalmente en lugares apartados donde se dispone solamente de corriente directa. Para los motores de corriente directa, su principal aplicación tiene lugar en los dispositivos de control de operación, en donde se utilizan modelos pequeños especiales.

---

La ventaja de los motores de corriente directa, es que se puede ajustar la velocidad de trabajo solamente con ajustar la tensión eléctrica. Sin embargo, estos motores tienen un diseño más complejo, pues requieren de partes fijas como cepillos para transferir la energía a sus partes móviles, y de un conmutador para invertir la corriente constantemente, los cuales se desgastan constantemente por acción de la fricción.

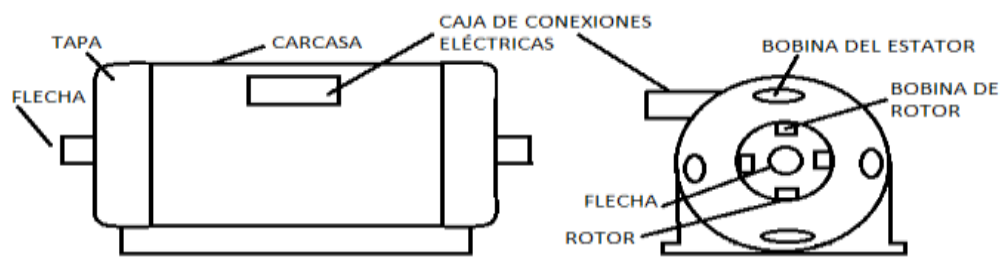
A diferencia de un motor de corriente directa, los motores de corriente alterna son más baratos de fabricar, funcionan a velocidades fijas y son compatibles con la mayor parte de equipos que cuentan con una fuente de alimentación de corriente alterna. En este capítulo, sólo se describirá los motores de corriente alterna, por su mayor uso en la refrigeración industrial. [5]

### ➤ Tipos de motores

Los motores de corriente alterna se clasifican como monofásicos o polifásicos (de fase múltiple), también como herméticos o no herméticos. Los motores monofásicos se construyen para utilizar una fuente de corriente monofásica; la mayor parte de los motores polifásicos son trifásicos, y se diseñan para utilizar corriente trifásica.

Los motores herméticos, por lo general, tienen su carcasa sellada y una vez culmina su vida útil se desechan; por lo general se utilizan en refrigeradores. Los del tipo no hermético, son los de mayor uso en la refrigeración industrial, su carcasa no está sellada y puede repararse en dado caso lo amerite la ocasión. En la Figura 9, se ilustra las partes más importantes de un motor de corriente alterna.

Figura: Componentes básicos de un motor de corriente alterna



---

### ➤ **Motores Monofásicos**

Los motores monofásicos se construyen por lo común para ser utilizados con corriente de 110 V ó 220 V, y son operados en una frecuencia de 60 Hz. Un motor eléctrico opera bajo el principio de convertir energía eléctrica en energía mecánica, producida en forma de rotación.

Se construyen para ser alimentados con sólo una fase y existen varios tipos que se diferencian según el modo de arranque. Los de mayor uso son los siguientes:

