UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

REGULACIÓN DEL F.P EN FORMA AUTOMATICA PARA APLICACIÓN DOCENTE

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en ELECTRICIDAD.

Alumnos:
Iván Patricio Rojas Urbina.
Yerko Adrián Valenzuela Ampuero.

Profesor Guía:
Ing. Franz Max Yurjevic Perin.

Profesor Correferente:
Ing. Javier Andrés Eguren Aspe.

2019

Agradecemos a cada uno de nuestros familiares por todo su apoyo en esta etapa tan importante de nuestras vidas, por sus palabras de alientos en momentos duros, por sus esfuerzos económicos para que nosotros saquemos nuestra carrera adelante, y en especial un gran agradecimiento a los ex alumnos de la carrera Técnico en Electricidad de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Viña del Mar, Rodrigo Andrés Saavedra Fuentes y el alumno Pablo Enrique Vásquez Pereira. Junto con el “Luchito” el cual nos ayudó de forma práctica y teórica aportando todos sus conocimientos para que nosotros pudiéramos llevar a cabo este proyecto.

Muchas gracias por todo su apoyo para efectuar este trabajo.

RESUMEN

KEYWORDS: REGULACIÓN - AUTOMATIZACIÓN –FACTOR DE POTENCIA– BANCO DE CONDENSADORES - ARMARIO ELECTRICO

La principal idea de este trabajo de título es resolver e implementar un sistema de automatización para regular el factor de potencia de manera “inteligente” sin necesidad de prestaciones humanas de por medio. Este sistema se planteó desde un enfoque para uso docente dentro del laboratorio de electricidad. Para realizar este sistema nos basamos en el proyecto de los ex alumnos Rodrigo Andrés Saavedra Fuentes y Pablo Enrique Vásquez Pereira, denominado: “Diseño e implementación de un banco de condensadores para compensar el factor de potencia con fines didácticos” sobre la base a la problemática de este proyecto y nuestros fines, nació la necesidad de establecer un aporte más sistematizado y dual en base a un controlador programable ya integrado en el tablero pero que nunca fue implementado.

Para esto, previamente es necesario definir qué es el factor de potencia de una forma técnica y porque es tan importante corregirlo, junto con las ventajas y desventajas que conlleva tener un F.P por sobre o bajo de lo que solicita la legislación chilena.

Luego de conocer que es lo que es el F.P y de tener una idea clara de este, nos centramos completamente en el estudio del sistema automatizado para regular los bancos de condensadores que se usan para corregir este susodicho fenómeno, en función del proyecto de los ex alumnos ya mencionados y sobre la base de este es que nosotros comenzamos con nuestras pruebas y estudios para llevar a cabo nuestro método de automatización y para que de esta manera sea utilizado por la docencia perteneciente al área de la electricidad o de otra área, para fines didácticos y explicativos.

ÍNDICE

RESUMEN
SIGLAS Y SIMBOLOGÍASINTRODUCCIÓNOBJETIVOS
OBJETIVO GENERALOBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1: El FACTRO DE POTENCIA COMO CONCEPTO

1. EL FACTOR DE POTENCIA COMO CONCEPTO
1.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES
1.2. ¿PORQUE EXISTE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA?
1.2.1. POR QUE SE PRODUCE
1.3. COMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA
1.3.1. METODOS PARA PERFECCIONAR EL F.P
1.3.2 INSTALACION DE BANCO DE CONDENSADORES
1.3.3. EQUIPOS QUE SE DEBEN UTILIZAR PARA LA COMPENSACION EN BAJA TENSION
1.3.4. PRINCIPIOS DEL USO DE LA COMPENSACION AUTOMATICA
1.3.5. COMPENSACIÓN FIJA O COMPENSACION AUTOMÁTICA
1.4. REGULACION DEL FACTOR DE POTENCIA EN CHILE
1.4.1. OFICIO CIRCULAR Nº03478 EMITIDO POR LA SEC

CAPITULO 2: CONSTRUYENDO UN BANCO DE CONDENSADORES

2. CONSTRUYENDO UN BANCO DE CONDENSADORES
2.1. ANTENCEDENTES PREVIOS PARA EL PROYECTO DEL B.D.C:
2.1.2 ELEMENTOS UTILIZADOS
2.2. PLANIFICACION PRACTICA DE CONSTRUCCION DE UN B.D.C
2.2.1. CIRCUITO DE CONTROL Y FUERZA PARA MOTORES TRIFASICO DEL B.D.C
2.2.2. CIRCUITO ELECTRICO PARA EL REGULADOR DE REACTIVO S5-60D TAIK
2.3. CONSTRUYENDO UN BANCO DE CONDENSADORES PARA USO DOCENTE
2.3.1. ARMARIO ELÉCTRICO PRE Y POST MODIFICACIONES
2.4. DISPOSOITIVOS ELECTRICOS UTILIZADOS
2.4.1. DEFINICIONES, MODOS DE OPERACIÓN Y CARACTERISTICAS
2.4.2. ARMADO Y PEINADO DEL CIRCUITO EN EL ARMARIO ELECTRICO

CAPITULO 3: EXPERIENCIAS PRACTICAS PARA APLICACIÓN DOCENTES Y CONCLUCIONES FINALES

3. EXPERIENCIAS PRACTICAS PARA APLICACIÓN DOCENTE Y CONCLUCIONES FINALES

3.1. INTRODUCCION A EXPERIENCIAS PRÁTICAS CON EL B.D.C

3.2. INTRUCCIONES DE FUNCIONIONAMIENTO DEL MODULO REGULADOR DE FACTOR DE POTENCIA

3.2.1. PARTE I: PROCEDIMINETOS PREVIOS DE OPERACIÓN DEL B.D.C

3.2.2. PARTE II: PROCEDIMIENTO DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL B.D.C

3.3. ESTRUCTURA BASICA PARA EXPERIENCIAS PRACTICAS CON EL SISTEMA B.D.C

3.3.1. EXPERIENCIA Nº1: “CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE UN BANCO DE CONDESADORES CON UN VARIAC”

3.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.4.1. CONCLUSIONES

3.4.2. RECOMEDACIONES

ÍNDICE DEFIGURAS

FIGURA 1-1.	Carga Resistiva.
FIGURA 1-2.	Carga Inductiva.
FIGURA 1-3.	Carga Capacitiva.
FIGURA 1.4.	Triangulo de Potencias.
FIGURA 1.5.	Diagrama Fasorial.
FIGURA 1.6	Diagrama Factor del Potencia.
FIGURA 1.7.	Patrón de flujo Corriente Reactiva.
FIGURA 1.8.	Patrón de flujo Potencia Reactiva.
FIGURA 1.9.	Patrón de flujo con corriente de Potencia Reactiva.
FIGURA 1.10.	Diagrama de compensación.
FIGURA 1.11.	Condensadores fijos.
FIGURA 1.12.	Ejemplo de regulación de compensación automática
FIGURA 1.13.	Principio de control de compensación automática.
FIGURA 2.1.	Circuito General.
FIGURA 2.2.	Circuito de control Partir/Parar.
FIGURA 2.3.	Circuito general de control Partir/Parar y fuerza.
FIGURA 2.4.	Circuito de conexión de Regulador de Reactivos
FIGURA 2.5.	Circuito de conexión de Regulador de Reactivos II
FIGURA 2.6.	Armario eléctrico en bruto.
FIGURA 2.7.	Dimensiones del Armario Eléctrico.
FIGURA 2.8.	Armario Eléctrico con ruedas.
FIGURA 2.9.	Alimentación trifásica para armario eléctrico.
FIGURA 2.10.	Armario Eléctrico con pieza lateral.
FIGURA 2.11.	Armario Eléctrico con todos los dispositivos.
FIGURA 2.12.	Interruptor Automático.
FIGURA 2.13.	Contactores.
FIGURA 2.14.	Analizador de Redes.
FIGURA 2.15.	Regulador de Reactivos.
FIGURA 2.16.	Condensador trifásico.
FIGURA 2.17.	Armado y embellecimiento del circuito.
FIGURA 3.1.	Procedimientos de operación del B.C.D.
FIGURA 3.2.	Conexionado previo.
FIGURA 3.3.	Conexionado del VARIAC.
FIGURA 3.4.	Energizando el VARIAC.
FIGURA 3.5.	B.D.C Operativo.

FIGURA 3.6. Conectando cargas internas y externas para el B.D.C.
FIGURA 3.7. Apartados finales de operación del B.D.C.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1. Simbología de Circuito Para B.D.C

TABLA 2-2. Simbología Circuito Partir/Parar

TABLA 2-3. Ficha técnica Interruptor Automático.

TABLA 2-4. Ficha técnica Contactor.

TABLA 2-5. Ficha técnica Analizador de Redes.

TABLA 2-6. Ficha técnica Regulador de Reactivos.

TABLA 2-7. Ficha técnica Condensador Trifásico.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

F.P :	Factor de Potencia
B.D.C:	Banco de Condensadores
In:	Intensidad de corriente nominal
IVA:	Impuesto al Valor Agregado
NCHElec.:	Norma chilena eléctrica
SEC:	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
T.G.:	Tablero general
THHN:	Thermoplastic high heat nylon.

SIMBLOGÍA

A:	Ampere
HP:	Horse power (Caballo de fuerza)
kVA:	KiloVolt-Ampere
kW:	Kilo Watt
m^2:	Metros cuadrados
mm^2:	Milímetro cuadrados
mA:	MiliAmpere
mm:	Milímetro
V:	Volt
W:	Watt
$:	Peso chileno
%:	Porcentaje

INTRODUCCIÓN

Esta memoria nació sobre la base de un proyecto inconcluso que no se finalizó por falta de tiempo llevado a cabo por dos alumnos de la especialidad de Electricidad, en donde se planteó el hecho de construir un banco de condensadores comandado por medio de un Regulador de Reactivos.

Y de esta manera resolviendo la problemática de la poca incursión técnica vs practica con respecto al análisis del funcionamiento real de un B.D.C, dentro de la especialidad de electricidad, ya que los alumnos solo ven el factor de potencia de forma teórica muy levemente explicada y salen de la carrera con una idea muy vaga acerca del F.P, sin nuca haberlo experimentado de forma práctica.

Entonces como idea principal se decido terminar este proyecto ya que creemos que es de suma importancia que todos los alumnos de la especialidad sepan cómo es trabajar con un banco de condensador, como es que actúa dentro de un circuito, como activa las etapas para ir conectando los condensadores, que cangar se pueden compensar, etc.

Este trabajo se cimentará desde el principio teórico abarcando desde lo más fundamental hasta lo más didáctico y funcional con respecto al F.P.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Completar la segunda etapa del Banco de Condensadores para aplicación docente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la situación actual y las variables involucradas en el proceso.
- Implementar y automatizar el banco de condensadores en tablero eléctrico ubicado en el laboratorio de electricidad.
- Diseñar las experiencias prácticas para ser aplicadas por docentes.
- Determinar los nuevos costos del proyecto.

CAPÍTULO 1: EL FACTOR DE POTENCIA COMO CONCEPTO Y SUS PROCEDENTES TÉCNICOS

1. EL FACTOR DE POTENCIA COMO CONCEPTO Y SUS PROCEDENTES TÉCNICOS

1.1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Para entender lo que es el Factor de Potencia hay que comprender y estudiar los diversos elementos de tipo eléctrico que estrechamente producen este tipo de fenómeno, hay que entender los parámetros de inductancia, capacitancia y resistencia, que son de suma importancia para este proyecto.

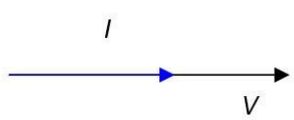
Para esto hay que tener en claro que la medición de potencia en corriente alterna es más complicada que la de corriente continua debido al efecto de los inductores y capacitores. Por lo que en cualquier circuito de corriente alterna existen estos tres parámetros de inductancia, capacitancia y resistencia en una variedad de combinaciones.

En circuitos puramente resistivos la tensión (V) está en fase con la corriente (i), siendo algunos de estos artefactos como lámparas incandescentes, planchas, estufas eléctricas etc. Toda la energía la transforma en energía lumínica o energía calorífica. Mientras que en un circuito inductivo o capacitivo la tensión y la corriente están desfasadas 90 ° una respecto a la otra. En un circuito puramente inductivo la corriente está atrasada 90 ° respecto de la tensión. Y en un circuito puramente capacitivo la corriente va adelantada 90 ° respecto de la tensión, siendo estas:

Representación vectorial para cargas: Resistiva, Inductiva y Capacitiva.

