



Universidad Nacional de Loja

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ACCIONAMIENTO MOTORIZADO PARA UN SECCIONADOR
DE POTENCIA EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
OBRAPÍA DE LOJA”**

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

Autores:

**César Augusto Crespo Chamba
Diego Fabián Medina Paccha**

Tutores:

**Ing. Luis Armando Salgado Valarezo
Ing. Luis Alfredo Crespo Chamba**

Director:

Ing. Juan Carlos Ochoa Alfaro

Noviembre - 2010
“Loja - Ecuador”

CERTIFICACIÓN

Ing. Juan Carlos Ochoa Alfaro.

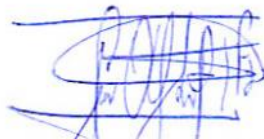
**DOCENTE DEL ÁREA DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de tesis de grado titulado Diseño e Implementación de un Sistema de accionamiento motorizado para un Seccionador de Potencia en la Subestación Eléctrica Obrapía de Loja, previo a la obtención del título de Ingenieros en Electromecánica, realizado por los egresados: César Augusto Crespo Chamba y Diego Fabián Medina Paccha ha sido dirigido, asesorado, revisado y corregido; el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación.

Lo certifico,

Loja, Octubre de 2010

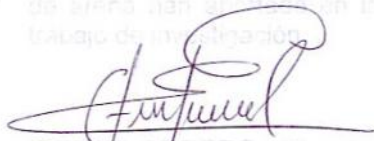


.....
Ing. Juan Ochoa Alfaro.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Este trabajo de investigación y aplicación tecnológica así como todos los criterios emitidos en la presente tesis denominada: Diseño e Implementación de un Sistema de Accionamiento motorizado para un Seccionador de Potencia en la Subestación Eléctrica Obrapía de Loja, son responsabilidad exclusiva de los autores.

Intercedido por mí a todos quienes con su granito de arena han ayudado en la elaboración de este trabajo de investigación.



César Augusto Crespo Chamba



Diego Fabián Medina Paccha

PENSAMIENTO



“Toda Sabiduría viene del Señor y con él está por siempre. La arena de los mares, las gotas de la lluvia, los días de la eternidad, ¿Quién los podrá contar? La altura del cielo, la anchura de la tierra, la profundidad del abismo ¿Quién los alcanzara? Antes de todo estaba creada la Sabiduría”.

ECLESIASTICO 1, 1-4

AGRADECIMIENTO

César

Al divino ser, que siempre me ha mostrado el camino que debo seguir, a mis Padres y demás familiares, por no dudar nunca de mí. A todos aquellos que a lo largo de mi vida me han ayudado de forma desinteresada contribuyendo a mi formación como ser humano y futuro profesional. De una forma especial, quiero agradecer a mis compañeros y amigos de estudio.

A todos los antes mencionados **Muchas Gracias de todo corazón...**

Diego

Primeramente agradezco a Dios, a mi Señor Jesucristo, a mis Padres que por medio de sus oraciones estuvieron en todos los momentos difíciles y cuando más los necesitaba me daban aliento, luego agradezco a mis hermanos quien me supieron dar su apoyo, también quiero agradecer a todos los que pusieron de su parte para apoyarme con sus conocimientos, especialmente al **Dr. Orlys Ernesto Torres Breffe**, así paulatinamente ir cimentando este logro que ha sido un juntar el hombro de cuantos amigos , familiares, ya que de esta manera peldaño a peldaño ir construyendo la realización como profesional y culminar un grado de estudio, siguiendo siempre adelante para conseguir nuevos triunfos.

DEDICATORIA

D*edico:*

Quiero dedicar este trabajo de tesis a mis Padres, por su sacrificio y apoyo incondicional para que llegase a ser un profesional, a mis hermanos y demás familiares.

A mi Papá y abuelita que ya no están con nosotros pero que desde el cielo me ha iluminado y ha intercedido por mí. A todos quienes con su granito de arena han aportado en la elaboración de este trabajo de investigación.

CÉSAR CRESPO

D*edico:*

El presente trabajo de tesis la dedico a Dios quien ha sido mi guía incondicional que me ayudo a alcanzar mi gran meta.

A mis Padres, quienes con sus consejos, solidaridad, apoyo y abnegada fe me inculcaron el interés por superarme cada día.

A mis hermanos; quienes me apoyaron incondicionalmente durante el transcurso de mis estudios superiores.

DIEGO MEDINA

RESUMEN

Existen todo tipo de accionamientos motorizados en el mercado extranjero, pero para adquirir uno de ellos es muy costoso y por ende muchos de los seccionadores de potencia que existen en las subestaciones del Ecuador no pueden ser sustituidos por nuevos. En el presente trabajo demuestra que es posible confeccionar un accionamiento motorizado con aplicaciones similares y a un menor costo. De esta manera el Ecuador se ahorra en un 77% menos en cuanto a costos con un trabajo de calidad hecha por manos ecuatorianas. El diseño logra entre un 95% de las funciones que realiza un accionamiento motorizado traída del extranjero. Este trabajo desarrollado demuestra mucha aplicación en lo que es el campo de la Electromecánica. Se desarrollo un cuadro comparativo de ventajas y desventajas para la selección de los dispositivos que conforman este sistema motorizado. Se pudo comprobar su buen funcionamiento de forma comparativa con un motorizado de marca NULEC instalado en la Subestación Sur de Loja y se realizaron varias pruebas del sistema en diferentes casos.

SUMMARY

All type of workings motorized in the foreign market exist, but to acquire one of them it is very expensive and for consequence many of the seccionadores of power that exist in the substations of the Ecuador cannot be substituted for new. Presently work demonstrates that it is possible to make a working motorized with similar applications and at a smaller cost. This way the Ecuador is saved less in 77% as for costs with a work of quality made by Ecuadorian hands. The design achieves among 95% of the functions that he/she carries out the foreigner's working motorized conduction. This developed work demonstrates a lot of application in what is the field of the electromechanical one. You develop a comparative square of advantages and disadvantages for the selection of the devices that you/they conform this motorized system. It could be proven their good operation in a comparative way with a motorized of mark NULEC installed in the South Substation of Loja and they were carried out several tests of the system in different cases.

ÍNDICE

Certificado de aprobación de la tesis

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

Índice

Introducción..... 1

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1	Introducción.....	7
1.2	Subestaciones eléctricas.....	7
1.2.1	Clasificación de las Subestaciones.....	7
1.2.2	Componentes de las Subestaciones Eléctricas.....	12
1.2.3	Mantenimiento de las Subestaciones.....	24
1.3	Mecanismos de transmisión.....	26
1.3.1	Características principales de las transmisiones mecánicas.....	26
1.3.2	Tipos de transmisión mecánica.....	27
1.4	Motores eléctricos.....	34
1.4.1	Clasificación de los motores eléctricos.....	35
1.4.2	Reductores y Motorreductores.....	43
1.5	Control de los motores eléctricos.....	45
1.5.1	Variador de velocidad.....	49
1.6	Circuitos de control.....	50
1.6.1	Soportes de comunicación.....	51
1.6.2	Cables blindados.....	51
1.6.3	Mandos y señales.....	52
1.6.4	Controlador Lógico Programable (PLC).....	53

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

2.1	Introducción.....	55
2.2	Generalidades de la Subestación Eléctrica Obrapía.....	55
2.3	Esquema Eléctrico de la Subestación.....	56
2.4	Funcionamiento del esquema.....	56
2.4.1	Patio 69Kv de la Subestación Obrapía de Loja.....	57
2.4.2	Patio 13.8 Kv de la Subestación Obrapía de Loja.....	66
2.4.3	Operación de la Subestación Obrapía de Loja.....	71
2.5	Seccionador seleccionado.....	75
2.6	Cuarto de control de la Subestación.....	76
2.7	Canales de cables.....	80

CAPÍTULO III: SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1	Introducción.....	81
3.2	Selección del mecanismo de transmisión de movimiento.....	81
3.2.1	Cálculo del torque necesario para el mecanismo.....	82
3.2.2	Cálculo de velocidad en barra cuatro del mecanismo.....	84
3.3	Selección del reductor de velocidad.....	88
3.4	Selección del motorreductor de velocidad.....	91
3.5	Selección del motor.....	94
3.6	Circuito de fuerza.....	95
3.6.1	Selección del variador de frecuencia.....	95
3.6.2	Características del convertidor de frecuencia.....	95
3.6.3	Conexiones de entrada de la red y salida del motor.....	96
3.6.4	Puesta en servicio rápida.....	96
3.7	Circuito de mando.....	98
3.7.1	Selección del Controlador Lógico Programable.....	98
3.7.2	Características del Controlador Lógico Programable.....	98

3.7.3	Conexiones en las entradas y salidas del sistema de control.....	99
3.7.4	Placa electrónica.....	100
3.8	Funcionamiento del sistema motorizado.....	102
3.8.1	Premisas al realizar la maniobra eléctricamente a distancia o localmente el seccionador.....	102
3.8.2	Premisas al realizar la maniobra manualmente.....	104
3.9	Implementación del sistema electromecánico diseñado	105
3.10	Pruebas que se realizan en el sistema.....	107
3.11	Planos del sistema.....	108
3.12	Valoración Técnica.....	109
3.13	Valoración económica.....	110
3.14	Valoración social.....	112

CONCLUSIONES.....	113
--------------------------	------------

RECOMENDACIONES.....	114
-----------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA.....	115
--------------------------	------------

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Esquema de un seccionador monopolar de columna giratoria central...	17
Fig. 1.2	Esquema de un seccionador monopolar de dos columnas giratorias.....	18
Fig. 1.3	Esquema de un seccionador de polo con trapecio paralelo a las barras.....	19
Fig. 1.4	Esquema del mecanismo principal del seccionador tipo rodilla.....	20
Fig. 1.5	Elementos constitutivos de un sistema de operación motorizado.....	21
Fig. 1.6	Explicación del mecanismo.....	26
Fig. 1.7	Transmisiones por engranaje.....	29
Fig. 1.8	a) Excéntrica biela manivela; b) Transmisión biela palanca.....	33
Fig. 1.9	Bobinados en serie.....	36
Fig. 1.10	Bobinados en paralelo.....	37
Fig. 1.11	Bobinados en serie-paralelo.....	37
Fig. 1.12	Rotores del motor de inducción.....	39
Fig.1.13	Conexión del motor de inducción trifásico.....	40
Fig.1.14	Bobinados del motor de inducción bifásico.....	41
Fig.1.15	Circuito de control para el arranque, paro e inversión de un motor.....	40
Fig.1.16	Pulsadores.....	52
Fig.1.17	Interruptor rotatorio.....	53
Fig.1.18	Luces piloto.....	53
Fig.2.1	Subestación eléctrica Obrapía de Loja.....	55
Fig.2.2	Estructura del patio 69Kv.....	57
Fig.2.3	Descargador valvular.....	58
Fig.2.4	Descargador valvular con aislante el aire.....	59
Fig.2.5	a) Interruptor con pequeño volumen de aceite; b) Gran volumen de aceite.....	59
Fig.2.6	Interruptor GIS de la Subestación Obrapía.....	60

Fig.2.7	Seccionador de potencia del Patio 69KV.....	61
Fig.2.8	Elementos constitutivos de un seccionador de potencia.....	61
Fig.2.9	Cuchillas Seccionadoras de la Subestación Obrapía de Loja.....	62
Fig.2.10	Accionamiento manual.....	63
Fig.2.11	Sistema de enclavamiento.....	63
Fig.2.12	Tcs de la Subestación Obrapía.....	64
Fig.2.13	Tps de la Subestación Obrapía de Loja.....	65
Fig.2.14	Transformador de potencia.....	66
Fig.2.15	Estructura del Patio 13,8 KV.....	67
Fig.2.16	Interruptores de Gran volumen de aceite.....	68
Fig.2.17	Seccionador tipo barra del patio 13,8 KV.....	68
Fig.2.18	a) Transformador trifásico de 30KVA; b) Transformador monofásico 15KVA.....	69
Fig.2.19	Transformadores potenciales.....	70
Fig.2.20	Descargadores Valvulares.....	71
Fig.2.21	Arco eléctrico en los seccionadores.....	72
Fig.2.22	Barra principal y barra de transferencia de la Subestación Obrapía....	73
Fig.2.23	a) Cuarto de control; b) Gabinetes.....	76
Fig.2.24	a) Mediciones analógicas y digitales de la línea Loja 1; b) Catamayo.....	78
Fig.2.25	Mediciones de potencia analógicas y digitales en los GIS.....	79
Fig.2.26	a) Mediciones de corrientes analógicas en los alimentadores; b) mediciones de corrientes digitales en los alimentadores.....	79
Fig.2.27	a) Canales de cables; b) Cables blindados; c) Tapas de hormigón.....	80
Fig.3.1	Mecanismo de 4 eslabones en diferentes posiciones.....	82
Fig.3.2	Datos del mecanismo.....	82
Fig.3.3	Medición del torque.....	83
Fig.3.4	Diagrama vectorial del mecanismo.....	85
Fig.3.5	Simulación en MATLAB.....	88
Fig.3.6	Esquema del reductor sin fin-corona.....	91
Fig.3.7	Esquema de reductor sin fin-corona.....	93
Fig.3.8	Gama de convertidores de frecuencia SINAMIG.....	95

Fig.3.9	Gama de autómatas IASY.....	98
Fig.3.10	Dimensiones aproximadas y partes que conforman el autómata.....	99
Fig.3.11	Placa electrónica para el control del seccionador.....	100
Fig.3.12	Circuito para el cambio de velocidad.....	102
Fig.3.13	Panel de control.....	103
Fig.3.14	Árbol de contactos.....	104
Fig.3.15	Montaje de los dispositivos.....	105
Fig.3.16	Cableado del sistema.....	106
Fig.3.17	Disposición física del seccionador.....	107
Fig.3.18	Pruebas del sistema manualmente.....	108
Fig.3.19	Pruebas del sistema eléctricamente.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1:	Esquema y características de la barra simple.....	8
Tabla 1.2:	Esquema y características de la barra seccionada.....	8
Tabla 1.3:	Esquema y características de la barra principal y transferencia.....	9
Tabla 1.4:	Esquema y características de la barra doble.....	9
Tabla 1.5:	Esquema y características de la barra seccionada.....	10
Tabla 1.6:	Esquema y características de la barra doble.....	10
Tabla 1.7:	Esquema y características de la barra en anillo.....	11
Tabla 1.8:	Dimensiones aproximadas en mm.....	17
Tabla 1.9:	Dimensiones aproximadas en mm.....	18
Tabla 1.10:	Dimensiones aproximadas en mm.....	19
Tabla 1.11:	Mecanismos de operación.....	20
Tabla 1.12:	Clasificación NEMA.....	40
Tabla 1.13:	Gama de motorreductores.....	44
Tabla 1.14:	Características generales del convertidor.....	49
Tabla 3.1:	Características del reductor.....	90
Tabla 3.2:	Dimensiones aproximadas en mm.....	91
Tabla 3.3:	Características generales del motorreductor.....	92
Tabla 3.4:	Dimensiones aproximadas en mm.....	93
Tabla 3.5:	Características del convertidor.....	95
Tabla 3.6:	Características del convertidor seleccionado.....	96
Tabla 3.7:	Parámetros del convertidor de frecuencia.....	97
Tabla 3.8:	Características generales del autómeta.....	98
Tabla 3.9:	Lista de materiales.....	110

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las subestaciones del Ecuador son de tipo intemperie cuyos dispositivos que lo conforman se encuentran visibles en un espacio de acuerdo al tipo de esquema de cada subestación. Dentro de estos dispositivos se encuentran los seccionadores de Potencia, en la actualidad los seccionadores de potencia se han convertido en un factor muy importante porque ha demás de abrir o cerrar circuitos visiblemente, brinda seguridad al operario al momento de realizar mantenimiento a los interruptores de potencia.

Actualmente muchos seccionadores de potencia en todo el País son totalmente manuales, inclusive unos de ellos por su estado en que se encuentra han tenido que ser han cambiados obligadamente por seccionadores de mando motorizado que son muy confiables existiendo poco peligro para los operarios.

Los seccionadores de potencia motorizados llevan amplias ventajas con respecto a los seccionadores manuales. Una de las principales ventajas es que puede ser accionado desde el sistema SCADA o remotamente desde el gabinete de control. Muchas Empresas Eléctricas han optado por restaurar los seccionadores de potencia manuales por motorizados, pero por su alto costo en el mercado extranjero no han podido lograr con su objetivo.

PROBLEMÁTICA

Situación Problemática

Los Seccionadores son dispositivos cuya misión es de aislar tramos de circuitos de una forma visible y así se puedan manipular dichos circuitos por parte de los operarios, se han convertido en un aspecto importante tanto para los productores y distribuidores de energía eléctrica como para sus operarios.

La Empresa Eléctrica Regional del Sur SA nos ha permitido que realicemos un estudio detallado de seccionadores motorizados, que ayude a disminuir el peligro de manipulación que en ellos se presentan específicamente en la subestación Obrapía de Loja, que posee todos sus seccionadores manuales y que al mismo tiempo sirva de apoyo para los estudiantes de la carrera de Electromecánica, permitiéndoles una mejor comprensión en lo que al tema se refiere.

Para la Empresa Eléctrica Regional del Sur SA, el impacto económico de una mala manipulación de los seccionadores puede abarcar desde los cientos de dólares hasta miles de dólares. En este sector podemos mencionar los siguientes problemas:

- 1-** No se cuenta con un control de la cantidad de operaciones del seccionador por lo que no se hace un mantenimiento preventivo, algunos de ellos están endurecidos.
- 2-** Peligro para el operador, mucho más en tiempo de lluvia.
- 3-** No se puede manipular desde el sistema SCADA de la Subestación.

El predecir el impacto económico final es muy difícil, además es importante recalcar que los seccionadores motorizados en el mercado son de alto costo y son importados a nuestro país, ocasionando que muchas empresas pasen por alto esta situación.

ENUNCIADO DE LA PROBLEMÁTICA: La EERSSA de Loja está interesada en la motorización de los seccionadores, pero su adquisición en el mercado tiene alto costo.

Problema General de investigación

¿Cómo accionar remotamente los seccionadores manuales de potencia que existen en las Subestaciones de 69KV de manera que reduzca el peligro a los operadores, se pueda llevar un mayor control de las operaciones y a la vez resulte más económico que la adquisición de uno nuevo en el mercado?

Delimitación

Problemas Específicos de Investigación.

- Desconocimiento de las características específicas y detalladas de los seccionadores de potencia de la Subestación Obrapía.
- Desconocimiento del seccionador más apropiado para la implementación del sistema electromecánico remoto en la Subestación Obrapía.
- Desconocimiento del sistema Mecánico que permita motorizar el seccionador conservando la parte manual.
- Desconocimiento de las características específicas del motor a implementar en el seccionador.
- Inexistencia de un diseño electromecánico económico que permita el accionamiento local y remoto del seccionador en la Subestación Obrapía.
- Inexistencia de un Sistema electromecánico de accionamiento remoto en la Subestación Obrapía.
- Desconocimiento por parte de los estudiantes de la carrera de Ing. Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja acerca de un sistema de accionamiento motorizado para un Seccionador de Potencia.

JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD

Justificación.

Cada vez más, nuestra vida cotidiana es gobernada por los sistemas electromecánicos y la electrónica, principalmente las Industrias y Empresas que necesitan llevar un mayor control y seguridad. Por ende existe una demanda creciente por los sistemas de accionamiento remoto que proporcione seguridad y a la vez ayude a la labor de los obreros.

Por otro lado la manipulación de los Seccionadores de Potencia en las Subestaciones Eléctricas puede ser peligrosa y costosa, volviéndose muy importante la implementación de los accionamientos motorizados. Por consiguiente, hemos visto la necesidad de confeccionar un sistema de accionamiento Motorizado para un seccionador de potencia en la Subestación Eléctrica Obrapía, que ayude al estudio y comprensión del mismo.

Consecuentemente con nuestro proyecto proporcionaremos un conocimiento amplio en la comunidad científica, técnica e industrial y sobre todo en los estudiantes de la carrera de Ingeniería electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, misma que formará profesionales con una visión más amplia en lo que a sistemas motorizados de seccionadores se refiere.

Viabilidad

Debido a la formación académico-científica en los campos eléctricos-mecánicos y automáticos adquiridos en la formación de ingenieros Electromecánicos podemos decir que el presente proyecto es factible de realizarlo debido a que se tiene acceso a la información de datos técnicos, de la misma forma a la adquisición de herramientas y materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

De la misma manera contamos con los recursos económicos necesarios el permiso de la EERSSA y un fácil acceso al lugar donde se implementará el sistema de accionamiento motorizado, lo cual hará que el tiempo a emplearse en el proyecto sea el apropiado.

OBJETIVOS.

Objetivo General

Diseñar e Implementar un sistema electromecánico que permita el accionamiento local y remoto de un seccionador de Potencia de la Subestación Obrapía.

Objetivos Específicos

- Caracterizar en detalle los seccionadores de potencia de la Subestación Obrapía.
- Seleccionar el seccionador más apropiado a partir de las características de la Subestación Obrapía.
- Seleccionar un sistema mecánico económico que permita motorizar el seccionador conservando la parte manual.
- Seleccionar el motor que permita accionar el seccionador de Potencia.
- Diseñar un sistema electromecánico económico que permita el accionamiento local y remoto del seccionador.
- Implementar el Sistema electromecánico para la acción remota en la Subestación Obrapía.
- Socializar los Resultados.

HIPÓTESIS

Hipótesis General

Sí se implementa un accionamiento electromecánico (motorizado) que no excluya la acción manual se podrá accionar remotamente y localmente el seccionador de Potencia.

Hipótesis Específicas

- Sí se realiza una amplia búsqueda Bibliográfica, consulta a expertos, visita a la subestación, entrevista a los operadores, lectura de planos, se podrá recopilar información que permita caracterizar el Seccionador.

- Sí se conoce el tipo de esquema de barra y las operaciones que se realizan en la Subestación Obrapía se podrá seleccionar el Seccionador más apropiado.
- Si se estudia los diferentes mecanismos de transmisión de movimiento se podrá seleccionar un tipo de transmisión mecánica de movimiento que sea económica para motorizar el Seccionador.
- Sí se conoce las características mecánicas del seccionador tales como espacio, torque, velocidad, sentido de rotación se podrá seleccionar entre los tipos de motores que existen el más adecuado y económico.
- Sí se conoce el sistema mecánico y se selecciona el accionamiento eléctrico más económico se podrá diseñar un Sistema Electromecánico seguro y factible.
- Sí contamos con el diseño, presupuesto, permisos y recursos se podrá implementar el Sistema Electromecánico con la acción remota en la Subestación.
- A través de la difusión informativa y de la presentación del sistema accionamiento motorizado creado con su respectiva investigación se podrá socializar los resultados.

METODOLOGÍA

Los **métodos de investigación** empleados son los siguientes:

1. Método de investigación documental y bibliográfica, para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Método de investigación experimental para describir, caracterizar el objeto de estudio y sus principales regularidades.
3. Método de investigación cuantitativo, engloba la recopilación de gran volumen de datos descriptivos y la utilización de técnicas de muestreo, modelos matemáticos avanzados y simulaciones.



1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se abordarán diferentes aspectos teóricos que sirven de base para aplicar un conjunto de conocimientos en función de resolver la problemática planteada en la investigación. Aparecen elementos relacionados con las subestaciones eléctricas, inclinándonos por los dispositivos primarios para lograr caracterizar los seccionadores de potencia. Se enfatiza las características fundamentales de los mecanismos de transmisión y con ello relacionar los tipos de Motores, los Motorreductores y además los circuitos de control.

1.2 SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

Existen varias clasificaciones de las subestaciones eléctricas, según la localización, la movilidad y la función que realizan en el sistema eléctrico.

Clasificación según su función

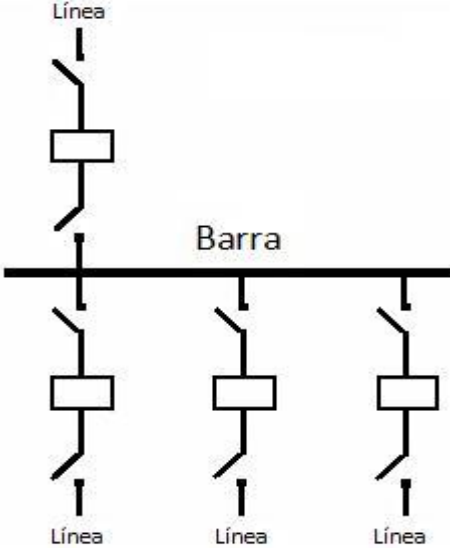
Atendiendo a la función que desempeñan dentro de la red de transporte de energía eléctrica se distinguen los siguientes tipos de subestaciones:

- **Subestaciones Generadoras.-** Son aquellas que poseen generadores o que se emplean para exportar la energía que sale de una central eléctrica cercana.
- **Subestaciones Transformadoras.-** Se encargan de reducir o elevar la tensión. Las que se encuentran en las salidas de las plantas generadoras son subestaciones elevadoras, los que se encuentran a lo largo de las redes son por lo general subestaciones reductoras y las que se alimentan los circuitos de distribución son conocidas como subestaciones de distribución.
- **Subestaciones Seccionadoras.-** Son aquellas que no modifican el valor de la tensión y se emplean para derivar o distribuir la energía hacia varias direcciones.

