

**ESTUDIO DE LA GENERACIÓN DE LA TERCERA FASE POR MÉTODOS
ELÉCTRICOS PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS**

SERGIO ANDRES FRANCO

JUAN PABLO QUINTERO

JANNY MICHAEL URIBE

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2017

**ESTUDIO DE LA GENERACIÓN DE LA TERCERA FASE POR MÉTODOS
ELÉCTRICOS PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS**

SERGIO ANDRES FRANCO

JUAN PABLO QUINTERO

JANNY MICHAEL URIBE

Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo en Eléctrica

**Asesor Técnico
Carlos Mario Moreno Paniagua
Ingeniero Electricista**

**Asesora Metodológica
Catalina Molina Valencia
Ingeniera Electrónica**

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2017

CONTENIDO

Introducción.....	9
1. Planteamiento del problema	12
1.2 Descripción	12
1.3 Formulación	12
2. Justificación.....	13
3. Objetivos	14
3.1 General.....	14
3.2 Específicos.....	14
4 Marco teórico.....	15
4.1 Sistemas eléctricos trifásicos	16
4.2 Sistemas electrónicos monofásicos.....	17
4.3 Circuito impreso o tarjeta electrónica.....	17
4.4 Regulación de tensión en un transformador.....	18
4.5 Caídas de tensión.....	20
4.6 Capacitores.....	20
4.7 Rectificadores de corriente.....	21
5 Metodología.....	22

5.1	Tipo de proyecto.	22
5.2	Método.....	22
5.3	Población y muestra.	25
6	Resultados del proyecto.	26
7	Recomendaciones.....	36
8	Referencias bibliográficas.....	37
9	Bibliografía.	39

Lista de figuras.

<i>Figura 1</i> Desfase de sistema trifásico.	15
<i>Figura 2.</i> Sistema trifásico.	28
<i>Figura 3.</i> Guía para seleccionar el calibre y protección de la acometida.	29
<i>Figura 4.</i> Guía para seleccionar el calibre y protección de la acometida.	30
<i>Figura 5.</i> Guía para seleccionar el ducto de la acometida.	31
<i>Figura 6.</i> Diagrama unifilar.	31
<i>Figura 7.</i> Diagrama unifilar.	32
<i>Figura 8.</i> Diagrama de tarjeta electrónica.....	33
<i>Figura 9</i> Breaker marca Legrand.	33
<i>Figura 10</i> Motor.....	34
<i>Figura 11</i> Tarjeta electrónica.....	34

Resumen

ESTUDIO DE LA GENERACIÓN DE LA TERCERA FASE POR MÉTODOS ELÉCTRICOS PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

SERGIO ANDRES FRANCO

JUAN PABLO QUINTERO

JANNY MICHAEL URIBE

Este proyecto es realizado con el fin de evaluar alternativas en el momento de requerir un cambio de capacidad para cualquier tipo de usuario. Se trata básicamente de utilizar un sistema electrónico, para generar una tercera fase y así poder aumentar la potencia activa y lograr cubrir la demanda de aquellos usuarios que tienen en sus instalaciones aparatos con alto consumo de corriente. Además, esto de cierta manera permitirá reducir el consumo mensual de energía eléctrica. Para realizar este trabajo, se necesitan varios pasos que sin duda son complejos y que requieren dedicación. Primero, se comienza buscando el sector en donde se piensa seleccionar la instalación a intervenir. En segunda instancia, se procede a realizar la revisión del estado de la instalación seleccionada. Luego, se realiza la instalación del equipo electrónico STEVAL-IHM028V2, el cual va a generar la tercera fase, y así lograr tener más capacidad.

Todo lo que se busca con este proceso, es mejorar la regulación de voltaje y minimizar el consumo de corriente diario. Se tienen en cuenta otro tipo de soluciones, como es el cambio de medidores por sistemas de medida de mayor amperaje, y también instalaciones de transformadores de más capacidad trifásicos, pero la tarjeta electrónica STEVAL-IHM028V2 es una ayuda que innova y disminuye costos en la ejecución del trabajo.

Palabras claves: *generación, optimización, desfase, integración, tecnología*

Abstract

STUDY OF THE GENERATION OF THE THIRD PHASE BY ELECTRICAL METHODS FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

SERGIO ANDRES FRANCO

JUAN PABLO QUINTERO

JANNY MICHAEL URIBE

This project is carried out in order to show new alternatives at the moment of requiring a change of capacity for any type of user. It is basically to use an electronic system, to simulate a third phase and thus be able to increase the active power and achieve cover the demand of those users who have in their facilities or appliances with high current consumption. In addition, this will in a certain way allow to reduce the monthly consumption of electric current. To carry out this work, it took several steps that are undoubtedly complex and require dedication. First, you start looking for the sector where you plan to select the installation to intervene. In the second instance, the status of the selected installation is reviewed. Then, the electronic equipment STEVAL-IHM028V2 is installed, which will simulate the third phase, and thus achieve more capacity.

All that is sought with this process is to improve the voltage regulation and minimize the daily current consumption. Another type of solution was taken into account, such as the change of meters for higher amperage measurement systems, as well as three-phase transformer capacity installations, but the STEVAL-IHM028V2 electronic card is an aid that innovates and reduces costs in the execution of work.

Keywords: generation, optimization, gap, integration, technology

Glosario

Condensador: dispositivo eléctrico o electrónico capaz de almacenar energía eléctrica en forma de campo eléctrico.

Conductor: Dispositivo o material capaz de transportar energía o corriente eléctrica.

Corriente alterna: Corriente eléctrica que invierte periódicamente el sentido de su movimiento.

Corriente eléctrica: Flujo de cargas eléctricas a través de un conductor. Magnitud física que expresa la cantidad de electricidad que fluye por un conductor en la unidad de tiempo, y cuya unidad en el sistema internacional es el amperio.

Motor: Elemento o dispositivo eléctrico que transforma la energía eléctrica en movimiento mecánico.

Potencia: Es la cantidad de trabajo realizado utilizado en un intervalo de tiempo.

Variador: Dispositivo capaz de mejorar la eficiencia eléctrica reduciendo el consumo de energía y disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono, a través de la variación de la frecuencia y el voltaje de alimentación de los motores eléctricos.

Voltaje: Cantidad de voltios que actúan en una para todo sistema eléctrico.

Voltio: Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz equivalente a la diferencia de potencial eléctrico que hay entre dos puntos de un hilo conductor, que transporta una corriente constante de 1 amperio, cuando la potencia disipada entre estos punto es de 1 vatio.

Introducción

En la actualidad, existen redes eléctricas que, aunque en su momento fueron bien diseñadas, hoy son incapaces de suplir la demanda que aumenta con el pasar del tiempo. Esto sucede, por la gran cantidad de clientes que requieren diariamente el servicio de energía. Todo esto a su vez, es provocado por el crecimiento poblacional que sufren las áreas urbanas y además por los intereses económicos que esto conlleva.

Las nuevas industrias, los edificios y viviendas en sectores de gran potencial de crecimiento territorial, y microempresas con procesos de complejidad media, son algunos de los usuarios que aparecen en el mercado de distribución energética en el planeta.