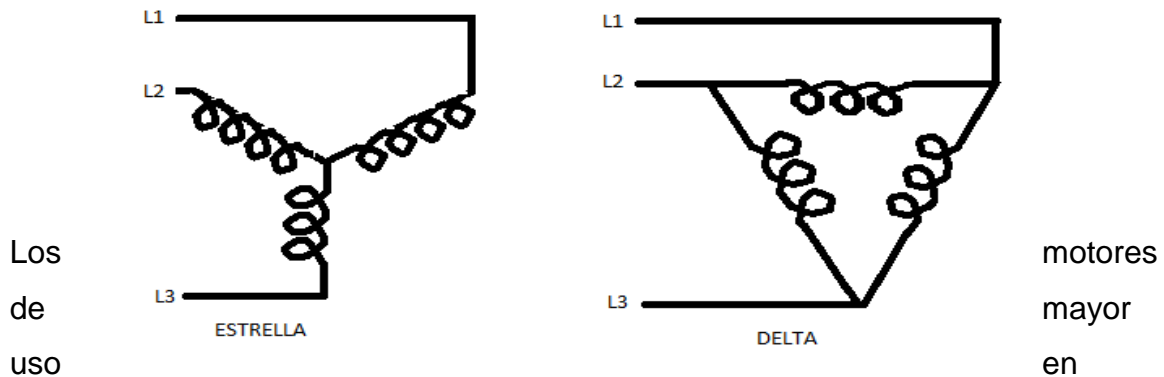
- Fase dividida: tienen un bajo par de arranque y una eficiencia Relativamente baja. Se utilizan en refrigeradores domésticos equipados con tubo capilar.
- Fase dividida y capacitor permanente: se utilizan en unidades pequeñas y comerciales de aire acondicionado, donde no se requiera un par de arranque alto, pero se busca una buena eficiencia.
- Arranque por capacitor: se utiliza para desconectar el circuito de arranque cuando el motor alcanza su velocidad de operación.
- Trabajo por capacitor: es utilizado para obtener un alto par de arranque y una buena eficiencia del motor. [5]

### ➤ **Motores Trifásicos**

Operan con el mismo principio que el de los motores monofásicos, sin embargo como cada una de las fases está separada  $120^\circ$ , existe un par de arranque y no se necesitan dispositivos para el arranque. El motor trifásico puede estar embobinado ya sea en estrella o en delta, dependiendo del voltaje en servicio. Como se muestra en la Figura

---

Figura: Arreglos de los embobinados en los motores trifásicos



arreglos trifásicos, se pueden mencionar los siguientes:

- Motor de rotor devanado: se utiliza ocasionalmente para mover compresores de gran tamaño, cuando se necesita variar la capacidad de éstos mediante la variación de la velocidad.
- Motor síncrono: se utiliza ocasionalmente para mover compresores de gran tamaño, cuando se necesita variar la capacidad de estos, mediante la variación de velocidad. Sistema de soplado. [5]

## 5.10 Planos Eléctricos

La sistematización y clasificación de los planos eléctricos facilita el estudio y la diferenciación de los mismos.

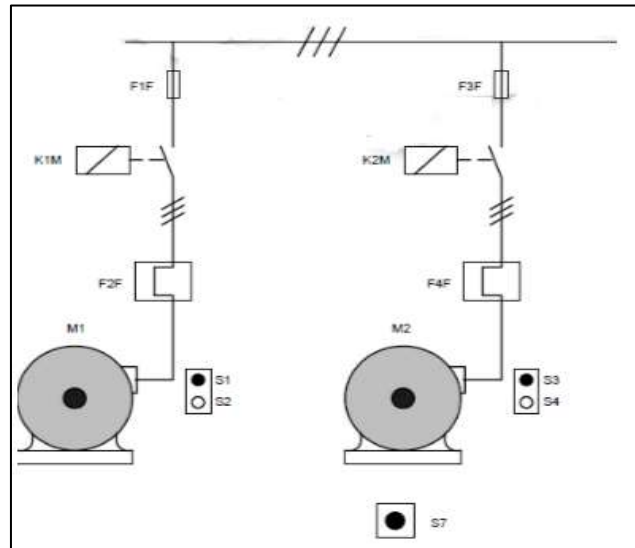
Por principio, los planos, los diagramas y los esquemas eléctricos se dibujan en estado de reposo. Esto significa que se dibujan sin tensión aplicada o bien sin que circule la corriente y las piezas mecánicas sin accionar.[6]

## Tipos básicos de planos:

- Plano general.
- De funcionamiento.
- De circuitos.

