

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“ACTUALIZACION DE LAS FUNCIONES DE DISPARO, REARRANQUE
AUTOMÁTICO Y BOTE DE CARGA DEL SISTEMA DE MONITOREO Y
CONTROL ELÉCTRICO (EMCS) PARA LOS NUEVOS MOTORES ELECTRICOS
ASOCIADOS A LA SUBESTACION 6 DEL MEJORADOR PDVSA-
PETROCEDEÑO”.**

REALIZADO POR:

Mariano José Guilarte Méndez

Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito Parcial para optar al Título de Ingeniero Electricista.

Puerto la Cruz, junio del 2010.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“ACTUALIZACION DE LAS FUNCIONES DE DISPARO, REARRANQUE
AUTOMÁTICO Y BOTE DE CARGA DEL SISTEMA DE MONITOREO Y
CONTROL ELÉCTRICO (EMCS) PARA LOS NUEVOS MOTORES ELECTRICOS
ASOCIADOS A LA SUBESTACION 6 DEL MEJORADOR PDVSA-
PETROCEDEÑO”.**

REALIZADO POR:

Mariano José Guilarte Méndez

ASESORES

Ing. Lenin Natera.
Asesor Académico.

Ing. Juan Márquez.
Asesor Industrial.

Puerto la Cruz, junio del 2010.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**“ACTUALIZACION DE LAS FUNCIONES DE DISPARO, REARRANQUE
AUTOMÁTICO Y BOTE DE CARGA DEL SISTEMA DE MONITOREO Y
CONTROL ELÉCTRICO (EMCS) PARA LOS NUEVOS MOTORES ELECTRICOS
ASOCIADOS A LA SUBESTACION 6 DEL MEJORADOR PDVSA-
PETROCEDEÑO”.**

JURADO CALIFICADOR:

Ing. Lenin Natera.

Asesor Académico.

Ing. Verena Mercado.

Jurado Principal

Ing. Manuel Maza.

Jurado Principal.

Puerto la Cruz, junio del 2010.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado: **“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otro fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién lo participará al Consejo Universitario”**

AGRADECIMIENTOS

- **Dios todopoderoso.**
- **Mis padres.**
- **Mi hermano.**
- **Mis abuelas.**
- **Mi novia.**
- **Mis amigos.**

A mi madre, por criarme, por su apoyo incondicional, sacrificio, entrega, servirme de pilar fundamental en mi crecimiento como persona y darme el impulso para alcanzar mis metas. ¡¡¡TQM VIEJA!!!.

A mi padre por darme a conocer los principios de seriedad, respeto, sinceridad durante gran parte de mi niñez, sin duda parte importante en mi crecimiento, por cada una de sus enseñanzas, por estar siempre allí cuando lo necesito.

A mi hermano “el júnior” por enseñarme que no todos somos iguales y que cada persona es un mundo distinto, por hacerme cambiar la forma de trato hacia las personas, y por ser parte de mi día a día, por cada uno de los malentendidos que tenemos, que le ponen emoción a la amistad y relación hermano-hermano, siempre podrás confiar en mi.

A mi abuela Carmen por darnos el apoyo necesario cuando más lo necesitamos y por siempre estar pendiente de mí, sin su ayuda no estuviera aquí a un paso de la meta.

A mi abuela Mercedes por siempre estar pendiente de mí, por siempre complacerme mientras estuve en Cumaná.

A mi más que novia amiga Rosahelena Guerra, por el apoyo, cariño comprensión dada de forma incondicional. Por ser esa persona atenta a mi bienestar y salud, por colocarme muchas veces antes que si misma, por estar siempre allí cuando no te necesite y por estar ahora que si te necesito, por eso y más “gracias mi negra”.

A mi “casi hermano” Eduardo Carrasco, amigo de infancia, escuela, bachillerato y universidad, por estar siempre allí con su apoyo y darme a

conocer que en ocasiones hay que preocuparse por las cosas, por cada consejo dado, aunque no somos hermanos de sangre yo lo considero mi hermano y siempre puede contar conmigo.

A mi “casi hermano” Adrián Gutierrez, amigo de bachillerato y parte de la universidad. Agradecido por su apoyo, por sus consejos, por tratarme como el hermano que nunca tuvo, cuente conmigo para lo que sea que “el equipo gana”.

A mi gran amigo de universidad, Jose Madriz, compañero incondicional, por sus consejos, por hacerme saber que aun queda gente en quien se puede confiar.

A mi amiga Maria Alejandra León, por su apoyo, siempre estar presente cuando se le necesita, por su atención y darme a conocer que existen personas de buen corazón.

A mi amigo “Ricardo” Cortes, por su amistad y por tratar de hacerme ver la vida desde un punto de vista distinto.

A mis amigos de universidad, Manuel Hernández, Jorge Villalba, Luís Bejarano, Ranses González, Josué Galdona, Jose Romero, Ghazi Harfouche, por su amistad y apoyo recibido a lo largo de la carrera universitaria.

Al Ingeniero Lenin Natera, por el apoyo prestado, por el tiempo empleado en la tutoría, por su disposición cuando se le necesitara, por los conocimientos impartidos y dudas solucionadas.

Al Ingeniero Juan Marquez, por ser mi tutor en el mundo de la industria, por el apoyo prestado en la realización de este trabajo investigativo, por ser la persona que me dio la oportunidad de conocer el ámbito industrial, por sus consejos y tiempo empleado en mi incipiente carrera.

Ingeniero Neomar Baptista, por su tiempo dedicado, disposición y enseñanza en el ámbito laboral, por ser una persona siempre atenta a los problemas que podían aparecer en el trayecto de la pasantía.

Ingeniero Yohemir Marin, por las explicaciones dadas, conocimiento impartido, por tener siempre una respuesta adecuada y sin complicación.

Ingeniero Jose R. Araguainamo, por su enseñanza diaria sus consejos y trabajo adicional encomendado, todo contribuyo a que aprendiera cada vez mas de la empresa, carrera y cambiara la forma de ver el día a día.

A la ilustre universidad de oriente por ser mi casa de estudio.

Los profesores, Santiago Escalante, Luís Parraguez, Melquíades Bermúdez, Verena Mercado, por su tiempo y conocimientos impartidos a lo largo de la carrera.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en mi éxito como persona y me ayudaron a alcanzar la meta de graduarme. Gracias.

Mariano J. Guilarte M.

RESUMEN

El mejorador PDVSA-petrocedefío cuenta con 4 áreas de trabajo bien definidas las cuales son: Área 1: se encuentran las unidades de procesos de destilación atmosférica, destilación en vacío, coquificación retardada y recuperación de gases; Área 2: se encuentran las unidades Hidroprocesos, recuperación de aminas (ARU) y azufre; Área 3: servicios industriales; Área 4: se encuentran las unidades de manejo de sólidos. En el área 2 se tienen las unidades recuperadoras de aminas (ARU 3100, ARU 3200), las cuales trabajaban al máximo de su capacidad en el proceso de la regeneración de aminas y no se logra despojar la cantidad suficiente de sulfuro de hidrogeno del crudo procesado, para asegurar la producción de crudo liviano correspondiente al mejorador (180 MBD), por ello se creó una planta que alivie y a la vez apoye en la limpieza de aminas, con este requerimiento se ejecutó el proyecto llamado ARU 3000, para su creación se incluyeron nuevos motores de media (2) y baja tensión (31) a la subestación 6 de Petrocedefío (lugar donde se alimenta ARU 3000), los nuevos motores necesitan poseer un esquema de disparo, re arranque y bote de carga automático, los cuales brinden confiabilidad al circuito de potencia y producción de la empresa. Durante la elaboración del trabajo, se demostró mediante los cálculos y simulaciones, la posibilidad añadir los nuevos motores a la red eléctrica existente en la subestación 6, sin que se tenga perturbación ni mayores variaciones en el sistema, siendo el re arranque automático la secuencia de mayor exigencia.

INTRODUCCIÓN

Los equipos pertenecientes a un circuito de potencia son muy costosos debido a esto PDVSA-PETROCEDEÑO cuenta con un sistema de supervisión en tiempo real el cual es una herramienta valiosa que permite muestrear de manera continua los parámetros característicos (voltaje, corriente, presión del SF6, etc.), de transformadores, seccionadores, motores, etc. Dicho sistema, en el mejorador se le denomina EMCS de igual forma tiene la versatilidad de actuar automáticamente (en equipos eléctricos) en el momento que se presente alguna anomalía que atente en el circuito de potencia.

El sistema de monitoreo que posee el complejo mejorador tiene bajo su supervisión continua un total de 20 subestaciones (incluyendo la subestación principal) lo que se traduce a mas de 1000 equipos y realiza automáticamente las funciones de bote de carga, disparo de motores, re arranque de motores, entre otras, esto con el fin de brindar confiabilidad al sistema eléctrico de potencia.

En la subestación 6 del mejorador PETROCEDEÑO, se instalaron nuevos motores a baja y media tensión debido a la creación de un “tren recuperador de aminas” llamado ARU 3000, dichos motores no cuentan con el sistema de supervisión ya que para ello se requiere calcular los pasos para la filosofía de bote de carga y re arranque automático, de igual forma conocer mediante el estudio de escenarios los casos en que se puede presentar la filosofía de disparo de motores.

Los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo de pasantía serán cargados en el sistema de supervisión del mejorador con el fin de que los nuevos motores cuenten con supervisión continua la cual pueda alertar al momento que se presente fallas o perturbaciones al sistema.

TABLA DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xii
LISTADO DE FIGURAS	xvi
LISTADO DE TABLAS.....	xviii
CAPITULO 1	19
INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2 OBJETIVOS.	21
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
1.3 JUSTIFICACION.....	22
1.4 ALCANCE:	23
1.5 LIMITACIONES:.....	23
1.6 DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	24
1.6.1 Introducción.....	24
1.6.2 Operaciones de Petrocedefío.....	25
1.6.3 Mejoramiento.	27
1.6.4 Mercadeo.....	29
CAPITULO 2	30
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	30
2.1 ANTECEDENTES.	30
2.2 BASES TEORICAS.....	31
2.2.1 Motores asíncronos o de inducción.....	31

2.2.2 Arranque de motores.....	33
2.2.3 Sistema de monitoreo.....	40
2.2.4 Bote de carga.....	44
2.2.5 Rearranque de motores.....	47
2.2.6 Software ETAP PowerStation.....	55
2.2.7 Estudio de flujo de carga.....	57
2.2.8 Conceptos de interés.....	62
CAPITULO 3.....	63
MARCO METODOLOGICO.....	63
3.1 NIVEL DE LA INVESTIGACION.....	63
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	63
3.3 DURACION DEL PROYECTO.....	63
3.4 DESCRIPCION DE LAS ETAPAS DE INVESTIGACION.....	64
3.5 POBLACION Y MUESTRA.....	67
3.6 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS.....	67
CAPITULO 4.....	70
DESARROLLO DEL TRABAJO.....	70
4.1 MODELO DIGITAL PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE LA S/E 6 DEL MEJORADOR MEDIANTE EL ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA USANDO SOFTWARE COMPUTARIZADO.....	70
4.1.1 Introducción.....	70
4.1.2 Descripción del sistema eléctrico de la subestación 6.....	70
4.1.3 Origen de la data obtenida.....	72
4.1.4 Consideraciones tomadas para el análisis del flujo de carga.....	73
4.1.5 Balance de potencia y Factor de Operación.....	75
4.1.6 Resultados del flujo de carga mediante ETAP 5.0.3.....	76
4.1.7 Discusión de resultados.....	79

4.2 DE ACUERDO A SU CRITICIDAD JERARQUIZAR LOS MOTORES ELÉCTRICOS A SER INSTALADOS EN LA SUBESTACION 6 ASOCIADOS A LA NUEVA UNIDAD RECUPERADORA DE AMINAS ARU3000.	81
4.2.1 Introducción.	81
4.2.2 Prioridad de los nuevos motores desde el punto de vista operacional-eléctrica y resultados.	81
4.3 MEDIANTE ESTUDIO DE ESCENARIOS DEFINIR LA FUNCIÓN DE DISPARO AUTOMÁTICO PARA LOS NUEVOS MOTORES ELÉCTRICOS ASOCIADOS A LA S/E 6 DEL MEJORADOR.	85
4.3.1 Introducción.	85
4.3.2 Disparo de Motores 6,9 KV.	85
4.3.3 Disparo en baja tensión (480 V).	88
4.3.4 Escenarios para el disparo de motores en media y baja tensión.	89
4.4 MEDIANTE ESTUDIO DE ESCENARIO, ESPECIFICAR LA FUNCIÓN DE REARRANQUE AUTOMÁTICO PARA LOS NUEVOS MOTORES ELÉCTRICOS ASOCIADOS A LA S/E 6 DEL MEJORADOR.	93
4.4.1 Introducción.	93
4.4.2 Consideraciones tomadas para organizar el esquema de re arranque automático a los nuevos motores instalados.	93
4.4.3 Pasos de re arranque asignados a los nuevos motores.	99
4.4.4 Consideraciones para la simulación digital del re arranque de motores.	
102	
4.4.5 Escenarios y resultados del re arranque automático.	103
4.4.6 Discusión de resultados del re arranque estatico y dinamico.	110
4.5 MEDIANTE EL ESTUDIO DE ESCENARIOS, ESTABLECER LA FUNCIÓN BOTE DE CARGA PARA LOS NUEVOS MOTORES ASOCIADOS A LA S/E 6 DEL MEJORADOR.	111
4.5.1 Introducción.	111

4.5.2 Consideraciones tomadas para la organización del esquema de recorte de carga para los nuevos motores instalados en la S/E 6.	112
4.5.3 Consideraciones tomadas para la simulación del bote de carga en la subestación 6 del mejorador.	113
4.5.4 Resultados obtenidos de la simulación de escenarios (loadshedding).	