Luego, también influye en la deficiencia energética la normatividad que en los últimos 20 años ha cambiado de manera considerable, pues los requerimientos en los temas de salud y seguridad y en la parte ambiental tienen un 40% más de exigencia que antes. Por otra parte, las tecnologías que se están implementando para instalaciones secundarias son competentes en cuanto a su funcionamiento, pero en muchas ocasiones la transición a usarlas no obliga a realizar una gran cantidad de modificaciones en la red.

Seguidamente, hay que aclarar que los cambios tecnológicos siempre son para el bien común de las personas que hacen uso de este tipo de servicios, y por consiguiente en ningún momento se habla de un atraso en la evolución de las redes eléctricas de distribución, sino más bien, de un proceso que requiere tiempo, claridad en los diseños, y una mano de obra responsable y con conocimientos más avanzados.

En Colombia, la información que se tiene de los aumentos de capacidad de potencia se reduce a cambios de transformadores en la red secundaria como tal, y también en algunos casos, cambios de medidores de bajas corrientes por sistemas de medida de mayor amperaje. Esto hace, que realmente no exista en Colombia mejoras y planes de optimización de procesos como la recuperación de pérdidas de energía y el mantenimiento

para la regulación de tensión en las redes secundarias de distribución. Es por eso, que lo que se busca con este proyecto, es mostrar otra manera de mejorar el tema de la capacidad máxima que se le puede ofrecer a cualquier tipo de usuario.

Se presenta una propuesta de estudio sobre el desarrollo de un sistema generador para la tercera fase en una red de alimentación monofásica bifilar, aplicable a cargas de fuerza motriz. La propuesta contiene los objetivos, la justificación, la descripción del problema, formulación, los temas del marco teórico, las referencias documentales y los posibles proyectos derivados.

Este estudio se realiza con el fin de identificar la eficiencia de este método de generación, partiendo de los conocimientos básicos de sobre los sistemas monofásicos y trifásicos, los motores, sus componentes y su funcionamiento, además de tener presente las necesidades de la industria moderna. La cual busca constantemente el mejoramiento, desarrollo e incremento de la productividad, sin dejar de lado la calidad de la energía. La cual tiene gran influencia en estos procesos, ya que al contar con cargas electromotrices surgen también temas económicos que afectan la competitividad de los procesos industriales, los cuales son más visibles en las pequeñas y medianas industrias.

Este trabajo, consiste básicamente en aumentar de manera considerable la capacidad de una red secundaria monofásica bifilar, convirtiéndola en una red secundaria trifásica para así obtener un 35% más de potencia activa. Este proceso, comienza analizando la corriente de fase con la que es alimentado el usuario, y se procede a revisar el estado de la caja de breakers para así poder determinar cómo será la conexión de la tercera fase. La tercera fase, será producto de la utilización de una tarjeta de programación STEVAL-IHM028V2, la cual tiene internamente una configuración que genera una fase para acoplarse fácilmente al sistema monofásico bifilar. En base al manual de la tarjeta electrónica STEVAL-IHM028V2, se definió el modo instalación y funcionamiento, este documento incluye la forma eléctrica de conexión.

Se realizó el análisis y selección de los elementos que fueron necesarios para en la realización del proyecto, teniendo en cuenta datos del fabricante y calidad de los materiales. El listado de estos materiales incluye la tarjeta electrónica, el cable para la conexión en la caja de breakers, conectores y cintas aislantes.

En los resultados obtenidos, se puede evidenciar el montaje y conexionado completo de todos los equipos activos que hacen parte del proyecto y que son necesarios para el funcionamiento de la tarjeta electrónica STEVAL-IHM028V2. Así como la implementación y conexión al motor, ya con la generación de la tercera fase o un sistema trifásico completo.

Adicionalmente se realizó un plan de mejoramiento en cuanto a la calidad de la energía, el cual se refiere al ahorro energético, alto desempeño del sistema instalado, donde se puede apreciar que existe un objetivo principal buscando una reducción de costos. Partiendo del diseño y cambio de la instalación existente para que el sistema que se interconectó sea, compatible, eficiente y cumpla con las normatividades vigentes, las cuales fueron una base para la puesta en funcionamiento del proyecto.

1. Planteamiento del problema

1.2 Descripción

En algunos lugares del área urbana o rural, se puede detectar que la red de distribución eléctrica no cuenta con un sistema trifásico, esto sea por el gran crecimiento poblacional o porque la empresa prestadora de servicios públicos no cuenta con la infraestructura necesaria para llevar dicho servicio hasta el usuario que lo requiere, por tratarse de zonas que no son clasificadas como industriales, pero que en dichos lugares se están constituyendo pequeñas y medianas empresas que por su razón de ser poseen equipos electro mecánicos que requieren una red trifásica.

Por tal motivo es necesario realizar un proyecto en el cual se pueda hacer un estudio que permita establecer la forma más adecuada para la generación de una tercera fase por medio de un sistema eléctrico, en el cual se realizaría el cálculo de las variables a considerar, tales como la eficiencia y el consumo de energía eléctrica, variables que son primordiales al momento de hacer una comparación entre la viabilidad del proyecto para dichos sistemas en estas zonas.

1.3 Formulación

¿Qué tan eficiente, eficaz y económico es generar la tercera fase por medio de sistemas eléctricos Para pequeñas y medianas empresas ubicadas en zonas que carecen del servicio de energía eléctrica trifásica?

2. Justificación

La proliferación de pequeños negocios, que utilizan fuerza motriz eléctrica, en zonas no industriales, es una realidad creciente en cifras e impacto. Algunas de las características del uso de máquinas eléctricas en los pequeños negocios, son la baja eficiencia energética, los bajos niveles de seguridad, las pobres condiciones técnicas que acortan la vida útil de los activos.

El desarrollo propuesto brinda la oportunidad de contar con maquinaria de producción con alta eficiencia energética, lo que mejora los niveles competitivos de pequeñas empresas.

El resultado esperado del presente proyecto impacta positivamente a las pequeñas empresas como carpinterías, pequeñas fábricas textiles, fábricas de calzado, panaderías, mercados con cadena de frío, empresas con aire acondicionado central, imprentas, talleres metalmecánicos, fábricas de hielo, frigoríficos, chatarrerías, transformadoras de papel y cartón entre otras ya que se logra mejorar la producción y calidad de cada producto o servicio ofrecidos.

De igual modo este estudio de caso se realizará con el fin de que en la Institución Universitaria Pascual Bravo se considere llevar a cabo una evaluación más a fondo sobre este tema a partir del estudio caso realizado, buscando que en un futuro no muy lejano sea posible implementar y replicar los resultados en el sector productivo. Tanto para la capacitación de personal, rediseño de instalaciones, como para la presentación de proyectos ante los entes gubernamentales o las empresas prestadoras del servicio de red eléctrica.

3. Objetivos

3.1 General

Implementar módulo de pruebas para realizar un estudio sobre un sistema de generación de la tercera fase por medio de equipos eléctricos.

3.2 Específicos.

Determinar cuáles son los equipos eléctricos necesarios para la generación de la tercera fase.

Diseñar un prototipo didáctico del sistema de generación estudiado.