Clasificación según su configuración

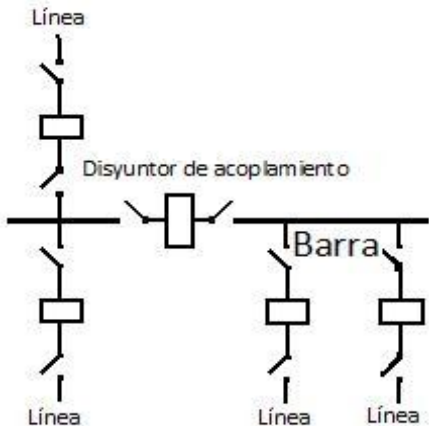
- **Barra simple**

Tabla 1.1. Esquema y características de la barra simple

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • En este esquema existen pocos dispositivos y por lo consecuente su configuración es muy sencilla, económica y poco confiable. • Si ocurre alguna avería en la única barra, todos sus componentes de la subestación se desconectarían y el servicio se suspendería. • No se puede alimentar independientemente una o varias líneas. • Si se precisa dar un mantenimiento en la barra hay que desconectar todo. • Solo se utilizan en subestaciones de distribución de baja potencia donde se permitan las desconexiones totales de consumos. 	

- **Barra seccionada**

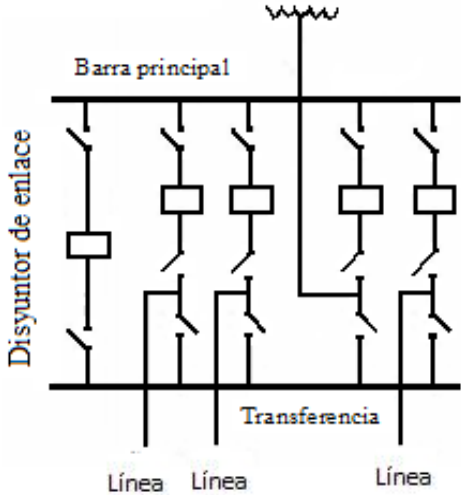
Tabla 1.2. Esquema y características de la barra seccionada

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • Este esquema es similar al anterior, pero la diferencia es que la barra esta seccionada por un interruptor, existiendo mayor seguridad y flexibilidad de operación. • Si se precisa mantenimiento se desconecta solo la sección de barra afectada y el resto puede continuar el servicio sin dificultad al resto de los consumidores. • Su sistema de protección es complejo. 	



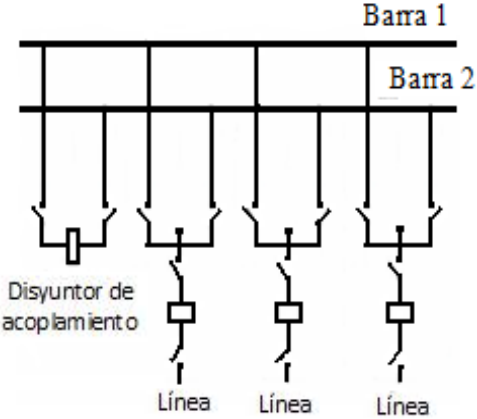
- **Barra principal y barra de transferencia**

Tabla 1.3. Esquema y características de la barra principal y barra de transferencia

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • Este esquema es muy caro porque poseen más dispositivos y necesita mayor espacio físico. • Los alimentadores están normalmente conectados a la barra principal. • Si un interruptor de un alimentador se avería se podrá continuar con el servicio mediante el interruptor de enlace y barra auxiliar. • Esquema más flexible y seguro. 	 <p>El diagrama muestra una barra principal superior conectada a una barra de transferencia inferior. Hay tres líneas de alimentación conectadas a la barra de transferencia. Un disyuntor de enlace conecta la barra principal con la barra de transferencia.</p>

- **Barra doble (simple interruptor)**

Tabla 1.4. Esquema y características de la barra doble (simple interruptor)

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • Este esquema no es muy costoso porque presenta menos interruptores para los alimentadores. • Un interruptor puede conectar ambas barras. • Los alimentadores se pueden conectar indistintamente a cualquiera de las barras. • Para la conexión a la otra barra (apagón momentáneo). 	 <p>El diagrama muestra dos barras, Barra 1 y Barra 2, conectadas por un disyuntor de acoplamiento. Hay tres líneas de alimentación conectadas a las barras.</p>



- **Barra doble (doble interruptor)**

Tabla 1.5. Esquema y características de la barra doble (doble interruptor)

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • El costo de este esquema es muy elevado, pero muy flexible y confiable. • Se emplean dos interruptores por cada alimentador. • Si una barra falla, el servicio puede continuar mediante la otra barra. • Se puede utilizar las dos barras o una sola en caso de averías. 	

- **Barra doble (interruptor y medio)**

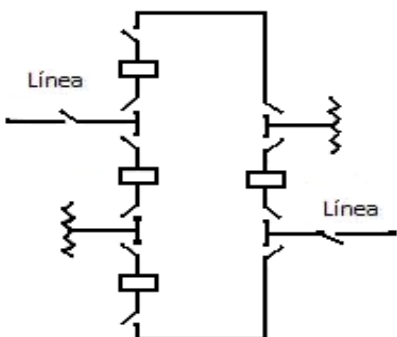
Tabla 1.6. Esquema y características de la barra doble (interruptor y medio)

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • En este esquema para desconectar un alimentador se precisa desconectar dos interruptores. • El interruptor de enlace no es solo para uno de los alimentadores sino para los dos. • Si falla una de las barras todos los alimentadores quedarían trabajando mediante la otra barra. • Es seguro como fallas en barras como fallas en líneas. • Las protecciones para esta configuración son especiales y complejas. 	



- **Barra en anillo**

Tabla 1.7. Esquema y características de la barra en anillo

Características	Esquema
<ul style="list-style-type: none"> • En este esquema todas las barras están conectadas entre sí formando un anillo. • Al ocurrir una falla en una barra no se desenergizan todos los alimentadores. • La cantidad de des-conectivos ya sean interruptores o seccionadores son muchos y esto hace que no sea muy aplicable en la media tensión, aunque si es confiable. 	

Clasificación según su emplazamiento

- **Subestaciones de intemperie.-** Son aquellas donde se instalan la mayoría de los componentes sobre la tierra y a la intemperie. El mantenimiento se la puede realizar de una manera segura y son las más conocidas entre todas.
- **Subestaciones de interiores.-** Se emplean mucho en las ciudades, todos sus componentes se encuentran en espacios muy reducidos, debido a que se instalan bajo tierra o en interiores de los edificios. Todas sus protecciones deben ser resistentes a la humedad y agentes externos que se puedan presentar.
- **Subestaciones Blindadas.-** Se encuentran en un espacio mucho más pequeño que las subestaciones de interiores. Todos los elementos se encuentran aislados entre sí, con un blindaje que puede ser de (SF₆), muy dieléctrico que les permite ser utilizadas en poblaciones o áreas de alta contaminación.
- **Subestaciones Rurales.-** Son las más simples por lo que no permiten demasiadas maniobras y sus instalaciones son pequeñas por lo general (300 m² x 110 m²).



- **Subestaciones móviles.-** Son aquellas en que los componentes de fuerza se instalan de forma fija y se emplean en situaciones poco comunes donde las cargas se pueden cambiar de lugar. [1]

1.2.2 COMPONENTES DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Los componentes eléctricos en las subestaciones pueden ser diferentes según los tipos de subestaciones eléctricas que pertenecen. Existen componentes que están conectados directamente a los circuitos de fuerza que se le denomina dispositivos primarios y los dispositivos secundarios son aquellos que están conectados a los secundarios de los transformadores de medición.

Dispositivos primarios

En el patio de las subestaciones eléctricas se encuentran los componentes de fuerza, tales como:

- Aisladores
- Transformadores de potencia
- Interruptores de potencia
- Seccionadores
- Transformadores de medición
- Transformadores potenciales
- Transformadores de corriente
- Descargadores valvulares
- Puesta a tierra

Entre los dispositivos que se conectan a los secundarios de los transformadores de medición tenemos:

- Relés
- Instrumentos de mediciones



Aisladores

En las subestaciones, especialmente en las de distribución, se utilizan ampliamente los aisladores, los cuales separan los conductores activos de las torres y de tierra. Actualmente se han utilizado distintos materiales como:

- Porcelana
- Vidrio
- Materiales compuestos

Tipos de aisladores

- **Aisladores de campana.-** Son también llamados de disco generalmente varios forman una cadena, se hacen de vidrio o porcelana con insertos metálicos que los articulan con un grado de libertad (horquilla).
- **Aisladores de barra.-** Los hay de porcelana, permiten realizar cadenas de menor cantidad de elementos (más cortas), la porcelana trabaja a tracción y existen pocos fabricantes que ofrecen esta solución, especialmente si se requieren elevadas prestaciones.
- **Aisladores rígidos.-** Tienen forma de campana en tensiones bajas y medias, montados sobre un perno y se realizan de porcelana, vidrio y en algunos casos modernamente de materiales compuestos.

Transformador de potencia

Los transformadores de potencia cumplen con una función muy importante en los sistemas eléctricos de potencia. Transforman el voltaje del sistema de nivel nominal a otro y deben ser capaces de transportar el flujo de potencia en forma continua hacia la carga.



Tipos de transformadores

Los transformadores de potencia pueden ser autotransformadores o transformadores convencionales de varios devanados. Una de ellas es sencillamente, tomando tres transformadores monofásicos y se los conectan en un grupo trifásico, otra alternativa es un transformador trifásico que conste en tres juegos de devanados enrollados sobre un núcleo común.

Interruptor de potencia

Se emplean para desconectar y conectar la energía eléctrica, a través de una acción eléctrica externa, estos pueden ser mono-polares y tri-polares. Normalmente son actuados manualmente por los operadores o automáticamente por las protecciones cuando existen averías.

Tipos de interruptores de potencia según los métodos de apagado del arco eléctrico

Cuando se desconecta un interruptor de potencia, por el desacople en el interior se genera un arco eléctrico y para poder contrarrestar en menor tiempo posible tenemos una cámara de extinción, se optan diversas técnicas de apagado como son:

- **Soplo de aire.-** El aire comprimido arrastra el arco a través de la boquilla o chiflón y esta ayuda a expulsar el gas caliente y los productos de arqueo, hacia la atmósfera.
- **Gran volumen.-** Durante el arqueo, el aceite actúa como productor de hidrógeno, gas que ayuda a enfriar y extinguir el arco. Proporciona el aislamiento entre los contactos después de que el arco se ha extinguido.
- **Volúmen reducido.-** Estos interruptores trabajan por medio de flujos de aceite como medio de extinción del arco, y se utiliza la energía propia del arco para generar dichos flujos.



- **Interruptor en vacío.-** Estos utilizan como medio de extinción un vacío de hasta 10^{-5} Torr. (Torr=1mmHg). El cual produce vapor de mercurio que sale del conector y una vez extinto el arco se regresa al conector.

Interruptores de potencia SF₆.- El hexafloruro de azufre (SF₆), compuesto muy estable, no tóxico, carente de olor, ha demostrado ser un medio excelente del enfriamiento del arco y de aislamiento para los interruptores. [2]

Seccionador

El seccionador conocido también con el nombre de separadores o des-conectores. Es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada eléctricamente partes de una instalación de una forma visible para realizar el mantenimiento, asegurando que los tramos del circuito estén libres de tensión y los operarios puedan tocar sin peligro.

Tipos de seccionadores

Los seccionadores utilizados habitualmente en instalaciones eléctricas tienen muy variadas formas constructivas pudiéndose clasificarlos según su modo de accionamiento:

- Seccionadores de cuchillas giratorias.
- Seccionadores de cuchillas deslizantes.
- Seccionadores de columnas giratorias.
- Seccionadores de pantógrafo.

Dentro de esta clasificación podemos añadir que todos ellos pueden tener una constitución monopolar y tripolar.

Seccionador de cuchillas giratorias.

Estos aparatos son los más empleados para tensiones medias, como su propio nombre indica estos seccionadores por su construcción permite realizar la apertura mediante un movimiento giratorio de sus partes móviles.



Construcción básica

La construcción de estos seccionadores es muy sencilla, disponiéndose básicamente:

- Base o armazón metálico rígido.
- Dos aisladores soporte de porcelana.
- Un contacto fijo o pinza de contacto.
- Un contacto móvil o cuchilla giratoria (estos dos últimos elementos montados en cada uno de los aisladores de porcelana).

Seccionador de cuchillas deslizantes

Su principal ventaja es de requerir menor espacio en sus maniobras dado que sus cuchillas se desplazan longitudinalmente (de abajo hacia arriba). Son los más utilizados debido a que requieren un menor espacio físico que los anteriores, por el contrario, presentan una capacidad de corte menor que los seccionadores de cuchillas giratorias.

Construcción básica

Su construcción es muy similar a la de los seccionadores de cuchillas giratorias.

Seccionadores de columnas giratorias

Este tipo de seccionadores se utiliza en instalaciones de intemperie y con tensiones de servicio desde 33 kV hasta 220 kV.

Dentro de este tipo de seccionadores cabe distinguir dos construcciones diferentes:

- **Construcción de un seccionador de columna giratoria central (tres columnas por polo)**

En este tipo de seccionador la cuchilla o contacto móvil está fijada sobre una columna aislante central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble, de tal suerte que cada punto de interrupción requiere una distancia en aire igual a la mitad de la total. Las dos columnas exteriores están montadas rígidamente sobre un soporte



metálico de perfiles de acero galvanizado en caliente y son las encargadas de sostener los contactos fijos. (Ver fig.1.1)

En caso de que se disponga de un seccionador de columna central giratoria trifásico, el accionamiento de las tres columnas centrales giratorias se realiza mediante un juego de barras y bielas que permiten un accionamiento conjunto de las tres cuchillas giratorias.

Tabla 1.8. Dimensiones aproximadas en mm.

kV	A	B	C	D	E	F	G
145	2.170	1.850	2.500	2.200	270	1.260	320
170	2.420	2.050	2.740	2.450	270	1.460	320
245	3.200	2.650	3.550	3.230	300	2.000	350

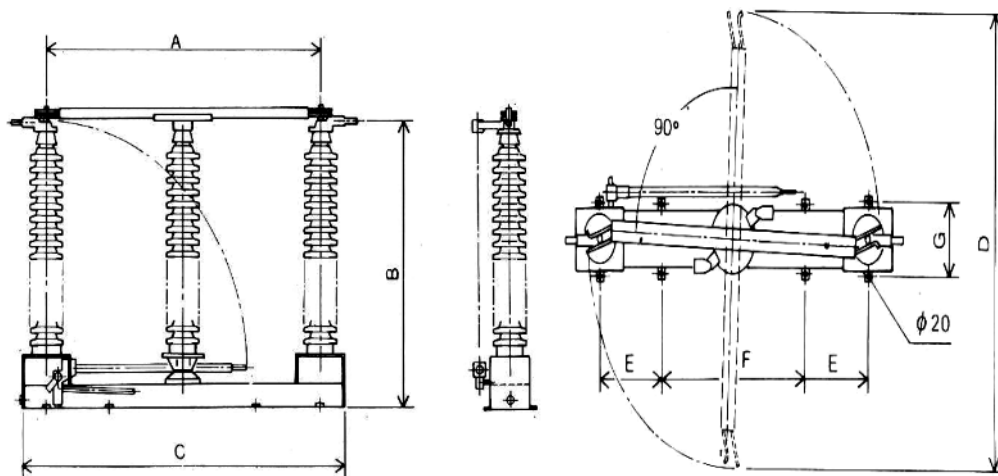


Figura 1.1. Esquema de un seccionador Monopolar de columna giratoria central

- **Construcción de un seccionador de dos columnas giratorias por polo**

El seccionador dispone de dos columnas en lugar de tres como el modelo de columna giratoria central. Siendo estas dos columnas giratorias portadoras de cuchillas que giran hacia el mismo costado y por ende se obtiene sólo un punto de interrupción a mitad de recorrido entre las dos columnas. (Ver fig.1.2).

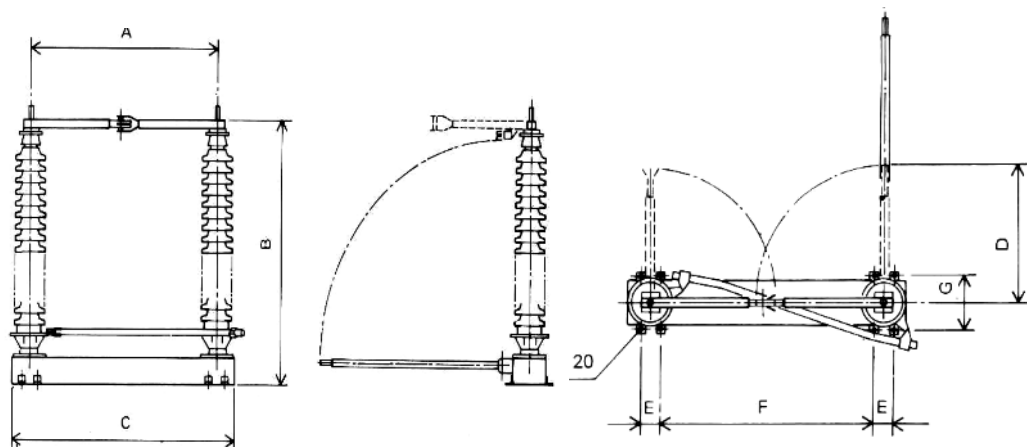


Figura 1.2. Esquema de un seccionador Monopolar de dos columnas giratorias

Tabla 1.9. Dimensiones aproximadas en mm

kV	A	B	C	D	E	F	G
145	1.620	1.850	1.940	930	270	760	320
170	1.920	2.050	2.240	1.080	270	1.060	320
245	2.700	2.650	3.020	1.470	300	2.100	350

Para accionar conjuntamente los polos del seccionador Tripolar, se han acoplado éstos entre sí. El accionamiento va unido a los aisladores giratorios de un polo, desde donde parten las varillas de acoplamiento con los otros polos.

Seccionadores de pantógrafo

Los seccionadores de pantógrafo se utilizan para la conexión entre líneas y barras que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí. Conceptualmente se distinguen de los anteriores seccionadores mencionados porque el contacto fijo de cada fase ha sido eliminado, realizando la conexión del contacto móvil directamente sobre la línea.

Construcción de un seccionador de polo con trapecio paralelo a las barras

Ésta conformada por un sistema mecánico de barras conductoras que tiene la forma de los pantógrafos que se utilizan en las locomotoras eléctricas. La parte fija, llamada trapecio, está colgada de un cable o de un tubo que constituyen las barras, exactamente sobre el pantógrafo de tal manera que al elevarse el contacto móvil, éste se conecta con la mordaza fija cerrando el circuito. (Ver fig.1.3).

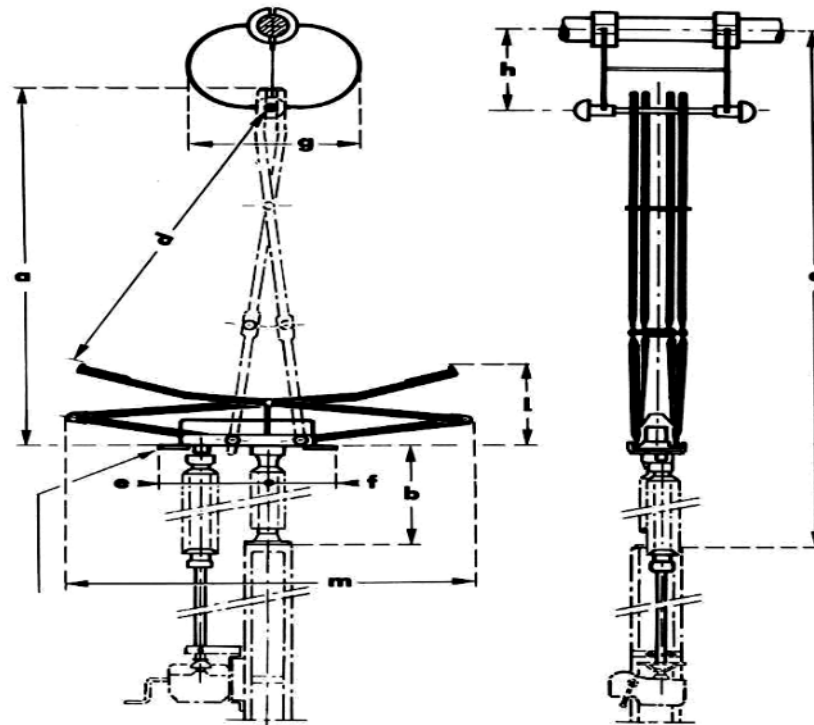


Figura 1.3. Esquema de un seccionador de polo con trapecio paralelo a las barras.

Tabla 1.10. Dimensiones aproximadas en mm y peso de cada polo en Kg

kV	a	b	c	d	e	f	g	h	i	m	Peso
170	2.390	1.916	5.145	1.935	840	520	1.100	700	552	1.905	220
245	3.300	2.375	6.205	2.400	655	405	1.100	700	660	2.410	300
420	4.780	3.490	8.705	3.400	820	570	1.100	700	1.110	3.500	440
525	5.150	3.490	9.005	3.600	820	570	1.100	700	1.225	3.500	450

d: distancia mínima de apertura.

Seccionadores semipantógrafos o tipo rodilla.

El seccionador tipo rodilla pertenece al grupo de los seccionadores de palanca.

Construcción general.

Su construcción es idéntica que los usados para el seccionador tipo pantógrafo, la única diferencia es el brazo del seccionador que se mueve en un plano vertical y abierto, generando un espacio del aislamiento horizontal.

En la (fig.1.4) se observa que el mecanismo principal de la rodilla del sistema del contacto móvil no está todavía completamente extendido, los dedos del contacto fijo



(A) son tocados por los ganchos de cierre (D) del contacto móvil y están haciendo tope con el perno (B). [3] [6].

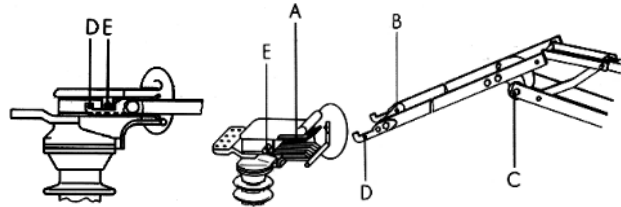


Fig. 1.4 Esquema del mecanismo principal del seccionador tipo rodilla

Mecanismos de operación

Al realizar la maniobra de (cierre-apertura) de los seccionadores, el operario puede utilizar variados mecanismos de operación dependiendo de las instalaciones y de los tipos de seccionadores existentes en las Subestaciones (Ver tabla 1.11).

Tabla 1.11. Mecanismos de operación

Operación mecánico	Operación por servomotor
<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de biela manivela. • Mecanismos por árbol y transmisión. • Mecanismos por cadena y piñones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico con reducción • Grupo motor-bomba • Grupo motor –compresor

Operación mecánica

El sistema accionamiento manual, pueden ser por diferentes mecanismos de transmisión, todo depende de los espacios físicos como también de los tipos de estructuras que se encuentre en las Subestaciones. Este sistema de operación general consta de diferentes elementos constitutivos y debe ser instalado a una altura adecuada para su fácil manipulación, disponiendo de todos los enclavamientos.



Operación motorizada

El mecanismo motorizado fue desarrollado principalmente para la automatización de las líneas de las Subestaciones, el mecanismo básico consta de aperturas y cierres rápidos incluyendo un contador de operaciones del seccionador para el mantenimiento preventivo (ver fig. 1.5). Existe la alternativa de poder operar de forma motorizada y manual a la vez.