Carga Resistiva:

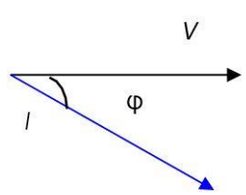
Factor de Potencia = 1



Fuente: Blog Evolux.

Figura 1-1. Carga Resistiva.

Carga Inductiva:

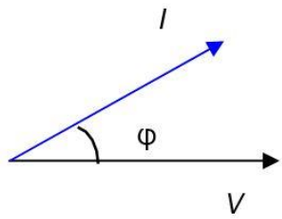


Factor de Potencia < 1

Fuente: Blog Evolux.

Figura 1-2. Carga Inductiva.

Carga Capacitiva:



Factor de Potencia < 1

Fuente: Blog Evolux.

Figura 1-3. Carga Capacitiva.

Entonces al tener un motor eléctrico, hay tres tipos de potencia la cual se puede definir como la capacidad para efectuar un trabajo, en otras palabras, como la razón de transformación, variación o transferencia de energía por unidad de tiempo. Y se dividen en tres tipos las cuales son:

- Potencia Activa (P):

Es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida es en Watt (W) y Se calcula como:

$$P = U * I * cos\varphi$$

Siendo:

$$\varphi = arctg * \frac{X}{R}$$

- Potencia Reactiva (Q):

Es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores. Su unidad de medida es el Volt Amperio Reactivo (VAR).

$$Q = U * I * sen\varphi$$

También puede obtenerse como:

$$Q = X * I^2 = \frac{U^2}{X}$$

La potencia reactiva es positiva si el receptor es inductivo y negativa si el receptor es capacitivo, coincidiendo en signo con la parte imaginaria de la impedancia.

- Potencia aparente(S):

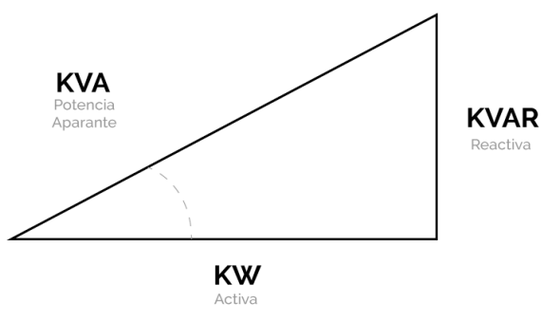
Es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y reactiva, esta representa la ocupación total de las instalaciones debida a la conexión del receptor. Su unidad de medida es el Volt Amperio (VA).

$$S = U * I$$

Al ser la suma vectorial de P y Q, que son los catetos de un triángulo rectángulo en el que S es la hipotenusa, también puede calcularse como:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Estas potencias se representan en el denominado triángulo de potencias.



Fuente: Blog Evolux.

Figura 1-4. Triangulo de Potencias.

Para comprender mejor dicho triángulo es conveniente partir del triángulo de impedancias de un circuito pasivo en serie.

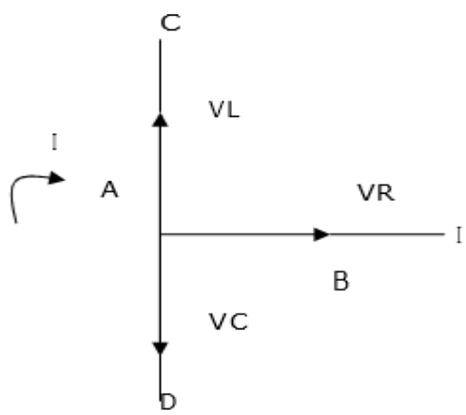
Tomando como origen de fases la intensidad y multiplicando por la intensidad los tres lados del triángulo, obtenemos el triángulo de tensiones. Si volvemos a multiplicar los tres lados del triángulo de tensiones por la intensidad, obtenemos el triángulo de potencias.

Entonces se puede definir como factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura.

Si estas son señales perfectamente sinusoidales el factor de potencia será igual al cos φ, o bien el coseno del ángulo que forman los fasores de la corriente y la tensión, designándose en este caso como cos φ el valor de dicho ángulo.

Es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en Watts o kilo Watts (kW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (kVA).

Como resumen de lo que es el factor de potencia, tenemos este diagrama fasorial:



Fuente: Web Monografías/F.P

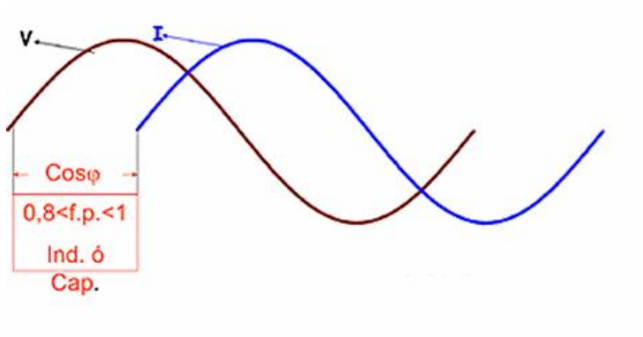
Figura 1-5. Diagrama Fasorial.

Y se calcula como:

$$fp = \frac{Potencia\ Activa}{Potencia\ Aparente} = \frac{V*I*COS\varphi}{V*I} = COS\varphi$$

1.2. ¿PORQUE EXISTE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA?

1.2.1 ¿Por qué se produce?



Representación gráfica del factor de potencia.

Fuente: Web Circutor.

Figura 1-6. Diagrama Factor del Potencia.

La potencia reactiva, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración, entre otros. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia. Entre las principales consecuencias de un bajo factor de potencia podemos mencionar los siguientes:

- Aumento de la Corriente:

Incrementan las pérdidas por efecto Joule las cuales son una función del cuadrado de la corriente, ejemplo: Los cables entre el medidor y el usuario, Los embobinados de los transformadores de distribución y Dispositivos de operación y protección.

- Aumento de la caída de Tensión:

Resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas, éstas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de tensión afecta a: Embobinados de transformadores de distribución, Cables de alimentación y Sistema de protección y control.

Estas desventajas también afectan al productor y al distribuidor de energía eléctrica. El productor penaliza al usuario con factor de potencia bajo haciendo que pague más por su electricidad.

En las industrias se puede representar el bajo factor de potencia producto de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Es por esta razón que las compañías eléctricas cargan tarifas más altas cuando el factor de potencia es bajo.

En chile el recargo por mal factor de potencia como comúnmente sale en las cuentas de electricidad, es un indicador que relaciona los consumos mensuales de energía activa y reactiva a través del factor de potencia. En chile la normativa obliga a los consumidores, frente a los distribuidores, a no bajar su factor de potencia de 0.93 inductivo.

Si no cumplen con dicha normativa, se recarga en 1% de la factura total, por cada centésima que este factor baje de 0.93. De esta forma, si usted tiene un factor de potencia de 0.9 se le recargará su factura en un 3%.

1.3. COMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

1.3.1. Métodos para perfeccionar el Factor de Potencia

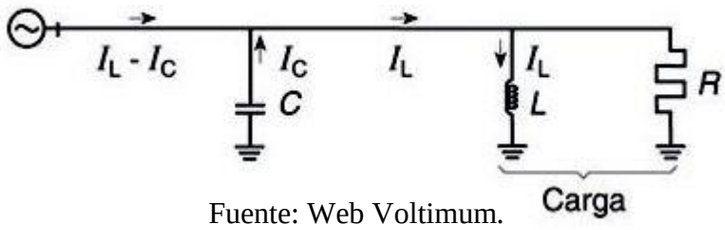
1.3.2. Instalación de banco de condensadores

Una carga inductiva con un bajo factor de potencia hace que los generadores y los sistemas de transmisión/distribución entreguen la corriente reactiva (retrasando la tensión del sistema en 90 grados) con pérdidas de energía asociadas y caídas de tensión.

Si se añade a la carga un banco de condensadores, su corriente reactiva (capacitiva) recorrerá la misma trayectoria a través del sistema de alimentación que la de la corriente reactiva de carga. Como esta corriente capacitiva IC (que desfasa la tensión 90 grados) está en oposición de fase directa a la corriente reactiva de carga (IL), los dos componentes que fluyen a través de la misma trayectoria se anularán mutuamente, de tal forma que si la batería de condensadores es suficientemente grande e IC = IL, no habrá flujo de corriente reactiva en el sistema aguas arriba de los condensadores.

Si se añade a la instalación una batería de condensadores con una potencia reactiva igual o mayor que la demandada por la instalación, aguas arriba del banco de condensadores no habrá demanda de energía reactiva y esto se aprecia gráficamente en las siguientes figuras:

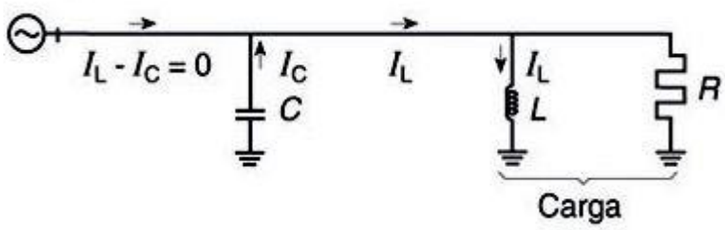
a) Patrón de flujo de los componentes de corrientes reactiva:



Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-7. Patrón de flujo Corriente Reactiva.

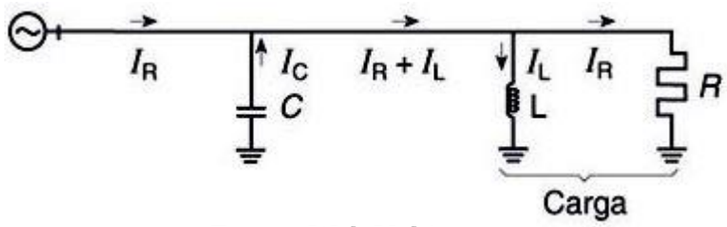
b) Cuando Ic = IL, el banco de condensadores suministra toda la potencia reactiva:



Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-8. Patrón de flujo Potencia Reactiva.

c) Con la corriente de carga añadida al punto anterior:



Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-9. Patrón de flujo con corriente de carga a la Potencia Reactiva.

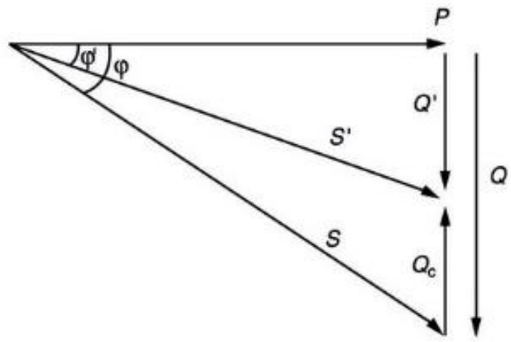
“R” representa los elementos de potencia activa de la carga.

“L” representa los elementos de potencia reactiva (inductiva) de la carga.

“C” representa los elementos de potencia reactiva (capacitiva) del equipo de corrección del factor de potencia.

Diagrama que muestra el principio de compensación:

$$Qc = P(tan\varphi - tan\varphi')$$



Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-10. Diagrama de compensación.

Se observa en el diagrama (b) de la Figura 1-7. que el banco de condensadores C aparece como suministradora de toda la corriente reactiva de la carga. En el diagrama (c) de la Figura 1-9, se ha añadido el componente de corriente de potencia activa y se indica que la carga (totalmente compensada) tiene en el sistema de alimentación un factor de potencia de 1.

La Figura 1-10, utiliza el diagrama de potencia tratado anteriormente para ilustrar el principio de compensación al reducir una potencia reactiva Q a un valor más pequeño Q' mediante un banco de condensadores que tiene una potencia reactiva Qc. Con esto, se observa que la magnitud de la potencia aparente S se reduce a S'.

- **Ejemplo de lo mencionado llevado a un caso hipotético:**

Un motor consume 100 kW con un factor de potencia de 0,75 (es decir, tan j = 0,88). Para mejorar el factor de potencia a 0,98 (por ejemplo, tan j = 0,2), la potencia reactiva de la batería de condensadores debe ser: Qc = 100 (0,88 - 0,2) = 68 kVAr.