Implementar el prototipo didáctico diseñado.

Obtener los resultados de las pruebas de laboratorio para completar el estudio

4 Marco teórico.

En la red de distribución eléctrica de tensión o corriente alterna, se destaca el sistema monofásico el cual está presente en los hogares. Sin embargo, este tipo de sistema no es el más apropiado para aplicaciones industriales, donde hace falta más potencia. En esos casos se emplea un sistema trifásico que se verá de manera introductoria en este artículo. La tensión alterna se genera en máquinas eléctricas llamadas alternadores, estos consisten en un imán que gira frente a un conjunto de bobinados en los que, por efecto de la Ley de Faraday, se induce una tensión. En el caso de la alterna trifásica, la tensión se produce de manera similar, pero con un alternador que tiene tres bobinados en vez de uno sólo, desplazados 120° entre ellos, por lo que produce no una onda sinodal sino tres, “corridas” o desfasadas entre ellas. (Figura 1).

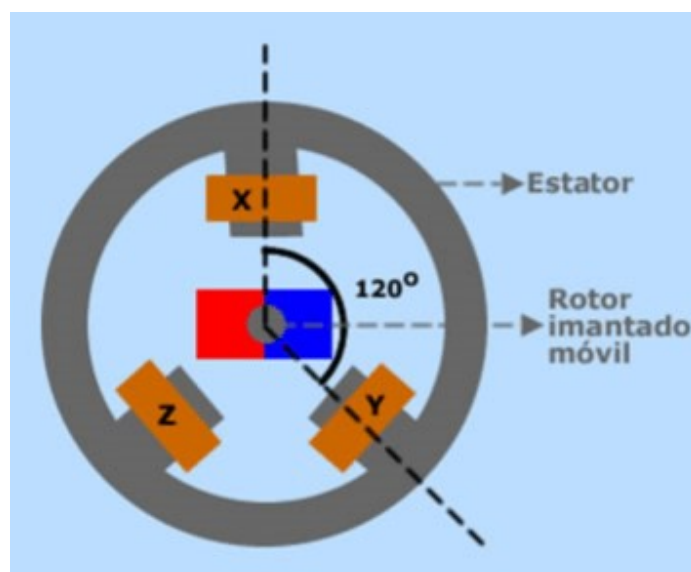


Figura 1 Desfase de sistema trifásico.

Fuente: extraído de: <https://www.todoexpertos.com/preguntas/5wtslb5irs3ivx9j/que-es-trifasica-bifasica-y-monofasica-caracteristicas-ejemplos>

4.1 Sistemas eléctricos trifásicos

Los sistemas trifásicos debido a su perfeccionamiento técnico se emplean ampliamente en diferentes instalaciones, siendo en la industria la más utilizada. Cuando se realiza la comparación de una línea de transmisión trifásica con una línea monofásica de igual potencia se puede concluir que requiere menos cobre, lo cual implica la disminución del costo en instalación, transporte, mano de obra, mantenimiento etc. Los motores trifásicos presentan un torque mayor a una velocidad que los motores monofásicos de igual potencia, con menos vibraciones indeseables, convirtiendo los motores trifásicos en una maquina más económica. Hasta ahora, se ha utilizado el término de fuente sinusoidal, y se piensa en una sola tensión o corriente con una amplitud, frecuencia, además de fases específicas. Se va a presentar un nuevo tipo de fuente de tensión polifásica, en particular la fuente trifásica que se conecta en una configuración estrella de tres o cuatro hilos, o en una configuración delta de tres hilos y de modo similar las cargas, según la aplicación (EVARESOURCE, 2015).

4.1.1 Sistemas electrónicos trifásicos balanceados

Un sistema trifásico puede ser balanceado o no balanceado, esto depende de sus características. En éste documento se estudiarán los sistemas trifásicos balanceados y sus características principales. Un sistema trifásico balanceado es aquel cuyas fuentes se encuentran desfasadas 120 grados entre sí, tienen la misma magnitud y operan a la misma frecuencia angular. Además, sus impedancias de carga y línea son las mismas para todas las fases. Asumimos que el lector tiene un conocimiento previo sobre las leyes físicas que describen el comportamiento de los circuitos eléctricos (primera y segunda ley de Kirchoff, entre otras) además del uso de fasores para estos fines.

4.2 Sistemas electrónicos monofásicos

Un sistema monofásico de distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna o fase y por lo tanto el voltaje puede variar de igual forma. Este consiste en una única tensión alterna suministrada por dos conductores, y representa el circuito más básico que alimenta sistemas o redes domiciliarias (SLIDERSHARE, 2010).

La distribución de electricidad monofásica se suele usar cuando las cargas son principalmente de iluminación, de calefacción, y pequeños receptores eléctricos. Un suministro monofásico conectado a un motor eléctrico de corriente alterna no producirá un campo magnético giratorio, por lo que los motores monofásicos necesitan circuitos adicionales para su arranque, y son poco usuales para potencias por encima de los 10 kW. El voltaje y la frecuencia de esta corriente dependen del país o región, siendo 230 y 115 Voltios los valores más extendidos para el voltaje y 50 o 60 Hercios para la frecuencia.

4.3 Circuito impreso o tarjeta electrónica.

La tarjeta electrónica, “placa de circuito impreso”, es una superficie base no conductora de resinas de fibra de vidrio reforzada, Pertinax, pero también cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita. Que está constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminado generalmente de cobre. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de estos caminos, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos

También las tarjetas electrónicas se fabrican con celuloide, las cuales tienen pistas de pintura conductora cuando se requiere que sean flexibles para conectar partes con movimiento entre sí, evitando los problemas del cambio de estructura cristalina del cobre que hace quebradizos los conductores de cables y placas.

La producción de las tarjetas electrónicas y el montaje de los componentes pueden ser automatizada. Permitiendo que en ambientes de producción en masa, sean más económicos y fiables que otras alternativas de montaje. Como la construcción de prototipos basada en el ensamblaje manual, la poca capacidad de modificación una vez construidos y el esfuerzo que implica la soldadura de los componentes hace que las tarjetas electrónicas no sean una alternativa óptima. Igualmente, se fabrican placas con islas y/o barras conductoras para los prototipos, según el formato de las Protoboards.

Se ha generado un conjunto de estándares que regulan el diseño, ensamblado y control de calidad de los circuitos impresos, siendo la familia IPC-2220 una de las de mayor reconocimiento en la industria gracias a la organización IPC (Institute for Printed Circuits) y otras organizaciones como: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, Comisión Electrotécnica Internacional, Alianza de Industrias Electrónicas, y Joint Electron Device Engineering Council.