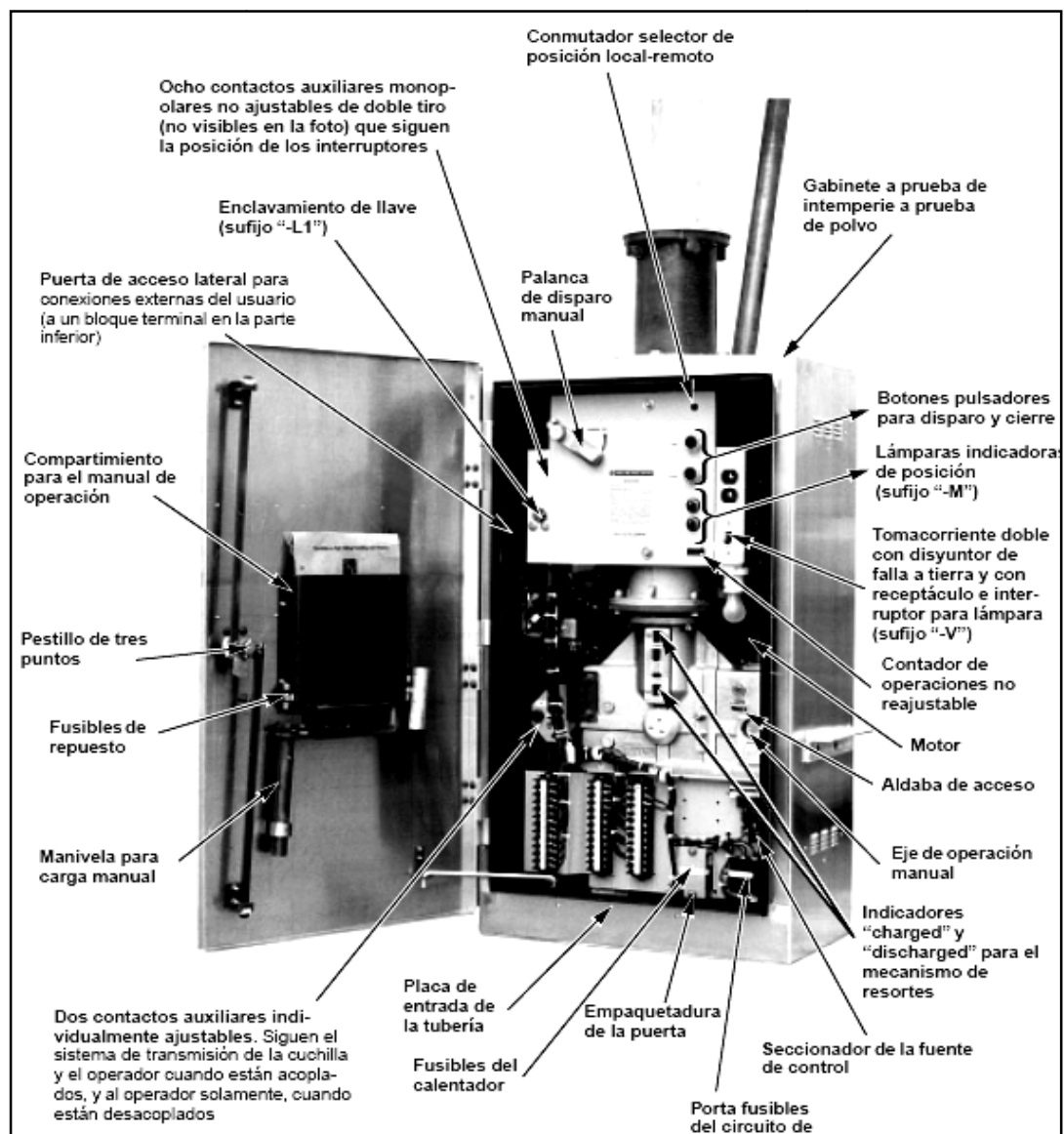


Figura 1.5. Elementos constitutivos de un sistema de operación motorizado



Operación desde el sistema de SCADA

El sistema SCADA es un avance tecnológico innovador para la automatización de las líneas en las subestaciones, la característica general es monitorizar el estado del mismo a distancia del sistema, por lo tanto el operador puede estar al día con los problemas que se puedan surgir resolviéndolo de una manera rápida. [4]

Principales compañías

En el mercado se cuenta con una gama de seccionadores motorizados de alta calidad y prestigio, siendo las principales compañías distribuidoras:

- Compañía ABB
- GRUPO JOSLVN
- Compañía AREVA T&D
- Compañía ALSTON
- Compañía S&C ELECTRIC

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Existe menos peligro y mayor facilidad para el operario al momento de accionar la cuchilla motorizada en forma remota.
- Se puede llevar un control de la cantidad de operaciones en los seccionadores.
- Los seccionadores manuales no son costosos y pueden ser de diferentes tipos de mecanismos dependiendo de los tipos de estructuras existentes en las Subestaciones.

Desventajas:

- La manipulación manual errónea puede ser peligrosa para los operadores.
- Como son sistemas de accionamientos manuales no se puede operar en el sistema SCADA.



- Los seccionadores motorizados existentes en el mercado son muy costosos.

Transformadores de medición

Los circuitos de medición y protección necesitan medir las corrientes y las tensiones, pero estos no resisten elevadas magnitudes. Los transformadores de medición son utilizados para reducir las magnitudes de las corrientes y las tensiones para los instrumentos de medición y protección, en una proporción lineal y necesariamente exacta.

Transformador de corriente

La función de los transformadores de corriente es de reducir las corrientes del circuito de fuerza a 5 A en sus devanados secundarios, aunque también existen algunos que reducen a 1 A, estos valores son normales y no peligrosos.

Pueden que se empleen dos transformadores de corriente en cada localización, con el fin de permitir el empleo de aparatos de medición y el otro de protección, por lo consiguiente resulta ser muy seguro y de fácil manipulación. [5] [8]

Transformador de potencial

La función de los transformadores de potencial es de reducir la tensión del circuito de fuerza a 120 V en sus devanados secundarios y pueden instalarse uno en cada barra de las subestaciones, por lo que son menos numerosos que los transformadores de corriente. Su configuración es muy idéntica a los aisladores, pero suelen ser más gruesos y adicionalmente poseen una caja de conexiones. [6] [9]

Descargadores valvulares

Los descargadores valvulares son componentes utilizados para proteger los componentes de las subestaciones de sobretensiones entre fase y la tierra en sus bornes, este componente disminuye su impedancia considerablemente, convirtiéndose en un cortocircuito.



Esto produce un incremento de la corriente por lo que la tensión en la línea se reduce y la energía de la descarga atmosférica inducida en la línea se deriva a tierra, reduciendo su nivel y velocidad de viaje. Estos descargadores no están instalados para proteger la subestación contra descargas atmosféricas directas.

Se deben instalar en las líneas de entrada de las subestaciones, así como en las líneas de salida, dado que las sobretensiones pueden ingresar por cada una de ellas, se puede visualizar que están conectados a tierra mediante conductores bajantes.

Sistema se tierra

Las descargas atmosféricas o rayos que caen sobre las líneas de alta (AT) o media tensión (MT), producen sobretensiones que se propagan las subestaciones pudiendo deteriorar los aislamientos hasta el punto de producir su perforación. Los aislamientos se deterioran cuando la tensión excede el nivel de aislamiento del equipo, aunque sea durante un intervalo de tiempo muy corto (la magnitud de microsegundos).

Debajo del terreno del patio y debajo de la casa de control se encuentra una malla de cables entrelazados unos con otros, formando una malla de tierra. Esta malla de tierra se emplea para reducir la resistividad del terreno de la subestación y hacer un camino más rápido para derivar a tierra las descargas atmosféricas y las averías que puedan ocurrir entre los conductores activos y las carcasas de los componentes de la subestación. [7]

1.2.3 MANTENIMIENTO DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Un mantenimiento adecuado en las subestaciones es la actividad más importante de los sistemas de potencia, a demás de ser los de mayor costo económico y que la continuidad de servicio depende en gran parte de ellas; es necesario aplicar a estos sistemas (subestaciones) una adecuada gestión de mantenimiento.

El correcto funcionamiento de una subestación eléctrica depende del trabajo individual de los componentes de la misma. Un mantenimiento correcto no se limita a un solo componente sino a todos los otros componentes asociados al mismo y al de su entorno.



Mantenimiento preventivo

En el mantenimiento preventivo se desarrollan dos componentes que son:

- **Inspección visual.**- Este tipo de mantenimiento se efectúa en forma mensual, sin des-energizar la línea, no utiliza herramientas ni instrumentos en la mayor parte de los casos, y como su nombre lo indica consiste sólo en inspecciones visuales.
- **Mantenimiento preventivo programado o sistemático.**- Consiste en una serie de pruebas a realizar en los equipos para verificar su estado. El trabajo tiene carácter preventivo, pero también engloba al mantenimiento predictivo, y en algunos casos al correctivo.

El mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo interviene cuando al efectuar las pruebas al equipo, se llega a conocer su estado actual y es posible entonces, conocer el estado futuro o anticiparse a las posibles fallas.

Mantenimiento correctivo programado

Es una actividad correctiva que implica reparación y reemplazo de piezas que tiene carácter preventivo, ya que en función de las condiciones del equipo o de ciertos parámetros se efectúan las reparaciones con la intención de anticiparse y prevenir daños mayores que afecten a la disponibilidad del equipo.

Mantenimiento correctivo por avería

Se presenta cuando existe una falla o avería grave de algún o algunos equipos de la subestación, estas averías se presentan por causas ajenas a la voluntad de los responsables de la subestación.



Mantenimiento proactivo a subestaciones

El mantenimiento proactivo consiste en el estudio de fallas y análisis de la actividad de mantenimiento, para poder obtener conclusiones y dar sugerencias para mejorar la función de mantenimiento.

Inspección termo-gráfica infrarroja

Con el fin de detectar anomalías que muy a menudo no se pueden percibir a simple vista, se realiza una inspección a las instalaciones eléctricas, en la cual se capturan imágenes digitales y térmicas, detectando sobrecalentamientos, superficies de contacto sucias o no uniformes, soldaduras agrietadas y desbalanceo generalmente, determinando la severidad del problema. [8]

1.3 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento producido por un elemento motriz (fuerza de entrada) en un movimiento deseado de salida (fuerza de salida) llamado elemento conducido.



Figura 1.6. Explicación de Mecanismo

1.3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS TRANSMISIONES MECÁNICAS

La necesidad de introducir una transmisión entre el motor y los órganos de trabajo de una máquina es debido a muchas causas:

- La velocidad del órgano de trabajo es necesario con frecuencia cambiarla (regularla), pero realizar esto directamente con el motor no es económico e incluso puede ser imposible.



- A menudo un motor pone en movimiento varios mecanismos que deben funcionar a distintas velocidades.
- A veces la unión directa de los árboles de un motor y del mecanismo operador no se puede efectuar por razones de seguridad, comodidad de servicio o debido a los tamaños dados de la máquina.

1.3.2 TIPOS DE TRANSMISIÓN MECÁNICA

Las transmisiones mecánicas por el procedimiento de la transmisión del movimiento desde el elemento accionador al accionado se dividen en:

- **Transmisión por rozamiento:** Con contacto directo (por fricción) o con enlace flexible (por correa).
- **Transmisión por engrane:** Con contacto directo (por dientes o sin fin) o con enlace flexible (por cadena y correa dentada).

Transmisiones por fricción

Características:

- Es un sistema de transmisión circular, pues la rueda de entrada transmite el movimiento circular a una rueda de salida.
- Las transmisiones pueden trabajar a velocidades de 25m/s y con relaciones de transmisión, hasta 10.
- Las potencias que con ellas se transmiten oscilan entre las más pequeñas (por ejemplo, en aparatos de precisión) hasta 300 KW en las transmisiones de fuerza.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Las transmisiones por fricción tiene la ventaja de ser su construcción sencilla.
- El trabajo que desarrolla esta transmisión es silencioso.

**Desventajas:**

- Presentan considerables presiones sobre el árbol y los cojinetes.
- No pueden ser empleadas para la transmisión de grandes esfuerzos.
- La relación inconstante de transmisión que tiene lugar, incluso efectuando una precisa fabricación y un perfecto montaje de los elementos del accionamiento.

Transmisiones por Correa**Características:**

- Muestran dos ruedas situadas a cierta distancia, giran por el efecto de una correa.
- Las transmisiones se emplean para la potencia de cientos de kilovatios.
- Las velocidades máximas son de 25-20m/s (según el tipo de correa).
- Los valores máximos de las relaciones de transmisión se encuentran entre 10-15.
- La correa puede transmitir sólo una carga determinada.

Ventajas y desventajas**Ventajas:**

- Por su sencillez en su construcción el costo inicial es relativamente bajo.
- Tiene la posibilidad de unir el árbol conductor con el conducido a distancias relativamente grandes.
- El funcionamiento es silencioso y sin choques.
- No necesita lubricación para su funcionamiento.
- Tiene elasticidad, por esta razón son muy usadas en electrodomésticos.

Desventajas:

- Se necesita grandes espacios físicos para su instalación.
- Cierta inconstancia de la relación de transmisión por causa del resbalamiento de la correa y en algunos casos puede llegar a provocar alguna avería más seria.
- Grandes cargas sobre los árboles y apoyos (perdidas de potencia).
- Longevidad relativamente baja (límites desde 1000 hasta 5000 horas).



Transmisiones por Engranajes

Clasificación

Las transmisiones por engranajes y ruedas dentadas se pueden transmitir de tres modos, según como se dispongan los ejes:

- **Transmisiones cilíndricas (entre los árboles paralelos).**
- **Transmisiones (entre árboles, cuyos ejes se intersecan).**
- **Transmisiones de cremallera-piñón.**

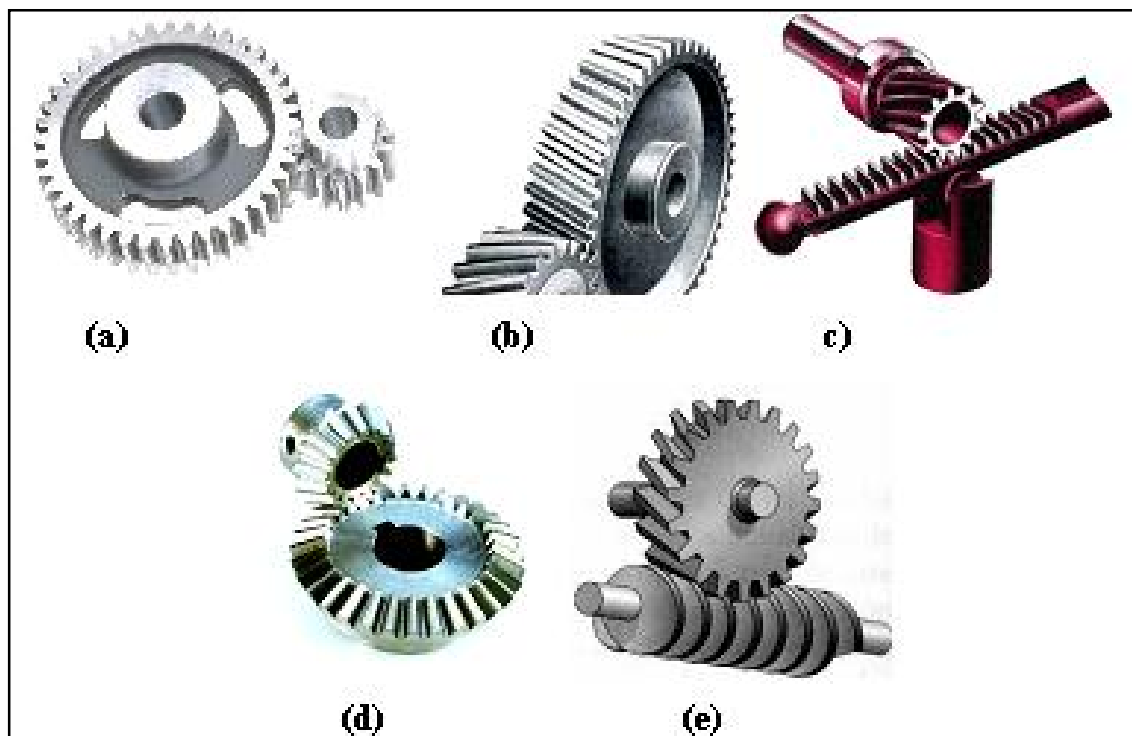


Figura 1.7 Transmisiones por engranaje

Transmisiones cilíndricas (entre los árboles paralelos)

- **Engranaje de dientes rectos (fig.1.7 a)**

Ventajas y desventajas

Ventajas:



- Son los sencillos de fabricar y se utilizan para transmitir pequeños esfuerzos.
- No se necesita de mucho espacio físico exterior.

Desventajas:

- Se emplea en maquinaria que utilice ejes cuya velocidad no es muy elevada ya que es un sistema ruidoso y causa vibración.
- Además de producir mucho ruido, tiene el inconveniente de transmitir el esfuerzo sólo sobre el diente que está engranado.

- **Engranajes de dientes helicoidales (fig.1.7 b)**

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- La ventaja principal es que durante el funcionamiento no existe demasiado ruido. Esto es debido a que los dientes están engranados a la vez, dando lugar a que el esfuerzo de flexión se reparta entre ellos durante la transmisión, lo que hace que las posibilidades de rotura sean menores.

Desventajas:

- El único inconveniente es que al estar inclinados los dientes se produce una fuerza axial (en el sentido de los ejes) sobre los cojinetes de apoyo del eje.

Transmisiones (entre árboles, cuyos ejes se intersecan)

- **Transmisión piñón-cremallera**

Este mecanismo convierte el movimiento circular de un piñón en uno lineal continuo por parte de la cremallera, que no es más que una barra rígida dentada. Este mecanismo es reversible, es decir, el movimiento rectilíneo de la cremallera se puede convertir en un movimiento circular por parte del piñón. En el primer caso, el piñón al girar y estar engranado a la cremallera, empuja a ésta, provocando su desplazamiento lineal (fig. 1.7 c).



Transmisiones por tornillo sin fin (Fig. 1.7 e)

Características:

- Se emplean cuando en los casos cuando los ejes de las ruedas conductora y conducida se cruzan (en general bajo el ángulo recto).
- Estas transmisiones han adquirido potencias hasta (100-200Kw) empleadas especialmente para transmitir cargas considerables.
- Las relaciones de engranaje normales son de $\mu = 10 \dots 80$.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Son compactos.
- Posibilidad de efectuar grandes relaciones de engranaje.
- Seguridad de funcionamiento y sencillez de servicio.
- Soporta altas temperaturas.
- Posibilidad de auto-frenado.
- Trabajo sin ruido.

Desventajas:

- Grandes pérdidas de potencia.
- Necesidad del empleo de bronce de alta calidad.
- Necesidad del empleo de herramientas e instrumentos muy caros; el bajo rendimiento no permite emplearlas para transmitir grandes cargas.

Transmisiones hipoidales (Fig. 1.7d)

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- La ventaja de estas transmisiones es su funcionamiento silencioso, el cual es más fácil de obtener debido a la suavidad del engrane.



- Esta transmisión permite transferir esfuerzos importantes pero, al mismo tiempo, se generan grandes fuerzas axiales.

Desventajas:

- El inconveniente de los engranajes hipoidales consiste en el contacto por puntos y el deslizamiento de los dientes en engrane a lo largo de la tangente común, teniendo como consecuencia un coeficiente de rendimiento muy bajo.
- El mantenimiento de estas transmisiones son muy costosas debido a que se necesita de aceites lubricantes anti agarradores.

Transmisiones por cadena y rueda dentada

Características:

- Estas transmisiones tienen una forma muy precisa con los dientes de los piñones.
- Las transmisiones por cadenas han adquirido potencias hasta 100Kw.
- Las velocidades periféricas hasta $v = 15m/s$.
- Las relaciones de transmisión $\mu \leq 8$.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- La rigidez de la cadena y la rueda dentada conservan la sincronía entre los ejes.
- Alta eficiencia, superior a 98% por etapa de reducción en cadena de rodillos.
- Sus materiales permiten una alta capacidad de carga y larga duración.
- La cadena no necesita estar en precarga para transmitir un par.
- Los extremos se unen con un candado, es fácil de reemplazar sin mover los ejes.
- Se adapta fácilmente a instalaciones expuestas o cubiertas.
- La elasticidad de los componentes y el lubricante amortiguan los impactos.

Desventajas:

- El costo en su construcción es relativamente elevado.



- El funcionamiento de la transmisión es muy ruidoso.
- Existe irregularidad durante el funcionamiento (en caso de que el eje conducido cese de girar por cualquier causa, el conductor también lo hará, lo que puede producir averías en el mecanismo motor o la ruptura de la cadena).
- No permitir la inversión del sentido de giro ni la transmisión entre ejes cruzados.
- Su mantenimiento es muy costoso, debido al desgaste de la cadena.[12] [21]

Transformación de giratorio en lineal alternativo

- Excéntrica biela- manivela y biela palanca

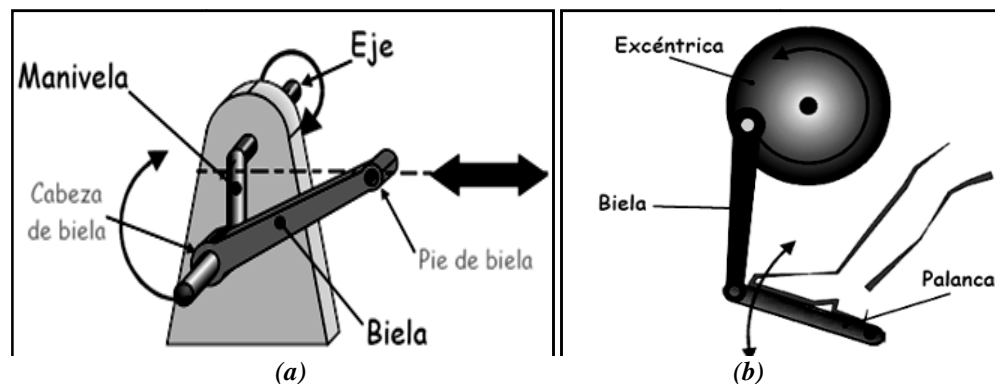


Figura 1.8 a) Excéntrica biela-manivela; b) Transmisión por biela-palanca

Permite convertir el movimiento giratorio continuo de un eje en uno lineal alternativo en el pie de la biela. También permite el proceso contrario: transformar un movimiento lineal alternativo en giratorio (aunque para esto tienen que introducirse ligeras modificaciones que permitan aumentar la inercia de giro).

Características

Este mecanismo es el punto de partida de los sistemas que aprovechan el movimiento giratorio de un eje para obtener movimientos lineales alternativos o angulares; pero también es imprescindible para lo contrario: puede producir giros a partir de movimientos lineales alternativos u oscilantes.

En la realidad no se usan mecanismos que empleen solamente la manivela y la biela, pues la utilidad práctica exige añadirle algún operador más como la palanca o el



émbolo, siendo estas añadiduras las que permiten funcionar correctamente a máquinas tan cotidianas como: motor de automóvil, limpiaparabrisas, rueda de afilar, etc.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- La principal ventaja es que la palanca puede ser de cualquier orden y su elección estará en función de la utilidad que le queramos dar a la máquina.
- Presenta mucha seguridad de funcionamiento
- Esta transmisión permite transferir esfuerzos muy importantes
- Posibilidad de auto frenado
- Por su sencillez en su construcción, estos sistemas son económicos.
- Su mantenimiento no es muy costoso, dependiendo del sitio donde se lo instale.
- Soporta altas temperaturas

Desventajas:

- Presenta mucho ruido al trabajar
- Pueden ser que se necesite mucho espacio físico para su instalación, todo depende de su servicio. [12] [15] [21]

1.4 MOTORES ELECTRICOS

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Principio de funcionamiento.

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético,



éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

1.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

Las clases de motores eléctricos que existen se pueden definir en principio atendiendo a su principio de operación y la clase de energía eléctrica que utiliza, aclarando que existen otras características de tipo mecánico que asignan clases o categorías para diversos tipos de servicio.

De forma general se pueden clasificar en:

- **MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA**
- **MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**
- **MOTORES UNIVERSALES AC / DC**

Sus usos a grandes rasgos son:

- **Motores de corriente alterna.**- Se usan mucho en la industria, sobretodo, el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
- **Motores de corriente continua.**- Suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad, montacargas, locomoción, etc.
- **Motores universales.**- Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.



Sin embargo, es mejor clasificarlos atendiendo a otras características así:

Motores de Corriente Continua

Se clasifican según su función de los bobinados del inductor y del inducido:

- **Motores de Corriente Continua con excitación en serie**

Los bobinados de campo están conectados en serie con las bobinas del inducido y la fuerza de campo varía de acuerdo con las modificaciones de la intensidad en el inducido. Cuando la carga reduce su velocidad, el motor en serie desarrolla mayor par, y su par de arranque es mayor que la de otros tipos de motores de corriente continua.

Existen tareas especiales que requieren gran “par de arranque” y la gran aceleración que este par imprime. Tales aplicaciones son las grúas, guinches eléctricos, trenes y tranvías eléctricos. Los motores utilizados en estas máquinas siempre son en serie por que las cargas son muy pesadas en el arranque y luego se van haciendo más livianas a medida que aumenta la velocidad.

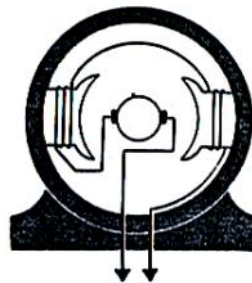


Figura 1.9 Bobinados en Serie

- **Motores de Corriente Continua con excitación en paralelo (Motores en Derivación)**

Los bobinados de campo están conectados en paralelo con la bobina de armadura, y la fuerza del campo es independiente de la intensidad de corriente en la armadura. La velocidad del motor en paralelo sólo varía levemente con los cambios de carga y su torsión de arranque no es tan grande como en otros tipos de motores de corriente continua.