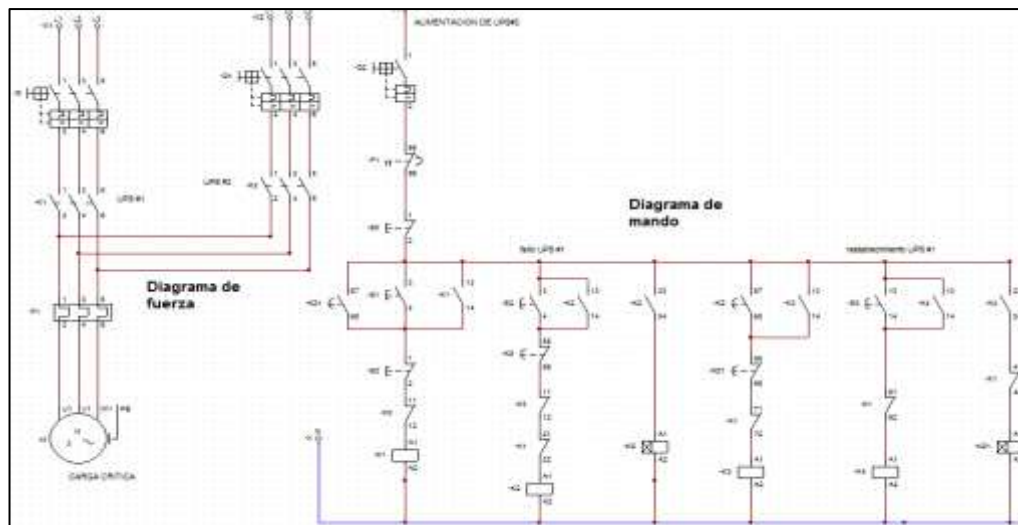
### Plano general

Esta es la presentación más simple, por lo general unipolar o unifilar.



### Plano de funcionamiento

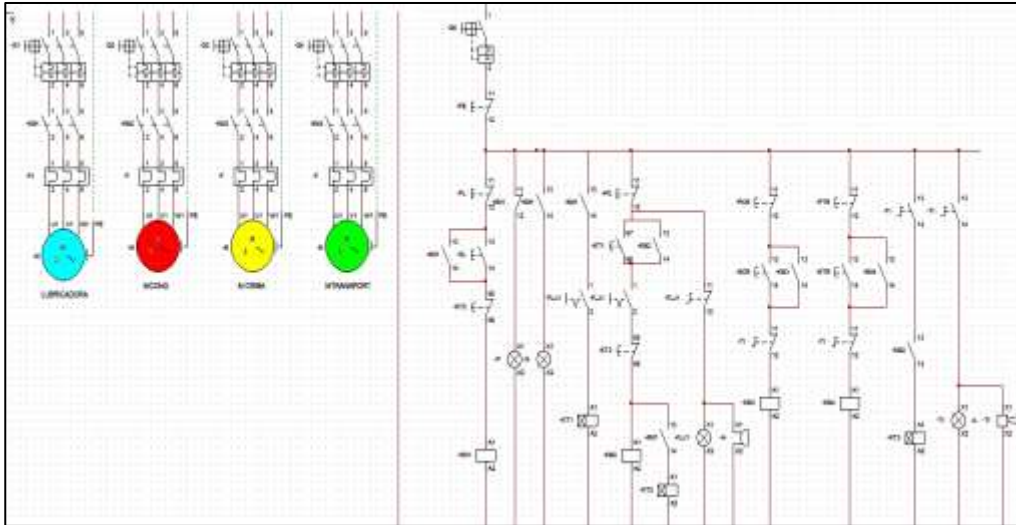
Este plano es la presentación detallada en un solo plano de los circuitos principal y de mando de una conexión eléctrica.



---

## **Plano de circuitos**

Este plano es el más usado actualmente en la electrotecnia para la presentación de una conexión. Se divide en circuito principal o de potencia y en circuito auxiliar o de mando (circuito de mando y señalización). [6]



---

## **VI. Metodología de Trabajo**

En esta metodología se hace un análisis del trabajo de los separadores ciclónicos utilizada en la industria, sus diseños y características de los elementos constructivos, así como los recursos que necesita la empresa para la implementación del nuevo sistema de control eléctrico para el mismo, criterios que se tienen que considerar para poder ser aplicados.