4.4 Regulación de tensión en un transformador.

La regulación de un transformador la podemos basar como el diferencial entre los voltajes secundarios en vacío y a plena carga, medidos a través de sus terminales, expresando dicha diferencia como un porcentaje del voltaje a plena carga. Para el cálculo del voltaje en vacío debemos tomar en consideración el factor de potencia de la carga (MAQUINAS ELECTRICAS, 2006).

$$RV = \frac{V_S \text{ sin Carga} - V_S \text{ a Plena Carga}}{V_S \text{ a Plena Carga}} * 100\%$$

V_S : Voltaje de Salida de una línea de transmisión o
Voltaje Secundario de un transformador

La carga de los transformadores de potencia fluctúan constantemente, dándose esta fluctuación en los periodos de mayor actividad industrial y comercial, esto provoca que el voltaje en los secundarios de los transformadores fluctúen de acuerdo con la carga y el factor de potencia, dependiendo si esta en atraso, en adelanto o si es la unidad. Ya que todos los equipos eléctricos, electrónicos, motores, lámparas son muy sensibles a la variación de la tensión, por lo que se pudiesen causar daños. Siendo esencial tener una buena protección o regulación de voltaje, por lo que es muy importante conocer las características de los elementos constructivos de transformadores y líneas de transmisión, además de su comportamiento ante carga capacitiva, inductivas o resistivas.

La Regulación de Voltaje (RV) es una cantidad que compara el voltaje de salida sin carga (en Vacío) con el voltaje de salida a plena carga y se define por la ecuación mostrada anteriormente. A nivel de suministro de tensión se desea tener una regulación de voltaje tan pequeña como sea posible.

Para un transformador ideal, $RV = 0\%$, lo cual nos indica que sus devanados no presentan una resistencia y no requiere de potencia reactiva para su funcionamiento. Sin embargo, los transformadores reales tienen cierta resistencia en los devanados y requieren de una potencia reactiva para producir su campo magnéticos, es decir, posee por dentro impedancias en serie, entonces su voltaje de salida varía de acuerdo con la carga aun cuando el voltaje de entrada y la frecuencia permanezcan constante.

La variación de la tensión en el secundario depende esencialmente de dos variables, de la corriente absorbida por la carga y de su factor de potencia.

Para obtener la regulación de tensión en un transformador se requiere entender las caídas de tensión que se producen en su interior. El circuito equivalente del transformador simplificado: los efectos de la rama de excitación en la regulación de tensión del transformador puede ignorarse, y solamente las impedancias en serie deben tomarse en cuenta. La regulación de tensión de un transformador depende de la magnitud de estas

impedancias como del ángulo fase de la corriente que circula por el transformador. Para determinar el efecto de la impedancia y de los ángulos de fase de la intensidad circulante en la regulación de voltaje del transformador debemos analizar el diagrama fasorial, el esquema de las tensiones e intensidades fasoriales del transformador.

4.5 Caídas de tensión.

Una de las fallas más comunes en un sistema eléctrico se presenta debido a la caída de tensión o de voltaje en una red de distribución y tiene efectos negativos considerables como pérdidas económicas, paros de producción y daños parciales y/o totales de maquinaria. La caída de tensión eléctrica se define como la diferencia de potencial que existe entre los dos extremos de una línea eléctrica. Existe en función del largo y de la resistencia del medio de condición eléctrica. A mayor distancia de la fuente de voltaje y mayor resistencia del conductor eléctrico existe una mayor caída de tensión. Se puede calcular el valor de la caída de voltaje eléctrico como un porcentaje de la tensión nominal que alimenta la línea eléctrica. Una caída de voltaje de 40 Volts representa ~10% de caída de voltaje en una línea eléctrica trifásica de 440v.

Las causas más frecuentes que provocan la caída de voltaje es una distancia considerable de conexión desde el transformador eléctrico de alimentación más cercano, además de en zonas industriales el arranque de maquinaria industrial, bombas, y motores con gran consumo de carga y en zonas urbanas una sobre-saturación de consumo eléctrico (corpnewline, 2009).

4.6 Capacitores.

El condensador es un componente pasivo, su principal característica es almacenar energía eléctrica en forma de campo eléctrico y es uno de los componentes más usados en los circuitos electrónicos y eléctricos. Este está formado por dos láminas de un material conductor y estos se encuentran separados por un material dieléctrico o aislante. . Los

condensadores tienen una serie de características como lo son la polaridad, la capacidad, tensión y tolerancia.

La unidad de medida de los capacitores es el *faradio*, pero como esta unidad es muy grande, por lo que es necesario tomar escalas de picofaradios, nano faradios y micro faradios. (Martín Barrio, Colmenar Santos, Braojos Benito, & Fernández Ponce, 2008)

4.7 Rectificadores de corriente.

Un rectificador de corriente es un elemento que permite convertir una señal eléctrica alterna en una señal eléctrica directa. Esto se da ya que se utiliza un juego de cuatro diodos rectificadores, los cuales convierten una señal sinusoidal que consta de un ciclo positivo y un ciclo negativo, convirtiendo estos dos ciclos en ciclos positivos, para simular una señal en corriente directa.

Hay dos tipos uno que es de tipo semiconductor y el otro que es del tipo en estado sólido. (Chiarena, 2011).

Se desea citar un sitio web científico que explica a grandes rasgos el funcionamiento del puente rectificador y el resultado que nos arroja, entendemos que *“Cuando $v_S > 0$, los diodos D_1 y D_2 están polarizados en forma directa y por lo tanto conducen, en tanto que D_3 y D_4 no conducen. Despreciando las caídas en los diodos por ser éstos ideales, resulta $v_L = v_S > 0$. Cuando la fase de la entrada se invierte, pasando a ser $v_S < 0$, serán D_3 y D_4 quienes estarán en condiciones de conducir, en tanto que D_1 y D_2 se cortarán. El resultado es que la fuente se encuentra ahora aplicada a la carga en forma opuesta, de manera que $v_L = -v_S > 0$.”*

5 Metodología.

5.1 Tipo de proyecto.

Se realizará este proyecto con fundamentos en un estudio de caso cualitativo, el cual permitirá el análisis y deliberación en la toma de decisiones sobre las ventajas que presenta la generación de una tercera fase. Basados en los elementos eléctricos necesarios y partiendo de la red eléctrica existente la cual se deriva de un sistema monofásico bifilar, y a dicha red es la que tienen acceso las pequeñas y medianas empresas que se constituyen en zonas no industriales.

Por lo que se busca determinaran las ventajas, costos, viabilidad en implementación y aplicación, además de la eficiencia de este sistema en la interconexión de equipos mecánicos, partiendo de la aplicación de las normatividades técnicas y regulaciones vigentes (NTC y RETIE).

Buscando así presentar una solución adaptable y que cumpla con los requisitos necesarios para los usuarios que requieran dicho sistema y cumpla con una certificación de viabilidad por medio de los entes gubernamentales o privados encargados de expedir dicho dictamen.

5.2 Método.

La metodología que se implementara en el desarrollo del caso estudio, será realizada según las bases de estudio y en conjunto con los objetivos generales y específicos planteados anteriormente. Ya que son la base y fundamentos de estudio para el desarrollo de este proyecto. Y según los resultados obtenidos en cuanto a la generación de la tercera fase por medio de elementos eléctricos podremos determinar las ventajas, eficiencia y costos.

- Se analizan los posibles equipos eléctricos en el mercado para la generación de la tercera fase que sean eficaces, económicos y que puedan dar el resultado esperado por medio de consultas a diferentes proveedores, realizando cuadros comparativos para elegir la mejor opción.