Si las corrientes y tensiones son señales perfectamente sinusoidales, el factor de potencia es igual a cos j. El cos j hace referencia a valores de la fundamental, 50 Hz, y el factor de potencia a valores eficaces; es decir, teniendo en cuenta toda la componente armónica (H1, H3, H5, H7…). El factor de potencia siempre será inferior al cos j, aunque el cos j sea la unidad.

Entonces sobre la base al ejemplo hipotético mencionado anteriormente se puede dilucidar una serie de ventajas las cuales son:

- **Optimización técnica y económica:**

Un factor de potencia o cos *j* elevado permite la optimización de los diferentes componentes de una instalación:

- **Reducción de la sección de los cables**
- **Reducción de las pérdidas (P, kW) en cables:**

Las pérdidas en los cables son proporcionales a la corriente al cuadrado y se cuantifican en kWh. La reducción de la corriente total en un conductor en un 10%, por ejemplo, reducirá las pérdidas en casi un 20%.

- **Reducción de las caídas de tensión**

Nota: la sobre compensación producirá un aumento de la tensión en los condensadores.

- **Aumento de la potencia disponible**

Al mejorar el factor de potencia de la instalación, se reduce la corriente que pasa a través del transformador, lo que permite optimizar el transformador y añadir más receptores.

En la práctica, puede resultar menos costoso mejorar el factor de potencia, instalando equipos de compensación, que llegar a sustituir el transformador.

1.3.3. Equipos que se deben utilizar para la compensación en baja tensión

En baja tensión, la compensación de la energía reactiva se puede realizar con:

• Condensadores fijos.

• Baterías automáticas de condensadores.

Condensadores fijos (Figura 1-11)

Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-11. Condensadores fijos.

En esta configuración, se utilizan uno o varios condensadores para obtener la potencia reactiva necesaria. La conexión se puede realizar:

• Por interruptor de corte en carga o interruptor automático.
• Por contactor.
• Directamente a bornes del receptor a compensar y maniobrado conjuntamente.

La utilización de esta configuración se suele aplicar en:

• En bornes de los dispositivos inductivos (motores y transformadores).
• En los casos en los que el nivel de carga es razonablemente constante, y no hay riesgo de sobre compensación.

En la práctica, se realiza la compensación fija de algunos motores y de transformadores y una compensación automática para la compensación global en cabecera de la instalación.

Baterías de condensadores automáticos

Este tipo de equipos proporciona a la instalación la reactiva necesaria dentro de unos límites cercanos a un nivel seleccionado del factor de potencia. Generalmente, se instalan en los puntos de una instalación en los que las variaciones de potencia activa o reactiva son importantes, por ejemplo:

• En la cabecera de la instalación en el embarrado del CGBT.
• En la salida de un cuadro secundario con bastantes cargas inductivas.

Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-12. Ejemplo de equipos de regulación de compensación automática.

1.3.4. . Principios del uso de la compensación automática

Un equipo de compensación automática debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el cos j objetivo de la instalación. Un equipo de compensación automática está constituido por 3 elementos principales:

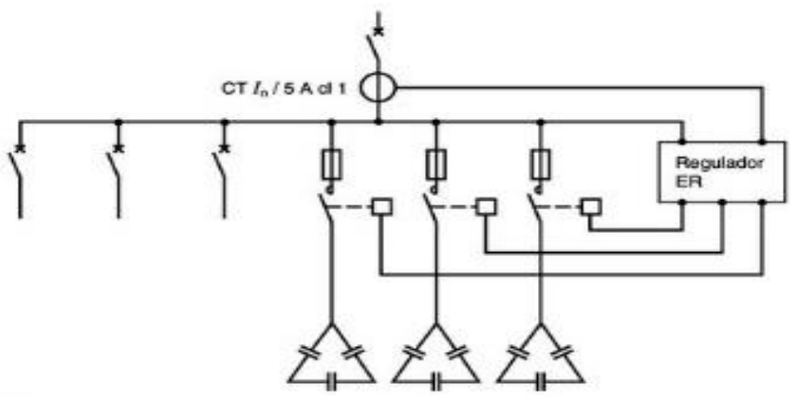
• El regulador: cuya función es medir el cos j de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al cos j objetivo, conectando los distintos escalones de potencia reactiva.

• Los contactores: son los elementos encargados de conectar los distintos condensadores que configuran la batería. El número de escalones que es posible disponer en un equipo de compensación automática depende de las salidas que tenga el regulador.

• Los condensadores: son los elementos que aportan la energía reactiva a la instalación.

Además, para el correcto funcionamiento de un equipo de compensación automática, es necesaria la toma de datos de la instalación; los elementos externos son los que le permiten actuar al equipo correctamente:

• La lectura de intensidad: se debe conectar un transformador de intensidad que lea el consumo de la totalidad de la instalación.



Fuente: Web Voltimum.

Figura 1-13. Principio de control de compensación automática.

La lectura de tensión: normalmente se incorpora en la propia batería de manera que, al efectuar la conexión de potencia de la misma, ya se obtiene este valor.

Esta información de la instalación (tensión e intensidad) le permite al regulador efectuar el cálculo del cos φ existente en la instalación en todo momento y le capacita para tomar la decisión de introducir o sacar escalones de potencia reactiva.

1.3.5. Compensación fija o compensación automática

Normas aplicadas habitualmente

Cuando la demanda de kVAr es inferior o igual al 10% de la potencia nominal del transformador de potencia, es posible la utilización de condensadores fijos. Para valores superiores al 10%, es recomendable instalar una batería de condensadores automática.

La ubicación de los equipos de compensación dentro de una instalación puede ser:

• Global (un equipo para toda la instalación).

• Parcial (grupo a grupo de receptores).

• Individual (en cada receptor).

En principio, la compensación ideal, a nivel técnico, es aquella que se aplica en el mismo punto de demanda. En la práctica, los factores técnicos y económicos determinarán la elección del equipo.

1.4. REGULACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN CHILE

1.4.1. Oficio circularNº03478 emitido por la S.E.C con respecto al Factor de Potencia

Este circular emitido por la SEC procedente del 20 Julio del 1998 dictamina en el inciso Nº1 que; “La Facturación por consumos efectuados en instalaciones cuyo factor de potencia medio mensual sea inferior a 0,93 se recargara en 1% por cada 0,01 en que dicho factor baje de 0,93.

Siendo este inciso el más importante, ya que no se ha modificado a estándares actuales y se mantiene sobre la base del año 98, siendo este el pilar principal que rige al país en temas de cobros con valor agregado en relación al factor de potencia estrechamente dirigido a empresas y grandes industrias.

Como acotación final sobre la base a un mal factor de potencia y a lo ya mencionado en los diversos puntos ya tratados de este primer capítulo, se puede concluir que es de suma importancia tener siempre presente en todo ámbito en donde se encuentre circuitos eléctricos, puede existir el factor de potencia y darle relevancia a este te puede evitar de sufrir multas producto de un mal F.P.

CAPÍTULO 2: CONSTRUYENDO UN BANCO DE CONDENSADORES

2. CONSTRUYENDO UN BANCO DE CONDENSADORES

Después de haber estudiado que es el Factor de Potencia como concepto teórico a su plenitud, y de haber analizado diversos bancos de condensadores que existen y la forma en la que actúan en el ámbito industrial al momento de cumplir su función.

Dado esto, comenzamos a planificar y replantear el proyecto anterior en el que nos apoyamos para realizar el nuestro y sobre la base de este realizamos una serie de cambios prácticos que a su vez son un agregado pero que no remplaza el trabajo previo realizado por los alumnos que comenzaron con el proyecto.

2.1. ANTECEDENTES PREVIOS PARA EL PROYECTO DEL B.D.C.

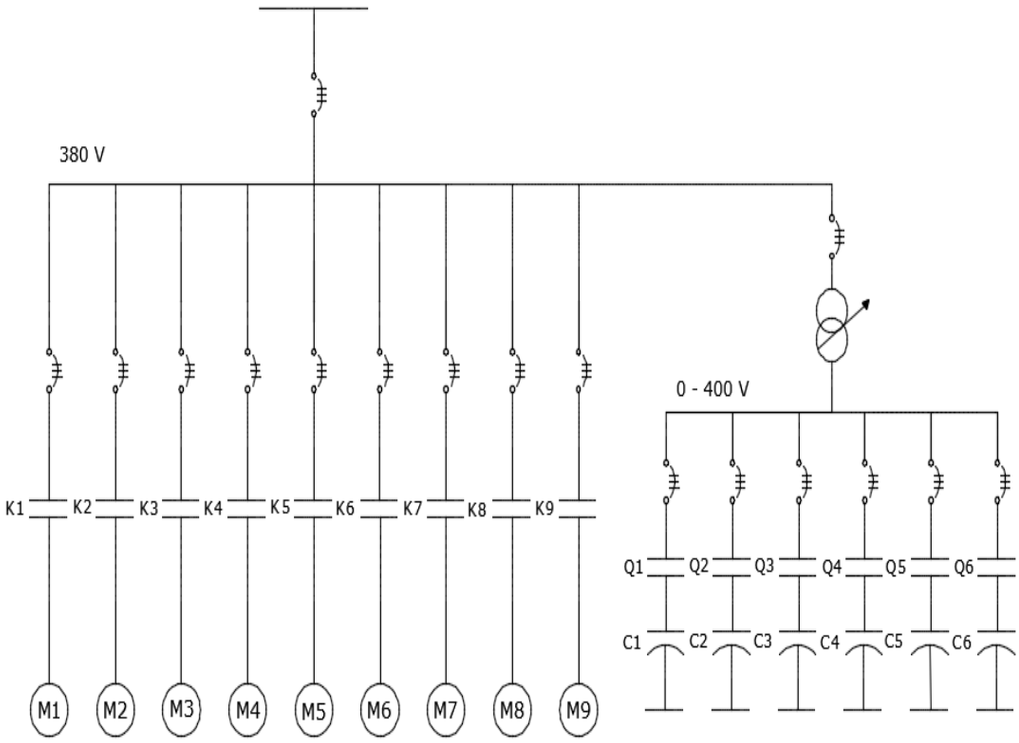
2.1.2. Elementos utilizados

- Un armario eléctrico 2000 X 800 X 600 mm
- Un controlador de factor de potencia modelo S5-60D marca Taik
- Un Analizador de red SATEC PM130EH PLUS para panel 96X96 mm: Es el equipo que analizara cada variable eléctrica.
- Seis Condensadores marca Electronicon.’
- Un VARIAC.
- Tres Contactores 2 NA – 2 NC bobina 230 V AC marca Mitsubishi Electric: Son los Contactores que controlarán los motores trifásicos.
- Seis Contactores CTX 3P 1 NA 1 NC 230 V AC: Son los Contactores que controlarán los condensadores.
- Seis CTX/C.A. P/condensador CTX322-40: Son las resistencias de pre – carga que se acoplan a los Contactores modelo CTX 3P 1 NA 1 NC 230 V AC.

2.2. PLANIFICACION PRACTICA DE CONSTRUCCION DE UN B.D.C

Comenzando con la planificación para llevar a cabo el B.D.C. Nos dispusimos a analizar los diversos planos ya presentados por los alumnos del proyecto anterior, y los elementos ya presentes y mencionados en la sección anterior, y en base a esto nos dispusimos a analizar el circuito general que se presenta a continuación:

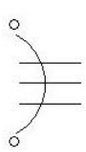
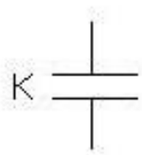
- Diagrama Unilineal general del circuito para el B.D.C previamente presentando:

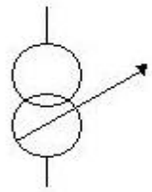
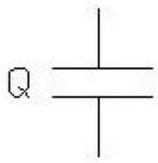
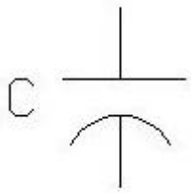


Fuente: Diseño e implementación de un banco de condensadores para compensar el factor de potencia con fines didácticos.

Figura 2-1. Circuito General.

Tabla 2-1. Simbología de Circuito Para B.D.C

SIMBOLOGIA	NOMBRE
	PROTECCION
	CONTACTOR
	MOTOR TRIFASICO

	VARIAC
	CONTACTOR DE DESCARGA
	CONDENSADOR

Fuente: Elaboración propia en el AutoCAD 2007.