118

4.5.5 Discusion y analisis de resultados.....	123
CONCLUSIONES.	126
RECOMENDACIONES.	128
BIBLIOGRAFIA.	1
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO B.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO C.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO D.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO E.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO F.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO G.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO H.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO I.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO J.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO K.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	160

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Toma aérea del Mejorador de Crudo Extrapesado Petrocedefío.....	24
Figura 2.1 Arranque directo de un motor trifásico de inducción.....	35
Figura 2.2 Curvas características Intensidad-Velocidad y Par-Velocidad.....	36
Figura 2.3 Arranque estrella triángulo de un motor trifásico d inducción.....	38
Figura 2.4 Curvas intensidad-velocidad y par-velocidad.....	40
Figura. 2.5 Estructura del Sistema de Supervisión, fuente bibliográfica [2].....	41
Figura 2.6, Muestra grafico con la ejecución de la secuencia de loadshedding (bote de carga).....	48
Figura. 2.7 grafico funcional de la secuencia del re arranque automático realizado por el EMCS.....	51
Figura 2.8 ejecución de la funcion de Disparo – Rearranque automático en media tensión.....	53
Figura 2.9 ejecución de la secuencia disparo – Rearranque automático en baja tensión.....	53
Figura 2.10 secuencia de loadshedding y re arranque debido a sobrecarga.....	54
Figura 2.11 secuencia del bote de carga y re arranque en MT y BT debido a baja tensión.....	54
Figura 4.1 esquema eléctrico generalizado de la subestación 6.....	72
Fig. 4.2 muestra el grafico funcional de la secuencia disparo automático de motores.....	87
Figura 4.3 esquema considerado para plantear los escenarios de bajo voltaje.....	90
Figura 4.4 condición crítica para la operación del sistema eléctrico de la S/E 6.....	95
Figura 4.5 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en HV60 A/B según el simulador.....	104
Figura 4.6 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV61 A/B según el simulador.....	105
Figura 4.7 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV62A/B según el simulador.....	105
Figura 4.8 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en HV60 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).....	107

Figura 4.9 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV61 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).....	107
Figura 4.10 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV62 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).....	108
Figura 4.11 , Datos obtenidos en el re arranque dinámico en HV60 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).....	108
Figura 4.12 , Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV61 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).....	109
Figura 4.13 , Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV62 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).....	109
Figura 4.14 , Comportamiento de la barra HV60 durante la ejecución del “escenario 1” de LS.....	118
Figura 4.15 , Comportamiento de la barra LV61 durante la ejecución del “escenario 1” de LS.....	119
Figura 4.16 , Comportamiento de la barra LV62 durante la ejecución del “escenario 1” de LS.....	120
Figura 4.17 , Comportamiento de la barra HV60 durante la ejecución del “escenario 2” de LS.....	120
Figura 4.18 , Comportamiento de la barra LV61 durante la ejecución del “escenario 2” de LS.....	121
Figura 4.19 , Comportamiento de la barra LV62 durante la ejecución del “escenario 2” de LS.....	121
Figura 4.20 , Comportamiento de la barra HV60 durante la ejecución del “escenario 3” de LS.....	122
Figura 4.21 , Comportamiento de las barras LV61 durante la ejecución del “escenario 3” de LS.....	122

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1 Tiempos de ejecución de los pasos de re arranque.....	52
Tabla 2.2 Tipos de barra requerida para estudio flujo de potencia.....	61
Tabla 4.1 factores de operación aplicados en las barras de baja tensión.....	75
Tabla 4.2 Muestra los resultados del balance de potencia realizado.....	76
Tabla 4.3 Resultados del estudio flujo de potencia y las diferencia entre el simulador y EMCS (POTENCIA).....	77
Tabla 4.4 Resultados del estudio flujo de potencia y diferencias entre el simulador y calculo manual (POTENCIA REACTIVA).....	78
Tabla 4.5 Resultados del estudio flujo de potencia y las diferencia entre el simulador y EMCS (VOLTAJE).....	78
Tabla 4.6 Resultados del estudio flujo de potencia y las diferencia entre el simulador y EMCS (FACTOR DE POTENCIA).....	79
Tabla 4.7 Prioridad operacional-eléctrica de los motores a ser instalados debido a creación “ARU 3000”.....	83
Tabla 4.8 clasificación de los motores según su aislamiento.....	94
Tabla 4.9 Pasos de RS para los nuevos motores instalados en la S/E 6..	99
Tabla 4.10 potencia total (KVA) y disponible en cada barra de la S/E 6...	101
Tabla 4.12 , Perfiles de tensión en las barras antes de la secuencia de re arranque automático.....	106
Tabla 4.13 , tensión en las barras durante de la secuencia de re arranque automático.....	106
Tabla 4.14 , Muestra el paso de recorte de carga asignado a cada motor de ARU 3000.....	116
Tabla 4.15 , resultados de las simulaciones de los escenarios de LS planteados.....	123

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

PDVSA, Petrocedefío S.A. Es una operadora petrolera mixta conformada por la estatal Venezolana PDVSA (con una participación de 60%), TOTAL de Francia (con 30,3%) y Statoilhydro de Noruega (con 9,7%). Esta empresa mixta formada en la década de los 90, se encarga de la exploración, extracción, producción, mejoramiento y comercialización del crudo extrapesado proveniente de la faja petrolífera del Orinoco, del bloque Junín, en Zuata. El crudo presenta una gravedad de 8,5 °API, que dificulta su extracción, la cual se hace mediante perforación horizontal, inyectándole diluyente para aumentar su gravedad a 17°API y facilitar su transporte, El crudo es enviado a San Diego de Cabrutica donde es eliminado parte de las impurezas, para finalmente bombear 208 MBD hasta el mejorador ubicado en Jose, a través del oleoducto de 210 km. Se almacena y luego procesa en cuatro grandes áreas: Área 1: se encuentran las unidades de procesos de destilación atmosférica y vacío, coquificación retardada y recuperación de gases. Área 2: se encuentran las unidades Hidroprocesos, recuperación de aminas y azufre. Área 3: servicios industriales. Área 4: se encuentra manejo de sólidos, para obtener crudo liviano de 32° API (zuata sweet).

Para energizar las áreas mencionadas, el mejorador se alimenta del sistema interconectado nacional mediante dos líneas de 115 KV provenientes de EDELCA, luego transformación se llegan a los niveles pertinentes de alimentación (34,5 KV, 6,9 KV, 480 V) para los motores existentes en las S/E del mejorador. PETROCEDEÑO cuenta con 20 S/E, distribuidas en las

diversas áreas de trabajo según su requerimiento energético, posee una gran cantidad de motores a media (mas de 80) y baja tensión (mas de 1000) las subestaciones poseen un sistema de monitoreo y un sistema de control distribuido el cual brinda confiabilidad al sistema eléctrico del complejo.

En la subestación 6 se encuentra la unidad recuperadora de aminas (ARU cuenta con 2 plantas de la 3100 a 3200 hasta ahora), es uno de los “trenes” mas importantes del mejorador, esta formada por motores a media tensión (5 aprox.) y baja tensión (35 aprox.), la unidad tiene como función general la remoción del sulfuro de hidrogeno y de dióxido de carbono hallado en la amina rica proveniente de la unidad recuperadora de gases (área 1). Debido que las ARU existentes trabajan al máximo de su capacidad y limitaba la producción a menos de 180 MBD que se debía tener de zuata sweet (crudo de liviano 32° API) se creo una nueva unidad recuperadora de aminas (ARU 3000) también ubicada en la S/E 6.

En la creación de “ARU 3000” se instalaron motores a media (6,9 KV) y baja tensión (480V), por ello, se necesita replantear en el EMCS las secuencias de bote de carga, disparo y re arranque de motores, con el fin de tener un funcionamiento eficiente de la S/E 6 para esto se debe determinar los escenarios que se pudieran presentar, mientras opera la planta mejoradora, que ocasionen la activación de alguna secuencia, pudiendo así añadir parámetros de los nuevos motores al sistema de muestreo continuo con que se cuenta. Al no realizarse este estudio se tendrá un sistema de potencia poco eficiente, al momento de existir contingencia se dependerá del operador para recuperar la producción del área. Las funciones automáticas dan rapidez al sistema, cabe destacar que una actividad realizada por el EMCS en 10 Seg dura 1 hora o mas manualmente. La gerencia de planificación y mercadeo estima la hora de producción en 600.000 dólares.

La importancia y propósito de este trabajo es el actualizar las funciones disparo, rearranque y bote de carga del Sistema de Monitoreo y control (EMCS) para los nuevos motores asociados a la S/E 6 del mejorador con el fin de que posean un monitoreo continuo operando ARU 3000 confiablemente y asegurando la producción diaria del mejorador.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Actualizar de las funciones disparo, rearranque automático y bote de carga del sistema de monitoreo y control eléctrico (EMCS) para los nuevos motores eléctricos de media y baja tensión asociados a la subestación 6 del mejorador PDVSA-PETROCEDEÑO como consecuencia de la instalación de aru 3000”.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Desarrollar el modelo para la simulación digital del sistema eléctrico actual de la subestación 6 del mejorador mediante el estudio de flujo de carga usando software computarizado.
2. Jerarquizar de acuerdo a su criticidad los nuevos motores eléctricos instalados en la subestación 6 asociados a la nueva unidad recuperadora de aminas ARU3000.

3. Definir mediante estudio de escenarios, la función de Disparo Automático de motores eléctricos asociados a la subestación 6 del Mejorador.
4. Especificar mediante estudio de escenarios, la función de Rearranque Automático para los nuevos motores eléctricos existentes en la subestación 6 del Mejorador.
5. Establecer mediante estudio de escenarios, la función Recorte de Carga asociada a los nuevos motores instalados en la subestación 6 del mejorador.

1.3 JUSTIFICACION.

Las funciones de disparo, bote de carga y rearmado brindan confiabilidad al circuito eléctrico de cualquier empresa, debido a que son filosofías que el sistema de muestreo continuo ejecuta de manera automática, con la finalidad de proteger a los equipos ante cualquier falla o perturbación; sin embargo el disparo, bote de carga y rearmado automático son funciones poco vistas y estudiadas, de este punto deriva la importancia de esta investigación.

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación se realiza con el fin de generar nuevos métodos, obteniendo con esto el aumento del nivel de conocimiento de las personas interesadas en seguir buscando y ampliando su comprensión acerca de las funciones automáticas aquí estudiadas, sirviendo esta investigación como base para encontrar nuevas

formas de organizar el esquema de bote de carga y re arranque automático, así como el entender la secuencia del disparo de motores.

En lo personal con la realización de este proyecto de investigación se pondrá en manifiesto los conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera y permitirá sentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática aquí especificada. Esta investigación abrirá nuevos caminos para empresas que presenten situaciones similares a la que aquí se plantea o interesadas en la automatización de sus operaciones, sirviendo el presente trabajo como marco referencial.

1.4 ALCANCE:

- Este trabajo investigativo se basa, en cálculos necesarios para la aplicación de las secuencias automáticas realizadas por el EMCS a los nuevos motores instalados en la S/E 6, queda fuera del alcance de este informe de investigación la puesta en marcha del mismo.

1.5 LIMITACIONES:

- Para este trabajo de investigación, se tomaron en cuenta solo las variables eléctricas (voltaje, corriente, sobrecarga) para plantear los distintos escenarios de estudio.
- Las cargas esenciales y súper-esenciales no se toman en cuenta en este trabajo de investigación, debido que cuentan con alimentación propia (generador diesel) la cual se activa de forma automática.

- La secuencia transferencia automática, no se toma en cuenta en la realización este trabajo de investigación ya que solo se estudia la parte de disparo en baja tensión y no la re-energización de la barra.

1.6 DESCRIPCION DE LA EMPRESA.

1.6.1 Introducción.

Petrocedeño es una operadora petrolera resultante de la asociación estratégica de Total (Francia), PDVSA y Statoilhydro (noruega); su finalidad es producir hasta 200 mil barriles de crudo extrapesado de la Faja del Orinoco (8° API) y mediante un proceso de conversión y mejoramiento transformarlo en crudo sintético liviano de muy alta calidad (32° API, muy bajo en azufre) llamado Zuata Sweet. Igualmente se producen los subproductos coque (6000 toneladas diarias) y azufre (900 toneladas diarias).



Figura 1.1 Toma aérea del Mejorador de Crudo Extrapesado Petrocedeño

1.6.2 Operaciones de Petrocedeño.

Las operaciones de Petrocedeño se organizan en tres funciones: Producción, Mejoramiento y Mercadeo.

1.6.2.1 Producción.

El objetivo de la función de producción es garantizar el suministro de aproximadamente 200.000 barriles de crudo extrapesado al Complejo Industrial de Jose, para su procesamiento y conversión en producto comerciable.

Las actividades principales de producción de crudo son: Estudio de Yacimiento, Perforación de Pozos, Operaciones de producción, Tratamiento de Crudo y Transportación hasta el lugar de su mejoramiento.

1.6.2.2 Estudio de Yacimiento.

Esta función tiene como característica principal dar a conocer la magnitud y calidad de la zona o área asignada para la perforación de pozos. Con base en los estudios hechos al yacimiento de la Faja de Orinoco, se calcula que en el área asignada a Petrocedeño se encuentra una cantidad importante de barriles de petróleo extra pesado de 8.5° API.

1.6.2.3 Perforación de Pozos.

Petrocedeño produce 200.000 barriles diarios de crudo extra pesado mediante la perforación de 1500 pozos en Zuata. Todos los pozos están perforados en forma horizontal agrupados en macollas de 6, 12, 18 o 24

pozos. Las macollas ayudan a reducir esfuerzos y costos de mantenimiento, así como a reducir la cantidad de tuberías que se utilizan para la recolección de petróleo.

1.6.2.4 Operaciones de producción.

Éstas se refieren a la puesta en marcha de los equipos para bombear el petróleo. En caso de los pozos con petróleo extra pesado se utilizan las siguientes alternativas:

- Extraer el crudo por medio de una bomba sumergible dentro del pozo junto con bombas multifásicas en la superficie, mezclando el crudo en el cabezal con diluyente.
- Inyectar el diluyente directamente al pozo y bombear el crudo diluido con una bomba sumergible.

1.6.2.5 Tratamiento del crudo.

Una vez extraído de la superficie y separado del contenido de gas, el crudo se calienta y se pasa a una hidrotratadora donde se le extrae el agua; el crudo es separado del agua, se almacena en un tanque o se mezcla en línea con el diluyente hasta alcanzar 17° API. Luego es bombeado hacia el Mejorador en el Complejo Industrial de Jose.