- Con base en la elección del equipo eléctrico que sea acorde al caso estudio se procede a hacer un diseño de prototipo didáctico del sistema de generación estudiado, eligiendo materiales necesarios para este montaje.

- Después de tener el diseño del prototipo definido se procede a implementarlo, realizando el montaje con los materiales necesarios, y así tenerlo disponible para pruebas.

- Teniendo el montaje del prototipo se procede a realizar pruebas de laboratorio y solucionar posibles errores y proceder a hacer las correcciones pertinentes para dar una muestra de una generación de la tercera fase eficaz.

5.2.1 Análisis del entorno: En este paso se identifican los usuarios que se encuentran en el sector. Esto se hace realizando una inspección de la zona identificando visualmente los diferentes tipos de instalaciones que están alimentadas del transformador a intervenir. Esto se realiza con el fin de revisar la demanda de carga que tiene cada usuario, ya que algunos son de tipo industrial, lo cual lleva a pensar que la programación del dispositivo electrónico STEVAL-IHM028V2 debe ser diferente para trabajar de manera óptima con corrientes eléctricas más altas.

5.2.2 En este paso se identifican los usuarios: Se encuentran en el sector. Esto se hace realizando una inspección de la zona identificando visualmente los diferentes tipos de instalaciones que están alimentadas del transformador a intervenir. Esto se realiza con el fin de revisar la demanda de carga que tiene cada usuario, ya que algunos son de tipo industrial, lo cual lleva a pensar que la programación del dispositivo electrónico STEVAL-IHM028V2 debe ser diferente para trabajar de manera óptima con corrientes eléctricas más altas.

Las instalaciones internas y los circuitos básicos se deben verificar, para así garantizar que las instalaciones que se van a intervenir estén en buen estado y no vayan a causar problemas eléctricos cuando se haga la conexión de la tarjeta electrónica. Además, en este tipo de proyectos se debe garantizar que las pérdidas de energía van a ser menores al 4 % de la energía consumida mensualmente.

Aquí se debe realizar el cambio de los elementos que no estén en buen estado, que estén haciendo falsos contactos y el elemento que presenten calentamiento por encima de los 13,75 grados Celsius.

5.2.3 Adecuación e instalación del equipo: Para la instalación de la tarjeta se debe identificar el estado de la caja de breakers, haciendo pruebas de apertura y cierre en cada breaker que se encuentre instalado. Luego, se debe observar cuales son las fases que alimenta la caja de breakers para así proceder a instalar el sistema electrónico y balancear desde el software la corriente de cada fase. Además, se debe tener en cuenta las condiciones de conexión del fabricante, ya que este sistema tiene unos parámetros límite para funcionar adecuadamente.

5.2.4 Diseño del plan de mantenimiento: Aquí se procede a diseñar estrategias para el mantenimiento y el mejoramiento de la calidad de la energía que se entrega a cada usuario, sin importar si es de tipo residencial, comercial o industrial.

Este se hace, con ayuda de la información más importante que se encuentra en el marco teórico, pues esta muestra una especie de estado del arte con el que se adquieren conocimientos sobre el funcionamiento de las redes trifilares y los circuitos internos de una instalación.

Este plan debe contener ítems donde se explique los pasos para realizar un mantenimiento sin suspensión del servicio de energía, y también donde se aclaren dudas de cómo puede optimizarse el consumo diario de corriente eléctrica. Además, esta parte del proyecto debe estar apoyada en información veraz sobre las pérdidas de energía en la parte de distribución, para así lograr realizar un estudio de calidad del servicio prestado.

5.3 Población y muestra.

El estudio objetivo de este proyecto es dar solución a las pequeñas y medianas industrias ubicadas en zonas residenciales, las cuales no cuentan con un sistema eléctrico trifásico. Por lo para este tipo de industrias es muy costoso suplir esta necesidad de forma legal y cumpliendo las normatividades vigentes; Ya que al manejar equipos que necesitan alimentarlos por medio de un sistema trifásico buscamos dar solución a este problema.

6 Resultados del proyecto.

Como se mencionó en la metodología, el objetivo principal del proyecto es mejorar y aumentar de manera significativa la potencia activa que necesitan algunos usuarios de la red eléctrica. Se comienza, por revisar los resultados que muestran los análisis realizados al estado de 20 instalaciones y de las cajas de breakers de cada una. Se encuentra que estos breakers son de 40 amperios, y se seleccionó inicialmente una instalación que tiene elementos como motores de 2 Hp y de 4 Hp. Esta instalación, a pesar de tener sus circuitos en buen estado, se realiza un cambio de acometida por una de mayor calibre. Esta acometida pasa de número 8 a número 4, para así balancear las corrientes que entran al medidor con las que van a salir de él, directamente a la instalación.

Lo realizado anteriormente, arrojó un resultado positivo para la regulación de tensión, pasando de 6% a 3,33% de caídas de tensión las fases de fase hacia el local. Además, el consumo diario de corriente eléctrica disminuye significativamente, pasando de 45 a 32 amperios. En el medidor, también se conecta por unos 15 minutos aproximadamente, un analizador de redes, el cual tiene como objetivo monitorear por ese lapso el impacto que sufrió el circuito eléctrico del local. Cuando se habla de impacto, se refiere a los niveles de factor de potencia y los armónicos generados en la instalación con el cambio de calibre de la acometida. Se toman datos, pero el factor de potencia no varía mucho, siendo de 0.78 cambia a 0.81 y por consiguiente los armónicos en la red se mantienen estables.

Cambiando de ámbito, se revisan los resultados obtenidos en el funcionamiento del equipo STEVAL-IHM028V2, el cual a pesar de que su instalación es fácil y rápida, se vuelve complejo en el tema de la programación. En el tema de la programación, es esencial revisar la capacidad de acoplamiento que tiene la tarjeta con respecto a los diferentes parámetros eléctricos, como son la tensión la corriente y los armónicos. Se puede detallar que el sincronismo de los datos arrojados por el software de la tarjeta y los datos tomados con la pinza voltio amperimétrica son iguales. Esto último, entrega un sincronismo del 99,71 % de efectividad, pero también nos muestra una mejora notable en el consumo de

corriente eléctrica en el mes. La corriente eléctrica tiende a disminuir, cuando se aumentan las fases de conducción de energía, ya que la potencia aparente se reparte equitativamente por los tres hilos y se mantiene el voltaje con tan solo un 3% de caídas de tensión. La corriente eléctrica en cada fase del paso hacia el local disminuye de 23 a 17 amperios por fase. Esto es interesante, sobre todo cuando se analiza con el pasar de los meses, ya que se empieza a notar el cambio en el desgaste de los conductores y las entradas de los breakers.

En las estrategias de mejora en la calidad de la energía, se puede apreciar que existe un objetivo principal, el cual se refiere a disminuir el consumo de corriente eléctrica (ahorro energético) y aumentar la potencia activa para el local. Este sitio tiene 2 motores, de 2 Hp y de 4 Hp, los cuales demandan más potencia en la red que los alimenta. Es por esto que el plan de mejora no sólo consiste en instalar la tarjeta electrónica STEVAL-IHM028V2, sino en realizar reformas en las redes que alimentan esta instalación, para así disminuir las pérdidas técnicas que generan los armónicos y las caídas de tensión.