Los motores en derivación suelen emplearse en los casos en que se desea velocidad constante bajo carga variable, y cuando se puede poner en marcha el motor con cargas ligeras o nulas.



Figura 1.10 Bobinados en paralelo

- **Motores de Corriente Continua en Serie – Paralelo o Compound**

Un juego de bobinados de campo está conectado en serie con el inducido mientras que el otro lo está en paralelo. Las características de velocidad y de carga se pueden modificar conectando los juegos de campos de manera que se sumen o se contrarresten entre sí.

Los motores compound, cuyos campos en serie y en paralelo están conectados de manera que se suman entre sí, son los que se emplean más comúnmente. Este motor tiene una velocidad bastante constante, con excelente fuerza de arrastre en cargas pesadas y buen par de arranque.



Figura 1.11 Bobinado en serie-paralelo

En el motor compound diferencial el campo en serie se opone al campo en paralelo, y el campo total sufre un debilitamiento cuando aumenta la carga. Esto permite aumentar la



velocidad cuando aumenta la carga, pero hasta cierto punto. El par de arranque es muy pequeño, este motor se emplea raras veces.

Motores de Corriente Alterna

Podemos clasificarlos de varias maneras, por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación. Tomaremos el más común:

- **Motor Sincrónico.**

Un motor se considera síncrono cuando la velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor. El motor síncrono consta de un estator trifásico para generar un campo magnético giratorio y de un rotor electromagnético excitado con CC.

El rotor funciona como barra imantada y es atraído por el campo magnético giratorio. Esta atracción ejerce torsión en el rotor y los hace girar con el campo. Los motores síncronos no se ponen en marcha solos y deben ser llevados a una velocidad cercana a la sincrónica antes de que puedan seguir girando solos.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Los motores síncronos se emplean en mecanismos que exigen velocidad constante desde carga cero a plena carga.

Desventajas:

- Al aplicarle corriente alterna trifásica, inmediatamente aparece en el estator un campo magnético giratorio de gran velocidad. El campo giratorio pasa junto a los polos del rotor con tanta rapidez que este no puede ponerse en movimiento.



Motor de Inducción o Asincrónico.

El motor de Inducción tiene el mismo estator que el síncrono, pero su rotor se diferencia del síncrono en que no necesita una fuente externa de energía eléctrica. La acción del campo magnético induce corriente en el rotor al atravesar los conductores de este. Esta corriente del rotor genera un campo magnético que reacciona con el campo del estator, ejerciéndose en el rotor una torsión que lo hace girar.

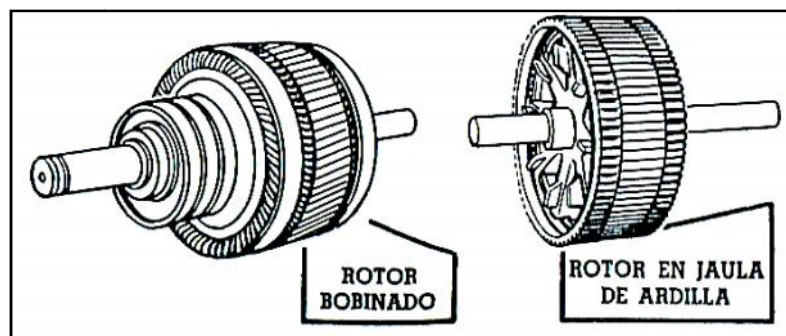


Figura 1.12 Rotores del motor de inducción

Los tipos de rotores que se utilizan en los motores de inducción son el rotor en jaula de ardilla y el rotor bobinado (ver fig. 1.12).

Cuando se desarrolló por primera vez el rotor de doble jaula de ardilla se creó tal variedad y adaptabilidad en el diseño de rotores para motores de inducción que ha llevado a diversas características de curva deslizamiento-par. Al dar la proporción correcta al devanado de doble jaula de ardilla, los fabricantes han desarrollado numerosas variaciones del diseño del rotor de vaciado o normal único. Estas variaciones tienen por consecuencia pares de arranque mayores o menores que el diseño normal y también menores corrientes de arranque.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la construcción eléctrica y mecánica el rotor, en las cinco clases NEMA de motores de inducción de jaula de ardilla, se resume en la siguiente tabla:



Tabla 1.12 Clasificación NEMA

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de Arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de Clase de Motor
A	1.5-1.75	5-7	2-4	• Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	• De propósito general
C	2-2.5	3.5-5	4-5	• De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8 , 8-13	• De alto par alta resistencia
F	1.25	2-4	mayor de 5	• De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque

El motor de inducción es el más comúnmente empleado en CA debido a su sencillez, a su construcción sólida y a su bajo costo de mantenimiento. Estas características del motor de inducción se deben al hecho de que el rotor es independiente y no está conectado con la fuente externa de tensión.

Los Motores de Inducción se diseñan para funcionamiento trifásico, bifásico o monofásico. En todos los casos la CA aplicada al estator debe generar un campo magnético giratorio que arrastre consigo al rotor.

- Motor de Inducción Trifásico

Los campos magnéticos producidos en el motor trifásico de CA tienen una diferencia de fase de 120 grados. En todo instante estos campos se combinan para producir un campo resultante que actúa sobre el rotor. El rotor gira porque el campo magnético va cambiando de posición en cierto ángulo.

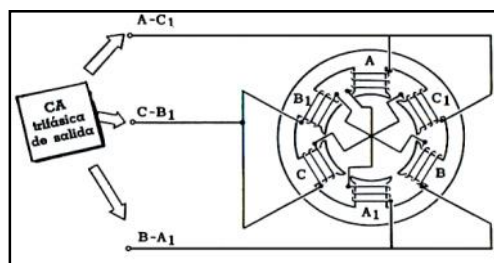


Figura 1.13 Conexión Motor de inducción Trifásico



- Motor de Inducción Bifásico

El estator del motor bifásico genera un campo giratorio porque tiene dos bobinados colocados en ángulo recto entre sí. Si las tensiones aplicadas a los dos bobinados tienen una diferencia de fase de 90 grados se produce un campo giratorio.

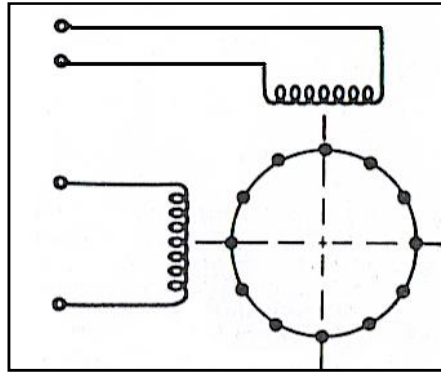


Figura 1.14 Bobinados del Motor de inducción Bifásico

- Motores de Inducción Monofásicos

Los Motores monofásicos se dividen en dos grupos:

- **Motores de Inducción.**
- **Motores en Serie.**

Los motores de Inducción tienen rotor en jaula de ardilla y un dispositivo de arranque adecuado y los motores en serie en cambio se parecen a las máquinas de CC porque tienen colectores y escobillas.

El motor de Inducción monofásico tiene un solo bobinado en el estator y, por lo tanto, el campo magnético generado en él no gira. Una vez que funciona sigue girando y adquiere velocidad normal. En el rotor se forma un campo de 90 grados fuera de fase con respecto al campo del estator, los dos campos juntos producen un campo giratorio que mantiene el rotor en movimiento.



Este motor se utiliza ampliamente en trabajos que requieren motores pequeños de poca fuerza. La ventaja de los motores monofásicos radica en que los tamaños chicos son menos costosos de fabricar que los de otros tipos. Los motores monofásicos se utilizan en equipos de comunicaciones, ventiladores, perforadoras portátiles, pulidoras, etc.

- **Motor de Inducción Monofásico de arranque a condensador**

Para que el motor monofásico pueda arrancar solo se agrega al estator un bobinado de arranque. Si se coloca este bobinado de arranque en serie con un condensador, formando un circuito en paralelo con el bobinado principal, la corriente del bobinado de arranque estará fuera de fase con la corriente del bobinado principal. A raíz de esto se producirá un campo magnético giratorio y el rotor se pone en movimiento. Una vez que el rotor alcanza la velocidad normal, el circuito del bobinado de arranque puede abrirse y el motor sigue funcionando como motor monofásico.

- **Motor de Inducción Monofásico de arranque a resistencia**

Este motor tiene un bobinado de arranque, además del bobinado principal. El bobinado de arranque tiene distinta inductancia que el principal y, por lo tanto, la corriente en ambos bobinados tendrá diferencia de fase. Como las corrientes están fuera de fase, los campos también lo están y se produce un campo giratorio. Cuando el motor adquiere velocidad normal el bobinado de arranque se desconecta de la fuente de tensión y el motor sigue funcionando como motor de inducción monofásico.

- **Motor de Inducción Monofásico de espira en Cortocircuito**

En este motor una parte de cada cara polar está obstruida por una banda metálica. Esto hace que el campo magnético se desplace hacia adelante y atrás a través de la cara polar. El campo magnético móvil tiene el mismo efecto que el campo magnético giratorio y el motor puede ponerse en marcha solo. [17]



1.4.2 REDUCTORES Y MOTORREDUCTORES

Los Reductores y los Motorreductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura.

Características del reductor y/o motorreductor:

- **Potencia**, en HP, de entrada y de salida.
- **Velocidad**, en RPM, de entrada y de salida.
- **PAR** (o torque), a la salida del mismo, en KG/m.
- **Relación de reducción:** Se detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

Las ventajas de usar Reductores y/o Motorreductores son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.

Selección de un reductor de velocidad

Para escoger correctamente el reductor y/o motorreductor adecuado dependerá de la aplicación requerida. Es necesario conocer la potencia a transmitir, las rotaciones por minuto de los ejes de entrada y de salida del reductor, el tipo de máquina a ser operada y el ciclo operativo de la máquina.



Tipos de Motorreductores y sus aplicaciones

Tabla 1.13 Gama de Motorreductores y sus aplicaciones

 <p>Motorreductor de ejes coaxiales D/Z</p>	 <p>Motorreductor de ejes paralelos</p>	 <p>Motorreductor cónico helicoidal</p>
<p>Campos de aplicación: Transportadores de rodillos, agitadores, líneas de trabajo de la madera.</p>	<p>Campos de aplicación: Aplicaciones de agitación.</p>	<p>Campos de aplicación: Accionamientos de traslación de grúas, mezcladoras o tambores de cables.</p>
 <p>Motorreductor helicoidal sinfín-corona</p>	 <p>Motorreductor sinfín-corona</p>	
<p>Campos de aplicación: Depuradoras de aguas residuales y en las máquinas para escenarios.</p>	<p>Campos de aplicación: Industria de alimentos.</p>	

[18]



1.5 CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS

El control de los motores eléctricos es un término genérico que significa muchas cosas, desde un simple contactor para arranque directo hasta un complejo sistema con componentes tales como sensores, relees, controles de tiempo e interruptores. Sin embargo, la función común es la misma en cualquier caso: esto es, controlar alguna operación del motor eléctrico. Por lo tanto, al seleccionar e instalar equipo de control para un motor se debe considerar una gran cantidad de diversos factores a fin de que aquél pueda funcionar correctamente junto a la máquina para la que se diseña. [13]

Los factores a considerarse para el control de un motor son los siguientes:

Arranque

El motor se puede arrancar conectándolo directamente a través de la línea. Sin embargo, la máquina impulsada se puede dañar si se arranca con ese esfuerzo giratorio repentino. El arranque debe hacerse lenta y gradualmente, no sólo para proteger la máquina, sino porque la oleada de corriente de la línea durante el arranque puede ser demasiado grande.

Existen diversos métodos de arranque para los diferentes tipos de Motores, en nuestro caso abordaremos los tipos de arranque para los motores de inducción con rotor en jaula de ardilla que son los más comunes empleados en la Industria por su facilidad para inversión de giro y su economía.

Arranque directo de motores asincrónicos con rotor en jaula.

Se dice que un motor arranca en forma directa cuando a sus bornes se aplica directamente la tensión nominal a la que debe trabajar. La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 6 a 8 veces mayores que la corriente nominal del motor. Su principal ventaja es el elevado par de arranque: 1,5 veces el nominal.

Siempre que sea posible conviene arrancar los motores a plena tensión por la gran cupla de arranque que se obtiene, pero si se tuvieran muchos motores de media y gran



potencia que paran y arrancan en forma intermitente, se tendrá un gran problema de perturbaciones en la red eléctrica.

Arranque a tensión reducida de motores asincrónicos con rotor en jaula.

Este método se utiliza para motores que no necesiten una gran cupla de arranque. El método consiste en producir en el momento del arranque una tensión menor que la nominal en los arrollamientos del motor. Al reducirse la tensión se reduce proporcionalmente la corriente, la intensidad del campo magnético y la cupla motriz.

Entre los métodos de arranque por tensión reducida más utilizados podemos mencionar el de arrancador estrella-triángulo, el de autotransformador de arranque y el de arrancador electrónico.

-Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula por conmutación estrella-triángulo.

Normalmente, los devanados están dimensionados para trabajar conectados en triángulo. Es clásica la conmutación estrella-triángulo durante el arranque de motores de potencia respetable. Consiste en conectar las bobinas, primero en estrella, lo que supone que cada una se ve sometida a la tensión de fase, y cuando el rotor alcanza la velocidad nominal conmutarlas a triángulo.

Algunas indicaciones que se deben tener en cuenta sobre el punto de conmutación son: el pico de corriente que toma el motor al conectar a plena tensión (etapa de triángulo) debe ser el menor posible; por ello, la conmutación debe efectuarse cuando el motor esté cercano a su velocidad nominal (95% de la misma), es decir cuando la corriente de arranque baje prácticamente a su valor normal en la etapa de estrella.

Asimismo, el relé de tiempo debe ajustarse para conmutar en este momento, no antes ni mucho después. Habitualmente, un arranque normal puede durar hasta 10 segundos, si supera los 12 segundos se debe consultar al proveedor del equipo. Si no se cumple con lo anterior, el pico de corriente que se produce al pasar a la etapa de triángulo es muy



alto, perjudicando a los contactores, al motor y a la máquina accionada. El efecto es similar al de un arranque directo.

- **Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula por autotransformador de arranque**

El autotransformador de arranque es un dispositivo similar al estrella-triángulo, salvo por el hecho de que la tensión reducida en el arranque se logra mediante bobinas auxiliares que permiten aumentar la tensión en forma escalonada, permitiendo un arranque suave.

Su único inconveniente es que las conmutaciones de las etapas se realizan bruscamente, produciendo en algunas ocasiones daños perjudiciales al sistema mecánico o a la máquina accionada. Por ejemplo, desgaste prematuro en los acoplamientos (correas, cadenas, engranajes o embragues de acoplamiento) o en casos extremos roturas por fatiga del eje o rodamientos del motor, producidos por los grandes esfuerzos realizados en el momento del arranque.

- **Arranque de motores asincrónicos con rotor en jaula por dispositivos electrónicos**

Los arrancadores electrónicos son una mejor solución que los autotransformadores gracias a la posibilidad de su arranque suave, permitiendo un aumento en la vida útil de todas las partes involucradas.

Los mismos consisten básicamente en un convertidor estático alterna-continua-alterna ó alterna-alterna, generalmente de tiristores, que permiten el arranque de motores de corriente alterna con aplicación progresiva de tensión, con la consiguiente limitación de corriente y par de arranque. En algunos modelos también se varía la frecuencia aplicada.

La posibilidad de arranque progresivo, también se puede utilizar para detener el motor, de manera que vaya reduciendo la tensión hasta el momento de la detención. Estos



arrancadores ofrecen selección de parada suave, evitando por ejemplo, los dañinos golpes de ariete en las cañerías durante la parada de las bombas.

Además poseen protecciones por asimetría, contra sobretensión y sobrecarga, contra falla de tiristores, vigilancia del tiempo de arranque con limitación de la corriente, control de servicio con inversión de marcha, optimización del factor de potencia a carga parcial, maximizando el ahorro de energía durante el proceso y permiten un ahorro en el mantenimiento por ausencia de partes en movimiento que sufran desgastes. [17]

Parada

La parada de un motor es un factor muy importante para el control del mismo, porque no solo basta con no suministrarle energía o abrir el circuito con un pulsador de paro, sino que existen sistemas de frenado que en la actualidad vienen incorporados en controladores electrónicos. Los controladores ayudan en la acción de parada retardando el movimiento centrífugo de las máquinas y en las operaciones de las grúas para manejar cargas.

Inversión de la Rotación

El sentido de la rotación del motor de corriente continua puede invertirse haciendo la inversión de las conexiones de campo o invirtiendo las conexiones de la armadura.

Para efectuar el cambio de sentido de giro de los motores eléctricos de corriente alterna se siguen unos simples pasos tales como:

- Para motores monofásicos únicamente es necesario invertir las terminales del devanado de arranque.
- Para motores trifásicos únicamente es necesario invertir dos de las conexiones de alimentación correspondientes a dos fases de acuerdo a la secuencia de conexión de sus bobinas a las fases de la red.



Control de velocidad

En los motores asíncronos trifásicos existen dos formas de poder variar la velocidad, una es variando la frecuencia mediante un equipo electrónico especial y la otra es variando la polaridad gracias al diseño del motor. Esto último es posible en los motores de devanado separado.

1.5.1 VARIADOR DE VELOCIDAD

El Variador de Velocidad (VSD, por sus siglas en inglés *Variable Speed Drive*) es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. Al variador de velocidad también se lo llama controlador eléctrico-electrónico o variador de frecuencia en los motores de CA, este dispositivo electrónico permite un control total del motor ya sea en arranque, parada, inversión de giro, control de velocidad, protecciones etc. [13] [18]

Características generales del convertidor

Los convertidores de frecuencia poseen las siguientes características según la tabla N° 5

Tabla N° 1.14 Características Generales del convertidor de frecuencia

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	CARACTERÍSTICAS DE PRESTACIONES	CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN
Fácil de instalar, parametrizar y poner en servicio.	Tiempos de aceleración y deceleración con redondeo de rampa programable.	Protección de cortocircuito y sobretensión del convertidor.
Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.	Frenado por inyección de corriente continua integrado.	Protección de defecto a tierra.
Simple conexión de los cables.	Frenado combinado para mejorar el rendimiento del frenado.	Protección térmica del motor.
Opciones externas para comunicaciones: PC, panel BOP,AOP y tarjeta Profibus.	FCC para respuesta dinámica y control del motor	Protección de sobretensión/mínima de tensión.

[18]



1.6 CIRCUITOS DE CONTROL DE MOTORES

El circuito de arranque, paro e inversión de giro de un motor trifásico jaula de ardilla puede realizarse utilizando los componentes de control adecuados, los cuales se conocen: contactores de potencia, contactores auxiliares, temporizadores, guardamotores, etc.

El arranque, paro e inversión de giro de un motor jaula de ardilla puede realizarse de dos formas: de forma manual y de forma automática.

El arranque de forma manual incluye un arranque individual para cada motor con su respectivo paro individual, además deberá existir un paro general del sistema. Los motores son excluyentes entre sí, por lo cual nunca podrán encenderse los dos motores al mismo tiempo.

En el arranque automático sólo existe un arranque con el cual arranca el motor, luego deberá apagarse el motor dejando un margen de unos cinco segundos para que se detenga y empiece a girar en sentido inverso. Dependerá de las necesidades del usuario o diseñador cual de los dos sistemas es el que más le conviene.

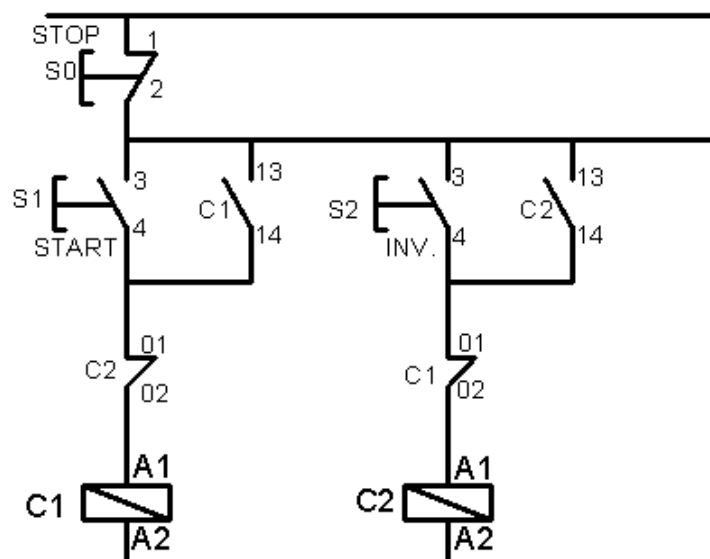


Figura 1.15 Circuito de control para el arranque, paro e inversión de giro de un motor trifásico jaula de ardilla



1.6.1 SOPORTES DE COMUNICACIÓN

Generalmente conocemos con el nombre de soporte de comunicación el medio físico a través del que se transmite una información. Los soportes de comunicación pueden ser materiales o inmateriales. Entre los materiales tenemos los conductores eléctricos, a través de los cuales la información se transmite en forma de señales eléctricas moduladas, o la fibra óptica, a través de la cual la información se transmite en forma de señales lumínicas moduladas. En el campo de los inmateriales tenemos las radiaciones, que se propagan a través del aire o del espacio, como las señales de radio o las infrarrojas.

La utilización de un soporte de comunicación material implica la necesidad de tender un cableado. El cableado se denomina específico cuando se utiliza solamente para una determinada aplicación. Puede ser también compartido, cuando sirve a diferentes aplicaciones a la vez.

Es una regla bastante general que los cableados específicos presentan una mayor seguridad en la comunicación, pero también implican un mayor coste. El incremento de las necesidades de envío de señales entre equipos automáticos es cada día más importante y ello obliga a desarrollar o mejorar técnicas, que permitan aprovechar un mismo cableado para el máximo número de aplicaciones.

El motor se puede controlar desde un punto alejado, usando estaciones de botones. Deben incluirse interruptores magnéticos con las estaciones de botones para control remoto, o cuando los dispositivos automáticos no tengan la capacidad eléctrica para conducir las corrientes de arranque y marcha del motor.

1.6.2 CABLES BLINDADOS

Existen varios tipos de alambre, estos tipos de alambre están clasificados de acuerdo con el aislamiento que los recubre. Los alambres traen en su aislamiento indicado su tipo y voltaje máximo de funcionamiento. En algunos, caso de los cordones, traen además la especificación U/L Aproved, que traducido significa aprobado por los laboratorios de los aseguradores.



Todo conductor sólido con forro o desnudo se llama "alambre". El término cable se usa en dos formas: se aplica a un conductor sencillo formado por varios alambres delgados de cobre desnudos, los cuales se agrupan y se cubren con una sola capa de aislamiento más el forro. O bien se aplica a un grupo de 2, 3 o más conductores aislados independientemente, pero agrupados, aunque no tengan un forro que los una.

1.6.3 MANDOS Y SEÑALES.

En los circuitos de control son indispensables los dispositivos de marcha y parada que son los pulsadores, así como también los de señalización que son las lámparas piloto ya que nos ayudan a controlar y visualizar alguna falla en el circuito.

Pulsadores.

Un **botón** o pulsador es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Los botones son de diversa forma y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos o electrónicos. Los botones son por lo general activados al ser pulsados, normalmente con un dedo.



Figura 1.16 Pulsadores

Un botón de un dispositivo electrónico, funciona, por norma general, como un interruptor eléctrico, es decir en su interior tiene 2 contactos, uno, si es un dispositivo NA (*NORMALMENTE ABIERTO*) o NC (*NORMALMENTE CERRADO*), con lo que al pulsarlo se activará la función inversa de la que en ese momento este realizando.



Interruptores de Leva Rotatoria.



Figura 1.17 Interruptor rotatorio

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para interrumpir el curso de una corriente eléctrica. Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

Luces Piloto.

Son dispositivos electrónicos que indican acciones del circuito de control se encienden cuando hay dichas acciones, que pueden ser marcha del motor parada o alguna falla ya sea por sobrecarga o cortocircuito.

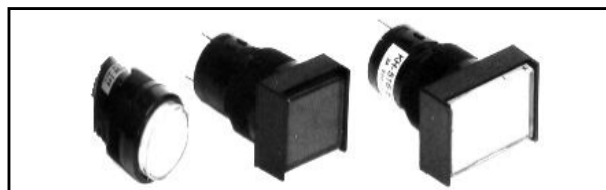


Figura 1.18 Luces Piloto

1.6.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un autómatas es, básicamente un microprocesador, equipo electrónico compuesto de una interface de entradas y salidas. El programa de aplicación se realiza a partir de un terminal de mando o de un software apropiado en PC.



Cuando la aplicación crece en complejidad dado el tipo de señales a manejar, es posible incrementar la capacidad de Entradas/ Salidas. Además permite el control de señales, tanto digitales como analógicas.

Un concepto que cada día es muy necesario aplicar, es la comunicación entre autómatas o con un sistema de supervisión (SCADA). Cuando es el momento de realizarlo, el autómata dispone de la capacidad de resolverlo agregando los módulos de comunicación necesarios.