1.6.2.6 Transporte.

La tubería para el bombeo entre Zuata y Jose es compartida con Petrozuata. El sistema consta de dos tuberías de 200 km cada una. Una tubería de 36 pulgadas lleva el crudo diluido a Jose y otra de 20 pulgadas regresa el diluyente a la estación de bombeo de Zuata.

1.6.3 Mejoramiento.

El objetivo del proceso de mejoramiento es tratar un crudo diluido pesado de 17° API con alto contenido de azufre y metales para convertirlo en un crudo sintético de 32° API, con menos de 0.1% de azufre y 3 ppm de metales, para comercializarlo en el exterior.

1.6.3.1. Visión General del proceso.

El crudo pesado diluido con nafta que llega al Mejorador, es tratado en unidades de destilación atmosférica y de vacío, Coquificación Retardada, Hidrotratadora e Hidrocraqueo para producir al final un crudo mejorado de alta calidad. En este proceso se obtienen dos productos secundarios: Azufre y Coke para el mercado de exportación.

1.6.3.2. Proceso de Mejoramiento.

El crudo diluido proveniente de la faja del Orinoco pasa por un desalador para eliminar el exceso de sal que contiene. Luego es alimentado a alta temperatura en la planta de destilación atmosférica. La corriente de nafta que separa y sale por el tope es enviada al campo de producción; la mezcla de componentes más pesados sale por el fondo de la columna de

destilación atmosférica y es sometida a alta temperatura en una destiladora al vacío.

En la unidad de destilación al vacío se disminuye la presión para obtener los destilados. Los destilados livianos son enviados a la unidad hidrotratadora y los destilados pesados a la unidad de Hidrocraqueo.

La mezcla de componentes extra pesados del fondo de la unidad de Destilación al Vacío se somete a altas temperaturas en la unidad de Coquificación Retardada; las moléculas largas y pesadas se craquean y los productos livianos que se obtienen en la unidad son enviados a la hidrotratadora y el destilado mediano es procesado en la unidad de Hidrocraqueo. En los tambores de Coquificación se forma el coke, el cual es removido para su disposición y comercialización.

Existen dos unidades manufacturadas de hidrógeno, elemento utilizado en las unidades de Hidrocraqueo e Hidratratamiento. En la Unidad Hidrotratadora se procesan los destilados livianos (LPG, nafta y gasóleos livianos) para la remoción del azufre y en la unidad de Hidrocraqueo se procesan los destilados medianos (gasóleo de vacío y gasóleo de coke) para someterlos a un craqueo ligero y remoción de azufre. Los gases ácidos son procesados en las unidades recuperadoras de azufre para la obtención del azufre y su posterior comercialización como azufre sólido. *Ver anexo A.*

Una vez culminado todo el proceso se obtiene el Zuata Sweet, considerado el liviano de mayor calidad que se extrae de cualquier crudo proveniente de la Faja del Orinoco; igualmente se obtienen 900 toneladas de azufre y 6000 toneladas de coke diariamente. *Ver anexo B.*

1.6.4 Mercadeo.

Petrocedefi o comercializa en el mercado internacional tres productos: Crudo mejorado, Azufre y Coke. La gerencia de mercadeo se encarga de vender los productos los cuales son despachados al exterior a través de muelles ubicados en el Complejo Industrial Jose. *En el anexo C* se muestra un grafico del muelle de embarcación y la tubería para el suministro de azufre desde el tanque al muelle de exportación.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 ANTECEDENTES.

De las investigaciones propias realizadas acerca del tema se puede extraer lo siguiente:

Figueroa R. (2005), realizo una investigación para proponer mejoras al sistema que controla el arranque y la parada de los motores en la casa de bombas de la refinería de Puerto La Cruz utilizando las nuevas tecnologías existentes en el mercado, en dichas mejoras Figueroa utilizo relé numéricos e implemento nuevas protecciones a los equipos con la finalidad de mejorar la estabilidad, confiabilidad al sistema de potencia obteniendo un mejor registro de fallas. [3]

Mérida R. (2007), llevo a cabo una investigación con el fin de realizar un estudio de cargas al sistema eléctrico de la refinería de Puerto La Cruz en dicho proyecto se baso en el análisis de los diferentes centros de control de motores que se encuentran en la refinería, clasifíco los motores según la operación a realizar para luego poder realizar el estudio de cortocircuito y flujo de carga mediante el software ETAP 5.5.5. [4]

Marcano L. (2007), realizo un proyecto investigativo en el cual elaboro una propuesta para la coordinación de protecciones de la subestación Tucupita usando la herramienta computacional Digsilent powerfactory, planteo una nueva coordinación de protecciones, tomando en cuenta las nuevas tecnologías del equipamiento de protecciones y los valores de cortocircuito, flujo de carga arrojados por el software utilizado. [5]

León, P. (2004), realizo un proyecto de investigación en el cual se preciso un estudio de estabilidad y bote de carga para los motores, investigación importante donde estudia criticidad de motores para dar paso a los escenarios de bote carga. [6]

Array Y. (2004), realizo un proyecto investigativo en el cual simulo todas las condiciones de arranque de equipos existentes en el complejo mejorador SINCOR (ahora PETROCEDEÑO). [7]

Los trabajos investigativos realizados anteriormente certifican que la implementación de un buen sistema de supervisión es vital para el funcionamiento confiable de cualquier empresa.

2.2 BASES TEORICAS.

2.2.1 Motores asíncronos o de inducción.

Son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120°. Según el Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{Ec.2.1})$$

Entonces se da el efecto Laplace (ó efecto motor): todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto Faraday (ó efecto generador): en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión.

El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estator, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción.

La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor.

La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

La diferencia entre el motor a inducción y el motor síncrono es que en el motor a inducción el rotor no es un imán permanente sino que es un electroimán. Tiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito) a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. **[1]**

2.2.2 Tipos de motores asincrónicos y forma Constructiva.

El motor de jaula de ardilla consta de un rotor constituido por una serie de conductores metálicos (normalmente de aluminio) dispuestos paralelamente unos a otros, y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su

similitud gráfica con una jaula de ardilla. Esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico muy eficaz, simple y muy robusto.

El motor de rotor bobinado tiene un rotor constituido, en vez de por una jaula, por una serie de conductores bobinados sobre él en una serie de ranuras situadas sobre su superficie. De esta forma se tiene un bobinado en el interior del campo magnético del estator, del mismo número de polos, y en movimiento. Este rotor es mucho más complicado de fabricar y mantener que el de jaula de ardilla, pero permite el acceso al mismo desde el exterior a través de unos anillos que son los que cortocircuitan los bobinados. Esto tiene ventajas, como la posibilidad de utilizar un reóstato de arranque que permite modificar la velocidad y el par de arranque, así como el reducir la corriente de arranque.

En cualquiera de los dos casos, el campo magnético giratorio producido por las bobinas inductoras del estator genera unas corrientes inducidas en el rotor, que son las que producen el movimiento.

2.2.2 Arranque de motores.

El arranque de motores se puede definir como el proceso de puesta en marcha de una máquina eléctrica. En el caso de un motor de inducción, para que esta operación se pueda llevar a cabo, es preciso que el par de arranque sea bastante superior al par resistente de la carga, de esta forma se obtiene un momento de aceleración que obliga a girar al rotor a una velocidad cada vez más elevada, obteniéndose el régimen permanente cuando se igualan

pares motor y resistente. Este par de arranque debe lograrse sin un excesivo valor de la corriente en la conexión del motor a la red y durante todo el proceso de aceleración. A este propósito se debe que en la mayoría de los casos esté contraindicado e incluso prohibido el arranque directo, teniendo que recurrir por tanto a los métodos correspondientes para limitar la intensidad de arranque a tenor de la potencia del motor.

En la actualidad existen métodos de arranque que permiten minimizar las corrientes excesivas durante el arranque. A continuación se describen algunos de estos métodos utilizados para el arranque de motores de inducción.

2.2.2.1 Métodos de arranque más usados.

Cuando ocurre el arranque de un motor, generalmente las corrientes en ese instante son muy elevadas; esta situación puede afectar en gran magnitud la caída de voltaje en un sistema eléctrico.

Existen diferentes métodos utilizados en el arranque de un motor; muchos de éstos han sido diseñados para minimizar la corriente durante el arranque y así disminuir el efecto negativo sobre los voltajes durante el mismo.

2.2.2.1.1 Arranque Directo.

Un motor es arrancado en forma directa cuando a sus bornes se le aplica directamente la tensión nominal a la que debe trabajar. Si el motor arranca a plena carga, el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente muy superior a la nominal, lo que hace que las líneas de

alimentación incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa se produzca una caída de tensión. La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 6 a 8 veces la corriente nominal del motor.

Este método de arranque es indicado para las máquinas de pequeña y mediana potencia, sin embargo no es recomendado si el arranque debe hacerse lenta y progresivamente (determinados montacargas, cintas transportadoras, etc) debido a su elevado par inicial de arranque (fijado por el tipo de construcción del rotor y cerca de 1,5 veces el par nominal).

En la figura 2.1 se representa el circuito de potencia del arranque directo mediante contactores.

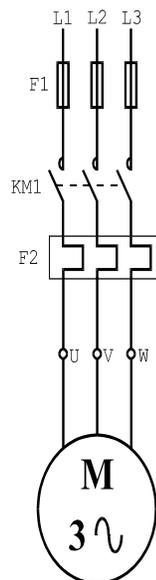


Figura 2.1 Arranque directo de un motor trifásico de inducción.

Al entrar en contacto el contactor trifásico KM1 (por medio de un pulsador de marcha), entra en servicio el motor a su valor nominal de tensión. F1 es un fusible y F2 un relé trifásico de sobrecorriente de efecto térmico.

La maniobra se detiene por medio de un pulsador de paro o por disparo del relé térmico F2.

La figura 2.2 siguiente muestra las características de las curvas tanto de corriente (izquierda) como de torque (derecha) de uno de los arranque de motores mas usados por su simplicidad como lo es el arranque directo o a plena tensión.

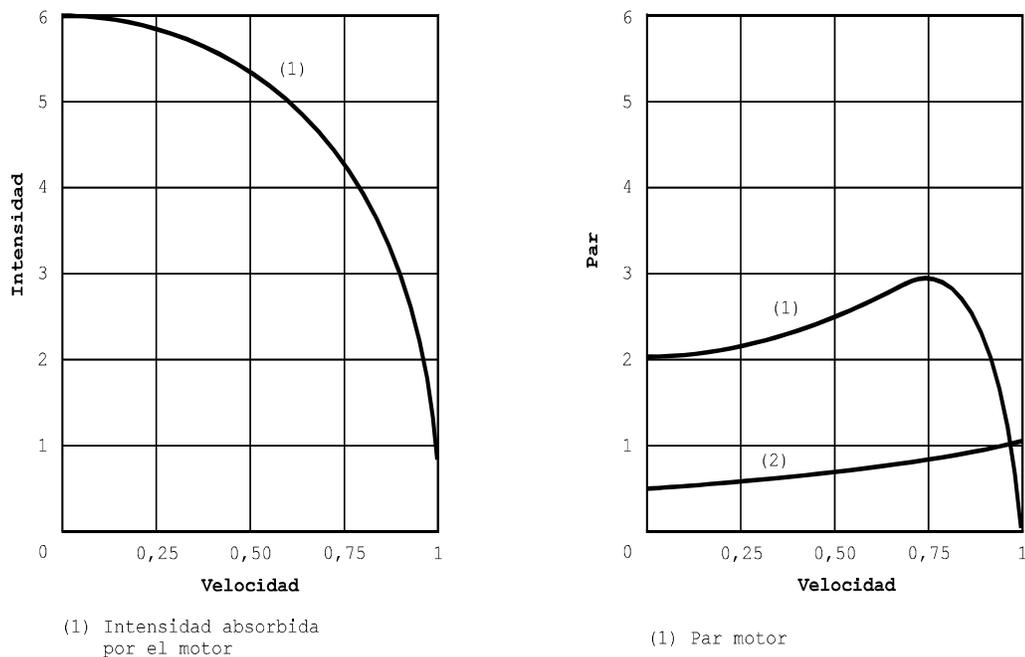


Figura 2.2 Curvas características Intensidad-Velocidad y Par-Velocidad.

2.2.2.1.2 Arranque Estrella triángulo.

Es el procedimiento más empleado para el arranque a tensión reducida debido a que su construcción es simple, su precio es reducido y tiene una buena confiabilidad.

La finalidad de esta forma de arranque es la de reducir la intensidad absorbida por el motor durante el periodo de arranque, en detrimento de su par. Este método solo será aplicado a motores trifásicos donde los dos extremos de los dos devanados estén accesibles. Además, estos motores deben estar preparados para funcionar en triángulo con la tensión de la red.

Consiste en arrancar el motor conectando sus devanados en estrella, quedando estos sometidos a una tensión por fase igual a la tensión compuesta de la red dividida por 1.73, o sea a un 58% de la tensión nominal. Una vez que el motor alcanza una cierta velocidad de giro (se aconseja que sea, al menos, del 80% de la velocidad nominal), se conectan los devanados en triángulo, pasando la tensión de fase a ser igual a la tensión compuesta de red. El par se reduce con relación al cuadrado de la tensión de alimentación y es igual al tercio del par proporcionado por un motor con arranque directo. Por tanto, éste método se utiliza en motores que inician su marcha con demanda de par resistente inferior al nominal. La figura 2.3 representa el circuito de potencia del triángulo realizado con tres contactores.

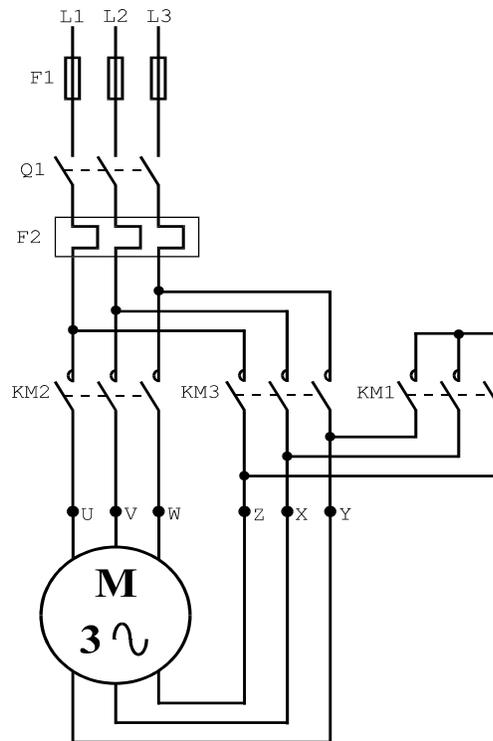


Figura 2.3 Arranque estrella triángulo de un motor trifásico de inducción.