Más tarde, cabe aclarar que los resultados de dicho plan tienen resultados a mediano y largo plazo, pues los cambios en los parámetros eléctricos se notan en varios meses, más no inmediatamente. La regulación de voltaje es la ideal, con un 88% de eficiencia y la temperatura del cableado no sobre pasa los 18 grados Celsius, incluyendo la fase que se simula con el sistema electrónico conectado.

En algunos lugares del área urbana o rural, podemos detectar que la red de distribución eléctrica no cuenta con un sistema trifásico, esto sea por el gran crecimiento poblacional o porque la empresa prestadora de servicios públicos no cuenta con la infraestructura necesaria para llevar dicho servicio hasta el usuario que lo requiere, por tratarse de zonas que no son clasificadas como industriales; Pero que en dichos lugares se están constituyendo pequeñas y medianas empresas que por su razón de ser poseen equipos mecánicos que requieren una red trifásica. (*Figura 2*).

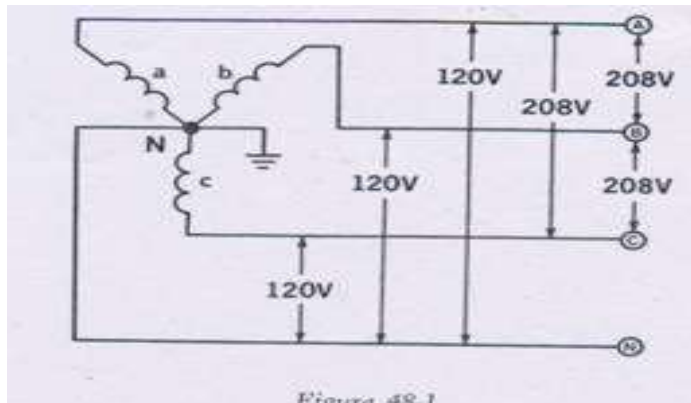


Figura 2. Sistema trifásico.

Fuente: extraído de <https://www.todoexpertos.com/preguntas/5wtslb5irs3ivx9j/que-es-trifasica-bifasica-y-monofasica-caracteristicas-ejemplos>

Por tal motivo se presenta un proyecto, en el cual se pretende realizar un estudio sobre cuál es el método más adecuado para la generación de una tercera fase por medio de un sistema eléctrico. En donde realizaremos un cálculo de las variables a considerar, tales como son el tema de eficiencia y el consumo; Las cuales son primordiales al momento en el que se hace una comparación entre la viabilidad del proyecto para dichos sistemas en estas zonas. La proliferación de pequeños negocios, que utilizan fuerza motriz eléctrica (ELECTROTECNIA, 2013), en zonas no industriales, es una realidad creciente en cifras e impacto. Algunas de las características del uso de máquinas eléctricas en los pequeños negocios, son la baja eficiencia energética, los bajos niveles de seguridad, las pobres condiciones técnicas que acortan la vida útil de los activos.

El desarrollo propuesto brinda la oportunidad de contar con maquinaria de producción con alta eficiencia energética, lo que mejora los niveles competitivos de pequeñas empresas.

El resultado esperado del presente proyecto impacta positivamente a las pequeñas empresas como carpinterías, pequeñas fábricas textiles, fábricas de calzado, panaderías, mercados con cadena de frío, empresas con aire acondicionado central, imprentas, talleres metalmecánicos, fábricas de hielo, frigoríficos, chatarrerías, transformadoras de papel y

cartón entre otras ya que se logra mejorar la producción y calidad de cada producto o servicio ofrecidos.

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m²)
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38**
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda *	32
Garajes públicos (propriadamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina **	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38 **
Restaurantes	22
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda familiares y multifamiliares: Lugares de reunión y auditorios	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5

Figura 3. Guía para seleccionar el calibre y protección de la acometida.

Fuente: extraído de: <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>

De igual modo este estudio de caso se realizara con el fin de que la Institución Universitaria Pascual Bravo, probablemente analice llevar a cabo un estudio más a fondo sobre este tema por medio del estudio caso realizado, buscando que en un futuro no muy lejano sea posible implementar y replicar los resultados de este tema. Tanto para la capacitación, rediseño y desarrollo de este proyecto en la población que así lo requieren o como un proyecto ante los entes gubernamentales, empresas prestadoras del servicio de red eléctrica o encargados de dicho tema.

Ahora se procede a mostrar, los cálculos realizados para el diseño del proyecto. Se debe tener en cuenta el tamaño de los equipos, las dimensiones del tablero, las protecciones(LEGRAND, 2016), el cálculo de la acometida, y el tipo de terminales que se van a utilizar para las conexiones.

epm energía		NORMAS TÉCNICAS						RA8-011
		GUÍA PARA SELECCIONAR EL CALIBRE Y PROTECCIÓN DE LA ACOMETIDA PARA USUARIO FINAL NIVEL DE TENSION 1						
Tabla N°4								
Sistema trifásico tetrafilar, 208/120 voltios, instalada en un ducto								
Calibre del conductor de fase de la acometida THW-AWG	Capacidad de la Instalacion en Amperios		Capacidad de la Instalacion en KVA		Protección recomendada para el conductor de fase en Amperios		Tipo del contador de energía recomendada	
	60° C	75° C	60° C	75° C	60° C	75° C		
12	25	No aplica	9.01	No aplica	25	No aplica	T4 ó T5	
10	30		10.81		30		T4 ó T5	
8	40		14.41		40		T4 ó T5	
6	55		19.81		50		T4 ó T5	
4	70		25.22		70		T4 ó T5	
2	95		34.22		90		T4 ó T5	
1/0	No aplica	150	54.04	150	T5			
2/0		175	63.04	175	T5			
4/0		230	82.86	250(250*)	T5			
2X 1/0		240	86.46	250 (250*)	T5			
2X 2/0		280	100.87	300*	T5			
2X 4/0		368	132.57	350(400*)	T5			
3X 1/0		315	113.48	350(400*)	T5			
3X 2/0		368	132.39	400(450*)	T5			
3X 4/0		483	174.00	600*	T5			
250		255	91.87	250(300*)	T5			
300		285	102.67	300*	T5			
350		310	111.68	350*	T5			
400		335	120.69	350(350*)	T5			
500		380	136.90	350(400*)	T5			

Figura 4. Guía para seleccionar el calibre y protección de la acometida.

Fuente: extraído de <https://prezi.com/puyvyu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>

Para los cálculos de acometida, primero se debe tener en cuenta el tipo de carga que tiene la instalación que se va a intervenir. Se debe hacer un estudio de la carga que maneja el local, para así tener claro cuáles serían los voltio-amperios que van a pasar por la acometida. También, se deben revisar las normas de EPM, ya que estas son las que rigen en las redes de distribución de cualquier sector del área metropolitana. El cálculo de los circuitos residenciales debe ajustarse a las normas del reglamento correspondiente RETIE. (PREZI, 2017)

Calibre AWG	Ø del ducto							
	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"
18	7	12	20	35	49	80	93	110
16	6	10	17	30	41	68	79	96
14	4	6	10	18	25	41	58	90
12	3	5	9	15	21	35	50	77
10	2	4	7	13	18	29	41	64
8	1	2	4	7	9	16	22	35
6	1	1	2	5	6	11	15	24
4	1	1	1	3	5	8	12	18
3	1	1	1	3	4	7	10	16
2	-	1	1	3	4	6	9	14
1	-	1	1	1	3	5	7	11
0	-	1	1	1	2	4	6	9
000	-	-	1	1	1	3	5	8
000	-	-	1	1	1	3	4	7
0000	-	-	1	1	1	2	4	6

Figura 5. Guía para seleccionar el ducto de la acometida.