El autómata controla las operaciones de los sistemas de control. En los controladores actuales tienen incorporado varios adelantos tecnológicos, como son:

- Tiempos de procesamientos muy rápidos.
- Tamaños muy pequeños y bajo costo.
- Altas densidades para los sistemas de entradas/salidas.
- Interfaces E/S inteligentes a base de microprocesadores, como PID, comunicación, posicionamiento, etc.
- Comunicación directa con computadores.
- Modos de programación gráficos, más sencillo. [13]



2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe la instalación existente, se analiza y comprende el funcionamiento estructural de la subestación mediante el diagrama monolineal. Mediante el cual se mostraran las características básicas más comunes de los equipos instalados y se caracterizaran en detalle los seccionadores que existen en la subestación, especialmente en el patio 69KV. Igualmente se detallará con mayor profundidad uno de los seccionadores el cuál será escogido para su motorización.

Seguidamente se describirá el funcionamiento del cuarto de control, sus instalaciones y las mediciones que realizan los operadores. Se hará énfasis en los circuitos de control de los interruptores.

2.2 GENERALIDADES DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA OBRAPÍA DE LOJA

La Subestación Eléctrica Obrapía de Loja (Figura 2.1), ésta ubicada en el sector sur-occidental de la ciudad de Loja. De acuerdo a su clasificación, la Subestación Eléctrica de Obrapía es de tipo intemperie, porque la mayoría de sus componentes se encuentran sobre la tierra y a la intemperie.



Figura 2.1 Subestación Eléctrica Obrapía de Loja



Este tipo de subestación es la más conocida entre todas y son seguras al momento de realizar el mantenimiento porque se las puede visualizar sin mayor problema de una manera factible. Todas las personas que laboran en esta subestación, cuentan con una formación científica, ética y humanística, tienen como misión de medir y controlar de forma integral la instalación.

2.3 ESQUEMA ELECTRICO DE LA SUBESTACIÓN

El Diagrama Monolineal de la subestación Obrapía (Anexo 1), es un esquema eléctrico conformado por la unión de uno o más símbolos de los componentes eléctricos. Este esquema nos permite analizar, comprender la estructura y su funcionalidad de la subestación, así como muestran las características básicas más comunes de los equipos en ella instalados.

En la electricidad se utilizan símbolos eléctricos para representar la configuración de las conexiones y las características generales de operación de los sistemas eléctricos de potencia. Existen estándares que norman la forma de los símbolos para cada componente del sistema.

2.4 FUNCIONAMIENTO DEL ESQUEMA

La Subestación Obrapía es de tipo Transformadora porque tiene la función de reducir el valor de la tensión de 69KV a 13.8KV, llamándola subestación reductora. Dentro de las Transformadoras la subestación Obrapía tiene como función de alimentar los circuitos de distribución como: Conzacola, Villonaco, Celi Román, Hospital, IV Centenario y Chontacruz, denominándola subestación de distribución. Por esta razón la subestación se clasifica como transformadora y de distribución.

También esta subestación es Seccionadora porque no modifican el valor de la tensión, y se emplean para derivar o distribuir la energía eléctrica hacia las Subestaciones: Catamayo, San Cayetano Alto, Norte y Sur. (Ver anexo 1)



2.4.1 PATIO 69KV DE LA SUBESTACIÓN OBRAPÍA DE LOJA

El patio de 69KV (Figura 2.2) tiene un esquema conocido como Barra Principal y Barra de Transferencia. La configuración de este esquema es muy costoso porque poseen numerosos componentes tales como: aisladores, transformadores de potencia, interruptores de potencia, seccionadores de potencia, transformadores de medición y descargadores valvulares.



Figura 2.2 Estructura del patio 69Kv

Este esquema presenta algunas desventajas como el demasiado espacio físico, si se utiliza un interruptor adicional en esta configuración el costo aumentaría considerablemente y si existiera una avería en una de las barras o en un interruptor se producirá una desconexión total.



Componentes del Patio 69KV de la Subestación Obrapía:

Descargadores valvulares

En el esquema unifilar eléctrico se encuentran los descargadores valvulares. Estos son los encargados de proteger los dispositivos primarios de sobretensiones que viajan por los conductores aéreos que ingresan o salen de la subestación, debidas fundamentalmente a las descargas atmosféricas.



Figura 2.3 Descargador Valvular

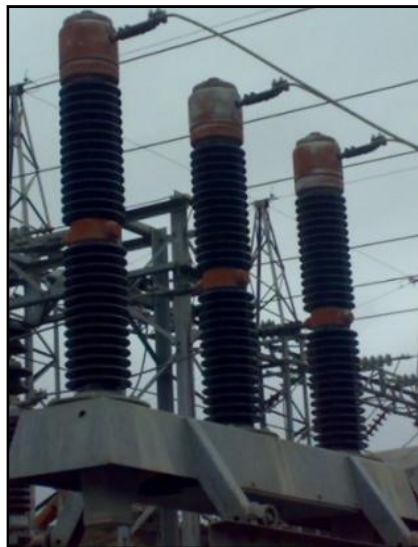
Los descargadores valvulares se conectan entre las líneas y tierra. En el patio 69KV de la Subestación Obrapía los encontramos en las entradas: en Loja 1 y Catamayo; además en las salidas de Los Gis: Norte, Sur y San Cayetano; como también en la salida del patio 69KV hacia los transformadores de Potencia. Estos son de 60 KV.



Figura 2.4 Descargador Valvular con aislante el aire

Además en el transformador existen unos descargadores valvulares al lado primario y secundario, con la característica de tenerlo como aislante al aire, de manera que sirve de protección para los transformadores de las descargas eléctricas (ver fig.2.4).

Interruptor de Potencia



a)



b)

Figura 2.5 a) Interruptor con pequeño volumen de aceite; b) Interruptor con gran volumen de aceite

Los interruptores de potencia se localizan a la intemperie y se emplea para conectar o desconectar la energía eléctrica a través de una acción eléctrica externa. Son operados



manualmente por el operario o automáticamente por las protecciones cuando ocurren averías.

En el patio 69KV de la subestación tenemos interruptores de potencia Tripolares con pequeño volumen de aceite (Fig. 2.5 a), estos son de 72,5 KV; 800 A y con gran volumen de aceite (Fig. 2.5 b), estos son de 72,5 KV; 1200 A.

Interruptores automáticos en SF6

Los interruptores automáticos en SF6, reducen considerablemente el espacio requerido por los equipos eléctricos en un 60% menos del espacio que requeriría una subestación convencional, mejoran la estética de la instalación y minimizan la probabilidad de averías ya que su interior se encapsulan los equipos de alto voltaje que normalmente están expuestas al medioambiente. En el patio de 69KV se encuentran tres GIS que sirven de paso para las Subestaciones: Norte, Sur y San Cayetano.



Figura 2.6 GIS de la Subestación Obrapia



Seccionador de potencia

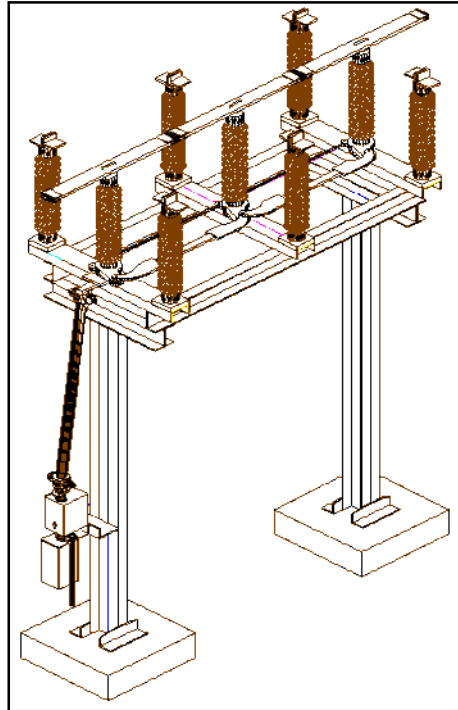


Figura 2.7 Seccionador de potencia del patio 69KV

Partes constitutivas de un seccionador de potencia de la subestación Obrapía

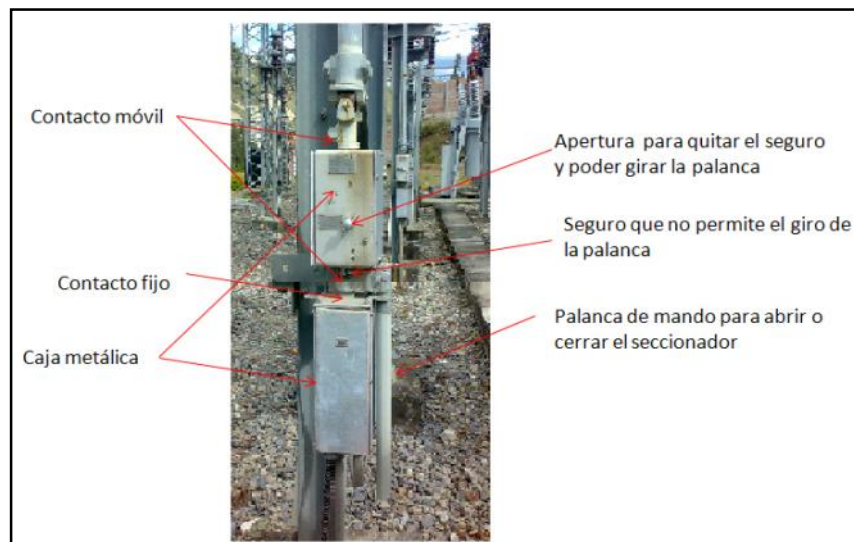


Figura 2.8. Elementos constitutivos de un seccionador de potencia



En los circuitos de fuerza se encuentran instalados 14 seccionadores de marca ASEA cuya corriente nominal es de 1250 A. Todos son de tipo columna giratoria central o de tres columnas por polo con una constitución tripolar y como son tripolares todos ellos se encuentran unidos entre sí por un eje común, lo que permite un accionamiento conjunto (ver fig. 2.9).

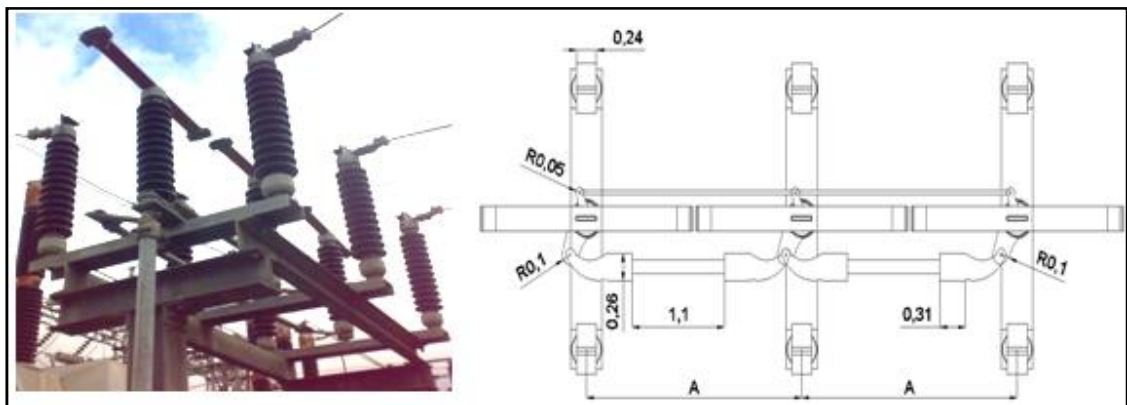


Figura 2.9 Cuchillas seccionadoras de la Subestación Obrapía

Su construcción básicamente se dispone de un contacto móvil fijado sobre una columna aislante central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble, de tal suerte que cada punto de interrupción requiere una distancia en aire igual a la mitad de la total.

Las dos columnas exteriores están montadas rígidamente sobre un soporte o armazón metálico de perfiles de acero galvanizado en caliente y son las encargadas de sostener los contactos fijos. (Ver anexo 2).

Mecanismo de operación

De acuerdo a la configuración de estos seccionadores de potencia, para poder realizar la operación de (cierre-apertura), el operario lo realiza manualmente mediante el mecanismo de palanca.



La manipulación errónea puede ser peligrosa para los operadores, las consecuencias de los arcos eléctricos provoca grandes daños a las personas (quemaduras, problemas auditivos y oculares). Por el aumento de la temperatura se origina daños a la infraestructura, pérdidas económicas por el cese prolongado en la producción y por los costos en las reparaciones



Figura 2.10 Accionamiento manual

Sistema de enclavamiento

Los seccionadores de potencia poseen un sistema de enclavamiento operacional en la puerta de la celda. Consiste en impedir el accionamiento del aparato cuando exista corriente.



Figura 2.11. Sistema de enclavamiento



Mantenimiento de los seccionadores

En algunas ocasiones por la falta de mantenimiento y por las operaciones inadecuadas algunos de los seccionadores manuales tienen tendencia a endurecerse debido a la corrosión que se origina por agentes externos. Se puede realizar un mantenimiento preventivo cuando se tiene un control de la cantidad de operaciones durante las maniobras de cierre y aperturas de los seccionadores motorizados.

Transformadores de Corriente (TCs)

Los transformadores de Corriente son los encargados de reducir las magnitudes de las corrientes para los instrumentos de medición. Estos instrumentos reducen las corrientes del circuito de potencia a un valor de 5 A en su devanado secundario. La configuración de estos dispositivos instalados en el patio 69KV es de diferentes dimensiones. Se los puede identificar por sus conexiones.



Figura 2.12 TCs de la Subestación Obrapía y su símbolo eléctrico

Estos transformadores de corriente se encuentran instalados en las entradas y salidas del circuito de fuerza conectadas en serie. Se emplea dos transformadores de corriente en cada localización, uno para medición y otro para protección.



Transformadores de Potencial (TPs)



Figura 2.13 TPs de la Subestación Obrapía y su símbolo eléctrico

Igualmente los transformadores de Potencial son los encargados de transformar las magnitudes de tensión en el circuito de fuerza a un valor de 120 V en los devanados secundarios para los instrumentos de medición.

En el patio de 69KV de la subestación se encuentran ubicados en cada barra y están conectados en paralelo por lo que son menos numerosos que los transformadores de corriente. La configuración de estos dispositivos es muy parecida a los TC. Se los puede identificar por sus conexiones.

Transformador de potencia

En la subestación Obrapía se encuentran dos transformadores de potencia marca PAUWELS TRAF0 BELGIUM de 5MVA, cuya función es reducir el valor del voltaje de 69KV a 13,8KV en una conexión estrella-estrella. Aunque también posee un bobinado en el secundario opcional en Delta con una salida de tensión de 4,16KV.



Figura 2.14 Transformador de potencia y su símbolo eléctrico

Sistema de Tierra

Debajo del terreno del patio y de la casa de control se encuentran una malla de cables entrelazados, formando una malla de tierra. Este sistema de tierra se utiliza para reducir la resistividad del terreno de la subestación y hacer un camino rápido a tierra ya sea para las descargas atmosféricas o averías que puedan producirse en los conductores.

2.4.2 PATIO 13,8 KV DE LA SUBESTACIÓN OBRAPÍA DE LOJA

El patio de 13.8 KV (Figura 2.15) tiene un esquema de tipo Barra Simple. Esta configuración es económica debido a su sencillez, existe mucha facilidad en las maniobras de operación y se requiere poco espacio físico.

Este tipo de esquema no es muy confiable porque si ocurriera alguna avería o si se precisara dar mantenimiento en la única barra, todos sus componentes de la subestación se desconectarían completamente y el servicio se suspendería.



Figura 2.15 Estructura del patio 13,8 Kv

Componentes del Patio 13,8 KV de la Subestación Obrapía:

Interruptores

Son ocho los interruptores que operan en los circuitos de alimentación. Todos son del tipo gran volumen de aceite, reciben este nombre debido a la gran cantidad de aceite que contienen (ver fig. 2.16). Estos dispositivos tienen una configuración compacta, todos sus contactos se encuentran dentro de ella y son separados entre sí por separadores (aislante).

Las partes fundamentales que constituyen estos interruptores son:

- Tanque
- Contactos móviles
- Contactos fijos
- Aceite de refrigeración

Cabe recalcar que en cada uno de estos interruptores, internamente poseen un transformador de corriente para poder controlar por parte de operario dentro de la casa de control.



Figura 2.16 Interruptores de gran volumen de aceite

Seccionadores

Las cuchillas seccionadoras localizadas en el patio 13,8 KV son de tipo barra y se encuentran instalados unipolarmente con un amperaje de 200A. Cabe resaltar que la utilización de estos seccionadores unipolares puede provocar desequilibrio entre las fases de la instalación, por lo que es recomendable utilizar para este tipo de esquema seccionadores tripolares donde las cuchillas de cada fase se hallan unidas entre sí por un eje común, lo que permite un accionamiento conjunto de todas ellas (ver fig. 2.17).



Figura 2.17 Seccionadores tipo barra del patio 13.8KV

Estos dispositivos trabajan luego que el interruptor este abierto. Se los localiza antes y después de cada interruptor, nos sirven para cerrar o abrir circuitos de una manera visible y



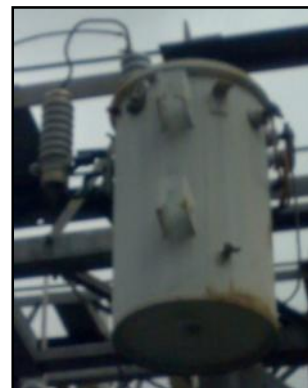
segura. Muchos de ellos se los emplea en circuitos de potencia y en circuitos de baja tensión, todo dependiendo del tipo de esquema o lugar a instalar.

Su construcción es muy sencilla disponiéndose básicamente de una base o armazón metálico rígido, dos aisladores de porcelana marrón, un contacto fijo o pinza de contacto, un contacto móvil o cuchilla deslizante (estos dos últimos elementos están montados en cada uno de los aisladores de porcelana).

Transformadores de distribución



a)



b)

Figura 2.18 a) Transformador trifásico de 30KVA; b) Transformador monofásico de 15KVA

El transformador de la figura 2.18 (a) es tipo trifásico cuya potencia es de 30KVA en una conexión estrella-triángulo. Está instalado en la intemperie y se lo emplea para distribuir la energía eléctrica en media tensión a la casa de control.

El transformador de la figura 2.18 (b) es tipo monofásico cuya potencia es de 15KVA en una conexión estrella-estrella. Está instalado en la intemperie, se lo emplea para distribuir la energía eléctrica en media tensión a todo el sistema de alumbrado de la subestación.



Fusible de expulsión

Los fusibles que se encuentran instalados son de tipo H y son utilizados cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose. De tal forma que se destruyen para desconectar la avería. En el patio 13,8 KV se la emplea para proteger los transformadores de 30 KVA que distribuye a la casa y de 15 KVA a la iluminaria de la subestación Obrapía.

Transformadores potenciales

Los transformadores potenciales que operan en este circuito de barra tienen la función de reducir la tensión de 13,8 KV a 120 V en sus devanados secundarios. Tres son los dispositivos que se encuentran instalados en la barra y su conexión es estrella-estrella. Su configuración es muy parecida a los aisladores, pero suelen ser más gruesos y con menos maquinado.



Figura 2.19 Transformadores potenciales

Descargadores valvulares

Los descargadores valvulares se encuentran instalados en las salidas de los alimentadores, tienen la función de proteger los dispositivos de sobretensiones que aparecen en las redes, debidas especialmente por descargas atmosféricas. Su configuración es idéntica a los aisladores pero se notará que están conectados a tierra mediante conductores bajantes, estos dispositivos pueden soportar descargas hasta 10KV.

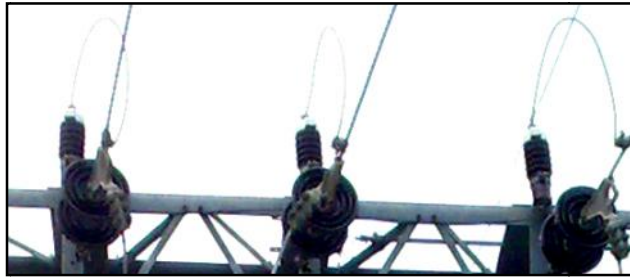


Figura 2.20 Descargadores valvulares

2.4.3 OPERACION DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA OBRAPÍA DE LOJA.

El operario es el encargado de medir y controlar de forma integral la subestación, nos aportó de una manera sintetizada el funcionamiento y la operación que realiza en la instalación.

Las operaciones que se realizan en el patio 69KV y 13,8 KV de la subestación Obrapía dependen de la configuración del esquema de barra que se encuentre instalada, y de las características de sus componentes. Lo más importante es conocer la forma de operar cada componente de forma individual.

Se pueden realizar diferentes tipos de operaciones, las comunes son:

- Seccionamiento
- Redistribución
- Aislamiento de un componente de la subestación para mantenimiento o por avería

Antes de realizar alguna maniobra en la subestación, el operario debe tener las precauciones necesarias y conocer reglas básicas de seguridad. Existen casos en que los trabajos se deben realizar con tensión en aquel punto de la línea o de la instalación, desde luego lo más deseable es trabajar sin tensión, se procura que sea lo más frecuente de esta última manera. Antes de operar en cualquier punto de la línea, por menor que sea, primeramente el operario encargado tiene que estudiar bien todos los pasos a seguir y se notificará al despacho eléctrico para que se apruebe y reciba la orden de comienzo. El operario permanece en contacto con el personal del despacho Eléctrico hasta que se lo ejecute.



Indicaciones antes de cualquier operación

La mayoría de las operaciones tiene que ver con el abrir o cerrar de los interruptores y seccionadores. Los seccionadores no pueden ser manipulados bajo carga porque se produciría arcos eléctricos muy peligrosos para los operarios que se encuentren cerca y por el aumento de la temperatura se origina una destrucción total o parcial de la instalación (ver fig.2.21).



Figura2.21 Arco eléctrico en los seccionadores de potencia

La maniobra sería que para abrir un interruptor primero se abre el interruptor y luego los seccionadores, pero nunca a la inversa. Para cerrar un interruptor primero se cierran los seccionadores y luego el interruptor.



Regímenes de operación de los seccionadores de potencia

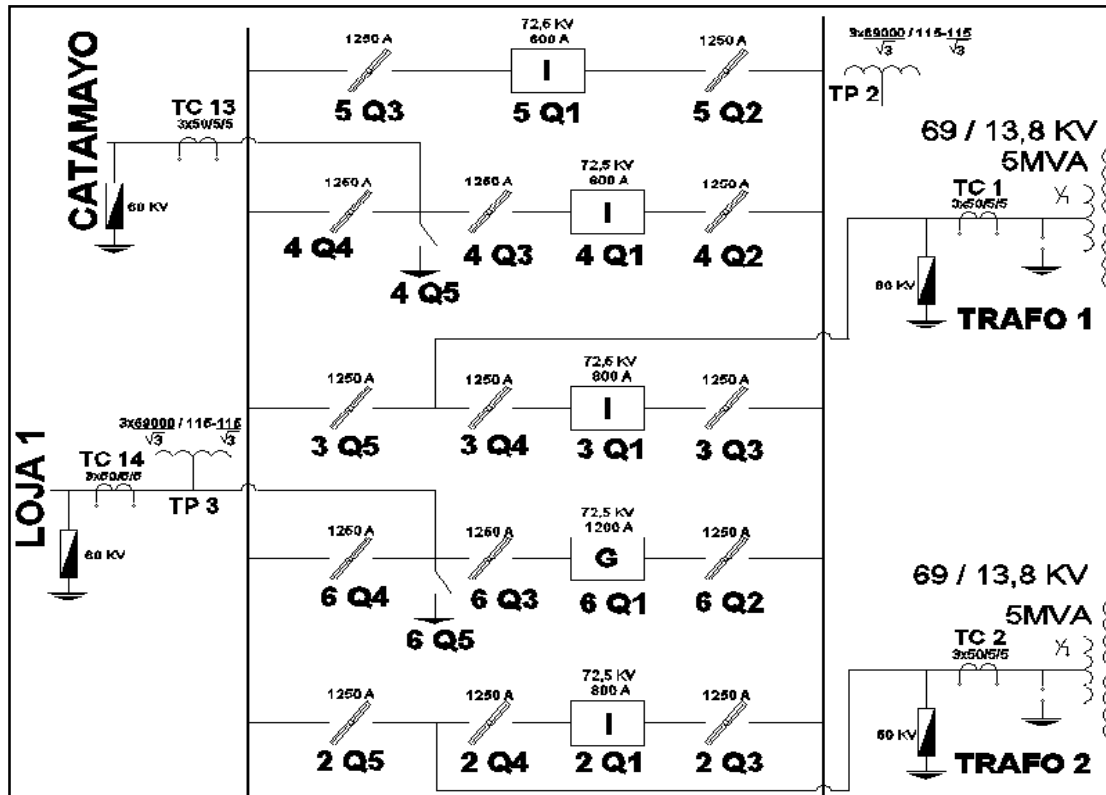


Figura 2.22. Barra principal y barra de transferencia de la Subestación Obrapía de Loja

Los seccionadores de potencia en la subestación operan manualmente y de una manera visible. Muchos de ellos siempre van acompañados al inicio y al final de cada interruptor de potencia para su mantenimiento. Para una mejor comprensión mostramos un análisis de la manera de operación de los seccionadores con los interruptores (ver fig. 2.22).