Inicialmente actuarán, por medio de un pulsador de marcha, los contactores KM1 y KM2, con lo que el motor funciona en conexión estrella. Pasado un tiempo un contacto temporizador de KM2 desconecta KM1 y conecta a continuación KM3, obteniéndose la conexión en triángulo.

El paro se realiza mediante un pulsador de paro o por disparo del relé térmico F2.

Características del arranque estrella-triángulo:

- Par de arranque: 33% del par de arranque directo.

- Tensión de arranque: $U_f = \frac{UL}{\sqrt{3}}$ (Ec. 2.2).

- Intensidad de arranque: $I_f = \frac{IL}{\sqrt{3}}$ (Ec. 2.3).

- U_f - Tensión de fase.
- UL - Tensión de línea.
- I_f - Intensidad de fase.
- IL - Intensidad de línea.

Este tipo de arranque tiene el inconveniente de que al pasar de un punto a otro durante la fase de arranque hay un período en que falta corriente al motor, lo que repercute en el arranque. La corriente absorbida en el período de arranque puede oscilar entre 1,3 a 2,6 veces la I nominal y el par entre 0,2 y 0,5 el par motor.

La Figura 2.4 representa las curvas Intensidad-Velocidad y Par-Velocidad.

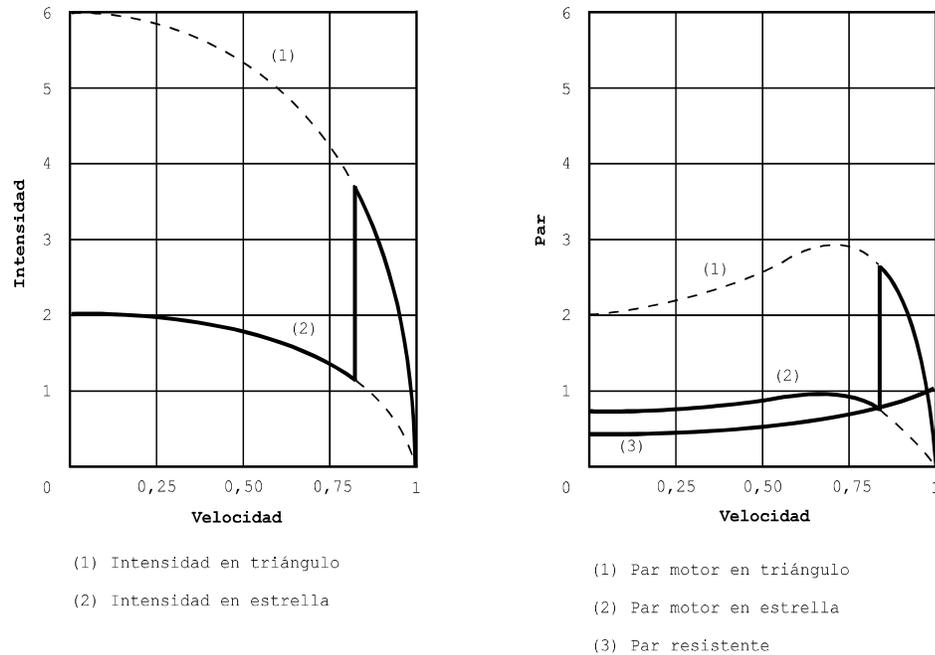


Figura 2.4 Curvas intensidad-velocidad y par-velocidad.

2.2.3 Sistema de monitoreo.

Es una herramienta valiosa que permite mantener bajo supervisión el circuito de potencia con el propósito de detectar fallas incipientes, permitiendo tomar acciones de inmediato y así prolongar la vida útil del equipo monitoreado evitando de tal forma la pérdida total del equipo debido a fallas destructivas.

En los actuales momentos, se dispone de equipos con metodologías capaces de supervisar en tiempo real o dicho de otra manera de monitorear continuamente en operación comercial los sistemas de potencia, cuya información no sólo evalúa su condición de operación, sino que detecta las posibles fallas que se podrían presentar, mientras que el circuito se mantiene

en operación comercial, así como también la presencia de fallas muy diminutas que van evolucionando a través del tiempo (fallas incipientes). [3]

Todo sistema de monitoreo en línea (continuo), consiste principalmente de sensores, sistemas de adquisición de datos, herramientas para el manejo de información y métodos para la evaluación de la condición operativa de dichos componentes del circuito. [2]

La arquitectura básica del sistema de monitoreo continuo, se puede definir, como varias etapas sucesivas (figura. 2.5), las cuales se describen a continuación:

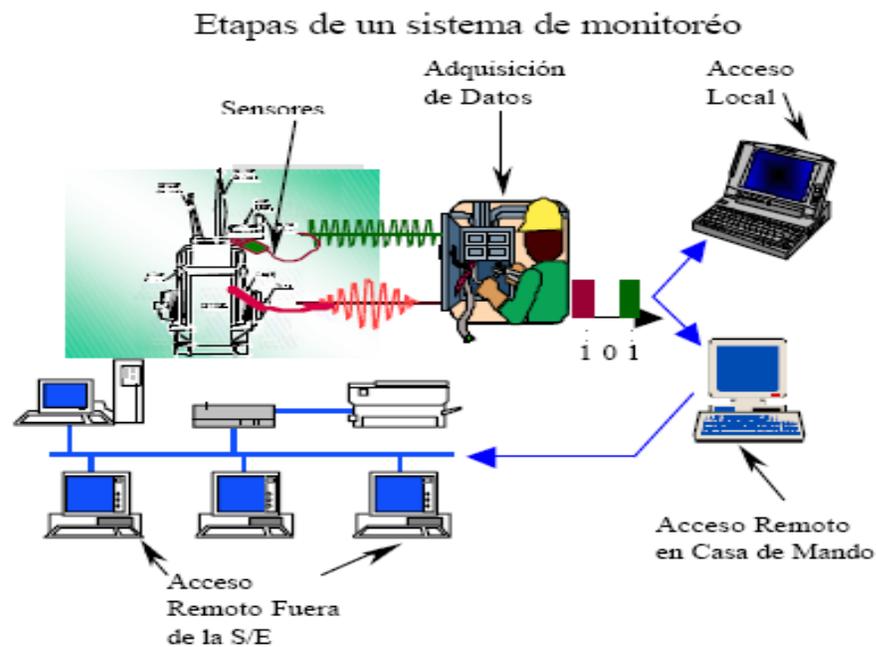


Figura. 2.5 Estructura del Sistema de Supervisión, fuente bibliográfica [2].

De la figura anterior se deben definir las siguientes etapas:

- **Sensar:** Medir los parámetros de interés en el equipo.
- **Convertir:** Transformar las señales medidas analógicas en señales digitales.
- **Transmitir:** Enviar las señales digitales a un computador.
- **Analizar:** Comparar la señal recibida del transmisor, con una señal de referencia (definida y ajustada por el usuario).
- **Evaluar y alertar:** El computador presentara alertas, por niveles, si existen desviaciones en la comparación.

2.2.3.1 Sistema de control y monitoreo eléctrico del mejorador.

El sistema de control y monitoreo eléctrico (EMCS) usado en PDVSA-PETROCEDEÑO, es el encargado de supervisar y controlar todo el sistema eléctrico del mejorador, Hay un controlador de lógica programable (PLC), una estación de supervisión (P1200) en cada subestación y el en CCR (sala de control), Todos ellos están interconectados entre si.

Las estaciones P1200 permiten al operador efectuar maniobras eléctricas (ej. abrir/cerrar interruptores) y supervisar el estado y las alarmas de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generador de emergencia, UPS, etc.).

La subestación 6 del mejorador esta bajo supervisión continúa del sistema de control y monitoreo eléctrico (EMCS) y este es el encargado de

hacer llegar la información de las variables eléctricas como lo son tensión, corriente, potencia y factor de potencia a las salas de control y al sistema de control distribuido (DCS), para que este último pueda enviar señales al operador de turno en cuanto al estado de los equipos (listo para arrancar, alarmas, etc.).

El sistema de control emite 3 tipos de alarma las cuales son:

- [I]: esta significa un evento ocurrido sin mucha importancia son de color amarillo.
- [I/U] son alarmas de carácter urgentes son mostradas de color rojo.
- [I/O]: falla a nivel de sistema (PLC), son mostradas en color amarillo.

Las condiciones para el reporte de Alarmas son las siguientes:

- PRESENTE No Reconocida: En color (rojo o amarillo.) Titilando.
- PRESENTE Reconocida: En color (rojo o amarillo.) Fijo.
- AUSENTE No Reconocida: En blanco Titilando.

La data suministrada por el sistema de supervisión luego de algún inconveniente es:

- Fecha y hora, tipo y condición de la alarma.

- Subestación, switchgear y TAG del equipo en falla.
- Descripción de la falla y número índice para búsqueda en histórico.

Ver el *anexo D* donde se muestra el diagrama acerca del funcionamiento del EMCS con el sistema de control distribuido (DCS), se tienen vistas de la pantalla del sistema de monitoreo control eléctrico.

2.2.4 Bote de carga.

El bote de carga, consiste en la desconexión intencional de circuitos eléctricos del sistema, para aislar bloques de consumo de energía y disminuir la carga (en potencia) exigida al sistema.

La acción de los botes de carga se planifica y se realizan como un complemento a los controles primarios y secundarios ante fallas en la red, aplicables sólo como medida de respaldo en situaciones de emergencia, cuando se presentan deficiencias severas de generación o de inestabilidad del sistema.

De presentarse un evento de esta naturaleza, al actuar selectivamente, el bote de carga despeja bloques de potencia tal que eviten el colapso del sistema por un desbalance entre la capacidad de generación disponible y la carga exigida. [9]

2.2.4.1 Secuencia bote de carga automático ejecutado por el EMCS.

La secuencia del bote de carga es ejecutada por el sistema de control eléctrico cuando:

- Ocurre una sobrecarga en los alimentadores del sistema ya sea a nivel de alta (115 KV), media (6,9 KV) o baja tensión (480 V).
- Se activara, bote de carga cuando exista un requerimiento externo (sistema interconectado) debido al gran consumo de potencia.
- En media tensión se activa la secuencia si se tiene un voltaje menor a 65% Vn por mas de 0.6 Seg. Es decir que la secuencia de LS sirve de “respaldo” al disparo de motores de media tensión en caso de que le ocurra alguna condición de bloqueo a este.
- En baja tensión la función bote de carga, puede activarse cuando hay un requerimiento de la secuencia transferencia automática (AT) y esta es bloqueada (por condiciones de protección o falla en el PLC) puede darse el caso que AT no esta activada (ocurre poco), lo que se implica que el requerimiento del bote de carga el cual sirve de “respaldo” al disparo de motores en baja tensión.

La función automática de loadshedding se ejecuta en 3 pasos los cuales son:

- Paso 1: motores de baja importancia para el sistema.
- Paso 2: motores de importancia media para operación del sistema.
- Paso NS: motores de importancia alta para la operación del sistema.

Los motores de “Paso 1” serán los primeros que se le aplique el bote de carga, si la condición (sobrecarga o bajo voltaje) se mantiene por más de 10 Seg. Se desconectan los motores con paso de loadshedding (LS) 2, si se mantiene por más de 10 Seg. Entonces salen de funcionamiento los de “Paso NS”.

Cuando la secuencia esta activada y se recupera las condiciones de operación ($V > 85\%$ del Voltaje nominal), no aplica bote de carga a los pasos restantes, es decir, se desactiva la función de manera automática siempre que el sistema posea un voltaje mayor al 85% del V_n .

El tiempo de ejecución de la función esta distribuida de la siguiente manera:

- Detección de bajo voltaje: 0.1 Seg.
- Confirmación de bajo voltaje: 0.3 Seg (BT) y 0.6 Seg (MT).
- Inicio de la secuencia: 1 Seg.

La secuencia se bloqueara en caso de tener fallas a nivel del PLC. Mientras se ejecuta la secuencia.

2.2.4.2 Relación entre el bote de carga y el disparo de motores.

En media tensión el bote de carga sirve de respaldo al disparo automático de motores en caso de que este debido a condiciones del sistema presente algún bloqueo. En media tensión el bote de carga se activa para el

mismo nivel de voltaje que el disparo automático (65% del V_n), la diferencia se encuentra en el tiempo de espera para requerir la función siendo mayor el de loadshedding (bote de carga) con 0.6 Seg, al pasar este tiempo con presencia de bajo voltaje, se considera que la secuencia fallo por tanto se activa su respaldo o bote de carga. En baja tensión ocurre lo similar, solo que el tiempo de espera para requerir el bote de carga se reduce a 0.3 Seg, esto se debe a que el sistema considera como fallada la secuencia de transferencia automática, por ende activa el bote de carga como respaldo.

En la Figura 2.6 se muestra el gráfico funcional de la secuencia bote de carga automático, se puede notar las etapas de la metodología automática explicada anteriormente.

2.2.5 Rearranque de motores.

El rearranque es una filosofía que busca reanudar la operación de los motores de la manera más rápida posible, funciona mediante la ejecución de pasos los cuales son programados previamente. Esta función brinda confiabilidad en la producción de cualquier empresa.

2.2.5.1 Filosofía operacional de rearranque ejecutada por el EMCS.

Cuando se detalla la filosofía operacional del rearranque de equipos se debe estudiar la manera automática con que se cuenta para realizar dicha secuencia.