Fuente: extraído de: <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>

La acometida seleccionada según la demanda de corriente para un sistema trifásico tetra filiar, es decir, con tres fases y un neutro es de numero 8 CU, aunque una acometida numero 10 CU también sería adecuada y resistiría perfectamente la capacidad de corriente. El ducto para un calibre número 8 es de 1/2 Pulgada.

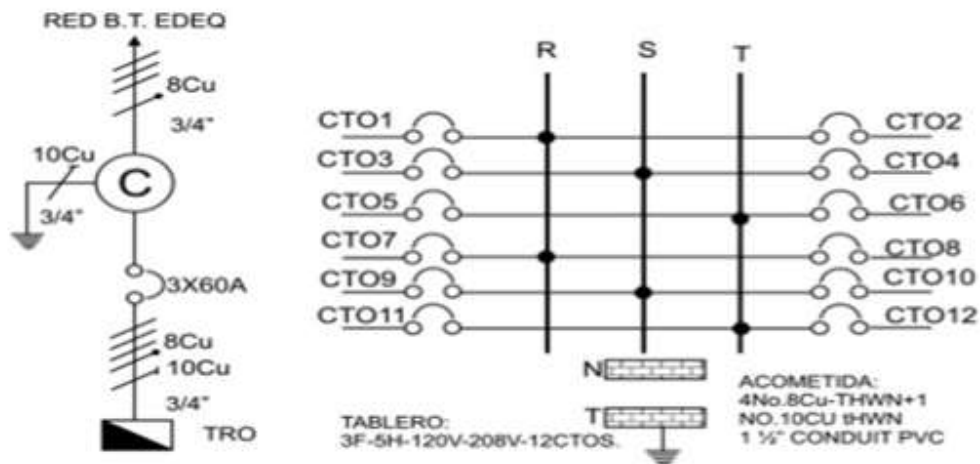


Figura 6. Diagrama unifilar.

Fuente: extraído de <https://es.slideshare.net/mirlacrespo/contenidodelplano>

Además, el conductor a tierra es numero 10 CU con un ducto de $\frac{3}{4}$ de Pulgada (EPM, 2000). Ahora bien, si hablamos de las protecciones, es decir, del totalizador y el contactor, tenemos que realizar el diagrama unifilar del sistema completo. A continuación, se tiene el diagrama de conexión del sistema trifásico tetrafilar. Recordemos que el tablero existente debe cambiarse por uno de 12 circuitos (Figura 6 y7). Se debe tener presente que la carga que se requiere alimentar es de 0,6 HP.

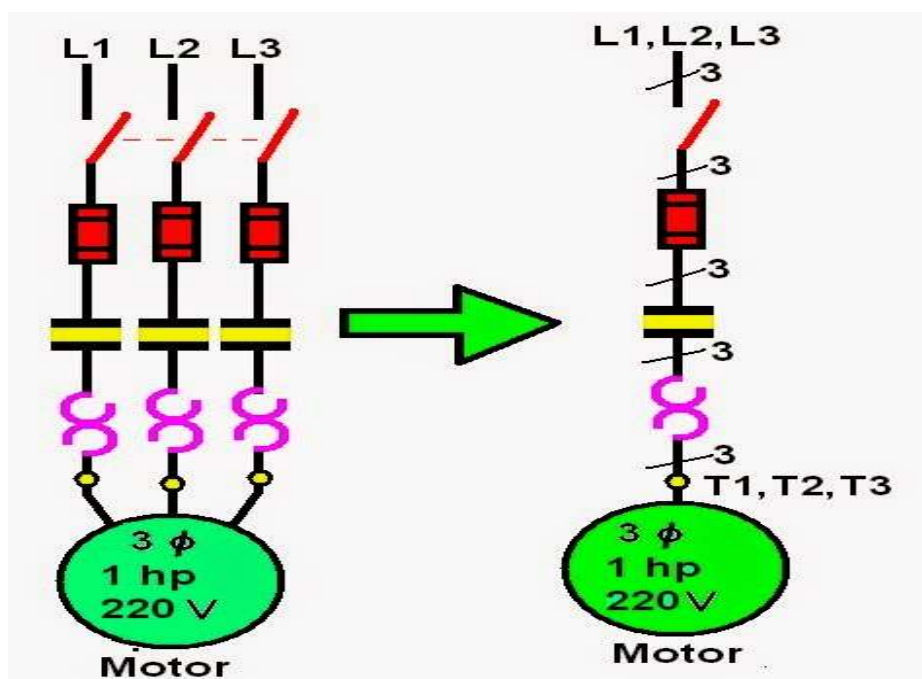


Figura 7. Diagrama unifilar.

Fuente: extraído de: <http://coparoman.blogspot.com.co/2014/04/diagrama-unifilar-de-circuito-de.html>

Los diagramas unifilares de las figuras 6 y 7, son los diagramas base para la conexión trifásica tetra filar, pero se debe tener en cuenta que en estos diagramas no está incluido la conexión de la tarjeta electrónica STEVAL-IHM028V2, la cual es la que realmente realiza la función de simular una tercera fase para que el sistema se transforme de monofásico trifilar a trifásico tetra filar. Utilizando la tarjeta electrónica la conexión sería la siguiente (Figura 8)

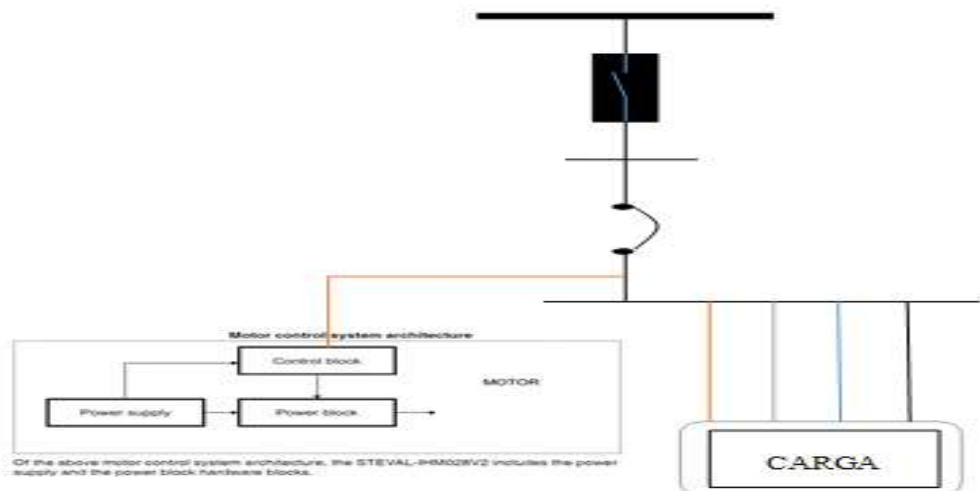


Figura 8. Diagrama de tarjeta electrónica

Fuente: extraído de: <https://www.element14.com/community/docs/DOC-77773/1/2-kw-3-phase-motor-control-evaluation-board-featuring-the-stgips20c60-igbt-intelligent-power-module>

Las protecciones dependen del tipo de cable y el calibre, ya que entre este y el breaker debe existir coordinación de protecciones eléctricas. El breaker que se seleccionó para este proyecto, es de marca Legrand para 40 Amperios de corriente eléctrica (Figura 9).