Apertura del interruptor 3Q1

Si se requiere abrir el interruptor 3Q1 en el esquema de barra principal y barra de transferencia del circuito de fuerza, sin proceder a des-energizar el alimentador principal, se realizan varias operaciones:



- Se verifica que no exista corriente circulando por el interruptor 5Q1, observando los instrumentos de medición y protección.
- Se asegura que la barra de transferencia esté des-energizada, mirando los instrumentos de medición.
- Se cierra y se asegura el seccionador 3Q5
- Se cierra y se verifican los seccionadores 5Q2 y 5Q3.
- Se cierra el interruptor de enlace 5Q1
- Se abre el interruptor 3Q1 y se comprueba mirando los instrumentos de medición.
- Se abren y se verifican los seccionadores 3Q3 y 3Q4

Primeramente se partirá supuestamente de que todo se realizó para no des-energizar la línea principal, además de que la barra auxiliar estuviera sin utilización, dado que si no, sería imposible utilizarla nuevamente para otra maniobra y se debería desconectar la línea.

Cierre del interruptor 3Q1

Si se requiere cerrar el interruptor 3Q1 en el esquema de barra principal y barra de transferencia del circuito de fuerza, sin proceder ha des-energizar el alimentador principal, se realizan varias operaciones:

- Se verifica que el interruptor 3Q1 esté completamente abierto y no circula corriente, observando los instrumentos de medición y protección.
- Se cierran y verifican los seccionadores 3Q3 y 3Q4
- Se cierra y se verifica el interruptor 3Q1
- Luego se abre el interruptor 5Q1, asegurando que este abierto mirando los instrumentos de medición y protección.
- Se abren y se verifican los seccionadores 5Q2, 5Q3 y 3Q5.
- Se verifica que no esté energizada la barra de transferencia, mirando los instrumentos.



Siempre que se termine una secuencia de operaciones ya sea con éxito o sin éxito, se debe dar parte al Ingeniero de Operaciones del Despacho Eléctrico. Ésta secuencia de operaciones puede cambiar si algún componente de los que será operado está defectuoso. Además se anota en la bitácora para su respectivo control de la subestación.

2.5 SECCIONADOR SELECCIONADO

El seccionador de potencia que hemos seleccionado para la motorización es el 5Q3, se la localiza en el interruptor de enlace del patio 69KV de la Subestación (ver anexo1). Todos los seccionadores son iguales pero se ha seleccionado por varias razones:

- De acuerdo a los regímenes de operación de los seccionadores de potencia, cuando se requiera abrir o cerrar los interruptores de potencia, para que no quede desenergizada los alimentadores principales se utiliza el tramo de enlace donde se encuentran instalados los seccionadores 5Q2 y 5Q3.
- Al estar el seccionador instalado en el tramo de enlace, se puede realizar un mantenimiento preventivo cuando se construya el sistema motorizado y de esta manera se puede tener un control de la cantidad de operaciones que se realiza en el seccionador durante las maniobras de cierre-apertura.
- Debido a que existe tensión en la barra principal el seccionador 5Q2 presenta mucho riesgo al momento de abrir o cerrar para tomar sus medidas y más aun en la presencia de un clima lluvioso hace peligrosa su manipulación.
- Al no existir tensión en la barra de transferencia el seccionador 5Q3 presenta menor riesgo al realizar su cierre-apertura. Para nosotros es muy confiable, sin ningún mayor problema se puede realizar todas sus mediciones y probar el sistema construido.
- Por la falta de mantenimiento o por la manipulación inadecuada los seccionadores 5Q2 y 5Q3 de enlace se han endurecido en especial el seccionador 5Q3. Este



seccionador presenta inconvenientes al abrir o cerrar, producto de la corrosión y es por esta razón de la selección del seccionador para la motorización.

2.6 CUARTO DE CONTROL DE LA SUBESTACIÓN



a)

b)

Figura 2.23 a) Cuarto de control; b) Gabinetes

La subestación Obrapía es de tipo intemperie y es característico diferenciar el cuarto de control. Dentro de este cuarto de control se encuentran los gabinetes y donde además se encuentran otros sistemas muy importantes para su operación como son:

- Los circuitos de medición
- Los circuitos de protección
- Los circuitos de control

Son muchos los instrumentos que están instalados en la subestación, algunos de ellos están repetidos en cada gabinete del cuarto de control. En esta subestación actualmente emplean sistemas de medición y monitoreo en tiempo real, conocido como los SCADAS de subestaciones.

Magnitudes que se miden en las subestación

- **Parámetros eléctricos:**



- Intensidad
 - Voltaje
 - Potencia
 - Potencia reactiva
 - Potencia aparente
 - Factor de potencia
- **Parámetros de mantenimiento:**
- Cantidad de operaciones de los interruptores
 - Contador de descargas atmosféricas
 - Sensor de nivel presión, aceite, etc.

Instrumentos de medición de los gabinetes

Medición de la corriente

Para la medición de la corriente que está pasando por el circuito se emplean los amperímetros, se encuentran en el secundario de los transformadores de corriente. En los Gabinetes del cuarto de control se los encuentran instalados instrumentos analógicos y digitales, cualquiera de ellos tiene un rango hasta de 5A o un poco más, conectados siempre en serie.

Medición de tensión

En la medición de la tensión se emplean los voltímetros y están conectados de los Transformadores de Potencial. En los gabinetes de cuarto de control se encuentran instalados instrumentos de medición analógicos y digitales. Cualquiera de ellos está conectado en paralelo con el circuito donde se quiere medir.



Medición de potencia

En la medición de potencia se emplean los vatímetros y están conectados a los secundarios de los Transformadores de potencial y corriente. Existe solo uno que mide la potencia trifásica en cada tramo de la subestación, pueden ser analógicas y digitales.

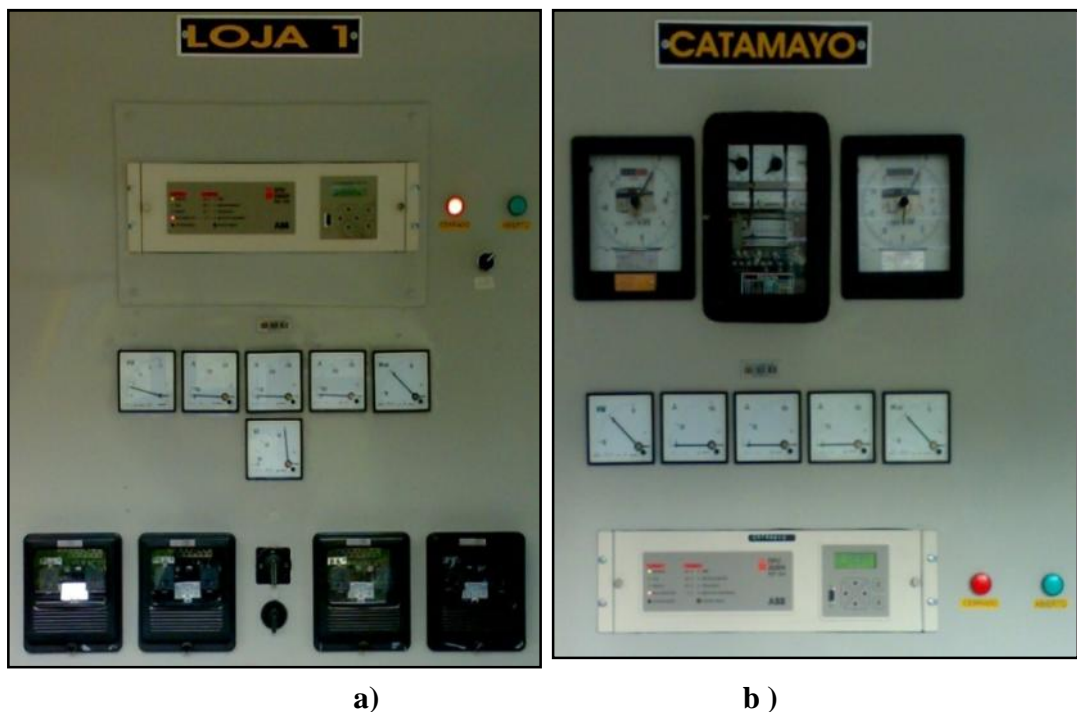
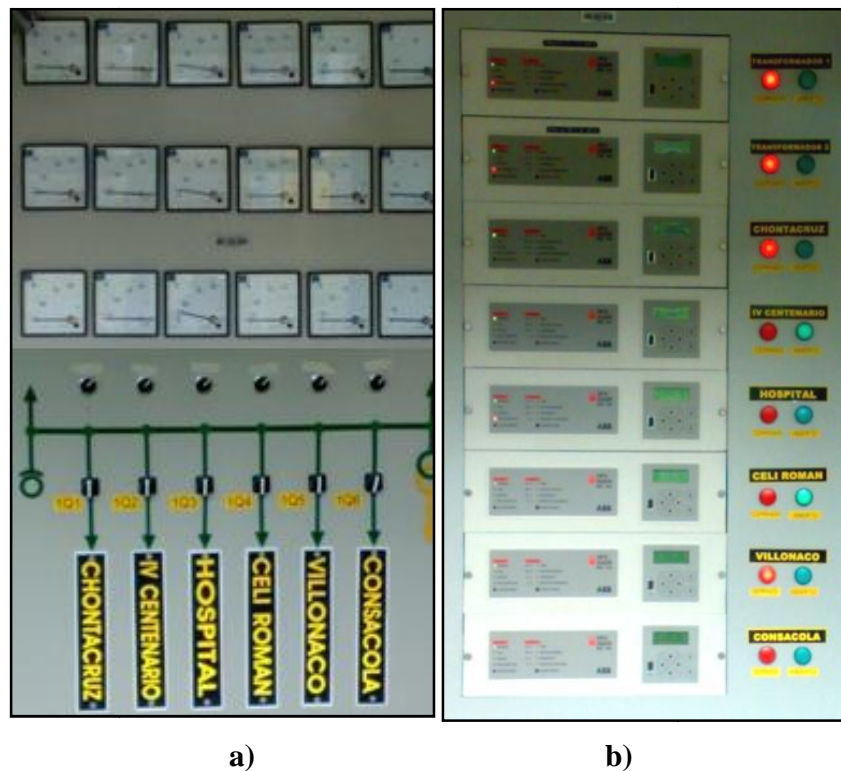


Figura 2.24 a) Mediciones analógicas y digitales de corriente, tensión y potencia de la línea Loja 1; b) Catamayo



Figura 2.25 Mediciones de potencia analógicas y digitales en las salidas de los GIS



a)

b)

Figura 2.26 a) Mediciones de corrientes analógicas en los alimentadores; b) mediciones de corrientes digitales en los alimentadores



Sistema SCADA

El sistema SCADA implementado en la subestación Obrapía tiene como característica general de monitorizar a distancia la instalación, por lo tanto el operador puede estar al día con los problemas que se puedan surgir resolviéndolo con total facilidad y de forma transparente.

2.7 CANALES DE CABLES

Estos canales están totalmente constituidos de hormigón armado y no presentan sumideros. Las dimensiones de estos canales se han determinado teniendo en cuenta la cantidad de cables que se encuentran instalados. En la subestación Obrapía se ha considerado un espacio de reserva del 20% de la superficie total del canal para las futuras ampliaciones.

Las tapas están confeccionadas de hormigón armado, con un peso de más o menos 25Kg cada una. Estas deben ajustar entre sí con los canales, de manera que se evite la filtración de agua.



a)

b)

c)

Figura 2.27 a) Canales de cables; b) Cables blindados; c) Tapas de hormigón

En el recorrido de los canales, se evita el acercamiento con los transformadores, de tal manera que el aceite que pudiera derramarse de estos, por incendio u otra causa, no se introduzca en los canales dañando los cables en ellos alojados.



3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se justifica el motivo de la selección del mecanismo de transmisión y del motor. Se realiza los cálculos necesarios para confeccionar el mecanismo de transmisión y se realiza la selección de los diferentes dispositivos que se emplean en el sistema electromecánico.

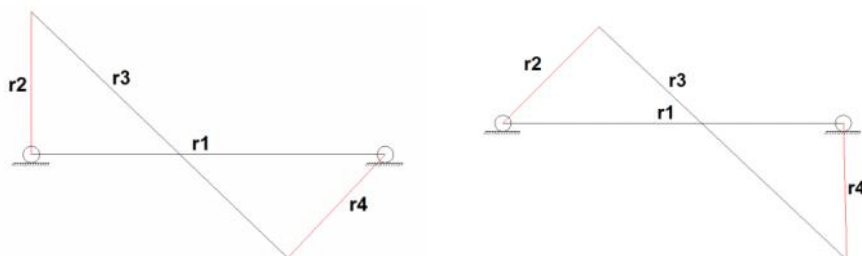
Se realiza las pruebas necesarias en el sistema electromecánico para la acción local y remota del seccionador de potencia, tanto para el mando manual y eléctricamente.

Se efectúa una valoración de los resultados obtenidos en el trabajo. Esta valoración se realizará tomando en cuenta lo técnico, económico y lo social tomando como referencia los seccionadores motorizados traídos del extranjero que realizan operaciones bastante similares. Aparece la apreciación de cómo influye en la didáctica de la Carrera de Electromecánica y se muestra de manera crítica las ventajas de este diseño.

3.2 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

En el capítulo 1 se describe los mecanismos de operación de los seccionadores de potencia, sus diferentes tipos de transmisiones de movimientos, sus características, sus ventajas y desventajas.

El mecanismo de operación para la motorización sin afectar la estructura del seccionador es el sistema de cuatro barras, con la barra tres cruzando la barra uno (biela palanca) (ver figura 3.1).



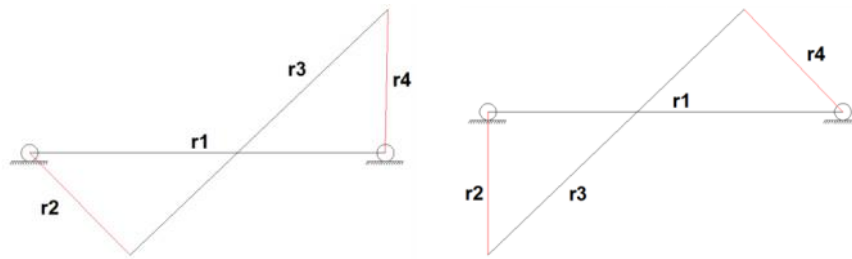


Fig. 3.1 Mecanismo de 4 eslabones en diferentes posiciones

3.2.1 Cálculo del Torque Necesario para el Mecanismo

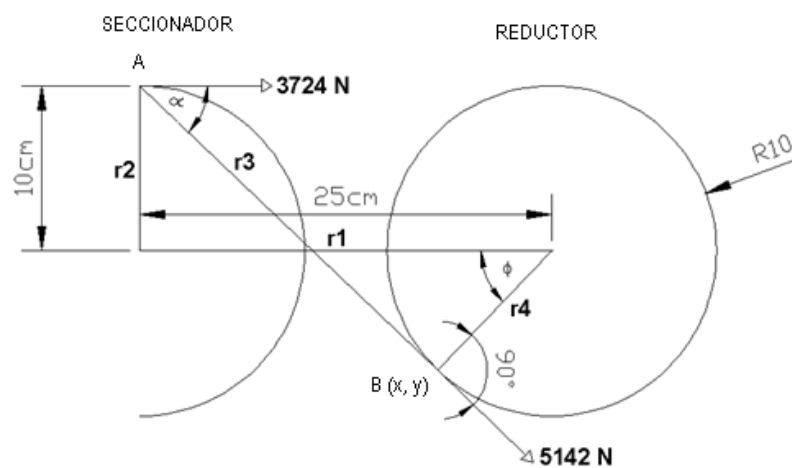


Fig. 3.2 Datos del mecanismo

Para empezar el cálculo medimos con un dinamómetro la fuerza necesaria para abrir y cerrar el seccionador más fuerte a vencer del patio de 69KV (fig. 3.3), se midió varias distancias de la palanca permitiéndonos ver que la fuerza aumentaba 10 kg cada 5cm dirigiéndonos hacia el eje del seccionador con esto nos da de fuerza a 10cm de brazo r2:

$$190 \text{ Kgf} \times 2 = 380 \text{ Kgf} \times 9,8 = 3724 \text{ N}$$

Se multiplica la fuerza por 2 como factor de seguridad y diseño.



Fig. 3.3 Medición del torque

Ahora el torque necesario para abrir o cerrar el seccionador sería:

$$T_0 = \text{Fuerza} \times \text{distancia}$$

$$T_0 = 3724 \text{ N} \times \frac{10\text{cm}}{100} = 372,4 \text{ N.m}$$

La velocidad para abrir o cerrar el seccionador se lo realiza en un tiempo de 3,2 segundos. Este tiempo es el apropiado debido a que no desarrolla el fenómeno del arco eléctrico entre los contactos del seccionador.

$$n = \frac{0,5\text{rev}}{3,2\text{s}/60} = 9,375 \text{ rpm.}$$

$$\omega_2 = \frac{2 \times \pi \times n}{60} = 0,98 \text{ rad/s}$$

Ahora para encontrar el ángulo se hace un sistema de ecuaciones del círculo para encontrar el punto B que no sabemos, y con ello el ángulo.

$$x^2 + y^2 - 2 \cdot r_1 \cdot x + r_1^2 = (r_3 + r_2 - r_1)^2 \dots [1]$$



$$x^2 + y^2 - 2 \cdot r_2 \cdot y + r_2^2 = (r_3)^2 \quad \dots\dots[2]$$

Resolviendo el sistema tenemos:

$$x = 18,103 \text{ cm}$$

$$y = -7,241 \text{ cm}$$

Entonces:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{r_2 - y}{x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{10 + 7,241}{18,103}\right)$$

$$\alpha = 43,6^\circ$$

Teniendo encontramos la fuerza en la barra 3:

$$F_3 = \frac{3724 N}{\cos 43,6^\circ} = 5142,4 N$$

Como r3 con r4 forman un ángulo de 90° el torque a la salida Seria:

$$T_s = 5142,4 N \times \frac{10 \text{ cm}}{100} = 514,24 N \cdot m$$

3.2.2 Cálculo de la velocidad en la barra cuatro del Mecanismo

Para calcular la velocidad de salida lo realizamos vectorialmente sabiendo que se cumple que:

$$\mathbf{r1+r2+r3-r4=0}$$

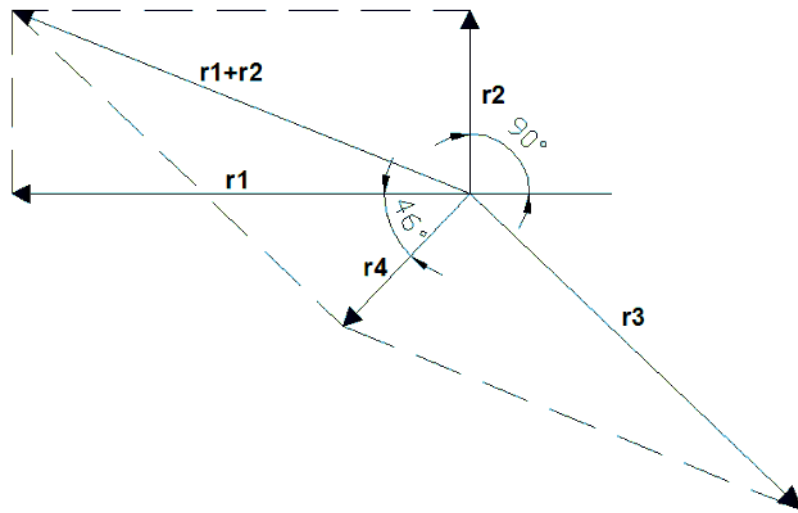


Fig. 3.4 Diagrama vectorial del mecanismo

Sabiendo que:

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x - r1}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-7,241}{18,103 - 25}\right)$$

$$\phi = 46,39^\circ$$

Entonces:

$$r1 = 25 \angle 180^\circ = -25\vec{i}$$

$$r2 = 10 \angle 90^\circ = 0\vec{i} + 10\vec{j}$$

$$r3 = 25 \angle 316,4^\circ = 18,1\vec{i} - 17,24\vec{j}$$

$$r4 = 10 \angle 226,39^\circ = -5,89\vec{i} - 7,24\vec{j}$$

Sabiendo que la velocidad en el punto A es:

$$V_A = r2 \times \omega_2 = 10\text{cm} \times 0,98 \text{ rad/s}$$



$$V_A = 9,817 \text{ cm/s} = 9,817 \angle 0^\circ = 9,817 \vec{i}$$

Entonces del método grafico de poligonos de Velocidades tenemos:

$$V_B = V_A + V_{BA}$$

O bien:

$$\omega_4 \times r_4 = V_A + \omega_3 \times r_3$$

Entonces tenemos:

$$\omega_4 \times r_4 = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\omega_4 \\ -6,89 & -7,24 & 0 \end{bmatrix} = -7,24\omega_4 \vec{i} - 6,89\omega_4 \vec{j}$$

$$\omega_3 \times r_3 = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -\omega_3 \\ 18,1 & -17,24 & 0 \end{bmatrix} = -17,24\omega_3 \vec{i} + 18,1\omega_3 \vec{j}$$

Remplazando tenemos:

$$-7,24\omega_4 \vec{i} - 6,89\omega_4 \vec{j} = 9,817 \vec{i} - 17,24\omega_3 \vec{i} + 18,1\omega_3 \vec{j}$$

Separando las componentes \vec{i} y \vec{j} tenemos un sistema de dos ecuaciones algebraicas las cuales son:

$$-7,24\omega_4 + 17,24\omega_3 - 9,817 = 0$$

$$-6,89\omega_4 - 18,1\omega_3 = 0$$



Resolviendo el sistema tenemos:

$$\omega_4 = -0,7112 \text{ rad/s} = \mathbf{6,79 \text{ rpm}}$$

$$\omega_3 = 0,2707 \text{ rad/s} = 2,584 \text{ rpm} \quad (\text{Esta en sentido opuesto al que colocamos})$$

Entonces la potencia transmitida en el mecanismo es:

$$P = \frac{\omega_4 \times T_s}{9549} = \frac{\omega_2 \times T_0}{9549} = \frac{6,79 \text{ rpm} \times 514,24 \text{ N m}}{9549} = \mathbf{0,37 \text{ Kw}}$$

O lo que es lo mismo

$$P = \mathbf{0,5 \text{ Hp}} \quad [19] [20]$$

Para la selección de las distancias adecuadas de los eslabones para dicho mecanismo se utilizo el programa MATLAB para simular y desarrollar las ecuaciones, donde se pudo variar las distancias y el tiempo. Para así obtener torque y velocidad de salida del mecanismo adecuado. Observando que dando mayor brazo a r2 tardaba mayor tiempo en girar media revolución y con ello aumentaba la potencia, por lo que le tomamos el brazo r2 a la longitud que tiene hasta el acople de la palanca que es de diez centímetros y con ello variar el tiempo para obtener una potencia adecuada para la selección del reductor de velocidad.

El brazo r4 se diseño a la misma longitud de r2 para transmitir la potencia de entrada ya que variando el brazo r4 aumentaba la potencia de salida. La distancia r1 se diseño tomando en cuenta las distancias r2 y r4. (Ver fig. 3.5).

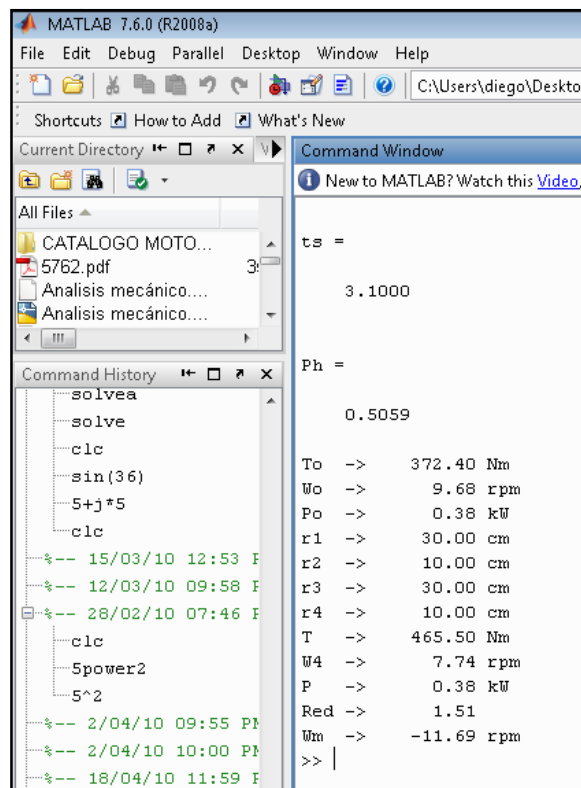


Fig. 3.5 Simulación en MATLAB

3.3. SELECCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

Para la selección del reductor primeramente seleccionamos el tipo de reductor adecuado, que esté de acuerdo a la posición y el espacio que disponemos en el seccionador, además que sea económico para el sistema y se eligió el reductor sin fin – corona que es el apropiado para nuestro mecanismo.