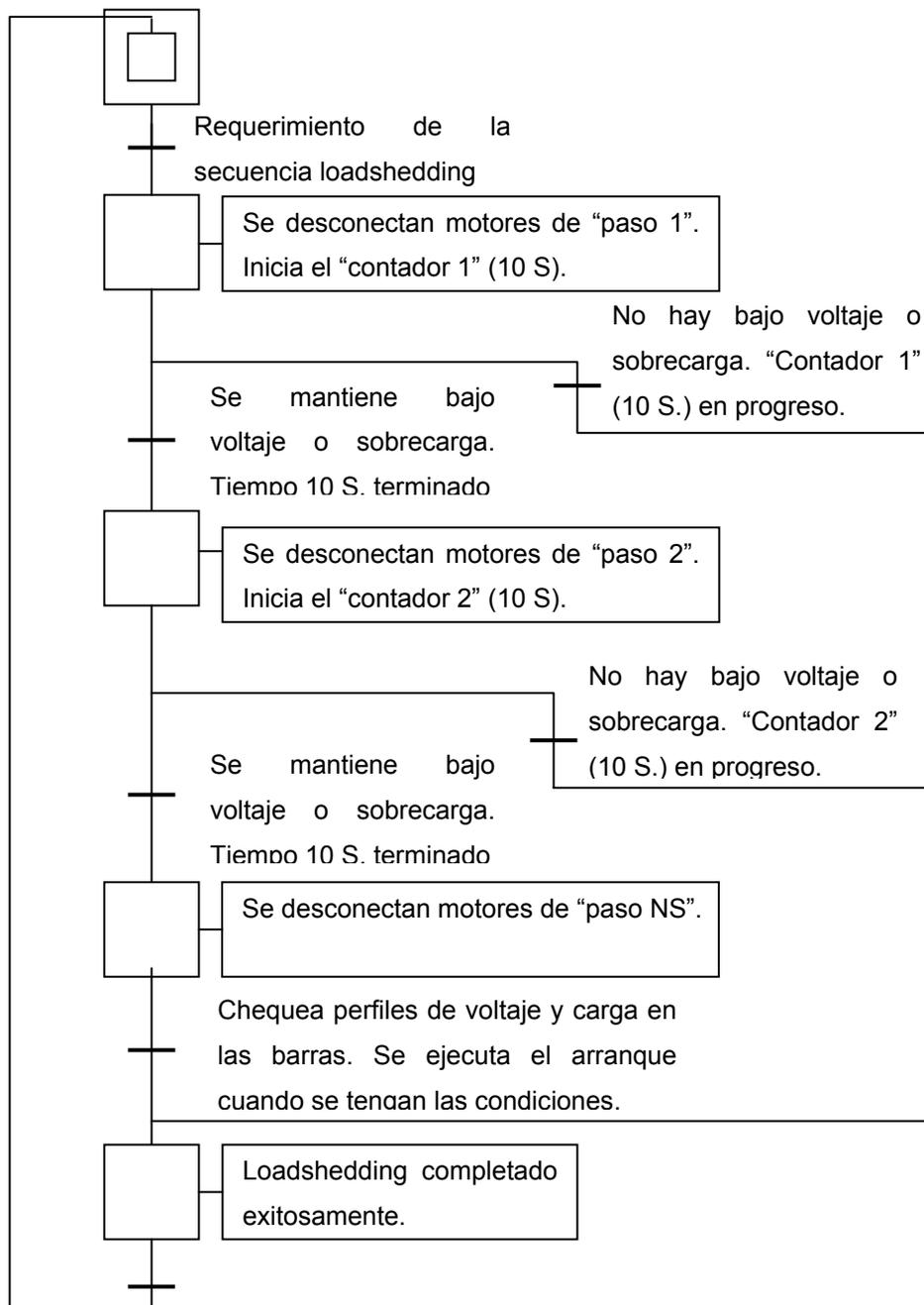


Figura 2.6, Muestra grafico con la ejecución de la secuencia de loadshedding (bote de carga).

2.2.5.2 Secuencia re arranque automático mediante EMCS.

La filosofía del re arranque automático se activara luego de que haya ocurrido un disparo de motores o bote de carga, siempre y cuando se cumpla con la condición:

- El voltaje del sistema debe estar por encima del 85% de su valor de tensión nominal.

La secuencia re arranque tiene un periodo de ejecución de 0.05 Seg. Aproximadamente, este es el tiempo de duración del EMCS en el envío de la señal al PLC para el inicio de la función, el límite de tiempo viene dado por:

- Las condiciones de bloqueo: entre las condiciones de bloqueo a media tensión (6,9 KV) resalta que el voltaje debe ser recuperado a más del 85% en 2 Seg. máximo.

En baja tensión (480 V) la función se bloqueara si se cumplen 30 Seg. Y el último paso de re arranque no fue ejecutado, la secuencia se bloqueara si se tiene un periodo de transferencia automática mayor a 50 Seg. (debido a que es el periodo que dura dicha función esperando a que llegue la tensión para energizar circuitos, al no poder energizar no habrá re arranque automático posible), si la función de transferencia automática dura mas de 17 seg (en caso de falla en una línea de alimentación).

- *Los pasos de re arranque requeridos por el sistema:* esta condición esta ligada al tiempo de ejecución, se maneja que cada paso de

rearranque dura por lo menos 0.5 Seg. Según el número de pasos que se programen la filosofía durara un tiempo determinado.

El complejo mejorador tiene un total de 14 pasos los cuales se van accionando cada 1.5 seg aproximadamente. Es de resaltar que el rearranque se va haciendo de manera simultánea en todas las subestaciones (en caso de falla general).

La subestación 6 del mejorador posee actualmente un total de 7 pasos los cuales se van ejecutando cada 3.5 Seg. Ese tiempo se fijo debido a que se quiere mantener el sistema de potencia estable al momento de ir accionando los pasos de rearranque.

Luego que la secuencia se bloquea se realizara el rearranque (RS) de motores de manera manual desde el DCS o la estación de control local.

La Figura 2.7, muestra el grafico funcional de la secuencia rearranque automático aplicada por el sistema de monitoreo y control eléctrico existe en el mejorador PDVSA-PETROCEDEÑO.

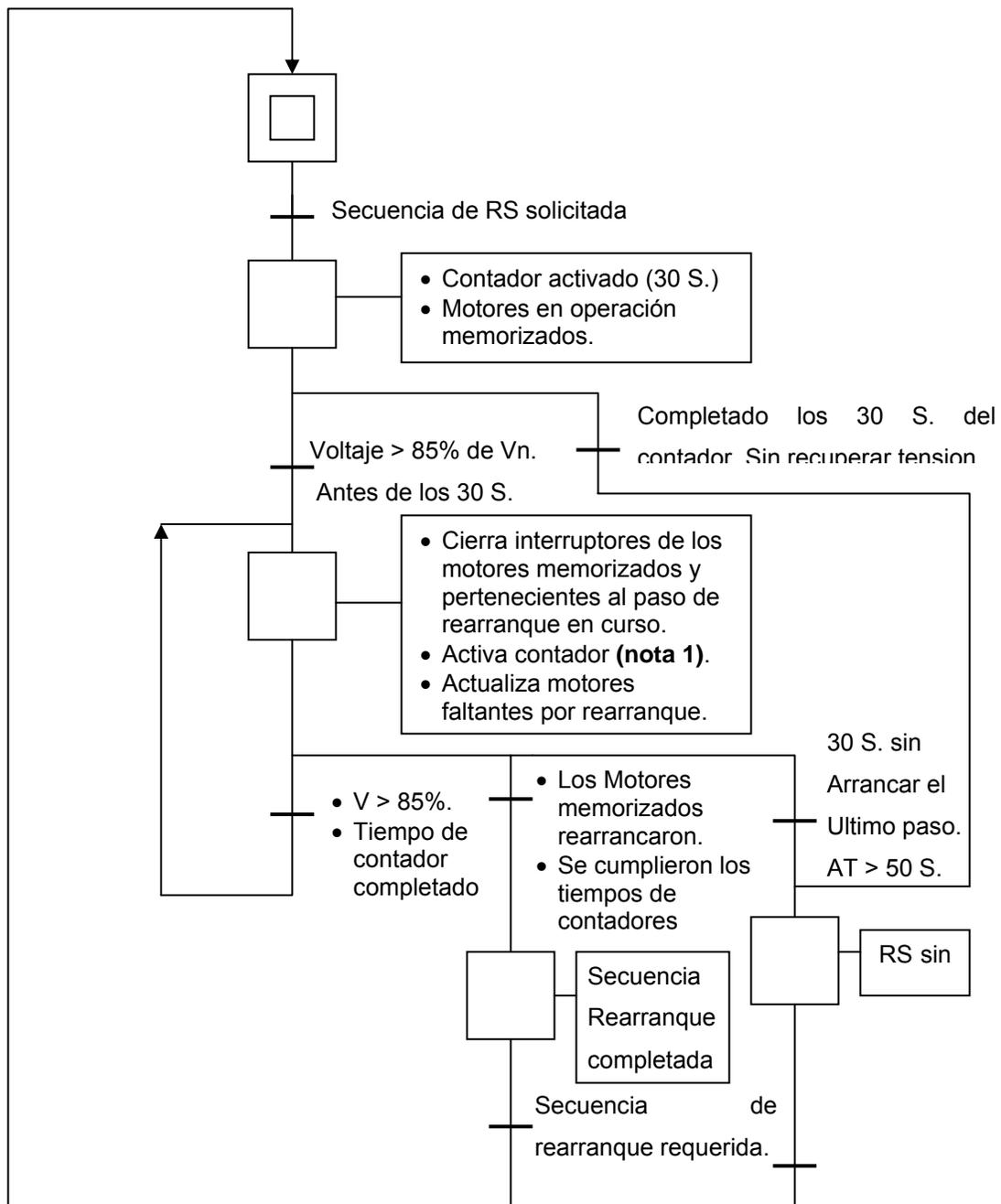


Figura. 2.7 grafico funcional de la secuencia del reanque automático realizado por el EMCS.

Nota 1: el contador activado en la “etapa 2” se refiere al tiempo que se tomara en realizar “un paso” de rearmar, el cual es programado en el EMCS directamente y varía según el número de pasos que se tenga.

Los pasos de rearmar en la subestación 6 serán ejecutados en los tiempos apreciados en la siguiente tabla.

Tabla 2.1 Tiempos de ejecución de los pasos de rearmar.

N° PASO	TIEMPO (SEG.)
1	0
2	3.5
3	7
4	10.5
5	14
6	17.5
7	21

Para que pueda existir un rearmar automático por lo general debe haber sucedido un disparo de motores o un bote de carga nuevo, la manera en que se ejecuta la secuencia disparo-rearmar y bote de carga-rearmar, se pueden apreciar en los gráficos siguientes:

GRAFICO, TRIPPING (TP)-RESTARTING (RS)

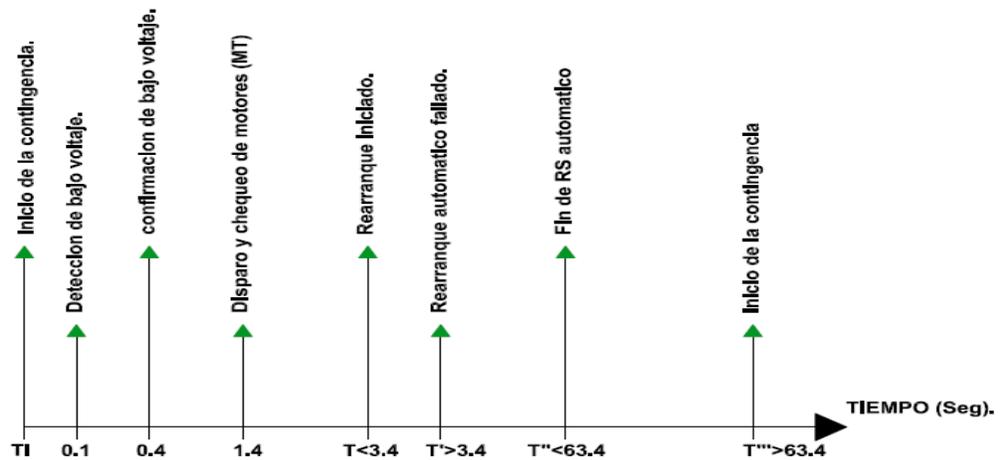


Figura 2.8 ejecución de la función de Disparo – Rearranque automático en media tensión.

GRAFICO, TRANS. AUTO (AT) - RESTARTING (RS)

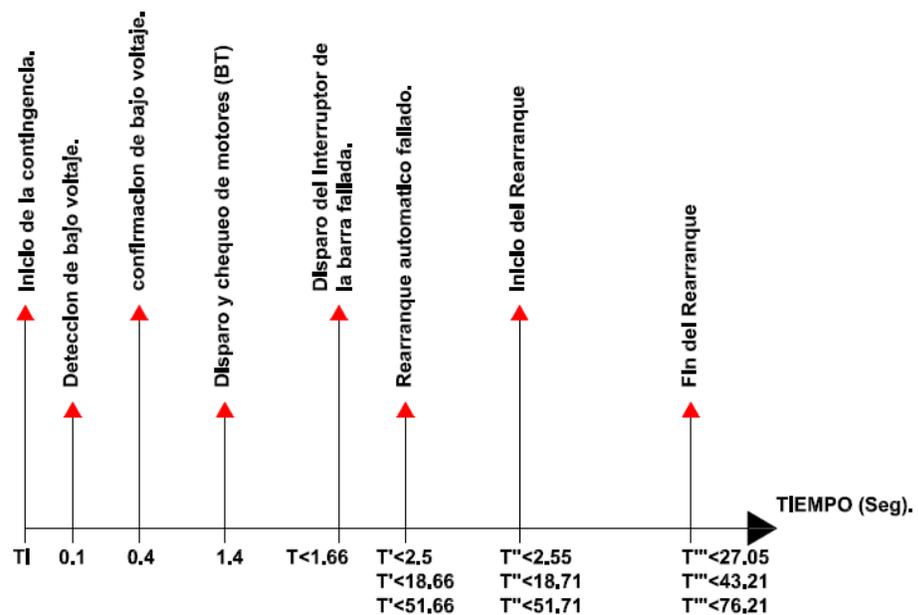


Figura 2.9 ejecución de la secuencia disparo – Rearranque automático en baja tensión.