Al haber analizado el diagrama presente se pudieron dilucidar varios puntos con respecto a la constitución eléctrica de este para la planificación del proyecto, y los puntos aclarados son los siguientes:

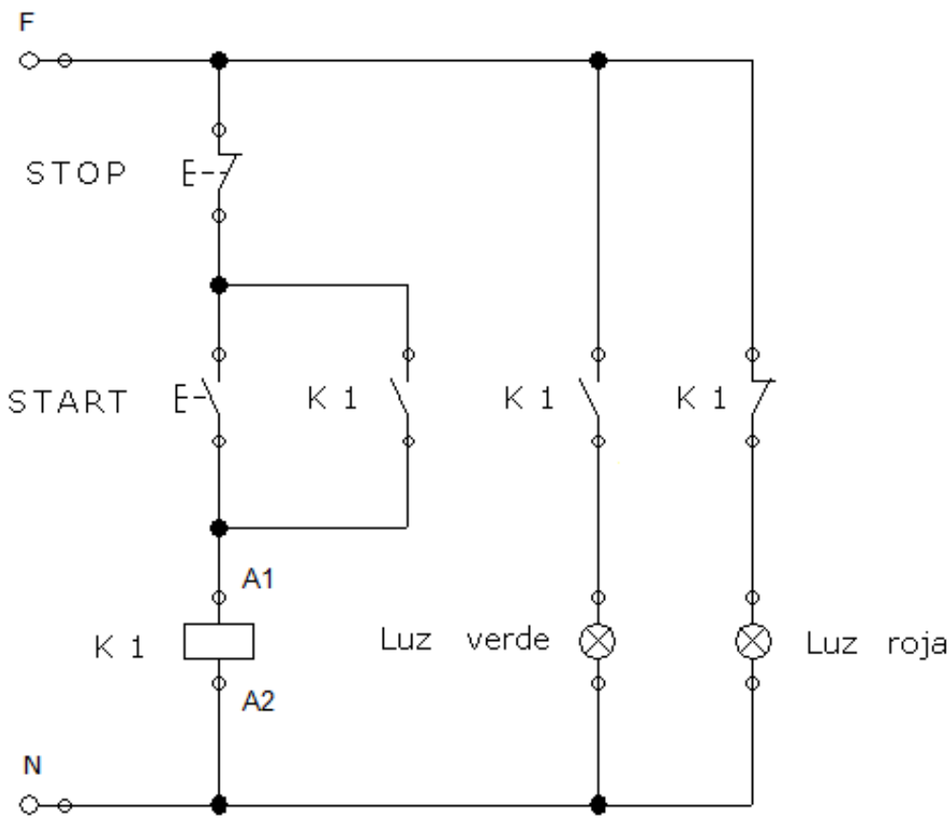
- El circuito de fuerza y control para el accionamiento de los motores trifásicos serán alimentado por 380 V directo de la red eléctrica.
- El circuito de descargar para los bancos de condensadores será alimentado por medio de un Transformador variable de voltaje (Variac) el cual se encargará del circuito de los condensadores en general.
- El circuito como base primordial será resguardado por un protector automático de 16 A.
- El accionamiento de los motores será por medio de un circuito de Partir/Parar.

- El accionamiento los condensadores será por medio de un Regulador de Reactivos.
- El circuito de B.D.C está diseñado para nueve motores trifásicos, pero por falta de espacio en la dimensión del tablero eléctrico empleado para llevar a cabo el proyecto se decidió solo incluir tres motores dentro del tablero y de forma anexa se decidió colocar otros tres afuera del tablero.

2.2.1. Circuito de control y fuerza para motores trifásico del B.D.C

Como parte del proyecto primordial para desarrollar la regulación del F.P de forma automática para uso docente, se llevó a cabo un circuito básico de partida para motores, el cual es el que se encarga tanto de la parte de control como de fuerza, el cual se ve en el siguiente diagrama:

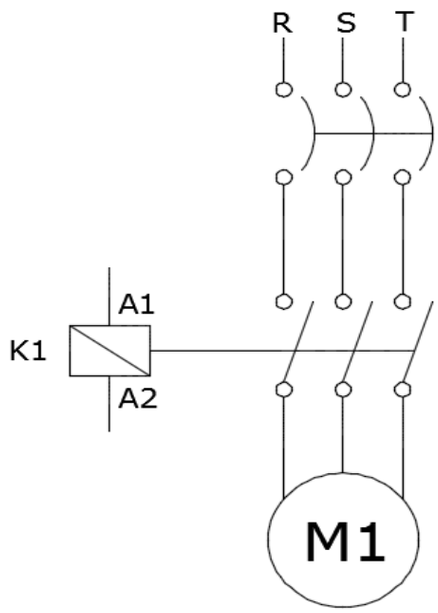
Diagrama de Control de Partir/Parar para motores.



Fuente: Diseño e implementación de un banco de condensadores para compensar el factor de potencia con fines didácticos.

Figura 2-2. Circuito de control

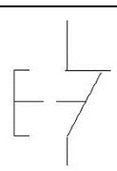
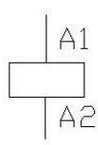
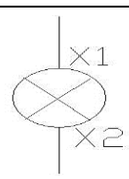
Diagrama de Fuerza Circuito Partir/Parar para motores.



Fuente: Diseño e implementación de un banco de condensadores para compensar el factor de potencia con fines didácticos.

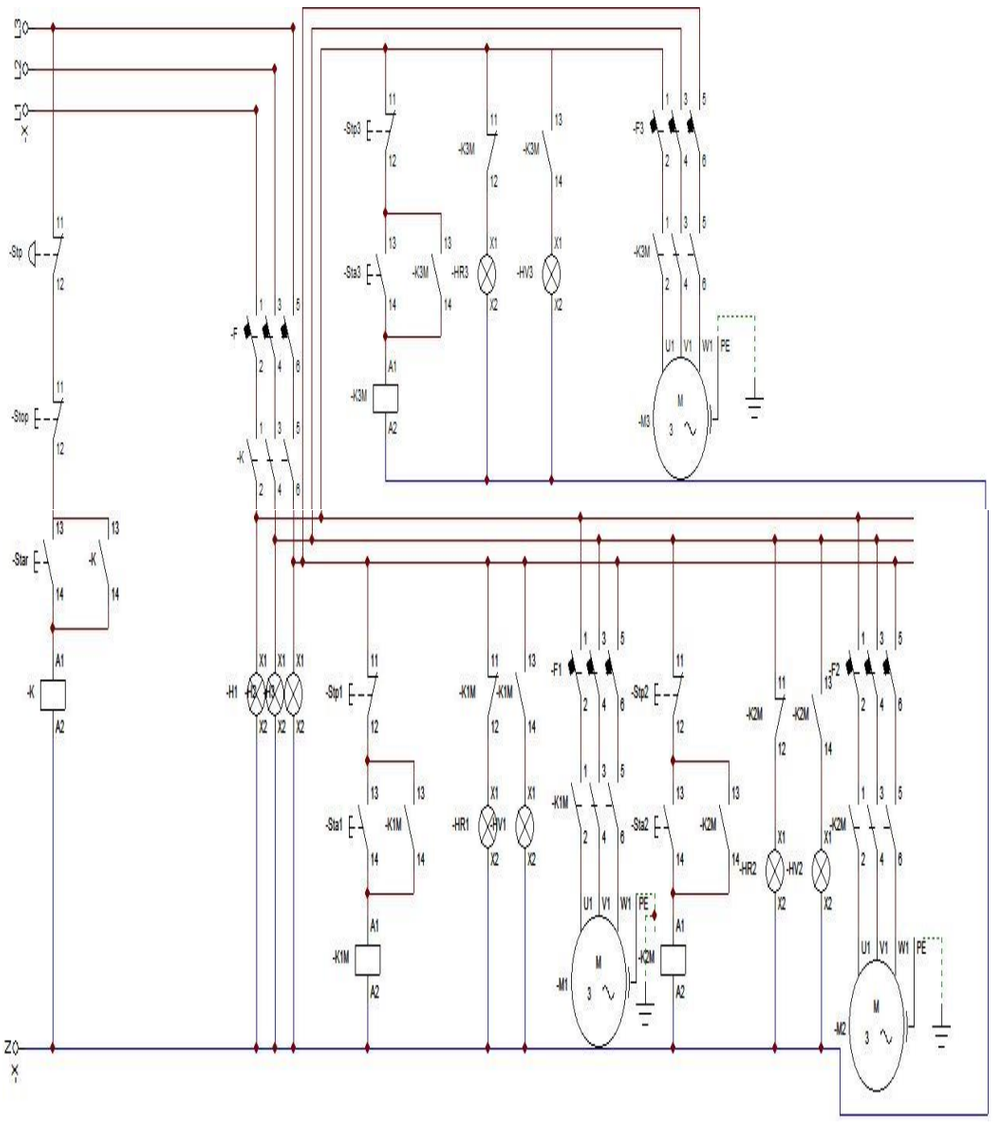
Figura 2-3. Circuito de fuerza para motores.

Tabla 2-2. Simbología Circuito Partir/Parar

SIMBOLOGÍA	NOMBRE
	START
	STOP
	BOBINA
	LUZ PILOTO

Fuente: Elaboración propia en el AutoCAD 2007.

Diagrama general circuito Partir/Parar para los motores trifásicos.



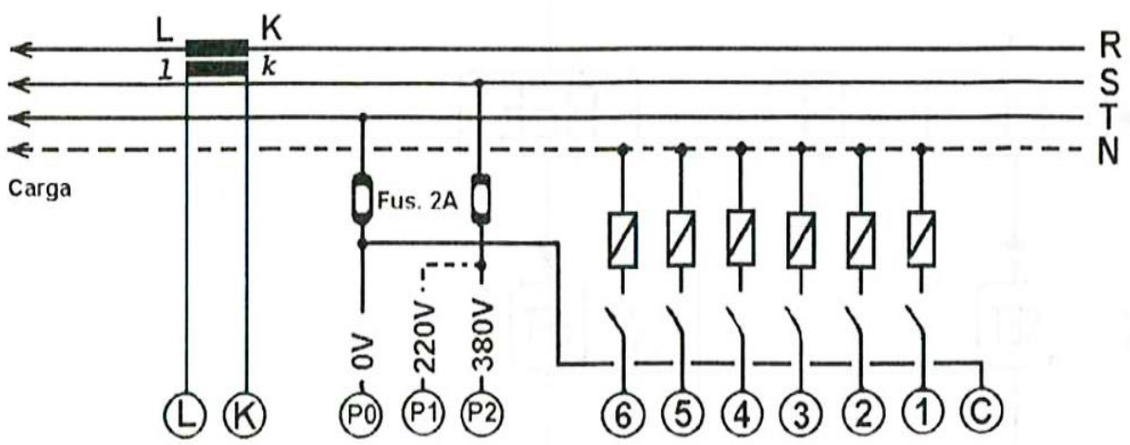
Fuente: Elaboración propia en el Cade Simu V3.0.

Figura 2-3. Circuito general de control Partir/Parar y fuerza.

2.2.2. Circuito eléctrico para el regulador de reactivo s5-60dtaik

El circuito utilizado para llevar a cabo la implementación del regulador es el proporcionado por el fabricante el cual se obtiene del manual obtenido por internet y son los siguientes diagramas que se subdividen en una parte de implementación y en otra de programación

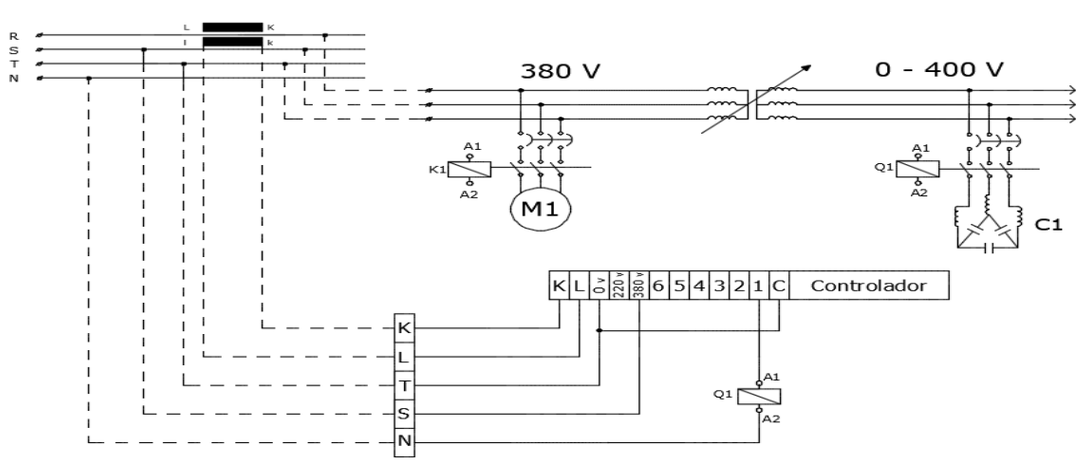
- Circuito de implementación serigrafiado en el Regulador de Reactivo:



Fuente: Manual S560D-S120D RED.