Con la potencia y la velocidad de salida del mecanismo escogimos un motorreductor según el catalogo de **BONFILIOLI** Empresa Italiana que exporta reductores y suministra a las Empresas en Guayaquil y Quito, seleccionando el adecuado para el sistema. Pero al desarrollar este sistema surgió un problema, debemos mover el mecanismo manualmente por lo que tuvimos que hacer un sistema de un reductor con dos entradas y una salida, las entradas sería para mover el sistema manualmente con nuestras fuerzas mediante una palanca y a la vez con el motorreductor.



Para solucionar esto partimos midiendo nuestra fuerza para mover una manivela a un cierto brazo lo que nos da:

$$10\text{ lbf} = 44,55 \text{ N}$$

La velocidad promedio medida en la manivela será:

$$60\text{ rpm}$$

Ahora el torque a un brazo de la manivela de 32,5cm será:

$$T_m = 44,55 \text{ N} \times \frac{32,5\text{ cm}}{100} = 14,479 \text{ N m}$$

Entonces la potencia es:

$$P_m = \frac{14,479 \text{ N m} \times 60\text{ rpm}}{9549} = 0,09 \text{ Kw}$$

Ahora bien teniendo la potencia para accionarlo manualmente debemos saber la velocidad que se tardaría en abrir o cerrar el seccionador la cual es:

$$n = \frac{P_m \times 9549}{T_0} = \frac{0,09\text{ Kw} \times 9549}{372,4 \text{ N m}} = 2,307\text{ rpm} = 0,242 \text{ rad/s}$$

En consecuencia el tiempo será:

$$t_m = \frac{0,5\text{ rev} \times 60}{n} = \frac{0,5 \times 60}{2,307\text{ rpm}} = \mathbf{13 \text{ seg}}$$

Entonces la velocidad en el eslabón cuatro al tiempo de 13 segundos será:

$$V_A = r_2 \times \omega_2 = 10\text{ cm} \times 0,242 \text{ rad/s}$$



$$V_A = 2,42 \text{ cm}'_S = 2,42 \angle 0^\circ = 2,42 \vec{i}$$

Sabiendo que:

$$\omega_4 \times r_4 = V_A + \omega_3 \times r_3$$

Tenemos:

$$-7,24\omega_4 \vec{i} - 5,89\omega_4 \vec{j} = 2,42 \vec{i} - 17,24\omega_3 \vec{i} + 18,1\omega_3 \vec{j}$$

Separando las componentes \vec{i} y \vec{j} tenemos el sistema de ecuaciones algebraicas:

$$-7,24\omega_4 + 17,24\omega_3 - 2,42 = 0$$

$$-5,89\omega_4 - 18,1\omega_3 = 0$$

Resolviendo el sistema tenemos:

$$\omega_4 = -0,1753 \text{ rad}/_S = \mathbf{1.67 \text{ rpm}}. [19]$$

Entonces necesitamos un reductor que tenga de entrada una velocidad de 60rpm y salga 1,67rpm la relación será:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{60 \text{ rpm}}{1,67 \text{ rpm}} = \mathbf{36} [18]$$

Cabe recalcar que el reductor de velocidad debe soportar la potencia mayor a transmitir que es de 0,37Kw o lo que es lo mismo 0,5 Hp, además el eje de salida debe soportar el torque necesario para accionar el mecanismo.

Las características del Reductor adquirido son las siguientes:

Tabla. 3.1 Características del Reductor

REDUCTOR ANGULAR SIN FIN-CORONA W1 10-UP1 12-B5	
Relación (i)	36
Diámetro del eje de Salida	42mm.

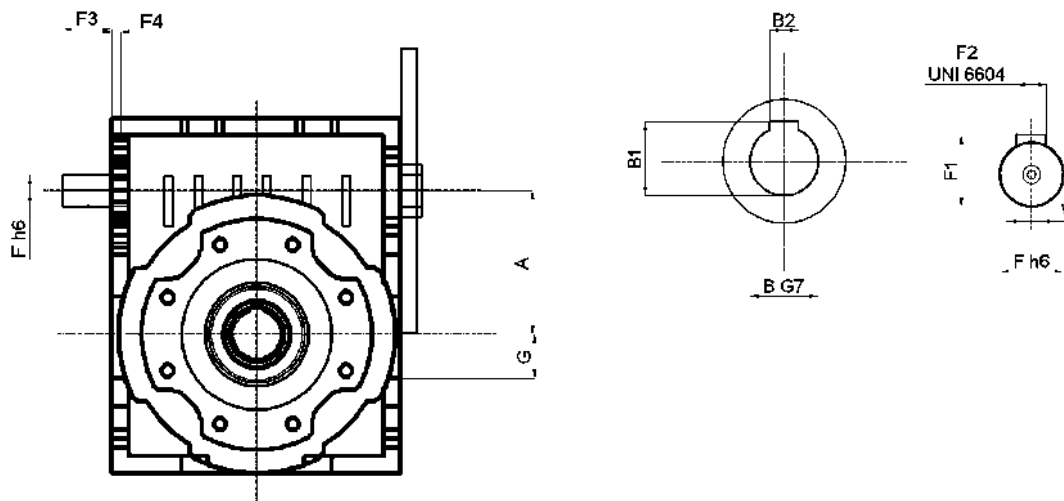


Fig. 3.6 Esquema del reductor sin fin-corona W110-UP112-B5

Tabla. 3.2 Dimensiones aproximadas en mm.

DIMENSIONES APROXIMADAS EN mm												
	A	B	B1	B2	F	F1	F2	F3	F4	G	V	KG
W110_HS	110.1	42	46.3	12	26	28	8	60	168	126	M8*19	39

3.4. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR

Para la selección del motorreductor nos hemos basado en el catalogo de la empresa **INDUCOM** con la potencia inicial que es de 0,37Kw que cerraría o abriría el seccionador en 3,2 segundos. Para saber la velocidad de salida del motorreductor tomamos la relación de velocidad a la potencia dada y a la velocidad de salida del mecanismo que sería ω_4 entonces la velocidad de salida del motorreductor sería:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\text{velocidad de entrada del reductor}}{\text{velocidad de salida del mecanismo}}$$

$$n_1 = i \times n_2 = 36 \times 6,79 \text{rpm}$$

$$n_1 = 245 \text{rpm}$$



Con lo que podemos constatar que el motorreductor es de 0,37Kw de potencia y una velocidad de salida de 245rpm.

Las características del Motorreductor adquirido son las siguientes:

Tabla. 3.3 Características del Motorreductor

MOTORREDUCTOR ANGULAR SIN FIN-CORONA	
MOTOR SIEMENS TRIFÁSICO ROTOR JAULA DE ARDILLA IP55	
	
Potencia	0,5 Hp.
Velocidad ()	1590 rpm.
Factor de Potencia (Cos.φ)	0,81
Eficiencia (η)	63,6
Frecuencia	60 Hz
REDUCTOR SIN FIN-CORONA VF 49-7	
Relación (i)	6,5
Velocidad de salida ()	245 rpm.

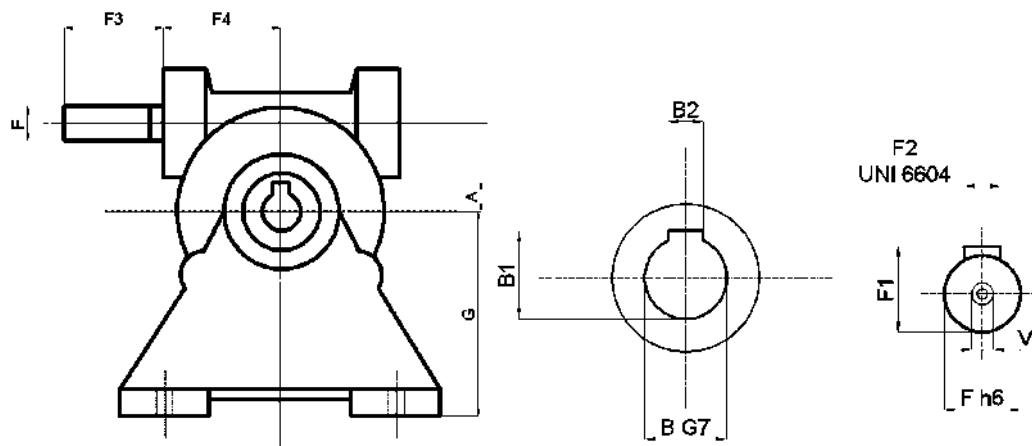


Fig. 3.7 Esquema del reductor sin fin-corona VF 49-7

Tabla N° 3.4 Dimensiones aproximadas en mm.

DIMENSIONES APROXIMADAS EN mm												
	A	B	B1	B2	F	F1	F2	F3	F4	G	V	KG
VF 49_HS	49.5	25	28.3	8	16	18	5	40	65	64.5	M6*16	3.0

Luego de realizar los cálculos necesarios para la selección del reductor-motorreductor en nuestro sistema, nos dimos cuenta que el sistema biela –manivela resultaba ocupar un gran espacio en el seccionador, así que decidimos acoplar el reductor –motorreductor directo a las cuchillas seccionadoras, por lo cual se realizó el siguiente cálculo para el torque necesario.

Sabiendo que el torque de salida de nuestro sistema motorreductor - reductor es igual a:

$$T_s = 514,24 \text{ N.m}$$

El torque del seccionador acoplándolo directamente es menor ya que como podemos constatar al acoplar el mecanismo de biela manivela se elevaba el torque de salida por lo que el acoplamiento directo no nos afectaría en nada el torque necesario para girar el seccionador al contrario nos beneficiaría.



3.5. SELECCIÓN DEL MOTOR

Para realizar la selección del motor eléctrico eficaz del sistema, se realizó una comparación de las ventajas y desventajas descritas en el capítulo 1. En nuestro sistema no se utiliza un motor de corriente directa porque en el mercado ecuatoriano no se los encuentra y solo bajo pedido, pero son muy costosas debido a los elevados impuestos que cobran al entrar el producto.

En el nuestro País existen motores universales y se los pueden encontrar en los taladros, amoladoras y fresadoras. Pero todos los dispositivos para controlar el motor como los contactores, breaker, finales de carrera, llave de tres pasos, pulsadores son costosos y algunos de ellos no se encuentran en el mercado.

Al emplear un motor tipo jaula de ardilla se lo alimentaría directamente desde una fuente bifásica que llega a la niquelina. Todo esto se lo realizará por medio de un variador de velocidad que transforma la fuente de voltaje bifásica a trifásica.

Una de las desventajas sería que para poder alimentar este tipo de motor eléctrico en nuestro sistema sin utilizar un variador de velocidad, se necesita de mucho cable blindado y por ende no es económico para el desarrollo de nuestra tesis.

En fin para el desarrollo de nuestra tesis se seleccionó un motor trifásico tipo jaula de ardilla con brida para acoplar el reductor, las características del motor están dadas en la tabla N° 3.3 y un variador de velocidad para el arranque, paro e inversión de giro. Esta selección se obtuvo por las numerosas ventajas que se obtiene al emplearlo y al bajo costo del variador de frecuencia con respecto al precio del cable blindado y sus dispositivos de fuerza.



3.6 CIRCUITO DE FUERZA

3.6.1 Selección del variador de frecuencia

Se ha seleccionado el variador de velocidad **SINAMICS G100** de la marca SIEMENS (figura 3.8). Se ha seleccionado este tipo de convertidor de frecuencia por ser un modelo económico de fácil programación y sin dificultad se los encuentran en el mercado local.

Esta línea de modelos se caracteriza porque en las entradas del convertidor se puede alimentar con una red de 120V monofásica o 220V bifásica y en la salida una red trifásica para el motor.



Fig. 3.8 Gama de convertidores de frecuencia SINAMICS G100

3.6.2 Características del convertidor seleccionado

El Convertidor de frecuencia SINAMICS G100 presenta las siguientes características (ver tabla 3.5):

Tabla N° 3.5 Características generales del convertidor de frecuencia

CONVERTIDOR DE FRECUENCIA SINAMICS G100	
TENSIONES DE RED; RANGOS DE POTENCIA	110 hasta 240 V monofásica, 0.12 hasta 3.0 Kw
FRECUENCIA DE RED	50/60 Hz
FRECUENCIA DE SALIDA	De 0 hasta 650 Hz
GRADO DE PROTECCIÓN	IP20



MOTORES COPATIBLES	Síncronos
TIPO DE REFRIGERACIÓN	Ventilares integrados (forzado por aire)

3.6.3 Conexiones en las entradas de la red y las salidas del motor

El convertidor de frecuencia que se seleccionó para la motorización tiene la característica de poder alimentarse mediante la red de 220V que llega directamente de la casa de control. Y en los terminales de las salidas del convertidor sale una red trifásica para alimentar el motor tipo jaula de ardilla (ver circuito de fuerza plano N°3).

3.6.4 Puesta en servicio rápida

Para poner en servicio el convertidor de frecuencia, es necesario conocer el diagrama de bloques del convertidor seleccionado (ver anexo N° 1). Antes de cualquier conexión primeramente se identifica cada uno de los bornes para que no exista una mala manipulación y se pueda deteriorar el convertidor. En la tabla N° 3.6 presentamos la disposición de bornes para conectar los cables de potencia y mando.

Tabla N° 3.6 Características generales del convertidor de frecuencia

BORNES	SIGNIFICADO	FUNCIONES
1	-	DOUT-
2	-	DOUT+
3	Digital input 0	On/Off
4	Digital input 1	Reverse
5	Digital input 2	Fault Acknowledge
6	Salida aislada	+24V
7	Salida aislada	0V
8	-	+10V
9	Frequency Setpoint	ADC1
10	-	0V



Luego de identificar cada uno de los bornes, lo ponemos en servicio siguiendo una serie de parámetros que nos da el convertidor de frecuencia. (Ver tabla N° 3.7). [18]

Tabla N° 3.7 Parámetros que se utilizan para poner en servicio el convertidor de frecuencia

PARAMETROS	PUESTA EN SERVICIO RÁPIDA
P0010	La puesta en servicio rápida se inicia poniendo P0010
P0100 (0=Kw/60Hz) (1=Hp/60Hz) (2=Kw/60Hz)	Para el ajuste 0 y 1, se usa el interruptor DIP 2
P0304	Tensión nominal del motor (220V)
P0305	Corriente nominal del motor (2A)
P0307	Potencia nominal del motor en Kw. Si P0100 es 1, el valor es de 0,5 Hp.
P0310	Frecuencia nominal del motor de 60Hz.
P0311	Velocidad nominal de 1590 rpm.
P0700	Selección de la fuente de ordenes (On,Off,Inverso) 1=BOP 2=Bornes terminales 5=USS Interfaces
P1000	Selección de la consigna de frecuencia 1= BOP 2=Consigna analógica
P1080	Frecuencia mínima del motor
P1082	Frecuencia máxima del motor
P1120	Tiempo de aceleración
P1121	Tiempo de deceleración
P3900	Finalizar la puesta en servicio rápida. 0=Sin puesta en servicio rápida sin cálculo del motor 1=Fin puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de fábrica.



3.7 CIRCUITO DE MANDO

3.7.1 Selección del controlador lógico programable

Para el control del sistema motorizado se ha seleccionado el controlador lógico **I SY** (figura 3.9). Lo hemos seleccionado por ser muy económico en mercado y está diseñado según su aplicación en la industria comprendiendo de 8 hasta 12 entradas y de 4 a 6 salidas de relé. (Poseen módulos de expansión de acuerdo al modelo).



Fig. 3.9 Gama de autómatas I SY

3.7.2 Características del controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable **I SY** que se ha seleccionado, tiene las siguientes características (ver tabla N° 3.8):

Tabla N° 3.8 Características Generales del autómata I SY

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE IASY SERIE ELC-1 2DC-D-R
POSEE UN MODULO DE ETHERNET OPCIONAL.
CONECTABLE CON HMI/PANEL DE OPERADOR USANDO MODBUS.
UN CANAL CONTADOR DE ALTA VELOCIDAD



8 ENTRADAS DIGITALES Y 4 SALIDAS DE RELÉ	
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	De 0 a 55 °C, temperatura ambiente de funcionamiento.
ALIMENTACIÓN	12Vcc-24Vcc
RESISTENCIA A LAS VIBRACIONES	Montado sobre un riel DIN o sobre la superficie de un panel.
ALTITUD	Funcionamiento: de 0 a 2.000 m. Transporte: de 0 a 3.000 m.
PESO	305 g
PROTECCIÓN	IP20 Function los bloques: 130

Su modelo es robusto de bajo costo y de fácil montaje en la instalación. A continuación presentamos sus dimensiones y sus partes que son dispensables para la programación del autómatas (ver fig. 3.10).

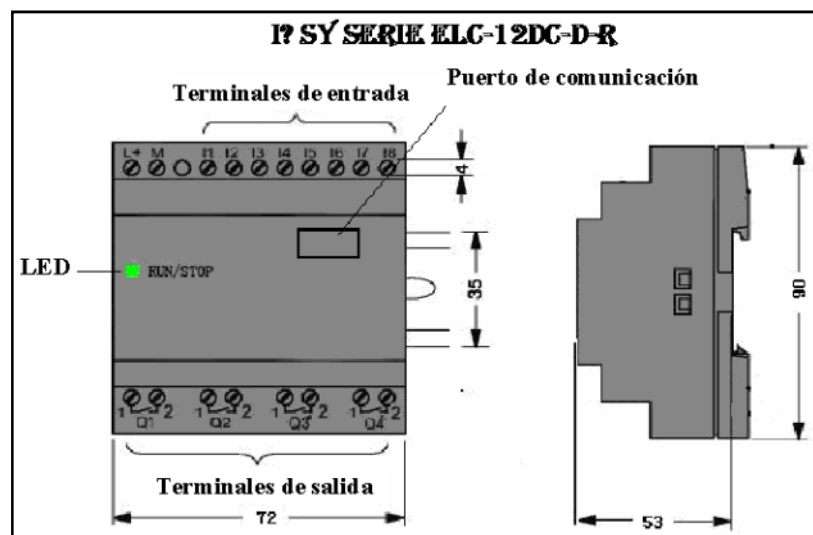


Fig. 3.10 Dimensiones aproximadas en mm y sus partes que conforman el autómatas

3.7.3 Conexiones en las entradas y salidas del sistema de control

En el sistema de control del sistema motorizado el número de entradas es de 8, las entradas están dadas por señales digitales que son dadas por los interruptores. El número de salidas es de 4, estas hacen actuar a cuatro relés.

3.7.3.1 Numero de Instrucciones utilizados en la Programación del Autómatas



Se realizó un diseño del sistema de control, el cual haga reducir el número de entradas, salidas y la programación del autómatas, pero a la vez ganando espacio y eficiencia en el sistema. La programación del autómatas (ver programación grafica del sistema de transferencia en Anexo 2) es simple, y posee un reducido número de instrucciones, (22 instrucciones lógicas).

Teniendo especificado el número de instrucciones utilizadas en la programación del autómatas para el sistema de control, se pudo determinar que el autómatas I SY (ELC-12DC-D-R) es la selección apropiada y nos permite realizar todo el proceso de programación del sistema motorizado sin ningún problema.

3.7.4 Placa electrónica

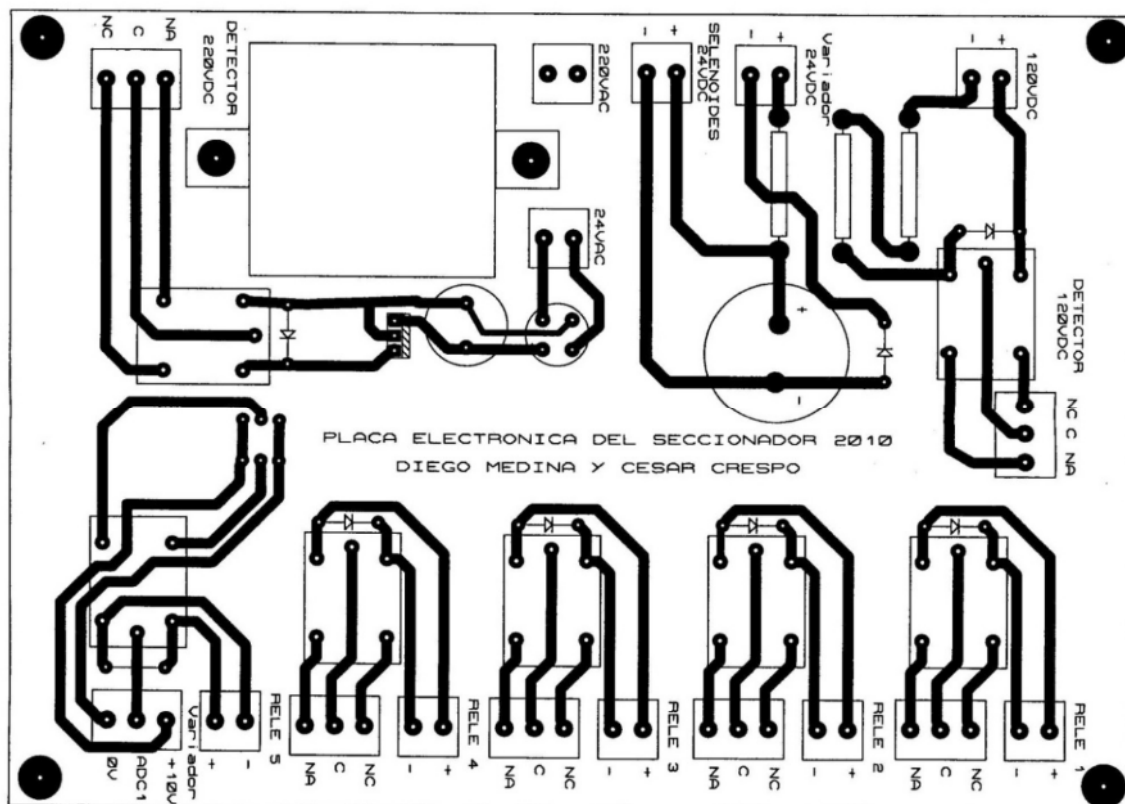


Fig. 3.11 Placa electrónica para el control del seccionador

La placa electrónica consta de un detector de 120VDC para el sistema de enclavamiento, de un detector de 220VAC cuando se fuera la energía que alimenta el sistema motorizado, relé para el cambio de velocidad al momento de abrir o cerrar el seccionador y de 4 relés para proteger las salidas del PLC.



3.7.4.1 Sistema de enclavamiento

Una de las entradas del PLC recibe una señal de 24V para el enclavamiento del seccionador. Normalmente la señal del enclavamiento llega al seccionador con un voltaje de 110Vcc, pero es muy difícil conseguir dispositivos que soporten ese tipo de carga para bloquear nuestro sistema, entonces se procedió a realizar una placa electrónica (ver fig. 3.11) para bajar el voltaje de 110Vcc a 24 Vcc mediante resistencias de potencia.

3.7.4.2 Detector de 220VAC

La fuente de 220VAC es tomada desde de la alimentación del sistema, la transformamos a 24 VDC y esta fuente rectificadora manda la señal a un relé de 24VDC para utilizar los contactos NA o NC que necesitamos para abrir o cerrar la compuerta de la palanca al estado manual.

Los 24VDC para alimentar las compuertas se las dará un condensador de 10000 uf que estará cargado con los 24 VDC de la fuente del variador. Todo esto sucederá si la fuente de alimentación de 220VAC se fuera.

3.7.4.3 Cambio de velocidad

Para el cambio de velocidad se utiliza un contacto del árbol de levas para que el K3 de la salida del PLC mande la señal al relé 5 de la placa electrónica para que las resistencias variables de 5K que están en paralelo hagan el cambio de velocidad al momento de abrir o cerrar el seccionador.

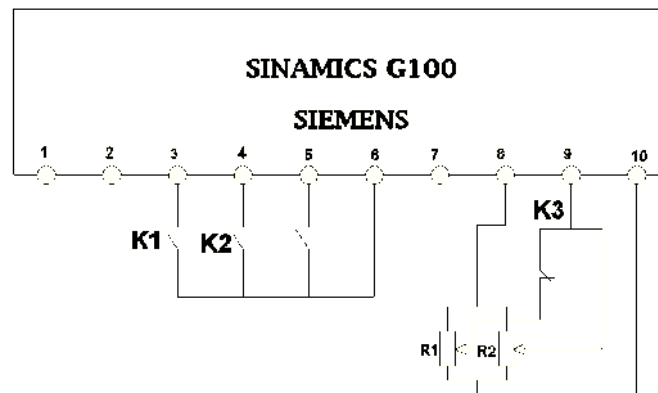


Fig. 3.12 Circuito para el cambio de velocidad

3.8 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA MOTORIZADO

En la maniobra del sistema tendrá la posibilidad de ser accionados de la siguiente manera:

- En forma eléctrica a distancia o localmente.
- En forma manual localmente como accionamiento de emergencia.