GRAFICO, LOADSHEDDING (LS) POR SOBRECARGA

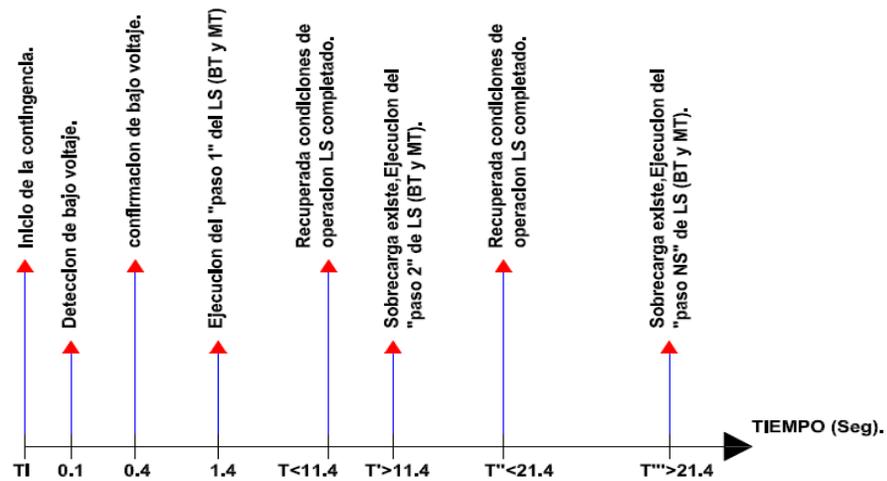


Figura 2.10 secuencia de loadshedding y re arranque debido a sobrecarga.

GRAFICO, LOADSHEDDING (LS) POR BAJO VOLTAJE

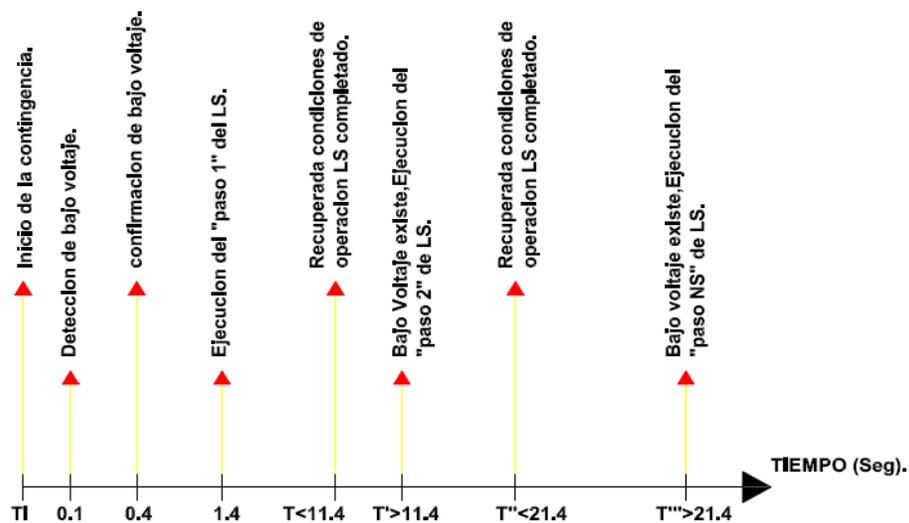


Figura 2.11 secuencia del bote de carga y re arranque en MT y BT debido a baja tensión.

2.2.6 Software ETAP PowerStation.

ETAP PowerStation es un programa de 32 bits que permite el análisis de sistemas eléctricos de potencia de manera gráfica, desarrollado para los sistemas operativos Microsoft® Windows® 2000 y XP, se puede indicar que es la herramienta más completa de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales.

Se considera Power Station una base de datos finalmente integrada para sistemas eléctricos, permitiendo tener vistas o presentaciones múltiples de un sistema para propósitos diferentes de diseño o análisis.

El programa se ha diseñado según tres conceptos claves:

- *Operación de realidad virtual.* La operación del programa parece una operación verdadera de sistema eléctrico tan estrechamente posible. Por ejemplo, cuando se abre o cierra un interruptor, pone un elemento fuera de servicio, cambia la condición activa de motores, los desenergizados elementos y los subsistemas se indican sobre el diagrama en gris. Power Station incorpora nuevos conceptos para la coordinación de dispositivo protector directamente desde el diagrama en línea.
- *Integración total de datos.* Power Station combina los atributos eléctricos, lógicos, mecánicos, y físicos de elementos de sistema en la misma base de datos. Por ejemplo, un cable no solamente contiene datos que representan sus propiedades eléctricas y dimensiones

físicas, pero también existe información que indica por donde se encamina. Así los datos para un cable único pueden usarse para flujo de carga o análisis de cortocircuito (que requiere conexiones y parámetros eléctricos) así como también la capacidad de amperios para los cálculos (que requieren datos físicos). Esta integración de los datos provee consistencia a lo largo del sistema y elimina entradas múltiples de datos para el mismo elemento.

- *Simplicidad en la entrada de datos.* Power Station guarda datos detallados para cada aparato eléctrico. Los editores de datos apuran entrada de datos por requerir los datos mínimos para un estudio particular. A fin de lograr esto, nosotros hemos estructurado los editores de propiedad en la manera más lógica para introducir datos para tipos diferentes de análisis o diseño.

Se puede utilizar ETAP como:

- *Simulador de Sistemas de Potencia,* ya que posee Una línea completa de herramientas de ingeniería eléctrica, para satisfacer las necesidades de simulación, diseño y análisis de cualquier circuito de Potencia.
- *Ayuda en la selectividad y Coordinación de Protecciones,* esto se debe a que es un programa de análisis de la secuencia de operación y selección de equipos de protección, con una librería validada y verificada de más de 100.000 equipos.

- *Simulación Avanzada y Prueba Transitoria de Relés* los Equipos de medición y pruebas de relees (respuesta en estado estacionario y transitorio) estan integrados en el programa de coordinación de protecciones de ETAP.
- *Sistema de Gestión de Energía*, Diseñado para optimizar y automatizar la operación del sistema, minimizar pérdidas, reducir los picos de consumo de energía, gestionar desde el lado de la carga, reducir el costo de la energía y maximizar la seguridad del sistema, utilizando unos poderosos y robustos algoritmos para determinar la mejor configuración del sistema basado en datos en Tiempo real.
- *Solución Automática Inteligente para Gestión de Subestaciones*, debido a que las nuevas subestaciones “inteligentes” ahorran tiempo y dinero en la automatización de subestaciones con interruptores y CCM supervisados por el sistema en Tiempo Real de ETAP. El sistema de Tiempo Real de ETAP supervisa, controla optimiza y automatiza de manera continua la instalación.

2.2.7 Estudio de flujo de carga.

Es un estudio que permite Confirmar que las tensiones en las barras estén dentro de un rango permitido o recomendado de tensión, de acuerdo con requerimientos particulares del Proyecto (Criterios de Diseño) o estándares y normas nacionales e internacionales, permite definir la capacidad de las Barras principales (Amperios) con el análisis de flujo de carga se puede determinar el TAP de los transformadores de potencia para

mantener las tensiones de operación dentro de los rangos permitidos; sin embargo en este proyecto de investigación el estudio de flujo de carga servirá para determinar que el modelo de simulación a usar tiene respuestas similares a las del sistema de potencia de la subestación 6, por tanto podrá ser tomado para saber el comportamiento del circuito ante los escenarios planteados, obteniendo resultados confiables. **[4]**

Generalmente, para el estudio del flujo de carga se precisa de una información detallada. Datos como impedancias complejas, valores nominales de los condensadores, impedancias y cambio de tap de los transformadores deben ser considerados. Al conocer el estado del sistema, es decir magnitud y ángulo en cada barra para satisfacer una demanda dada, se pueden determinar los flujos de potencia entre barra y barra, es decir, se conoce la estructura total del sistema.

La formulación matemática del problema de flujo de carga para determinar el estado del sistema resulta en un conjunto de ecuaciones algebraicas no lineales, debido a ello, la solución del sistema de ecuaciones está basada en la utilización de técnicas iterativas Normalmente se usa el método iterativo de Gauss-Seidel o el método de Newton-Raphson. **[10]**

En cada barra de un sistema eléctrico de potencia está presente siempre la magnitud del voltaje (V), el ángulo (δ), la potencia activa (P) y la potencia reactiva (Q). En cada barra dependiendo de su tipo, se especifican dos de estas variables y se calculan las otras dos. **[8]**

Normalmente pueden especificarse para el estudio de flujo de carga, tres tipos de nodos o barras:

- **Barra Oscilante o Referencia (SLACK)**

Esta barra se especifica siempre por una tensión constante en magnitud (V) y fase (δ), la cual si se toma como base para todo el sistema tomará un valor determinado dependiendo de las condiciones de carga.

Físicamente, la barra de referencia debe ser una barra generadora o de alcance, es decir, una línea terminada a otros sistemas, por lo que es posible una amplia variedad de valores de P_{Gi} y Q_{Gi} .

La barra de referencia debe ser equipada con el generador cuyo gobernador de velocidad sea el más sensitivo. De esta manera, será la primera máquina en reaccionar ante una caída o aumento de carga y ante cualquier otra situación.

- **Barra de Carga (PQ)**

Este tipo de barra identificará a cualquier barra, con magnitudes conocidas de potencia activa (P) y potencia reactiva (Q). Esto incluirá cualquier barra sin generación, ya que P y Q serán cero. Debido a esta condición estas barras se conocen como “carga”.

Las barras de carga son las más comunes, ya que comprenden más del 80% e todas las barras. Las incógnitas a despejar en estas barras son las magnitudes de voltaje y ángulos de fase requeridos para mantener los valores fijos de potencia activa y reactiva generada.

- **Barra de Generación (PV)**

Esta barra normalmente se denomina barra de voltaje controlado y siempre tiene generación conectada.

Tomado en consideración que las dos principales acciones posibles de control directo en el lazo PT (Gobernador de velocidad) y lazo Qv (Sistema de excitación) permiten controlar la potencia generada y el voltaje se puede, en consecuencia, fijar estos valores e interpretarlos como datos especificados.

Las características de operación del generador exige que se permanezca dentro de los límites de potencia generada; la restricción de la potencia activa P_{Gi} es sencilla, simplemente se fija $P_{Gimin} \leq P_{Gi} \leq P_{Gimax}$. Desafortunadamente, establecer los límites de la potencia reactiva generada Q_{Gi} no es tan directo, por cuanto constituye una de las incógnitas. En todo caso cuando se calcule Q_{Gi} se debe comprobar que $Q_{Gimin} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gimax}$. Si Q_{Gi} no está dentro de estos límites, se debe fijar en el límite apropiado (Q_{Gimax} si $Q_{Gi} > Q_{Gimax}$ o Q_{Gimin} si $Q_{Gi} < Q_{Gimax}$) y se libera la restricción inicial de que el voltaje V_i esté fijo. Esto cambia fundamentalmente el tipo de barra de generación a barra de carga. Se continúa comprobando Q_{Gi} y, siempre y cuando este dentro de los límites aceptables, se permitirá que la barra tipo nuevamente sea "PV".

Con la especificación de P y V en estas barras las incógnitas a despejar una vez finalizado el estudio serán las correspondientes a la potencia reactiva a generar en esta barra para participar en el balance de reactivos del sistema y sostener el nivel de tensión especificado, y por otra parte, las

magnitudes angulares correspondientes a los valores de potencia activa especificados. La tabla 1 muestra los tipos de barra requeridos para el análisis del flujo de potencia, así como el porcentaje aproximado de estos. [3]

Tabla 2.2 Tipos de barra requerida para estudio flujo de potencia. [3]

TIPO DE BARRA	DATOS	INCOGNITAS	%APROXIMADO
OSCILANTE	$V_i=1 \text{ p.u.}, \delta_i=0^\circ$	P_{Gi}, Q_{Gi}	1
PV	P_{Gi}, Q_{Gi}	δ_i, Q_{Gi}	14
PQ	P_{Li}, Q_{Li}	δ_i, V_i	85

2.2.7.1 Aplicaciones de los Estudios de Flujo de Carga.

El rango de aplicación de los estudios de flujo de carga es amplio. Generalmente estos se utilizan para:

- Optimizar la generación.
- Verificar y controlar el flujo de potencia activa.
- Verificar y controlar el flujo de potencia reactiva.
- Determinar los niveles de tensión en las barras.
- Seleccionar adecuadamente la posición de los cambiadores de tomas de los transformadores.

- Determinar las pérdidas en el sistema.
- Determinar la operación de los componentes bajo condiciones de emergencia.
- Crear las bases para determinar la posibilidad de incorporar nuevos equipos al sistema.

2.2.8 Conceptos de interés.

- **EMCS:** sistema de control y monitoreo eléctrico. Mantiene bajo supervisión los parámetros eléctricos característicos de los circuitos de potencia.
- **ESD:** sistema de parada de emergencia. Recibe las señales provenientes de los sistema de supervisión eléctrico y el sistema de monitoreo de procesos, tomando las acciones pertinentes ante cualquier anomalía en la operación de la planta.
- **Falla general de potencia (general power failure):** falla de potencia general detectada en la subestación principal cuando el voltaje es menor al 65% del voltaje nominal.
- **DCS:** Sistema de control distribuido.
- **Switchgear:** tablero de distribución.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 NIVEL DE LA INVESTIGACION.

La investigación realizada según Fidias A, se clasifica en un nivel descriptivo y explicativo, ya que se indaga en las características de funcionamiento del sistema de las funciones de disparo, rearranque automático y bote de carga del sistema de monitoreo y control eléctrico para los nuevos motores eléctricos instalados en la subestación 6 del mejorador PDVSA-Petrocedeño. La Investigación abarcó la caracterización técnica, operativa de los equipos. Mediante la investigación explicativa se buscaron el porqué de la criticidad de cada uno de los equipos mediante relaciones causas-efectos.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

Con Base en la teoría de Fidias A, esta investigación corresponde al diseño de campo, debido a que los datos primarios para el desarrollo de los objetivos propuestos, son recogidos directamente de las instalaciones del Mejorador Petrocedeño.

3.3 DURACION DEL PROYECTO.

El desarrollo del proyecto, tuvo una duración aproximada de cinco meses y una semana de trabajo.