Figura 2-4. Circuito de conexión de Regulador de

- Circuito de implementación obtenido del manual del fabricante:



Fuente: Manual S560D-S120D RED.

Figura 2-5. Circuito de conexión de Regulador de Reactivos II

El análisis de implementación del regulador de reactivos en este circuito se mencionará en los siguientes puntos:

- Comenzando con el análisis de conexionado del Regulador de Reactivo se inicia mencionando que este puede funcionar en 380 V o 220 V, en este caso para nuestro proyecto lo utilizamos en la modalidad de alimentación de 220 V.

- El circuito de alimentación es independiente al de control de este dispositivo, es decir que este puede ser conectado directo a la red sin necesidad de usar un VARIAC.

- Explicando llanamente el conexionado del aparato, hay que dilucidar que el “K” y el “L” sirven para la parte de censado de F.P, el L que sale en el diagrama pasa directo por la línea R de la red y llega por el K.

- El 0 V del aparato se conecta directamente a la línea T y este a su vez se puentea con el punto C que se identifica comúnmente como la tierra.

- Los 220 V se conectan a la línea S de la red la cual se encargará de alimentar al dispositivo.

- Los puestos identificados con números de derecha a izquierda comenzando con el número 1 y terminando con el número 6, van conectado al A2 de cada contactor que se encargara de maniobrar los condensadores.

2.3. CONSTRUYENDO UN BANCO DE CONDENSADORES PARA USO DOCENTE

En este punto de este capítulo se abordará toda la parte de modificación y construcción en general del proyecto de manera física y el orden secuencial que se realizó para llevarlo a cabo abarcando desde los elementos que se utilizaron de manera detallada, hasta las modificaciones que se le realizaron al proyecto original.

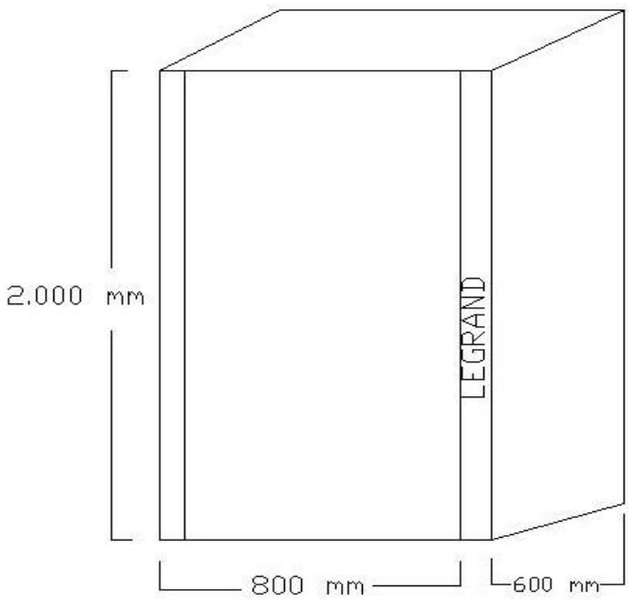
2.3.1. Armario eléctrico pre y post modificaciones

Comenzando con la base del proyecto y portador de todos los circuitos llevados a cabo, tenemos al armario eléctrico el cual es el siguiente:

Fuente: Diseño e implementación de un banco de condensadores para compensar el factor de potencia con fines didácticos.

Figura 2-6. Armario eléctrico en bruto.

El armario eléctrico mostrado anteriormente es de la marca LEGRAND y sus dimensiones son las siguientes:



Fuente: Elaboración propia en el autoCAD 2007.

Figura 2-7. Dimensiones del Armario Eléctrico.

Ya sabiendo las dimensiones se da a comprender que es un armario eléctrico bastante grande, pero como modificación lógica se da a entender que para nueve motores como planteaba el diagrama original realizado por los estudiantes que iniciaron con el proyecto, es insuficiente su tamaño.

Por ende, se decidió colocar tres motores dentro ya que físicamente eran los que cabían.

Continuando con las modificaciones realizadas al armario eléctrico, la primera modificación importante que se realizo fue colocarle a la base cuatro ruedas para que el armario se desplazará por el laboratorio de electricidad y de esta manera fuera más “portable”, y las imágenes de este proceso se pueden ver a continuación:

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-8. Armario Eléctrico con ruedas.

Tras agregarle las ruedas al armario eléctrico se continuó haciéndole el orificio al lado inferior izquierdo del armario para agregar el alimentador industrial volante de cinco polos el cual se encargará de suministrar la energía eléctrica al sistema de control y fuerza.

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-9. Alimentación trifásica para armario eléctrico.

Después de haber agregado el alimentador industrial, preparamos el armario y lo sometimos a modificaciones internas y entre las modificaciones más importantes fue reducir el número de Contactores de control para los motores de nueve a tres y como anexo se decido dejar tres más para conectar tres motores o dispositivos pre dispuesto por el docente o el estudiantado que necesite del tablero eléctrico con el banco de condensadores, en resumen este proyecto funcionara con seis Contactores que actuaran sobre seis circuitos de Partir/Parar.

También como acotación dentro de las modificaciones al armario eléctrico, se le agrego la tapa lateral derecha del armario la cual no estaba colocada, y para fines prácticos se terminó colocando, como se muestra a continuación.

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-10. Armario Eléctrico con pieza lateral.

Para finalizar es importante mencionar las modificaciones realizadas al armario eléctrico previamente por los alumnos que llevaron a cabo originalmente el proyecto.

Estas modificaciones son sustanciales pero la más importante es que dejaron puesto diversos elementos eléctricos de suma relevancia para el proyecto y que para nosotros nos agilizaron y nos ahorraron tiempo.

Los elementos que colocaron fueron los siguientes:

- Pulsadores
- Luces Piloto
- Un Analizador de Redes.
- El Regulador de Reactivos

Y estos dispositivos se pueden apreciar en la siguiente fotografía:

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-11. Armario Eléctrico con todos los dispositivos.

2.4. DISPOSOITIVOS ELECTRICOS UTILIZADOS

2.4.1. Definiciones, modo de operación y características

a) Interruptor Automático de tres polos Magneto térmico Trifásico:

Es un dispositivo que como su nombre indica combina dos efectos, el magnetismo y el calor, para interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando se detectan valores mayores a ciertos límites.

Su modo de operación es interrumpiendo el paso de la corriente cuando detecta que esta sobrepasa ciertos límites.

En este caso se utilizaron se utilizaron doce interruptores automáticos de 16 A de marca Legrand, subdividiéndose en seis para los Contactores y motores además de otros seis para la sección de los condensadores.

Fotografía del interruptor automático:

Fuente: www.legrand.cl

Figura 2-12. Interruptor Automático.

Tabla 2-3. Ficha técnica Interruptor Automático.

FICHA TÈCNICA	
Nº de Módulos	3
Tensión de Alimentación	230 V
Potencia	3680 W
Tipo de Curva	TIPO C
Nº de Polos	3
Sensibilidad	30 mA
Intensidad	16 A
Clase	CLASE AC
Medida de Ancho	7.8 mm
Medida de Alto	8.5 mm
Medida de Fondo	8.2 mm

Fuente: DataSheet Model Legrand 3P -16A.

b) Contactor bobina 230 V AC Marca Mitsubishi Electric

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

El funcionamiento de un contactor es el siguiente a los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactor principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

Fotografías del Contactor general y del que comanda a los motores

Fuente: www.mitsubishielectric.com

Figura 2-13. Contactores.

Tabla 2-4. Ficha técnica Contactor.

FICHA TÈCNICA	
Marca	Mitsubishi
Tensión de Bobina	250 Vac
Corriente de contacto nominal	5A
Serie	S-T
Nº de Polos	4P
Tensión Nominal de los Contactos	690 Vac
Potencia Nominal	4 kW a 230 Vac - 7,5 kW a 400 Vac
Número de Contactos Auxiliares	3
Longitud	36 mm
Profundidad	78 mm
Configuración Normal del Estado	4 N/A

Fuente: DataSheet Model Mitsubishi S-T/N.

c) Analizador de redes SATEC Pm 130Eh Plus

El analizador de redes eléctricas es un instrumento que permite analizar diferentes propiedades de una instalación. Se centra especialmente en los parámetros de dispersión (Parámetros-S) y los datos que arroja permiten llevar un control exacto del consumo de energía eléctrica.

Fotografía del analizador utilizado:

Fuente: http://www.enertronic.es

Figura 2-14. Analizador de Redes.

Tabla 2-5. Ficha técnica Analizador de Redes.

FICHA TÈCNICA	
Marca	Satec
Tensión de Funcionamiento	120/230 AC-DC
Impedancia de entrada	1000 kΩ
Tamaño cable	Hasta 12 AWG
Nº de Polos	4P
Rango Operativo	Continuo 2A RMS
Aislamiento Galvánico	3500 Vca
Consumo	< 0.02 VA @ In=1A
Longitud	144 x 144 mm
Profundidad	109 mm
Serie	PM 130 EH

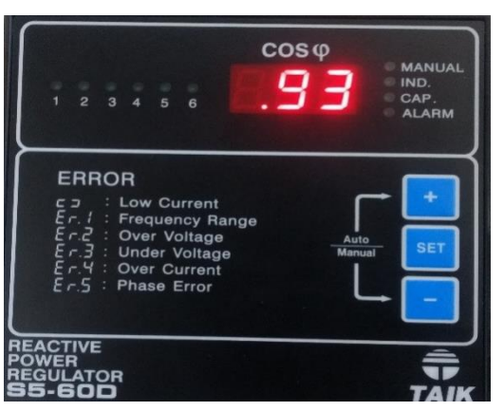
Fuente: DataSheet Model Satec PM 130 EH.

d) Regulador de Potencia Reactiva Taik S60-D

Un regulador de potencia reactiva es un instrumento ampliamente utilizado en el mundo de la electricidad en todo lo que concierne a regular el factor de potencia para sistemas eléctricos.

El método de funcionamiento puramente eléctrico de este instrumento es por medio de la potencia reactiva la cual analiza fluctuaciones que absorben momentáneamente los receptores durante una parte del ciclo y devuelven a la red a lo largo del ciclo.

Fotografía del Regulador de Reactivos:



Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-15. Regulador de Reactivos.

Tabla 2-6. Ficha técnica Regulador de Reactivos.

FICHA TÈCNICA	
Marca	Taik
Modelo	S5-60D
Tensión de Funcionamiento	220-380 Vac
Corriente de Transformación	5 A
Nº de Etapas	6
Frecuencia	50-60 Hz
Rango de Reactivos	Cap. 0.95 ~ Ind. 0.85 PF
Temperatura de operación	0 ~ 60°C
Medida de Ancho	144 mm
Medida de Alto	155 mm

Fuente: DataSheet Model TAIK PM S5-60D.

e) Condensador trifásico Electronicon 2,50 kVAR 400 V

El condensador es un dispositivo para el ahorro de energía que corrige los desperdicios donde quiera que haya un bobinado en sistemas eléctricos.

Su modo de funcionamiento es almacenando carga eléctrica, utiliza dos placas o superficies conductoras en forma de láminas separadas por un material dieléctrico (aislante). Estas placas son las que se cargarán eléctricamente cuando lo conectemos a una batería o a una fuente de tensión. Las placas se cargarán con la misma cantidad de carga (q) pero con distintos signos (una + y la otra -). Una vez cargado ya tenemos entre las dos placas una d.d.p o tensión, y estará preparado para soltar esa carga cuando lo conectemos a un receptor de salida

Fotografías del Condensador:

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-16. Condensador trifásico.