Figura 9 Breaker marca Legrand.

Fuente: extraído de: <https://legrand.com.co/images/folletos/Folleto-Interruptores-DX3-y-TX3.pdf>

A continuación, se muestra la disposición de elementos en el tablero principal, y las dimensiones que tienen estos elementos (Figura 10) y el motor de 0,6 HP el cual será la carga que se requiere alimentar (Figura 11)



Figura 10 Motor.

Fuente: extraído de: <https://www.electromecanicamm.com.ar/listado.php?idsc=18>

La tarjeta electrónica encargada de generar el sistema trifásico tetra filar de corriente alterna tiene un nivel de complejidad de tercer grado y tiene sus diagramas de control electrónico definidos en el manual de conexión y uso (Figura 11).

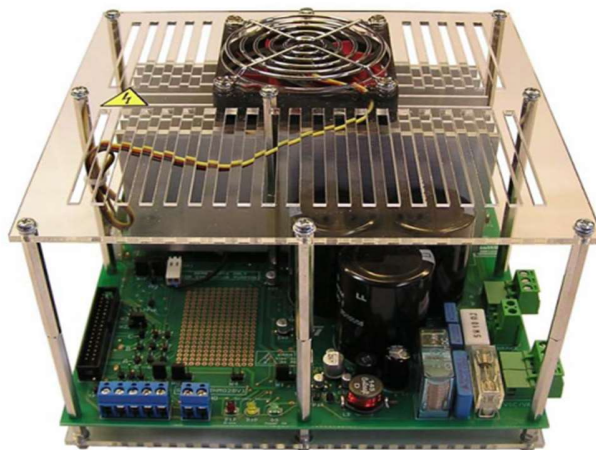


Figura 11 Tarjeta electrónica

Fuente: extraído de: <https://www.element14.com/community/docs/DOC-77773/1/2-kw-3-phase-motor-control-evaluation-board-featuring-the-stgips20c60-igbt-intelligent-power-module>

Conclusiones.

-El cambio de elementos desgastados en las redes secundarias y en las instalaciones finales, son beneficiosos para disminuir las fluctuaciones y anomalías de la red eléctrica, permitiéndonos así garantizar un buen funcionamiento de los componentes y/o equipos activos instalados, los cuales permiten proteger la instalación y una eficiencia del 100%, según las especificaciones, recomendaciones y normas de instalación de fábrica que traen dichos elementos.

-La tarjeta STEVAL-IHM028V2 al tener compuestos electrónicos integrados nos permiten hacer una instalación más sencilla, ya que requiere unos equipos más básicos para su instalación y puesta en funcionamiento. Lo cual es beneficioso para el cliente por temas de costos y presupuestos.

-La tarjeta STEVAL-IHM028V2 nos permite mejorar el uso de la energía eléctrica en elementos de la red secundaria y mejora la capacidad de demandada nominal del sistema, lo cual nos aumenta la potencia.

-Las fluctuaciones en la red trifilar se reducen con un sincronismo muy preciso entre la energía de entrada al medidor y la energía que sale hacia la instalación final.

-La temperatura no varía con la simulación de una tercera fase, ya que la corriente eléctrica se distribuye equitativamente en los tres conductores haciendo que no haya aumento de calor en el cobre.

7 Recomendaciones.

El tema del aumento de capacidad, requiere de tiempo, pues como se pudo observar se encuentran involucradas muchas variables eléctricas que más tarde pueden generar pérdidas de energía si el diseño no se realiza correctamente.

Después, se puede hablar de que la complejidad del proyecto aumenta un poco, ya que se realiza con la ayuda de una tarjeta electrónica, la cual es un elemento delicado y que requiere mucho cuidado al momento de su conexión.

Todo esto lleva a pensar en que trabajos de este tipo necesitan mayor estudio en los campos de la electrónica de potencia. Como resultado de todos los análisis realizados, se puede concluir que en sistemas trifásicos tetra filares, hay una mejor fluidez y un mejor aprovechamiento de parámetros eléctricos, como son la corriente eléctrica y la calidad de los niveles de armónicos en la red.

8 Referencias bibliográficas.

corpnewline. (30 de 10 de 2009). *corpnewline.com/caida-de-tension.htm*. Obtenido de corpnewline.com/caida-de-tension.htm: corpnewline.com/caida-de-tension.htm

ELECTROTECNIA. (11 de 01 de 2013). www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_fem/ke_fem_1.htm. Obtenido de www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_fem/ke_fem_1.htm: www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_fem/ke_fem_1.htm

EPM. (17 de 06 de 2000). <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/033/33/33/RA8-011.pdf>. Obtenido de <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/033/33/33/RA8-011.pdf>: <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/033/33/33/RA8-011.pdf>

EVARESOURCE. (13 de 12 de 2015). <https://eva.fing.edu.uy/mod/resource/view.php?id=47859>. Obtenido de <https://eva.fing.edu.uy/mod/resource/view.php?id=47859>: <https://eva.fing.edu.uy/mod/resource/view.php?id=47859>

<https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>. (07 de 07 de 2017). <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>. Obtenido de <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>: <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>

LEGRAND. (04 de 02 de 2016). <https://www.legrand.com.co/productos/material-de-consulta/.../protecciones-electricas>. Obtenido de <https://www.legrand.com.co/productos/material-de-consulta/.../protecciones-electricas>: <https://www.legrand.com.co/productos/material-de-consulta/.../protecciones-electricas>

MAQUINAS ELECTRICAS. (21 de 08 de 2006).

https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maquinas_electricas_1/apuntes/08.pdf

f. Obtenido de

https://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maquinas_electricas_1/apuntes/08.pdf

.

PREZI. (07 de 07 de 2017). <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>. Obtenido de <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>: <https://prezi.com/puvyvu7xltqd/calculo-de-una-instalacion-electrica-residencial/>

SLIDERSHARE. (05 de 10 de 2010). <https://es.slideshare.net/OmarGabaldon/sistemas-monofasicos>. Obtenido de <https://es.slideshare.net/OmarGabaldon/sistemas-monofasicos>: <https://es.slideshare.net/OmarGabaldon/sistemas-monofasicos>

9 Bibliografía.

- Análisis de sistemas de potencia, JJ Grainger, WD Stevenson.
- Circuitos eléctricos, JA Edminister, M Nahvi, RS Navarro, EL Sánchez.
- Análisis básicos de sistemas eléctricos, JL HILBURN, D Johnson, J Johnson