3.4 DESCRIPCION DE LAS ETAPAS DE INVESTIGACION.

ETAPA I. Recopilación y revisión bibliográfica.

Las actividades relacionadas a esta primera parte, se cumplen durante gran parte del proceso de desarrollo del proyecto de investigación, ya que es vital consultar bibliografías y documentos existentes, para así poder enriquecer la investigación por ende cumplir con los objetivos de la misma. Se procederá a la revisión de libros, informes, manuales, tesis, revistas, publicaciones en la Web tomando como referencia toda la información relacionada con estándares, normas y procedimientos relacionados con el tema presentado.

Tiempo de duración: 13 semanas.

ETAPA II. Desarrollar modelo para la simulación digital del sistema eléctrico actual de la subestación 6 del mejorador mediante el estudio de flujo de carga usando software computarizado.

Durante esta etapa, se recopilarán los diagramas unifilares existentes de la S/E 6 del mejorador, con el fin de crear un modelado digital y poder estudiar el comportamiento del sistema en los distintos escenarios a presentar. El análisis de flujo de carga realizado será comparado con los resultados que arroje el sistema de monitoreo y control eléctrico (EMCS) certificando así que el modelo planteado puede ser usado para simular los distintos escenarios de estudio, obteniendo datos y respuestas similares a los que tendría el sistema de control eléctrico y el circuito de potencia de la subestación 6.

Tiempo de duración: 7 semanas.

ETAPA III. Jerarquizar de acuerdo a su criticidad los nuevos motores eléctricos instalados en la subestación 6 asociados a la nueva unidad recuperadora de aminas ARU3000.

En esta fase se acudirá al departamento de operaciones del área 2 (unidad donde pertenece ARU) con el fin de estudiar y definir en los nuevos motores instalados cuales tienen nivel de importancia alta, media, baja para la unidad recuperadora de aminas y subestación 6, sirviendo estos datos para plantear mejoras, asignar los distintos pasos de bote de carga y re arranque automático de los nuevos motores asociados a la subestación 6 del mejorador.

Tiempo de duración: 4 semanas.

ETAPA IV. Definir mediante estudio de escenarios, la función de Disparo Automático para los nuevos motores eléctricos asociados a la subestación 6 del Mejorador.

Durante este periodo se estudiarán las diversas condiciones que se puedan presentar ocasionando un bajo voltaje en el sistema eléctrico de la subestación 6 del mejorador Petrocedefío dando inicio a la función disparo automático de motores en media y baja tensión.

Tiempo de duración: 4 semanas.

ETAPA V. Especificar mediante estudio de escenarios, la función de Rearranque Automático para los nuevos motores eléctricos existentes en la subestación 6 del Mejorador.

Esta tiene como propósito estudiar los diversos casos que se puedan presentar en el sistema eléctrico de potencia de la subestación 6 del

mejorador Petrocedefío las cuales propicien la secuencia de re arranque, en esta etapa se le asignaran pasos (paso 1, 2, 3, 4, etc.) a los nuevos motores instalados en la subestación antes mencionada, con el fin que ante cualquier disparo o bote de carga sean reiniciados mediante la filosofía estudiada, los escenarios serán verificados mediante simulación digital, para asegurar que el sistema soportara las corrientes de arranque que se tendrán en cada paso.

Tiempo de duración: 5 semanas.

ETAPA VI. Establecer mediante estudio de escenarios, la función Recorte de Carga para los nuevos motores eléctricos instalados en la subestación 6 del Mejorador.

Durante esta etapa, se estudiaran casos que puedan presentarse en el sistema eléctrico de potencia de la S/E 6 del mejorador Petrocedefío los cuales propicien una sobrecarga en el circuito, dando inicio a la activación de la función recorte de carga, también concierne a este periodo el asignarle pasos (paso 1, paso 2, paso NS, paso 0) a los nuevos motores instalados en la S/E 6, esto se hará en base al estudio de criticidad previamente realizado, cada escenario será respaldado mediante simulación digital, para observar el comportamiento del sistema.

Tiempo de duración: 5 semanas.

ETAPA VII. Redacción y presentación del trabajo de grado.

En este ciclo se realiza la presentación formal del proyecto de investigación, es así como toda la información encontrada y analizada de acuerdo a etapas anteriores se muestran como resultado final para su revisión y evaluación. Una vez consignado el proyecto investigativo se

procederá a su presentación y defensa, todo esto dentro de una planificación que correspondería a la presente etapa.

Tiempo de duración: 5 semanas.

3.5 POBLACION Y MUESTRA.

Como población a objeto de estudio se tomo la subestación 6 ubicado en el mejorador Petrocedeño para realizar las funciones de disparo, re arranque automático y bote de carga para los nuevos motores eléctricos allí instalados.

3.6 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS.

Los datos pertinentes al trabajo se obtuvieron de la siguiente forma:

- **Revisión Bibliográfica, documental y Técnica:** Una buena revisión literaria requiere conducir búsquedas exhaustivas, organizar la información recogida de manera que tenga significado. Esta técnica permitió adquirir información detallada en libros, revistas, manuales, tesis, normas, Internet, entre otros, sobre Las funciones de disparo, re arranque automático y bote de carga para los nuevos motores eléctricos instalados en la subestación 6 del mejorador Petrocedeño.
- **Observación Directa:** Se define como una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno que tiene relación con el problema que motiva la investigación. La observación tiene la ventaja de facilitar la obtención de datos lo más próximo a como éstos ocurren en la realidad,

permitiendo una mejor comprensión del funcionamiento del sistema dada por los diagramas unifilares como lo es: ubicación de los motores, existencia de los mismos y potencia de los motores tanto existentes como añadidos. En función de los objetivos de la investigación preestablecidos.

- **Entrevista de Tipo no estructurada:** Permitted consultar e investigar con personal que elabora en la empresa Petrocedeño, como ingenieros, operadores, técnicos u otras personas que labora en la planta, el cual se relaciona directa o indirectamente con los equipos y el proceso, Se trabajó con preguntas abiertas, sin un orden preestablecido, adquiriendo características de conservación, las preguntas se realizaron de acuerdo a las respuestas que se obtenían de las mismas para determinar la criticidad e impacto operacional que posee cada uno de los nuevos motores instalados en la subestación 6, para poder definir y organizar las distintas funciones automáticas con que cuenta el sistema de monitoreo (EMCS) existente en el mejorador.
- **Encuestas:** Se realizó un cuestionario con opciones de respuestas, con el objetivo de que el personal de la planta identificará la criticidad e impacto operacional que posee cada uno de los nuevos motores instalados en la subestación 6, para poder definir y organizar las distintas funciones automáticas con que cuenta el sistema de monitoreo (EMCS) existente en el mejorador.
- **Lectura y comprensión de Planos de Diseño:** Esta técnica consiste en la interpretación de planos y diagramas del sistema a modelar,

para el entendimiento y descripción del proceso realizado en el área donde se trabaja.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1 MODELO DIGITAL PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE LA S/E 6 DEL MEJORADOR MEDIANTE EL ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA USANDO SOFTWARE COMPUTARIZADO.

4.1.1 Introducción.

El análisis de flujo de carga se ejecuta con la finalidad de precisar si el modelado a utilizar es representativo al sistema de potencia existente en la subestación 6, este estudio prevalece ya que muestra datos de voltaje, factor de potencia, potencia activa y potencia reactiva del circuito de potencia, los cuales pueden ser comparados de manera directa con el sistema de control y monitoreo eléctrico existente en el mejorador.

4.1.2 Descripción del sistema eléctrico de la subestación 6.

La subestación 6 se alimenta con el nivel de tensión de 34.5KV (proveniente de la subestación 1), por medio de los transformadores de potencia se llega a los niveles de tensión para la alimentación de motores (6,9 KV y 480 V).

A nivel de 6,9 KV se tienen dos barras (HV60A, HV60B) las cuales están unidas mediante un acople normalmente cerrado (NC) y alimentadas mediante dos transformadores (34.5/6.9 KV, conexión delta-estrella con resistencia de aterramiento igual a 50A), los cuales están en capacidad de

suministrar por individual una potencia de 12 MVA en condiciones nominales, pudiendo llegar a los 15 MVA si se activa el sistema de ventilación forzada (ocurre cuando el requerimiento de carga excede al nominal). Los transformadores debido al acople cerrado de las barras de media tensión existente en el sistema de potencia de la subestación 6, alimentan la carga de forma equitativa.

El nivel de 480 V, posee 4 barras (LV61A, LV61B, LV62A, LV62B) las cuales operan de manera individual debido a que el enlace de acople se mantiene abierto (se cierra en caso de contingencia o mantenimiento de alimentadores), cada barra recibe el suministro de potencia mediante un transformador (6.9/0.48 KV, conexión delta-estrella con aterramiento sólido a tierra), en el caso de los LV61 los alimentadores tienen una capacidad de 3200 KVA, mientras que los de LV62 una capacidad de 2500 KVA, a diferencia de media tensión los transformadores no poseen el sistema de ventilación forzada.

En cuanto a los motores todos son asíncronos, en media tensión (6.9 KV) se tienen 16 motores, siendo el de mayor potencia el 05-KM-50-01 con 1300 KW. En baja tensión se cuentan con 158 motores de inducción siendo el de mayor potencia el 03-PM-10-10 con 150 KW, los equipos pertenecientes a la subestación 6 del mejorador en su mayoría tienen aislamiento tipo F, esto debido a que se usan para el arranque de bombas, compresores de aire, mezcladores, etc., además de esto tienen la versatilidad de mantener bajas corrientes al momento del arranque, son de fácil disposición, su mantenimiento es mínimo y poseen gran rendimiento bajo condiciones de operación poco favorables.

El esquema eléctrico de la subestación 6 es como el mostrado en la figura 4.1, no se aprecian las cargas del sistema debido a que se muestra una visión general y lo importante en este punto es apreciar el esquema de conexión de los transformadores con barras de alimentación.

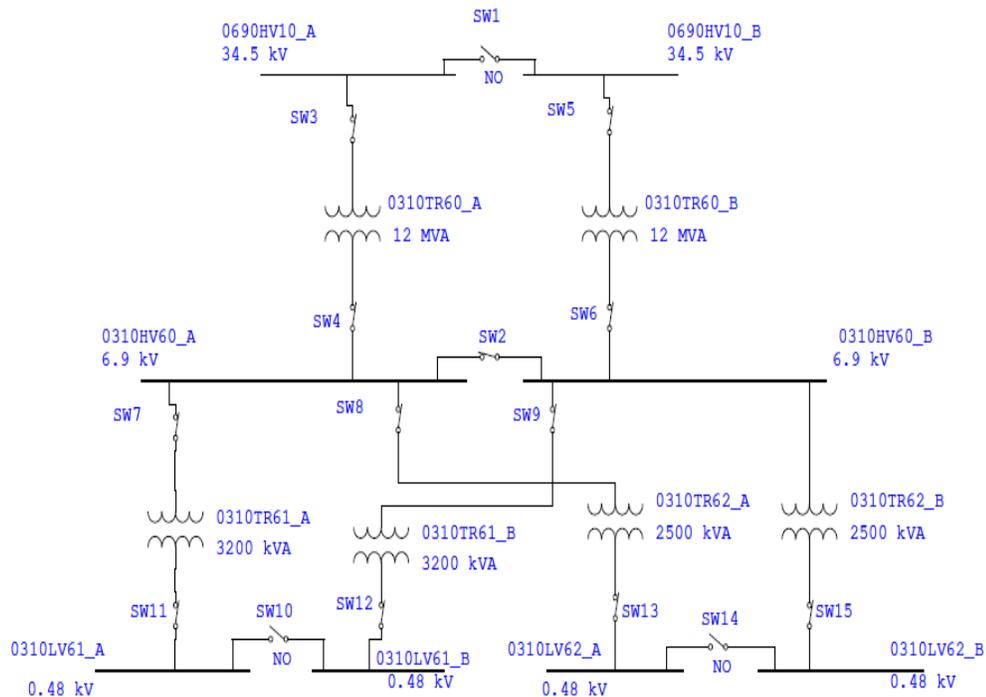


Figura 4.1 esquema eléctrico generalizado de la subestación 6.

4.1.3 Origen de la data obtenida.

La mayoría de los datos de transformadores, motores y conductores asociados a la subestación 6 del mejorador, fueron obtenidos de la sala de documentación y control de PETROCEDÑO, debido a que allí es donde se poseen todas las hojas de datos asociadas a equipos existentes en el complejo mejorador.

Algunos de motores pertenecientes a ARU 3000 que no pudieron ser obtenidos, se tomo la información de los motores pertenecientes a ARU 3100 y ARU 3200, esto es algo que se puede realizar sin alterar la confiabilidad del estudio ya que las unidades recuperadoras de aminas funcionan de manera idéntica y poseen motores de características muy similares.

Debido a que no se pudo hallar las hojas de datos de los ventiladores 03-EAM-00-03 se asumen los parámetros de los motores 03-EAM-00-04, debido a que poseen características similares, en cuanto a potencia y función en la subestación 6.

Los datos del sistema de control, fueron obtenidos del día 9-02-2010 a las 10:15 a.m. directamente de la sala de control ubicada en la gerencia de servicios técnicos, se realizo de esta manera ya que los parámetros del sistema varían de manera constante, por tanto realizar mediciones puntuales con equipos, significa tener errores en la data obtenida.

Del sistema de monitoreo y control eléctrico (EMCS), no es posible obtener valores de potencia reactiva (VAR) es por ello que dicho calculo se realiza de manera manual con los datos de voltaje, corriente, factor de potencia medidos por el mismo EMCS, de esta forma, se tendrá una referencia a comparar con los parámetros obtenidos en la simulación. En el anexo F Se aprecian los datos obtenidos del sistema de control y los cálculos de potencia reactiva realizados.

4.1.4 Consideraciones tomadas para el análisis del flujo de carga.

Se simulara las condiciones del sistema eléctrico actual debido a que los datos suministrados por la empresa y el sistema de monitoreo del

mejorador serán sin los nuevos motores instalados (los nuevos motores no están bajo la supervisión del sistema de control).