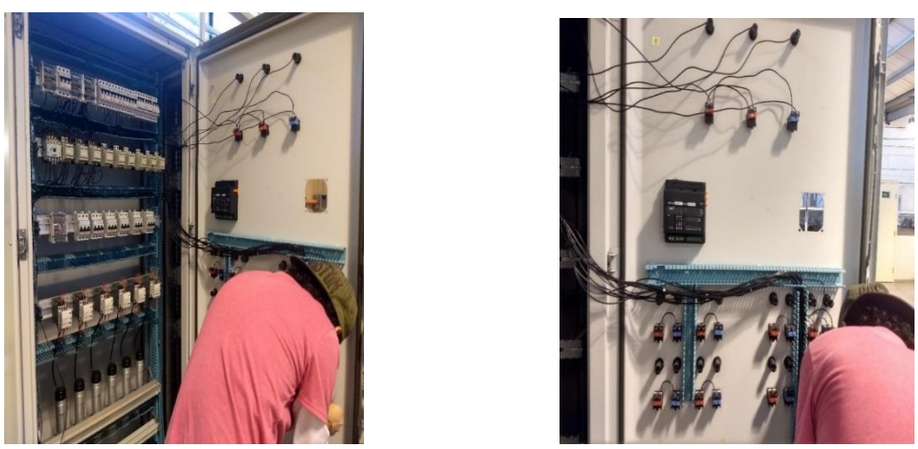
Tabla 2-7. Ficha técnica Condensador Trifásico.

FICHA TÈCNICA		
Q(KVARc)	**Voltaje (V)**	**Frecuencia (Hz)**
0,83	230	50
1,00	230	60
2,50	400	50
3,12	400	60
3,12	440	50
3,75	440	60

Fuente: DataSheet Model ELECTRONICON C25O.

2.4.2. Armado y peinado del circuito en el armario eléctrico

Como parte principal del armado del circuito y peinado para post presentación de este, se desarrolló principalmente con Cable color negro 5 X 8 AWG en toda la parte control y se subdividió la parte de fuerza con cable de THHN de color Negro de 14 AWG, THHN de color Azul de 14 AWG y cable THHN de color Rojo de 14 AWG.



Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 2-17. Armado y embellecimiento del circuito.

CAPÍTULO 3: EXPERIENCIAS PRATICAS PARA APLICACIÓN DOCENTE Y CONCLUSIONES FINALES

3. EXPERIENCIAS PRACTICAS PARA APLICACIÓN DOCENTE Y CONCLUSIONES FINALES:

3.1. Introducción a experiencias prácticas con el B.D.C.

En este capítulo podrá apreciar las experiencias prácticas que se desarrollaron en función al armario eléctrico con B.D.C, como una pseudo guía para ser aplicadas por los docentes, empleando los recursos existentes en el Laboratorio de Electricidad y complementándolo con sistemas ya creados para uso didáctico.

Cabe mencionar que en este trabajo no pretende ser una guía estricta con respecto a los sistemas derivados que se pueden aplicar al armario eléctrico ni tampoco al tipo de carga que se puedan compensar.

Esta guía se hizo pensando en lo que había en el laboratorio de electricidad de la UTFSM sede viña del mar y para lo que podría ser realmente útil este sistema.

La finalidad de este proyecto es que los alumnos de generaciones próximas entiendan de manera práctica lo que es el factor de potencia y se titulen de la carrera teniendo una noción real de este.

Por ende, esta guía tratara de ser lo más simple y concisa posible esperando la comprensión tanto de docencia como de los alumnados, que vayan a utilizar este proyecto.

3.2. Instrucciones de funcionamiento del módulo regulador de Factor de Potencia

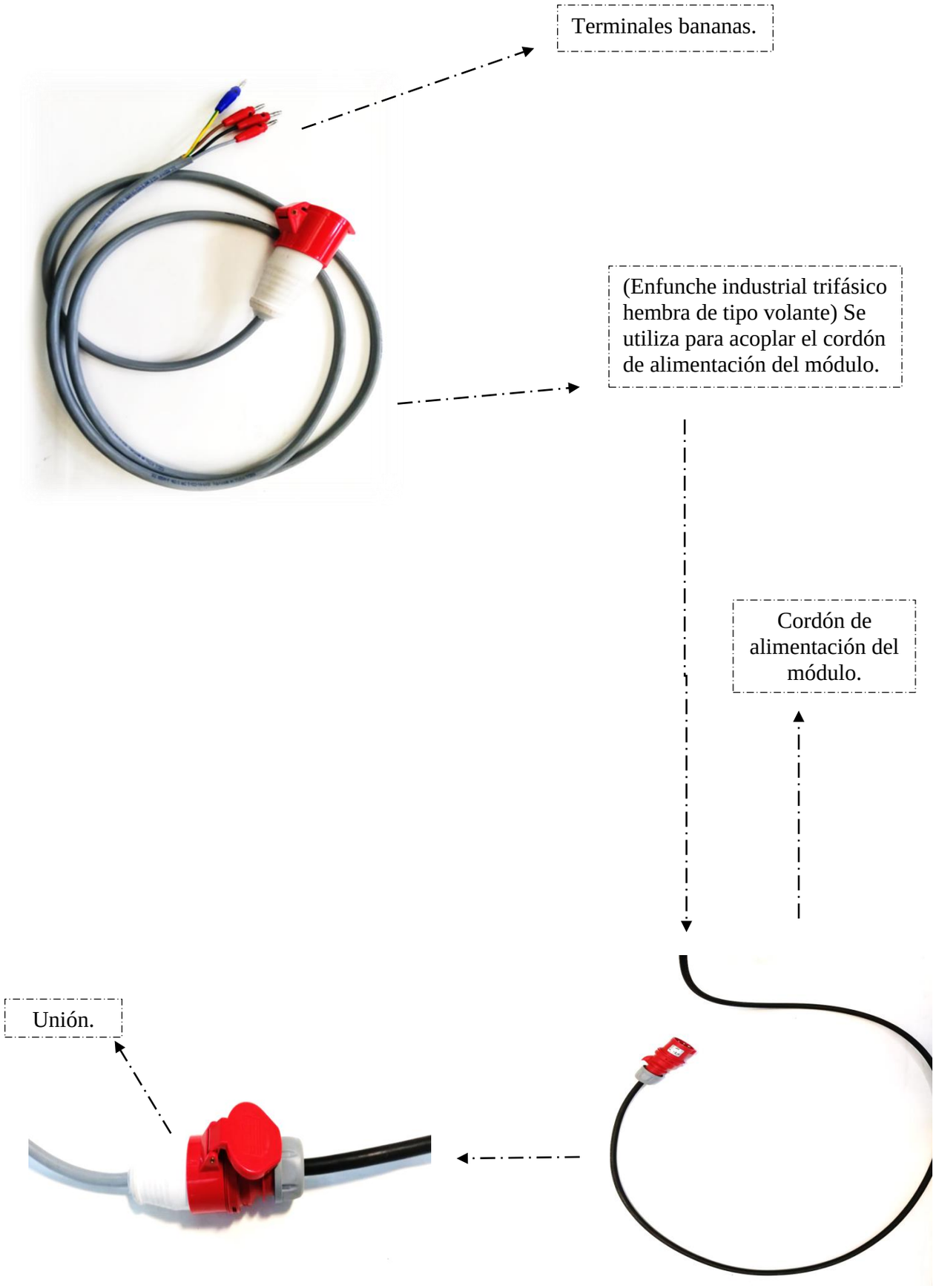
En este punto de este capítulo se darán instrucciones precisas de forma didáctica del funcionamiento del módulo regulador de factor de potencia desde las conexiones previas que hay que llevar a cabo, de todo lo que hay que realizar previamente y durante su funcionamiento para operar este de manera eficaz y sin problemas.

La finalidad de esta especie de guía es dejar muy en claro cómo es que de funciona el modulo regulador o B.D.C, para que los docentes que lo vayan a utilizar tengan la idea concisa de como ejecutarlo sin riesgo alguno.

Esta guía es dividida en dos partes la 1|° será de procedimientos previos que hay que realizar y la 2° parte es sobré los porcientos que hay que realizar mientras opera el B.D.C.

3.2.1. PARTE I: Procedimientos previos de operación del B.D.C

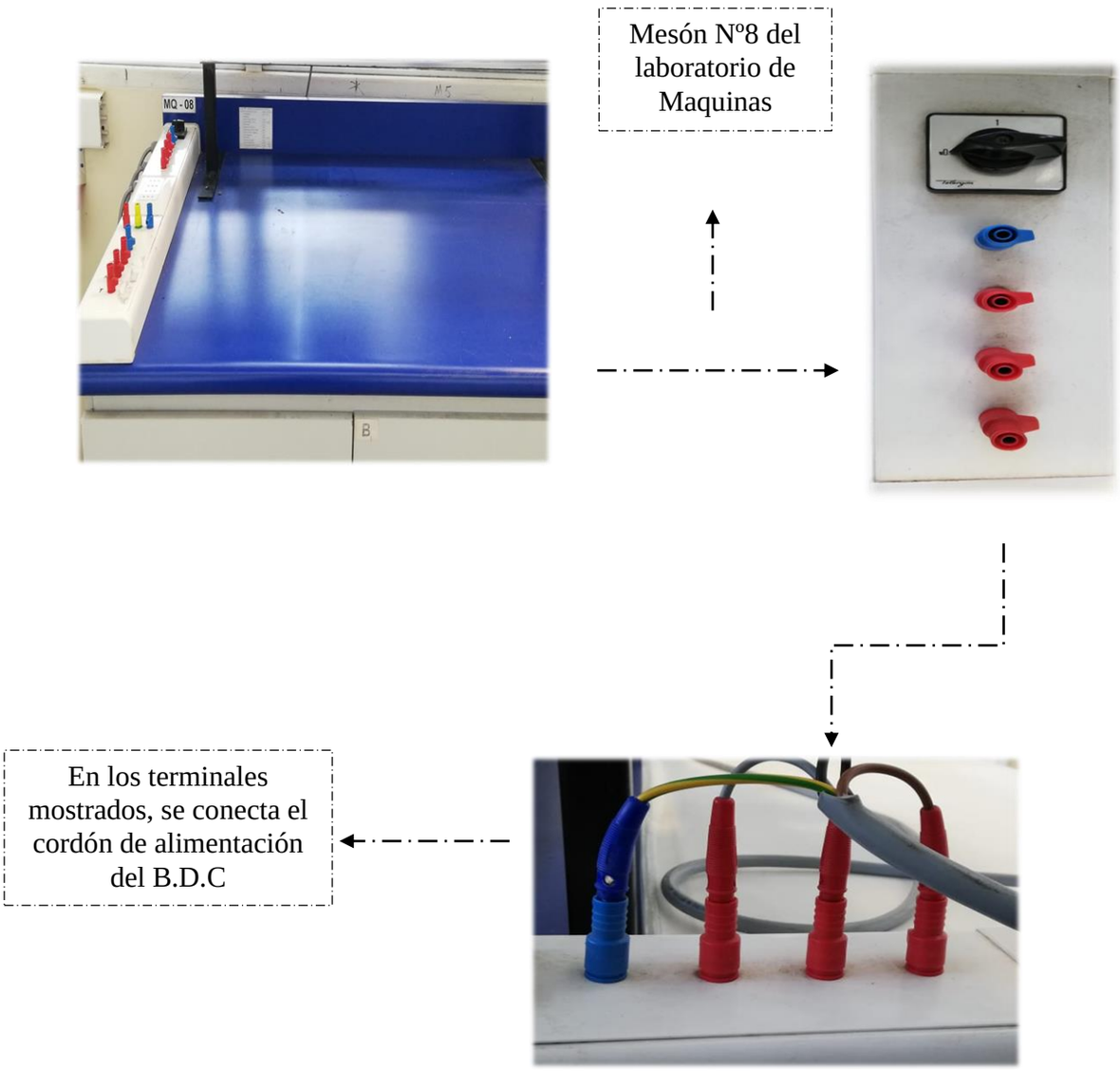
- Procedimiento para energizar el modulo B.D.C:



Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-1. Procedimientos de operación del B.C.D.