### **6.1 Recopilación de la información y trabajo de campo**

El objetivo es identificar los aspectos que permiten medir cada proceso, recopilar y clasificar los datos que afectan el buen funcionamiento del sistema de separador.

Reducir la carga de su instalación permite que los sistemas existentes operen menos frecuentemente y que los nuevos sistemas se diseñen en un tamaño menor, disminuyendo así los costos operativos.

### **6.2 Análisis de datos**

Una vez que la información ha sido recopilada en los pasos anteriores del estudio, la información deberá ser capturada y ordenada para proceder a su análisis, datos como:

- Funcionamiento del actual mecanismo.
- Elementos de seguridad y protección
- Gobierno del sistema

Con la finalidad de identificar las áreas de oportunidad para mejorar el proceso que ofrezca el cambio en el control sistema.



---

### **6.3 Análisis de problemas potenciales**

Identificar cualquier problema potencial para adelantarnos a la falla y darle la solución más adecuada para evitar posibles paradas de planta innecesarias.

Realizar un diagrama de esfuerzos, que permita ver hacia dónde va el proceso, si está mejorando o empeorando

### **6.4 Búsqueda en el mercado local los equipos**

De acuerdo a la teoría desarrollada y a las necesidades que presente la planta se necesita la búsqueda empresas distribuidoras de elementos (VDF, bombas de fluido hidráulico, electroválvulas, disyuntores etc.) para la evaluación de las propuestas, en cuanto a los siguientes aspectos:

- Soporte técnico
- Instalación del equipo
- Capacitación del personal en manejo, operación
- Costo

### **6.5 Elaborar el informe del estudio para la implementación del sistema**

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del estudio del uso e implementación del nuevo sistema de automatización del separador ciclónico.

---

## VII. Resultado del sistema de control del separador ciclónico

El sistema consiste en controlar el nivel de condensado dentro de un separador ciclónico, para evitar la llegada del mismo a las turbinas de vapor.

El condensado que es separado del vapor es succionado por medio de unas bombas de fluido hidráulico las cuales son gobernadas por motores eléctricos. Los motores eléctricos son controlados por variadores de frecuencias (VFD).

Los variadores de frecuencia a su vez son gobernados por un controlador de nivel que recibe una referencia de un transmisor de nivel.

Los motores tienen un arreglo mecánico en el cual la descarga del primero es la succión del segundo y viceversa con los otros motores, en total son dos arreglos de dos motores.

En dependencia del nivel del separador el controlador envía una señal análoga a los variadores para controlar el nivel.