3.8.1 Premisas al realizar la maniobra eléctricamente a distancia o localmente el seccionador

El comando eléctrico local se efectuará desde la caja de comando situada al pie del seccionador. La caja será apta para su instalación a la intemperie, completamente herméticas cuyo cierre de la puerta será con cerradura a tambor o candado de plástico para que no exista una posible filtración de agua. Para efectuar el comando remoto se podrá efectuar desde el gabinete de control o desde el sistema SCADA, todo depende de los requerimientos que desee la Empresa Eléctrica.

Es muy importante dar a conocer que nuestro proyecto el accionamiento a distancia lo dejaremos proyectado para que la Empresa lo pueda accionar conforme a sus necesidades. Para manipular nuestro sistema adecuadamente e iniciar la maniobra, el operario necesita conocer una serie de recomendaciones como:



Identificar en el panel de control una lámpara de señalización color verde (fig.3.13), si este dispositivo se encuentra encendido es porque está enclavado y si está apagado todo el sistema operacional se encuentra desenclavado, listo para comenzar la maniobra.

Hay que visualizar el estado del conmutador, indicando si se puede “abrir-cerrar” localmente o remotamente. Si se confirma el estado del conmutador, por ejemplo si se encuentra el conmutador indicando localmente, se activará los pulsadores de abrir o cerrar el seccionador en el estado que se encuentra, con el fin de que no exista peligro para el operario al manipular por accidente los pulsadores en estado remoto.



Fig. 3.13 Panel de control

En todos los casos en que una señal de comando eléctrica sea emitida, la maniobra de cierre o apertura del seccionador de potencia ya sea localmente o remotamente se deberá completar sin necesidad de que la señal sea mantenida por el operador.

Dentro del sistema motorizado se encuentra instalado un árbol de levas (ver fig. 3.13). El árbol de levas está compuesto por ocho finales de carrera en cada lado, en la parte izquierda como en la derecha podemos utilizar señales NA-NC. Los finales de carrera son utilizados para el frenado del sistema, para el cambio de velocidad ya sea al abrir o cerrar el seccionador y para mandar la señal al sistema SCADA cuando se los accione eléctricamente o manualmente.

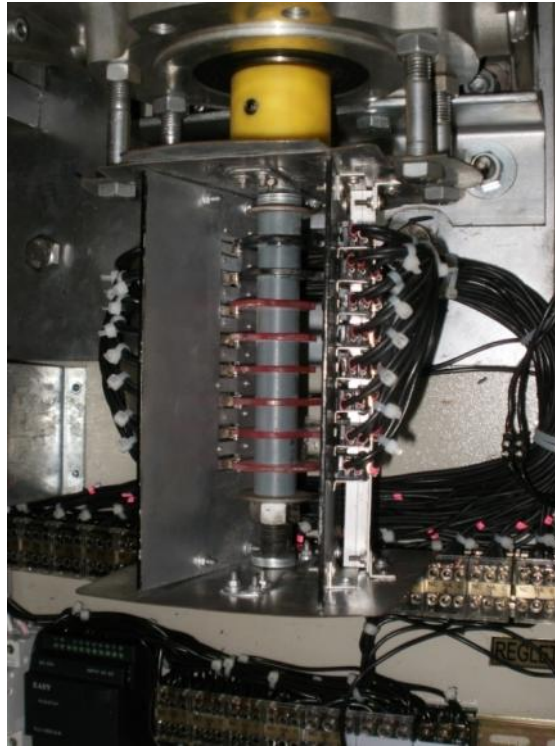


Fig. 3.14 Árbol de contactos

3.8.2 Premisas al realizar manualmente la maniobra en el seccionador

Para operar manualmente el seccionador de potencia, inicialmente confirmamos que se encuentra el conmutador en estado manual para separar toda la parte eléctrica del sistema mediante un embrague y bloqueamos todo el accionamiento de abrir/cerrar localmente o remotamente por el PLC. El embrague consiste en el acople o desacople del motorreductor y el reductor.

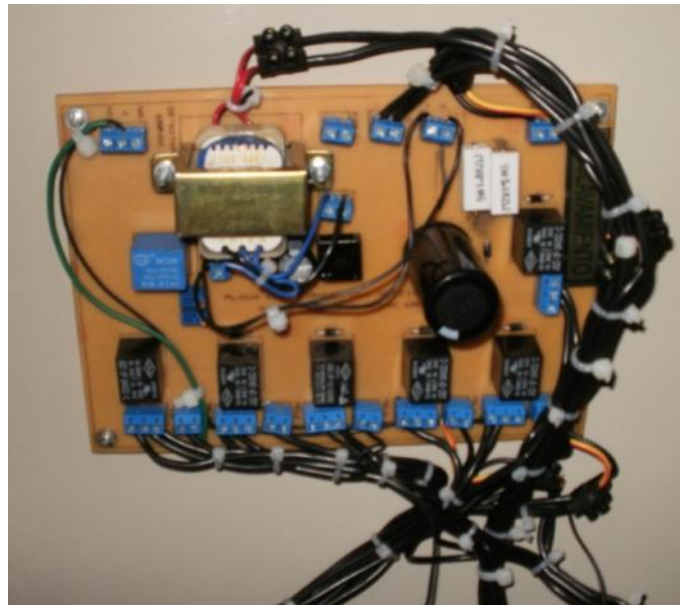
El operario es el encargado de realizar las maniobras en el sistema de forma local por medio de una palanca que se encuentra en el lado derecho de la caja. Este sistema se diseñó para prevenir accidentes en caso de alguna circunstancia presionaran algún pulsador ya sea a distancia o local por descuido.

En fin para abrir o cerrar el seccionador manualmente, se podrá realizar sólo en casos de emergencia o por alguna falla que se presente en las líneas de la alimentación del sistema.



3.9 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO

El montaje del sistema se lo realizó de una manera preventiva para que no exista ningún desperfecto al realizar el acoplamiento de la placa electrónica y el árbol de levas en la caja. Todos los dispositivos se encuentran bien establecidos para darle un buen uso al espacio de la caja y se podrá acondicionar el cableado para que no exista desorden del cable o confusión (ver fig. 3.15).



(a)



(b)



(c)

Fig. 3.15 Montaje de los dispositivos



Fig. 3.16 Cableado del Sistema



Fig. 3.17 Disposición física del seccionador de potencia

3.10 PRUEBAS QUE SE REALIZAN EN EL SISTEMA

La primera prueba se lo realiza manualmente, se efectuó 12 vueltas con la palanca en un tiempo de 12 segundos y el eje del reductor giró los 180° que se requiere para abrir o cerrar el seccionador. Al efectuar las vueltas de la palanca más rápido, el seccionador se podrá abrir o cerrar en un corto tiempo, todo depende del operador que realice la maniobra.



Fig. 3.18 Pruebas del sistema manualmente



La segunda prueba se la realizó eléctricamente, mediante el variador y el controlador lógico programable. En esta instalación se pudo verificar el tiempo que demora en girar el eje los 180°. El tiempo que se demora en girar el eje es de 3 segundos incluyendo la rampa de velocidad que se describió anteriormente, tiempo muy acorde a lo calculado.

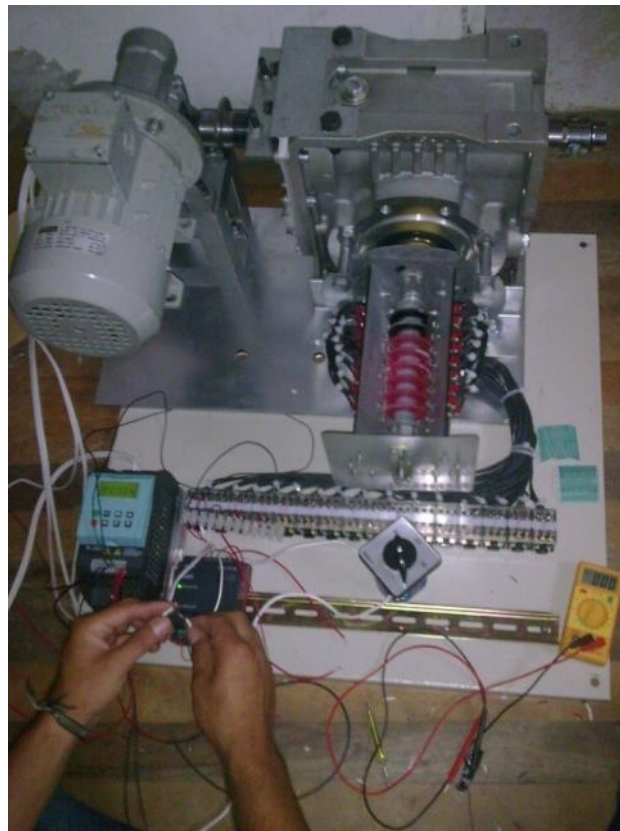


Fig. 3.19 Pruebas del sistema eléctricamente

3.11 PLANOS DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO

El diseño de los diferentes planos se realizó principalmente para especificar la ubicación y conexión de los equipos que conforman el diseño del sistema motorizado para el accionamiento del seccionador.

Se confeccionaron 4 planos:

1. Plano de fuerza



2. **Plano de control**
3. **Plano de cableado de regleta**
4. **Plano de instalación o montaje**

El plano 3 (ver plano en anexo) hace una descripción detallada de todo el sistema de fuerza. Se puede observar la conexión y ubicación de los dispositivos que conforman el sistema electromecánico. Los equipos se representan en forma de símbolos y su conexionado está especificado con los terminales de cada equipo. Los cables son enumerados, así como las regletas donde conectan para ir de un lugar a otro.

El plano 4 (ver plano en anexo) se refiere a la parte de control. Aquí se observa todo el control que hace el autómatas en el sistema. Así mismo se observa el conexionado del control haciendo referencia a terminales, lámparas de señalización, switches, y el mismo autómatas que realiza todo el control del sistema.

El plano 6 (ver plano en anexo) muestra los terminales o regletas de toda la parte de fuerza y de control. Hace una descripción detallada de cada cable que entra y sale de cada terminal o regleta.

El plano 5 de instalación o montaje (Ver plano en anexo 10) describe el montaje de los equipos en el panel, su ubicación y dimensiones con respecto al panel. También se especifica por donde se acomoda el cableado.

3.12 VALORACIÓN TÉCNICA

Ventajas con respecto a un motorizado importado:

- Sistema para abrir o cerrar un seccionador de potencia, dispuesto de un reductor sin fin corona de dos entradas. Una entrada está acoplado a un motorreductor para el accionamiento motorizado y la otra entrada nos sirve para el accionamiento manual mediante una palanca.



- Presenta un acople mecánico que permite el acople y desacople del reductor-motorreductor.
- El variador de frecuencia y PLC, reduce el espacio de la caja y nos permite un mayor control de todo el sistema.
- El sistema utiliza una rampa de velocidad en el variador de frecuencia que nos permite controlar la velocidad en un determinado tiempo y evita el fenómeno de los arcos eléctricos.
- El costo de la aplicación si se compara con un motorizado importado puede ser aproximadamente de un 77% menos.

3.13 VALORACIÓN ECONÓMICA

Luego de haber seleccionado cada uno de los equipos que conforman el diseño del sistema motorizado, se realiza la lista de materiales (tabla N°6) de los diferentes dispositivos que se van a emplear en la instalación. Todos los dispositivos seleccionados son tomados en base a sus propias especificaciones y diseño realizado.

Tabla 3.9 Lista de Materiales y precios del Sistema Motorizado

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO	Cantidad	V.Unitario	Total
Reductor de velocidad.	1	\$986	\$986
Motorreductor	1	\$469	\$469
Acople (matrimonio)	1	\$74	\$74
Eje de acero inoxidable de 12cm de largo y 6 cm de diámetro.	1	\$52	\$52
Sombbrero para hermetizar la parte superior de la caja.	1	\$10	\$10
Eje de nylon, 5cm de largo y 42 cm de diámetro para acoplar el árbol de levas.	1	\$10	\$10
Árbol de 18 micros-witches con 8 levas de	1	\$62	\$62



contacto.			
Acople tipo cruceta para unir los ejes del seccionador motorizado con las cuchillas seccionadoras.	1	\$60	\$60
Caja hermética fabricado en lámina de acero galvanizado de 2 mm de espesor.	1	\$120	\$120
Palanca (accionamiento manual)	1	\$20	\$20
Plancha de acero negro, 52 ×32mm y de espesor 9mm.	1	\$20	\$20
DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL	Cantidad	V.Unitario	Total
Variador de velocidad SIEMENS SINAMICS G100	1	\$210	\$210
PLC (E SY), comunicación MODBUS, serie ELC-12DC-DA-R, 8I y 4Q de relé.	1	\$125	\$125
RIELDIN	1	\$7	\$7
Borneras para el RIELDIN	30	\$1.25	\$37.50
Cable n°16	30 m.	\$0.35	\$10.5
Selector de fases para 3 polos	1	\$30	\$30
Luz piloto	1	\$2.50	\$2.50
Pulsadores	2	\$6	\$12
Termostato	1	\$20	\$20
Niquelina	1	\$20	\$20
Placa electrónica	1	\$80	\$80
SUBTOTAL			\$2437.50
I.V.A. (12%)			\$292,5
PRECIO TOTAL			\$2730

Los seccionadores motorizados traídos del extranjero oscilan entre los 12000 y 15000 USD, comparando este precio con el total obtenido en la tabla 4.1, se puede decir que el



Ecuador se ahorra entre un 77% menos que un motorizado comprado. El diseño de este sistema motorizado se lo puede ir perfeccionado con posibilidades de comercializarlo a todas las subestaciones de nuestro país.

3.14 VALORACIÓN SOCIAL

Con el presente trabajo, las Subestaciones Eléctricas de nuestro País, contará con una aplicación moderna y a la vez que brinde seguridad para los operadores al momento de abrir o cerrar el seccionador de potencia. Consecuentemente con nuestro proyecto proporcionaremos un conocimiento amplio en la comunidad científica, técnica e industrial y sobre todo en los estudiantes de la carrera de Ingeniería electromecánica de la Universidad Nacional de Loja.

Este sistema demuestra mucha aplicación en lo que es el campo de la electromecánica, integra varias temáticas (selección de reductores, accionamientos eléctricos, electrónica básica). Una vez perfeccionada esta aplicación los estudiantes de la carrera de electromecánica puedan desarrollar este tipo de investigaciones con el fin de evitar los peligros que existan para los operarios que laboran en las subestaciones y de esta forma demostrar que somos capaces de poder desarrollar este tipo de investigaciones.

CONCLUSIONES

Luego de haber efectuado la discusión de resultados podemos concluir lo siguiente:

- Los 14 seccionadores de potencia de la Subestación Obrapía son operados manualmente, poseen poco mantenimiento y no pueden ser accionados por el sistema SCADA porque son manuales.
- Se seleccionó el seccionador de enlace, debido a que el seccionador se lo utiliza solamente para dar mantenimiento a los interruptores de cualquier línea.
- Es posible seleccionar un mecanismo económico, con el cálculo minucioso apropiado de los componentes del seccionador logrando conservar la parte manual, y en muchas ocasiones superar las prestaciones de los seccionadores motorizados importados del exterior mediante la utilización de materiales y dispositivos de nuestro país.
- Luego de un estudio completo sobre los tipos de motores es factible la utilización de un motor de DC debido al banco de baterías que posee la Subestación, pero por no encontrar mercado en nuestro país se seleccionó un motor trifásico que prestaba eficiencia, poco mantenimiento y económico para nuestro sistema.
- Con el grupo motorreductor-reductor y PLC-Variador, se logró diseñar un sistema económico con accionamiento manual, remoto y con proyección para la comunicación MODBUS para el sistema SCADA de la Subestación Eléctrica.
- Con la selección y compra apropiada de los equipos se realizó la construcción del sistema electromecánico económico con accionamiento local y remoto. Se verificó la aplicación del sistema mediante pruebas, mostrándose excelentes resultados.

RECOMENDACIONES

En este proyecto luego de conocidas las conclusiones recomendamos:

- Tomar como eslabón primario para futuras investigaciones a nivel de ingeniería
- Escoger como referencia a la línea IASY para proyectos de Comunicación con el sistema SCADA.
- Capacitar primeramente al personal, para manipular o realizar algún tipo de mantenimiento al sistema de accionamiento motorizado.
- Para un buen mantenimiento de los reductores y motorreductores, hay que verificar el nivel de aceite y constatar el color que se encuentra el aceite para su respectivo cambio.

BIBLIOGRAFÍA

- **Libros**

- ERDMAN, Arthur. 1998. “Diseño de Mecanismos, Análisis y Síntesis” 3ª Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México [19]
- JUVINALL, Robert. 1996. “Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica” 3ª Ed. Editorial LIMUSA México [21]
- LOVERA ESPINOZA, Juan. 2004. “Revisión, Evaluación y Estandarización de los Procedimientos de Maniobras en Subestaciones” 1ª Ed. Limusa México. Df. Mx. 55p [13]
- SHIGLEY, Joseph. 1992. “Análisis Cinemático de Mecanismos” 1ª Ed. Hispanoamericana S.A. México [20]
- VALKENBURGH, Van. 1978. “Electricidad Básica, Motores y Generadores Eléctricos” 1ª Ed. Talleres Gráficos LITODAR Buenos Aires [17]

- **Artículo de Revista.**

- CAVANNA Trencce. 2001. “Guía de los operadores”. Buenos Aires. nº 196: 6-27 [16]

- **Textos Electrónicos**

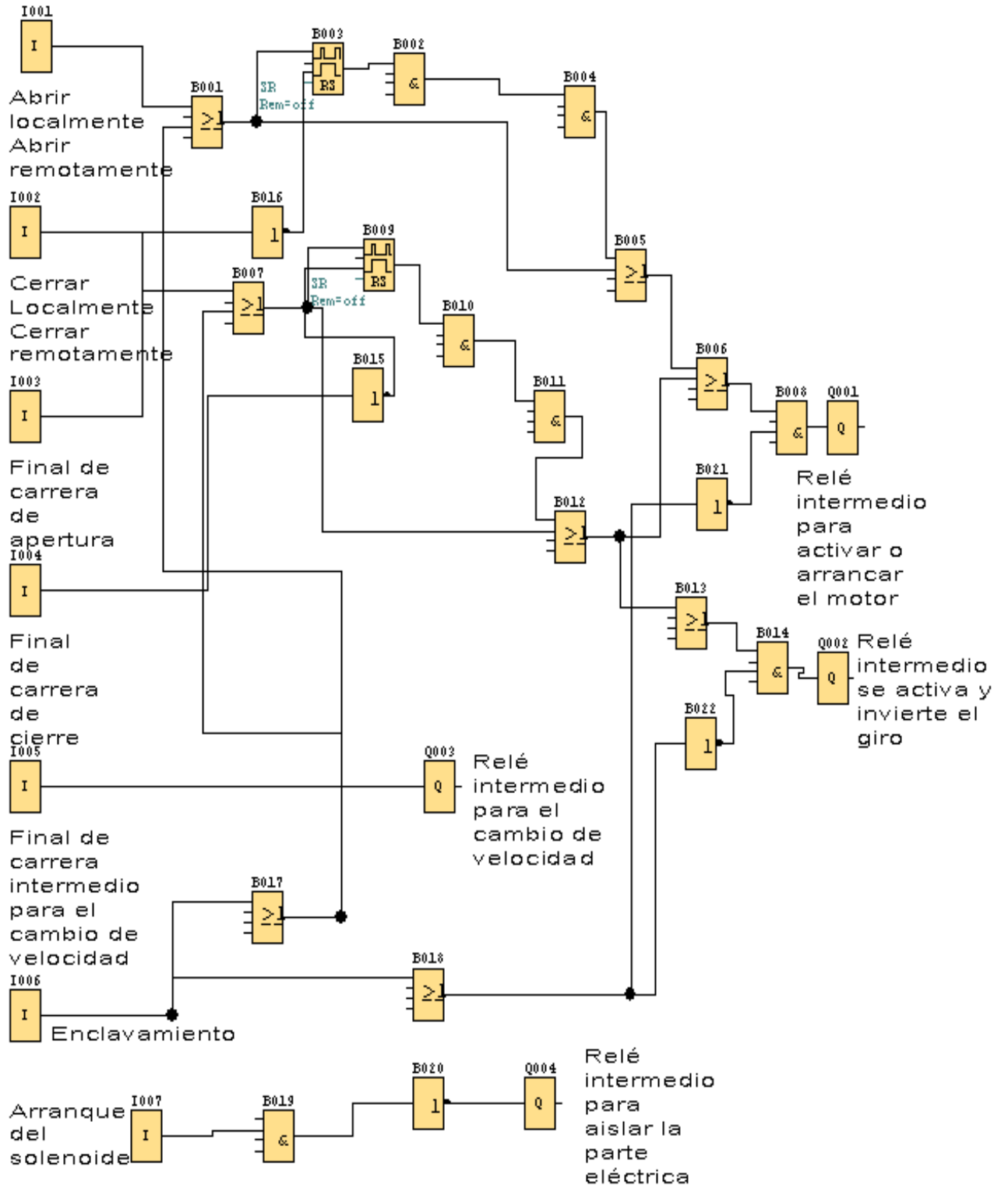
- Molina, Ana. 2009. **Tipos de aisladores en sistemas de potencia.** [En línea] México, [<http://www.apuntes.rincondelvago.com/tipos-de-aisladores.html>], [Consulta el 11 de Agosto del 2009] [3]
- PEÑA, Mario. 2008. **Sistemas de transmisiones.** [En línea] México, [<http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/mecanismos%20y%20sistemas/mecanismos%20transmision.htm>], [Consulta:25 de Noviembre-2009] [14]

- MORENO, Marco.2007. **Cuchillas desconectadoras.** [En línea] México-Guadalajara, [<http://www.comanel.com/aboutus.asp-Cached>], [Consulta:10 Julio-2009] [6]
- BEATRIZ, Nora. 2005. **Mecanismos.** [En línea] Argentina, [<http://www.cpr-cr.org/~lvente/Miweb/descargas/Temas/Mecanismos.pdf>],[Consulta:18 Noviembre-2009] [12]
- GRANDA, Fabián.2002. **Guías de accionamiento y mandos de cuchillas.** [En línea] México, [<http://www.gossinternatnal.com/clientuploads/csogeneric/57633-04.pdfwww.wikipedia.org>], [Consulta: 15 Julio-2009] [7]
- JARAMILLO, Mario. 2005. **Interrupción en corriente alterna.** [En línea] Uruguay, [www.iie.fing.edu.uy/ense/asign/redelec91/redesi-cap7.pdf], [Consulta el 3 de Septiembre del 2009] [5]
- JARAMILLO, Juan. 2008. **Protecciones frente a sobretensiones.** [En línea] México, [www.iit.upcomillas.es/docs/01.AEV.01.pdf],[Consulta: 3 de Noviembre-2009] [10]
- CUEVA, Yamila. 2006. **Maniobras interpretativas de operadores.** [En línea] España-Madrid, [<http://www.monografias.com/trabajos16/maniobrasinterpretativas/maniobras-interpretativas.shtml?monosearch>],[Consulta: 10 de Noviembre -2009] [11]
- MOLGARAY, Edgardo. 2008. **Directivas para el proyecto en Alta Tensión.** [En línea] Argentina, [<http://www.monografias.com/trabajos58/directivas-subestaciones-alta-tension/directivas-subestaciones-alta-tension.shtml?monosearch>],[Consulta el 19 de Julio del 2009][2]
- Cauche, José. 2009. **El transformador de potencia eléctrica.** [En línea] Argentina, [http://www.monografias.com/transformador_de_potencia.shtml?monosearch], [Consulta el 12 de Agosto del 2009] [4]
- Arroyo, José. 2003. **Tipología de las subestaciones.** [En línea] España, [[http://www.rincondelvago.com/tipología de las subestaciones.html](http://www.rincondelvago.com/tipología_de_las_subestaciones.html)],[Consulta el 19 de Julio del 2009][1]
- RODRÍGUEZ, Raquel. 2008. **Transformador de corriente.** [En línea] España, [html.rincondelvago.com/transformador-de-corriente.html],[Consulta: 15 Octubre-2009] [8]

- CORREA, Miguel. 2007. **Transformador de potencial**. [En línea] España, [html.rincondelvago.com/transformador-de-potencial.html],[Consulta: 15 de Octubre-2009] [9]
- MOTOX- SIEMENS.2009. **Tipos de Motorreductores**. [En línea] [<http://www.siemens.com/gearedmotors/pdf>] [Consulta: 25 de Enero -2010] [18]
- SINGER, Teodoro 2009. **Mecanismos de transmisiones**. [En línea] , [<http://www.transmisiones.mecanismos/pdf>] [Consulta: 4 de Enero -2010] [15]

ANEXO 2

Circuito de bloques del PLC



ANEXO 1

Esquema de bloques