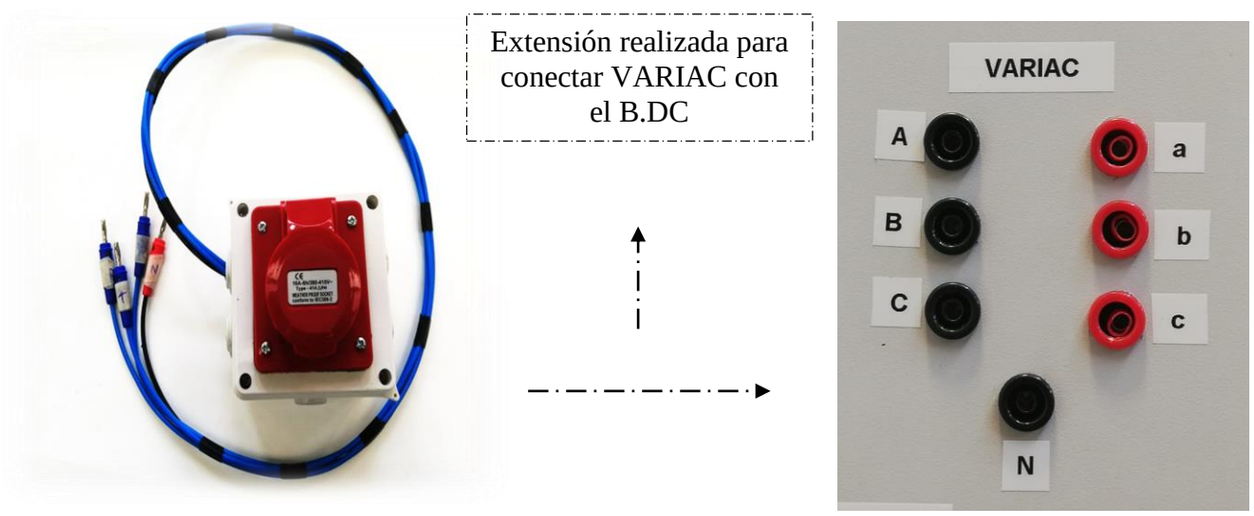
- Conexionado previo:

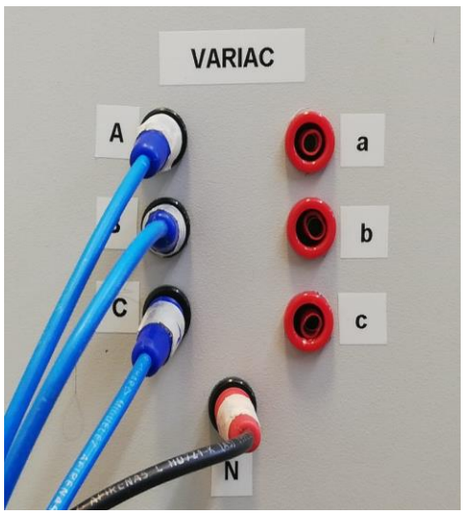


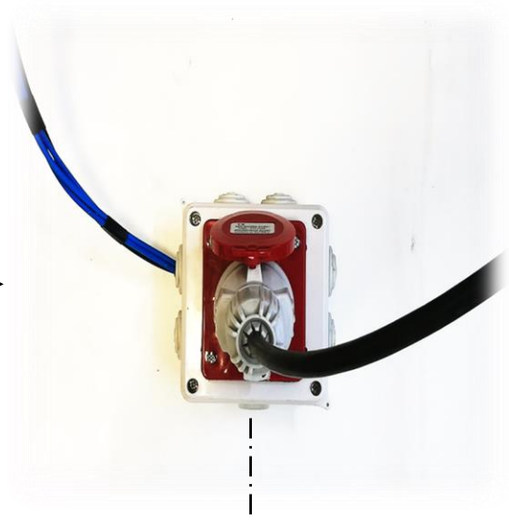
Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-2. Conexionado previo.

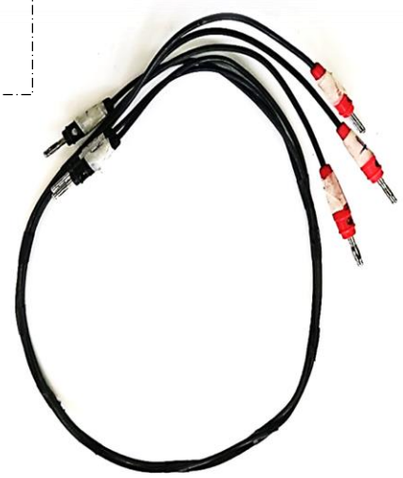
- Conexionado VARIAC



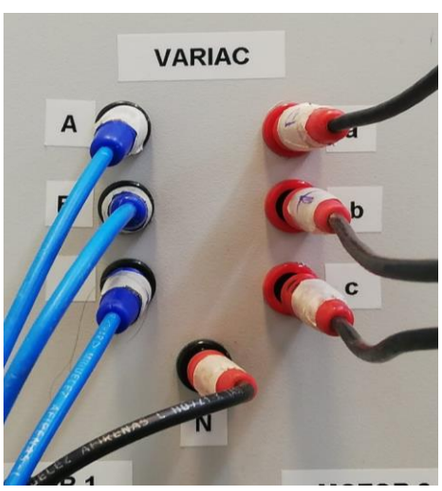


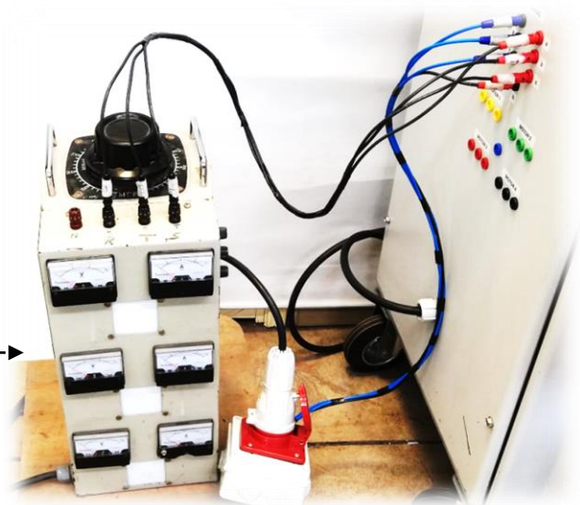


Al conectarse la extensión a las entradas del B.D.C, el otro extremo se conecta al Variac para suministrarle ella tensión necesaria.



Se conecta la segunda extensión a la salida del Variac y esta va a la a salida del B.D.C, como se puede apreciar en las siguientes imágenes

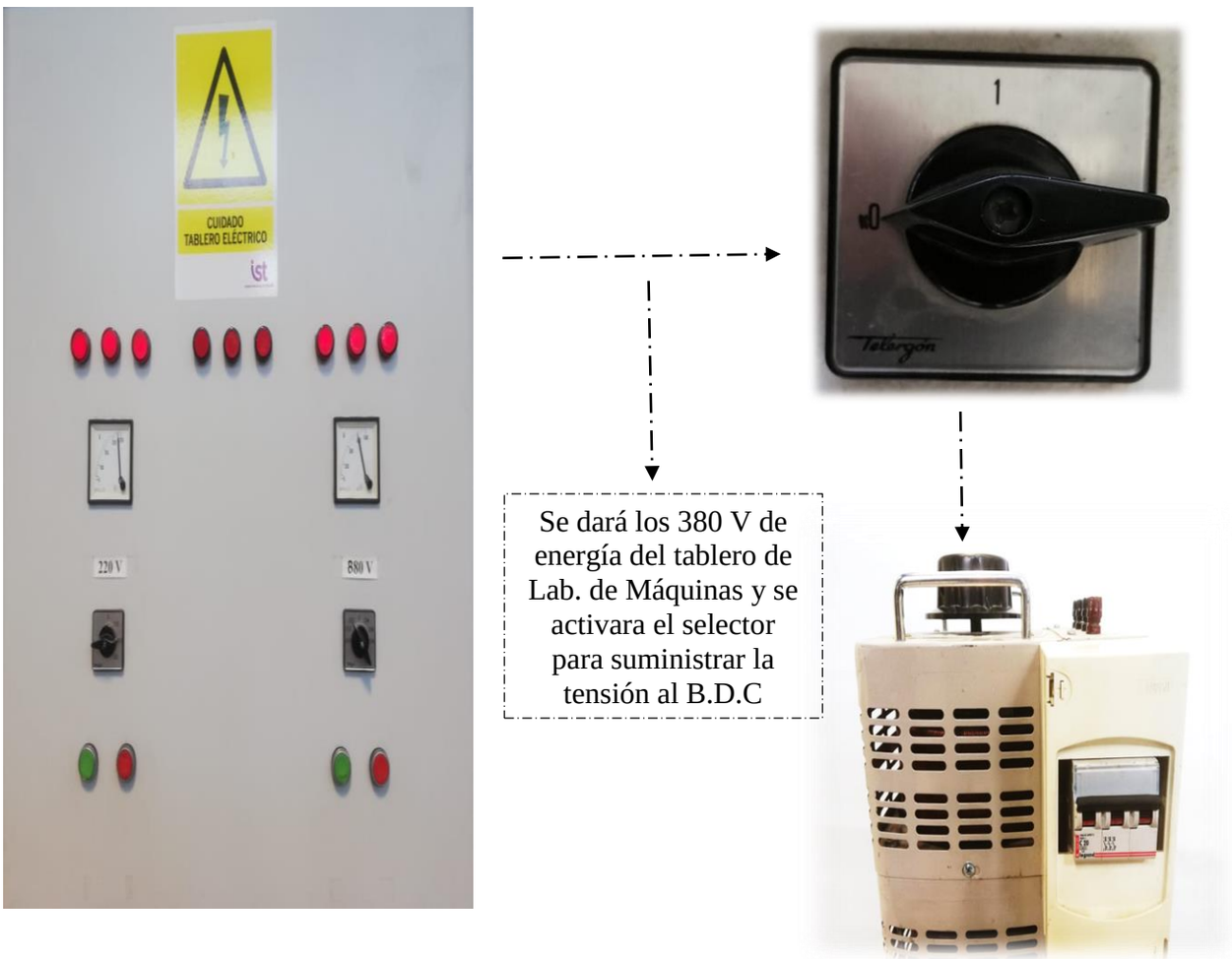




Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-3. Conexionado del VARIAC.

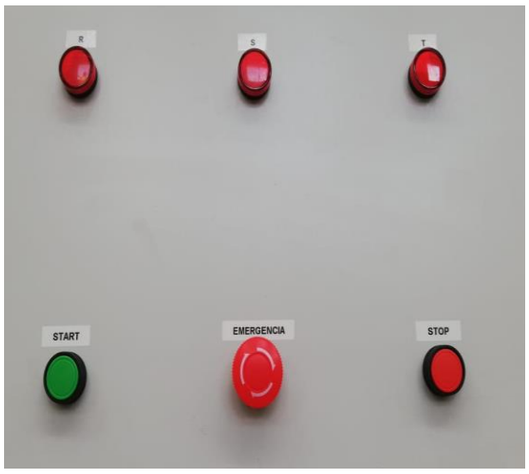
- Energizando el B.D.C:



Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-4. Energizando el VARIAC.

3.2.2. PARTE II: Procedimientos durante el funcionamiento del B.D.C:



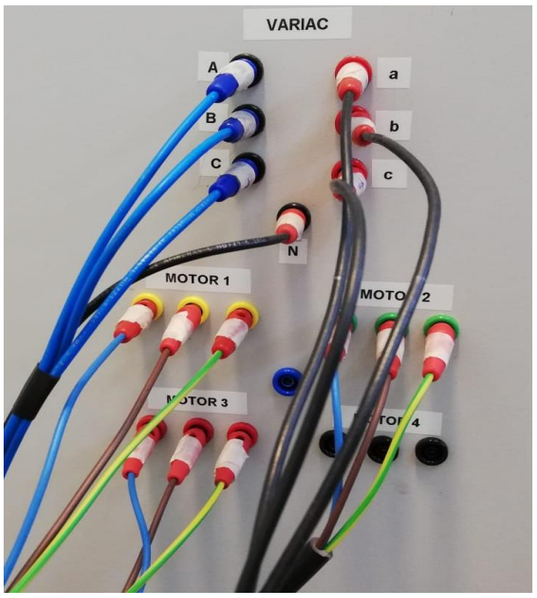
Al estar energizado el B.D.C, se presionará START para ponerlo operativo, para saber si está funcionando se iluminará las tres luces pilotos R, S, T en el panel frontal

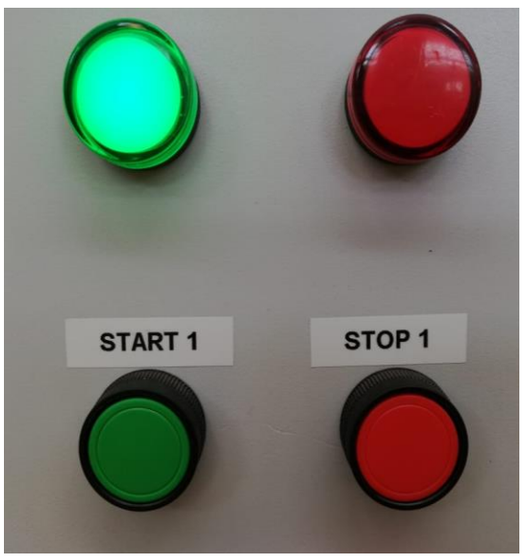
Al momento de estar operativo el B.D.C, de inmediatamente se pondrán en funcionamiento el analizador de redes y regulador de reactivos

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-5. B.D.C Operativo.