Separador ciclónico



---

Controlador de nivel con señalización



Variadores de frecuencia



---

## Equipo de bombeo

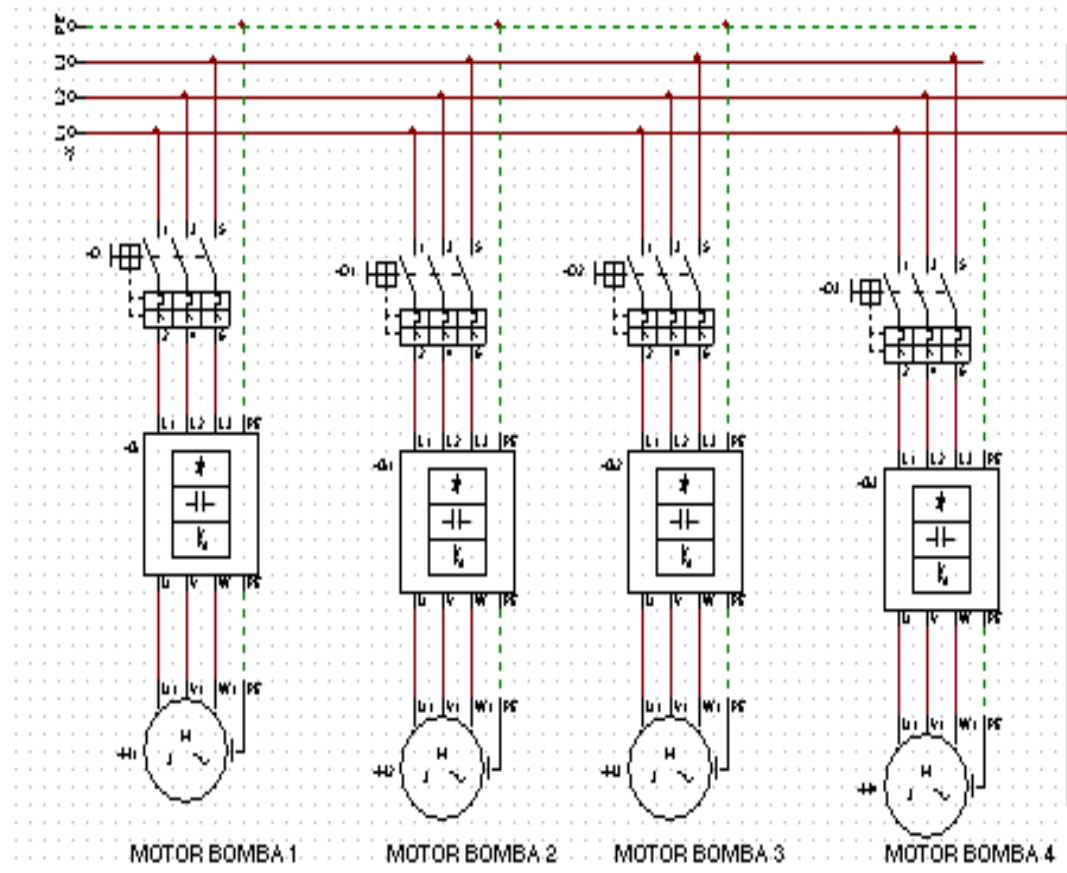


## Controlador de Procesos ABB/C505/04

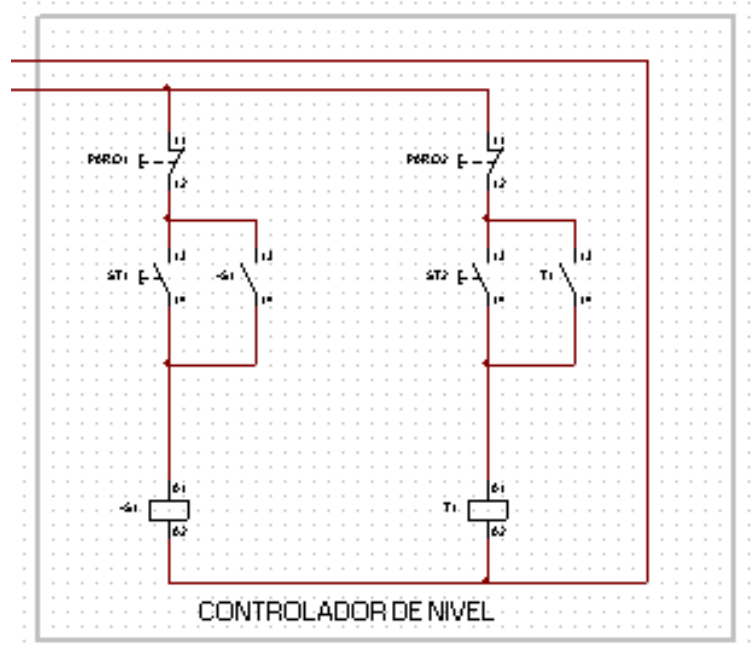
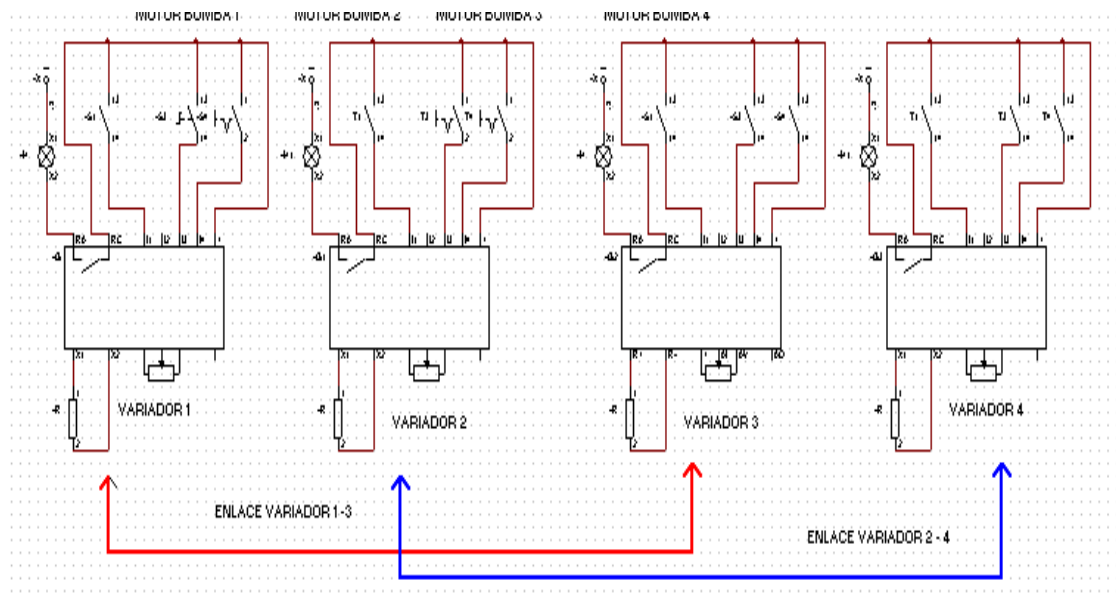


## VIII. Diseño del diagrama de fuerza y mando

Diagrama de fuerza



## Diagrama de Mando



---

## **IX. Conclusiones**

Logramos establecer las condiciones de diseño del control del separador ciclónico, y con ello garantizar seguridad del personal que labora en la planta de batería de separación.

Con la implementación del sistema automático, se prolongará la vida útil del separador, ya que las presiones a las que se somete nunca excederán las presiones de diseño.

Se logro estudiar la teoría sobre los sistemas de separador ciclónico, así como lo procesos que lo conforman.

Se Utilizo el software CADE\_Simu para el diseño de los planos del sistema eléctrico del separador ciclónico.

Se logrará controlar el nivel de condensado dentro de un separador ciclónico, para evitar la llegada del mismo a las turbinas de vapor Mediante el control y monitoreo automatizado de las válvulas que cargan y descargan al separador vertical

---

## X. Bibliografía

1. OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. Segunda Edición. Año 1996. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
2. Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. McGraw-Hill. 2005. Pág 382, 389, 452, 458.
3. Jeven Oy. «How cyclone grease separators work».
4. UBILLA THOMPSON, PATRICIO (2014). «4». En Brown D. Ingeniería en Ventilación y Filtración de Aire. p. 79. ISBN 978-956-353-656-0.
5. ROLDÁN VILORIA José. Motores Eléctricos Automatismos de Control. Editorial Paraninfo. Madrid. 1989.
6. COOPER D. William, Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición, Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall Hispanoamericana, octubre de 1991, Pag 280-300
7. FITZGERALD A. E. Máquinas Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1986.
8. CREUS Antonio, Instrumentación industrial, Octava Edición, México, Alfaomega Grupo Editor, S.A. septiembre de 2010, Pag 280-290