Externamente se deben agregar más cargas al B.D.C, por las salidas predispuestas de este, como se muestra en las siguientes imágenes





Al estar agregadas las demás cargas, se puede poner en operación las cargas internas del B.D.C presionando el botón START.

Las cargas internas juntos con las externas comenzaran a operar y se verá la en el regulador de reactivos el respectivo factor de potencia.

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-6. Conectando cargas internas y externas para el B.D.C

Para regular el voltaje de los condensadores y de esa manera la capacitancia necesaria se utiliza el Variac

A medida que se va regulando el voltaje con el Variac, van entrando las etapas para llegar al factor de potencia ideal que es 0.93.

Fuente: Cámara Moto G4 Plus, Laboratorio de electricidad.

Figura 3-7. Apartados finales de operación del B.D.C

3.3. Estructura básica para experiencias prácticas con el sistema B.D.C

En este punto, de este capítulo se dará una estructura básica que se aplicará para cada experiencia que se sugiera como base teórica para que sea aplicada por los docentes y desarrollada por los alumnos.

3.3.1. Experiencia Nº1: "Corrección del factor de potencia mediante un banco de condensadores con un VARIAC".

- Tema: "Corrección del factor de potencia mediante un banco de condensadores con voltaje variable".

- Resultados de aprendizaje:

➢ Determinar relación de potencias existentes en el sistema eléctrico.

➢ Determinar el factor de potencia de una carga trifásica inductiva.

➢ Determinar el efecto producido por los condensadores sobre el factor de potencia.

- Alcance:

➢ Analizar mediciones de variables eléctricas.

➢ Dominar el funcionamiento del controlador de factor de potencia.

- Equipos e instrumentos:

➢ Un regulador de reactivos serie S5-60D marca TAIK con salida a contactores especiales para comandar condensadores, de 6 etapas.

➢ Analizador de redes.

➢ Contactores marca Mitsubishi Electric para controlar motores trifásicos.

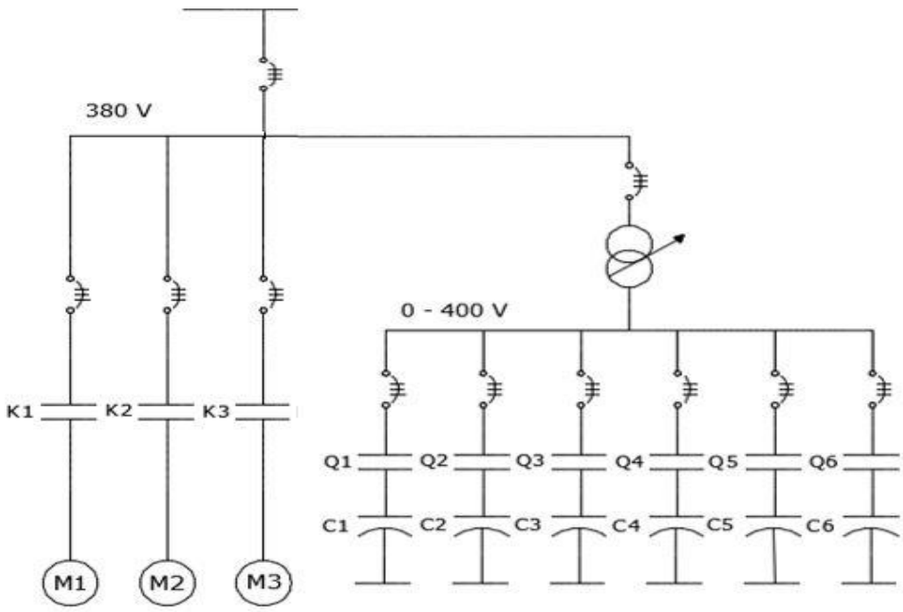
➢ Contactores especiales para condensadores (de pre carga).

➢ Condensadores.

➢ Motores trifásicos.

➢ VARIAC.

- Circuito de Trabajo:



- Trabajo previo:

➢ Placa de características:

Motor tipo 1	Motor tipo 2	Motor tipo 3
0,75 (kW)	0,75 (kW)	0,75 (kW)
220/380 (v) Δ/Y	220/380 (v) Δ/Y	220/380 (v) Δ/Y
3,55/2,05 (A)	3,12/1,81 (A)	3,12/1,81 (A)
η= 73%	η= 76%	η= 76%
Cos φ= 0,76	Cos φ= 0,83	Cos φ= 0,82
50 (Hz)	50 (Hz)	50 (Hz)
1380 rpm	2845 rpm	2845 rpm

➢ Calcular potencia eléctrica total y potencia reactiva total de los 9 motores trifásicos.

➢ Se tienen 6 condensadores para compensar el factor de potencia, cada condensador tiene las siguientes características:

2,50 (kVARc) - 400 (V) – 50 (Hz).

➢ Calcular la potencia reactiva capacitiva a 380 (V).

➢ Calcular la potencia reactiva capacitiva a 300 (V)

- Calcular el voltaje necesario que debe aplicar el VARIAC para que los 6 condensadores puedan compensar el factor de potencia cuando estén funcionando los 6 motores trifásicos.

- Trabajo en Laboratorio: Tiempo estimado 150 minutos.

- Comprobar estado de contactores y condensadores.

- Comprobar estado de los motores (prueba de aislación) y sus datos de placa de características.

- Ajustar VARIAC a 0 (V), encender los 6 motores trifásicos y anotar las variables eléctricas que entrega el analizador de red.

- Ajustar parámetros del controlador de factor de potencia según cálculos previos.

- Ajustar voltaje en VARIAC según cálculos previos.

- Encender motores trifásicos uno a la vez, anotar el valor de la potencia reactiva en el cual activa la salida 1 hasta la 6 del controlador de factor de potencia.

- Realizar cuadro comparativo cuando el VARIAC está ajustado a 0 (V) y cuando el VARIAC está ajustado según el voltaje que necesitan los condensadores para compensar el factor de potencia.

Variables	0 (V)	(V)
Tensión de entrada		
Corriente		
Potencia activa		
Potencia reactiva		
Potencia aparente		
Factor de potencia		
Frecuencia		

3.4. CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

3.4.1 Conclusiones

Este proyecto fue muy importante para nosotros ya que nos ayudó a aplicar todo lo aprendido durante esto dos años y medio en la especialidad de electricidad, aplicando nuestros conocimientos y con la ayuda de los profesores pertinentes logramos concluir este trabajo satisfactoriamente, sin desmerecer el trabajo previamente realizado por los alumnos de años anteriores que comenzaron con el diseño, el cual nos ayudó mucho para poder ejecutar todos los procedimientos necesarios de manera eficiente y poder concebir en su totalidad el Modulo Regulador de Reactivos.

A pesar de que desde en un comienzo estábamos un poco dudoso por donde iniciara realizar este trabajo, a medida que nos fuimos interiorizándonos con el B.D.C y comprendiendo a cabalidad el funcionamiento de este, comenzamos a exponer nuestras ideas y a ejecutarlas, un ejemplo de estos es hacer el módulo desplazable, para que se pudiera mover por todo el laboratorio de electricidad y así ser más práctico al momento de ser utilizado por los docentes y los estudiantes.

Cabe recalcar que todas las modificaciones que se realizaron al diseño previamente presentados por los alumnos que desarrollaron este proyecto en un comienzo, fueron con el único propósito de hacerlo más práctico y útil para su uso y nunca se trató de opacar lo que ya estaba realizado, si no que todo lo que se hizo fue por el bien mutuo de entregar un proyecto consistente y factible para todos los que en un futuro lo van a utilizar.

Creemos que es un gran aporte para la especialidad ya que será de mucha ayuda para las nuevas generaciones de estudiantes que decidan incorporarse al amplio mundo de la electricidad, ya que este proyecto les ayudara a comprender y entender el factor de potencia de una forma más práctica y versátil. De igual manera para los docentes ya que será un gran complemento de educación propiamente tal, siendo este un proyecto redituable para la universidad, ya que la inversión monetaria consignada en todos los materiales necesarios para llevar cabo este trabajo fue bien asignada.

Además de que nosotros para concluir este proyecto, como objetivo principal tratamos de ocupar todos los materiales que ya estaban y si había que comprar material alguno, tratamos de que fuera lo más rentable posible para que los gatos no se multiplicaran.

Como conclusión final esperamos que sea un proyecto de provecho para toda la comunidad y la especialidad de electricidad y que sea una gran fuente de conocimiento para las nuevas generaciones.

3.4.2 Recomendaciones

Las recomendaciones que se pueden entregar para los docentes y alumnos que decidan seguir ampliando e interiorizándose en este proyecto son las siguientes:

- Rediseñar y cambiar los condensadores trifásicos por otros de menor capacitancia y de valores diferentes para que de esta manera se pueda ocupar el regulador de reactivos de manera más eficiente y así poder discernir del Variac, así este banco de condensadores o modulo regulador del factor de potencia será más apegado a lo que se puede apreciar en la industria.

- También se recomienda cambiar el cordón de alimentación por uno de cinco polos, para de esta manera agregar la tierra al sistema, para mayor seguridad de los estudiantes.

- Se recomienda cambiar las cargas por otras que generen mayor reactivos-inductivos para que de esta manera se pueda apreciar con mayor cabalidad la compensación realiza por los condensadores y el regulador de reactivos.

BIBLIOGRAFÍA

Autor Personal

Jacinto López Melendo, Calidad de Potencia: Armónicos y Factor de Potencia, S.A. MARCOMBO, ES, 2017, ISBN: 978-842-672-571-4.

Álvaro Acosta Montoya, Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia. Un Enfoque Moderno, EDICIONES DE LA U, ES, 2015, ISBN: 978-958-762-189-1.

Ramón María Mujal Rosas, Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia, Universidad Politécnica de Cataluña, ES, 2015, ISBN: 978-847-653-972-9.

Fermín Barrero, Sistemas de Energía Eléctrica, Cengage Learning, ES,2004, ISBN: 849-732-283-5.

B. M. Weedy, Sistemas Eléctricos Gran Potencia, Editorial Reverté, ES, 1978, ISBN: 978-84-291-3094-2.

Oficio Circular:

Nº03487, Decreto Nº300, de 1997, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Imparte instrucciones respecto a recargo por factor de potencia mensual, Santiago: 20 Julio de 1998.

Normas Técnicas:

Súper intendencia de Electricidad y Combustible, Norma 4/2003 para Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, en reemplazo de la vigente desde 1984 (norma 4/84).

Sitios www (world wide web):

Blog Evolux.com, https://evolux.cl/blog/2016/8/21/importancia-del-factor-de-potencia, 21 de Agosto de 2016.

Voltimum.es, https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/como-mejorar-factor-potencia, 28 de Octubre de 2009.

Unicrom.com, https://unicrom.com/factor-de-potencia/, 28 de Julio de 2017.

Afinidaelectrica.com, http://www.afinidadelectrica.com/articulo.php?IdArticulo=15, 10 de Noviembre de 2009.

Circutor.es, http://circutor.es/es/formacion/energia-reactiva/que-es-el-factor-de-potencia, 18 de Mayo de 2016.

Areatecnologia.com, https://www.areatecnologia.com/electricidad/factor-de-potencia.html, 23 de Marzo de 2011.

Circuito de electricidad.blogspot.com, http://circuloelectricidad.blogspot.com/2015/01/multas-por-factor-de-potencia.html, Jueves, 15 de Enero de 2015