En cuanto los equipos simulados se tiene que los transformadores pertenecientes a media tensión tendrán 12 MVA de capacidad y los dos estarán en funcionamiento, en baja tensión los alimentadores estarán en condiciones nominales, debido a que en el momento de tomar los parámetros muestreados del EMCS, esta era la condición de operación del sistema. En media y baja tensión se pudo apreciar que al momento de tomar la data del EMCS los motores no estaban trabajando al 100% de su capacidad por lo que se deberá calcular su factor de operación.

Para el calculo del factor de operación se tomara en cuenta los equipos conectados en media y baja tensión, en baja tensión se realizara un calculo general ya que el EMCS no muestra la potencia de operación de los equipos en funcionamiento ver anexo G, mientras en media tensión se trabajara con un calculo individual debido a que se tienen los datos necesarios (voltaje, corriente, potencia, etc.) de los equipos en operación. El factor de operación será calculado mediante la siguiente ecuación:

$$F.\text{Operación} = \frac{\text{Potencia suministrada por el Sist. Muestreo}}{\text{Potencia nominal del equipo ó grupo de equipos}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

El resultado del factor de operación a ser aplicado en los motores en funcionamiento es calculado y expresado en la tabla citada a continuación:

Tabla 4.1 factores de operación aplicados en las barras de baja tensión.

BARRA	FACTOR DE OPERACIÓN cargas EMCS
<i>LV61A</i>	78
<i>LV61B</i>	70
<i>LV62A</i>	70
<i>LV62B</i>	70

En el anexo G Se aprecian las tablas con los cálculos realizados para hallar el factor de operación de los equipos en media y baja tensión.

Las cargas esenciales y super-esenciales se tomaron en cuenta como una carga puntual ya que influyen en el estudio de flujo de carga; sin embargo su análisis está fuera del alcance de este trabajo.

Los datos obtenidos del sistema de control serán comparados con los resultados obtenidos de la simulación digital, se tomara como valor para el error permisible un 5% aproximadamente, la condición de simulación será igual a la forma en que este operando la subestación 6 al momento que fueron obtenidos los datos del EMCS, esto se realiza con el fin de determinar que tan representativo es el modelo digital realizado, precisar la calidad de la información manejada así como de resultados obtenidos y determinar si el modelo propuesto puede ser adoptado para la realización de las simulaciones venideras.

4.1.5 Balance de potencia y Factor de Operación.

Para comprobar que los datos suministrados por el EMCS son confiables se necesita hacer un balance de potencia, dicho estudio consiste

en comparar la potencia entrante con la saliente, estableciendo el margen de error existente en las mediciones.

El balance de potencia ayudara a precisar el margen de error permisible para el modelo de simulación digital propuesto en este trabajo de investigación, debido a que si se tienen errores en la data obtenida, serán reflejados en el estudio de flujo de carga a realizarse.

En la tabla siguiente se muestra los resultados del balance de potencia realizado tanto a media como a baja tensión.

Tabla 4.2 Muestra los resultados del balance de potencia realizado.

BALANCE DE POTENCIA "EMCS"
$TR60A+TR60B = HV60A + HV60B = EQUIPOS CONECTADOS EN$ $MEDIA TENSION + TR61A + TR61B + TR62A + TR62B$
$1520 KW + 1520 KW = 1504 + 1527 = 477 + 1052 + 298 + 103 + 323 +$ $188 + 203 + 333$
$3040 KW = 3031 KW = 2977 KW$
DESVIACIONES, ERROR
<i>ALTA CON RESPECTO A MEDIA: 0.2%</i>
<i>MEDIA CON RESPECTO A BAJA TENSION: 1.7%</i>

4.1.6 Resultados del flujo de carga mediante ETAP 5.0.3

Tomando en cuenta las premisas antes descritas y los factores de operación calculados se realiza el estudio de flujo de carga al modelo digital propuesto.

En las tablas siguientes se comparan los datos obtenidos de voltaje, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia del software utilizado, con los mismos parámetros muestreados por el sistema de control para obtener así las desviaciones y determinar si se cumplen con las consideraciones tomadas.

Tabla 4.3 Resultados del estudio flujo de potencia y las diferencia entre el simulador y EMCS (POTENCIA).

	<i>ETAP</i>	<i>EMCS PANTALLAS</i>	<i>DESVIACIONES</i>
POTENCIA HV10A (KW)	1506	1520	1%
POTENCIA HV10B (KW)	1506	1520	1%
POTENCIA HV60A (KW)	1504	1504	0%
POTENCIA HV60B (KW)	1504	1517	-1%
	<i>ETAP</i>	<i>EMCS PANTALLAS</i>	<i>DESVIACIONES</i>
POTENCIA LV61A (KW)	330	321	2.8%
POTENCIA LV61B (KW)	194	188	3.1%
POTENCIA LV62A (KW)	203	203	0%
POTENCIA LV62B (KW)	333	333	0%

Tabla 4.4 Resultados del estudio flujo de potencia y diferencias entre el simulador y calculo manual (POTENCIA REACTIVA).

	SIMULADOR	CALCULO MANUAL	ERROR
POTENCIA HV10A (KVAR)	949	907	4.6%
POTENCIA HV10B (KVAR)	949	936	1.5%
POTENCIA HV60A (KVAR)	923	880	4.8%
POTENCIA HV60B (KVAR)	923	880	4.8%
POTENCIA LV61A (KVAR)	217	215	3%
POTENCIA LV61B (KVAR)	132	140	-5%
POTENCIA LV62A (KVAR)	122	130	-5%
POTENCIA LV62B (KVAR)	210	222	-4.8%

Tabla 4.5 Resultados del estudio flujo de potencia y las diferencia entre el simulador y EMCS (VOLTAJE).

	SIMULADOR	SISTEMA DE MONITOREO	ERROR
VOLTAJE EN HV10A	34.4 KV	34,2 KV	0.6%
VOLTAJE EN HV10B	34.4 KV	34.2 KV	0.6%
VOLTAJE EN HV60A	6.8 KV	6.8 KV	0
VOLTAJE EN HV60B	6.8 KV	6.8 KV	0
VOLTAJE EN LV61A	473 V	467 V	1.2%
VOLTAJE EN LV61B	474 V	478 V	-1%
VOLTAJE EN LV62A	474 V	470 V	1%
	SIMULADOR	SISTEMA DE MONITOREO	ERROR
VOLTAJE EN LV62B	473 V	466 V	1.5%

Tabla 4.6 Resultados del estudio flujo de potencia y las diferencia entre el simulador y EMCS (FACTOR DE POTENCIA).

	SIMULADOR	SISTEMA DE MONITOREO	ERROR
FP EN HV10A (%)	83.6%	86%	-2.7%
FP EN HV10B (%)	83.6%	85%	-2%
FP EN HV60A (%)	83%	83%	0%
FP EN HV60B (%)	83%	83%	0%
FP EN LV61A (%)	84%	83%	1%
FP EN LV61B (%)	83.5 %	80%	3.7%
FP EN LV62A (%)	85%	84%	1.2%
FP EN LV62B (%)	84%	82%	2.4%

En el anexo H se muestra el reporte del estudio de flujo de carga y se expresa de manera grafica los resultados obtenidos en las simulaciones, comparándose con la data suministrada por el EMCS.

4.1.7 Discusión de resultados.

- **Voltaje:** los valores de voltajes obtenidos en la simulación no tienen mayores discrepancias respecto a los datos de tensión obtenidos del sistema de control existente en el mejorador, se mantiene dentro del margen del 5% establecido en la premisa, esta situación se corresponde a la respuesta esperada del circuito de potencia estudiado debido a que es un sistema radial, sencillo.
- **Potencia activa:** en lo que potencia activa se refiere se tiene un error máximo del 3.7% lo cual es un valor bastante aceptable para el sistema al cual se le aplica el estudio, además de esto no se tiene

efecto capacitivo considerable en el sistema por lo que no debe haber variaciones en los factores de potencia, además de esto en las tensiones no existe errores considerables, estos dos parámetros son influyentes para obtener la potencia activa.

- **Potencia reactiva:** en la potencia reactiva, se tiene un error máximo del 5%, lo cual esta dentro de las premisas planteadas, se pudo notar que los resultados mostrados por el simulador se corresponden con los datos calculados manualmente, lo cual es algo esperado para el tipo de sistema estudiado (radial) donde no existen efectos capacitivos que hagan un aporte adicional de reactivos al circuito de potencia de la subestación 6.
- **Factor de potencia:** en lo que factor de potencia se refiere los resultados obtenidos de la simulación no poseen desviaciones notables, lo cual era de esperarse debido a que no existen elementos que generen reactivos al sistema, los parámetros de potencia (activa y reactiva) no poseen mayores desviaciones lo cual se pudo apreciar anteriormente y los flujos de corriente siempre van de alta hacia baja tensión es decir ningún sentido va de manera inversa.

Las mayores desviaciones se encontraron en la comparación de la potencia reactiva, esto se debe a que dicho calculo se realizo de manera manual tomando en cuenta el voltaje, corriente y factor de potencia obtenido del sistema de control eléctrico, estos parámetros tienen asociado un error mínimo (alrededor del 0.1% por lo general), la acumulación de estas desviaciones dan como resultado un error mayor pero de igual manera es confiable para las comparaciones realizadas.

En general se obtuvo un porcentaje de error del 2%, este valor se tiene debido a que en todo tipo de medición realizada sea puntual o mediante sistema de control viene asociada de manera directa un error, en los datos obtenidos del sistema de control eléctrico se tiene un mínimo error asociado el cual al ser comparado con los resultados obtenidos del simulador siempre se espera una pequeña desviación mas sin embargo el error obtenido esta dentro de los límites permisibles.

4.2 DE ACUERDO A SU CRITICIDAD JERARQUIZAR LOS MOTORES ELÉCTRICOS A SER INSTALADOS EN LA SUBESTACION 6 ASOCIADOS A LA NUEVA UNIDAD RECUPERADORA DE AMINAS ARU3000.

4.2.1 Introducción.

Se Jerarquizan los motores, con el fin de determinar cuales de los motores asociados a la subestación 6, son de mayor importancia para mantener el desempeño de la planta, partiendo de este principio se puede le pueden asignar prioridades a los equipos lo cual es fundamental para la realización de los objetivos venideros.

4.2.2 Prioridad de los nuevos motores desde el punto de vista operacional-eléctrica y resultados.

Para asignarle importancia a los nuevos motores instalados en la subestación 6, se tuvo que estudiar los requerimientos eléctricos de estos, para asegurar la confiabilidad del sistema de potencia.

Al saber la potencia requerida de los motores, se estudio la lista de prioridades obtenida de la gerencia de operaciones del área 2 (área donde se encuentra ARU 3000), ya que dicha gerencia es la encargada de tener bajo custodia el proceso operacional de la planta, tienen pleno conocimiento de los equipos de mayor prioridad y de la estrategias realizadas en la planta.

Se manejo como premisa que los motores encargados de la circulación de amina, de transportar la amina rica y amina pobre son importantes para el proceso, esto se debe a que la amina es el factor determinante en el despojo de sulfuro de hidrogeno siendo vital su circulación y limpieza. Los motores pertenecientes al sistema de enfriamiento y condensado poseen importancia media debido a que los perfiles de temperatura no varían de forma brusca, mientras que los motores pertenecientes al sistema de reclaimer son de prioridad baja ya que su función es eliminar las sales formadas en las tuberías de aminas y dicha formación toma un tiempo prolongado.

Manejando estos criterios y en base a la potencia consumida por los motores se logro precisar un orden de prioridad que pueda mantener el desempeño de la planta.

Luego del estudio realizado en los motores instalados, se llego a la siguiente tabla:

Tabla 4.7 Prioridad operacional-eléctrica de los motores a ser instalados debido a creación “ARU 3000”.

Código	Característica	Potencia (KW)	Bus	Prioridad
03-PM-00-04A	LEAN AMINE PUMP	600	HV60B	1
03-PM-00-04S	LEAN AMINE PUMP	600	HV60A	1
03-PM-50-05B	HOT OIL PUMP	200	HV60A	1
03-PM-00-01A	RICH AMINE PUMP	125	LV61A	1
03-PM-00-01S	RICH AMINE PUMP	125	LV61B	1
03-PM-00-03A	REGENERATOR REFLUX PUMP	8.6	LV61A	1
03-PM-00-03S	REGENERATOR REFLUX PUMP	8.6	LV61B	1
03-PM-00-07A	LP CONDENSATE PUMP	55	LV61B	2
03-PM-00-07S	LP CONDENSATE PUMP	55	LV61A	2
03-EAM-00-03A1	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61A	2
03-EAM-00-03A2	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61B	2
Código	Característica	Potencia (KW)	Bus	Prioridad
03-EAM-00-03B1	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61A	2
03-EAM-00-03B2	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61B	2
03-EAM-00-04A1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	3
03-EAM-00-04A2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	3
03-EAM-00-04B1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	3
03-EAM-00-04B2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	3
03-EAM-00-04C1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	3

03-EAM-00-04C2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	3
03-EAM-00-04D1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	3
03-EAM-00-04D2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	3
03-PM-00-02	FLASH DRUM HYDROCARBON PUMP	8.6	LV61B	4
03-PM-00-05	AMINE SUMP PUMP	8.6	LV61B	4
03-PM-00-06	AMINE SUMP PUMP	8.6	LV61A	4
03-PM-00-08	AMINE VAULT PUMP COOLER	3.6	LV61A	4
03-PM-00-09	AMINE BOOSTER PUMP (RECLAIMER)	74.6	LV62B	4
03-PM-00-10	H2SO4 98% PUMP (RECLAIMER)	14.92	LV62B	4
03-PM-00-16	NAOH 50% PUMP (RECLAIMER)	7.46	LV62B	4
03-PM-00-15	DRAIN AMINE PUMP (RECLAIMER)	7.46	LV62B	4
03-PM-50-08A	03-V-50-08	2.25	LV62A	4
03-PM-50-08S	03-V-50-08	2.25	LV62B	4

Los números de prioridad que se indican en la tabla hacen referencia a lo siguiente:

- *Motores prioridad 1*, son los motores utilizados para el sistema de bombeo de amina rica y amina pobre así como para la circulación de aminas en el sistema, en el DCS se pueden ubicar en la parte de tambores de media y baja presión.

- Motores prioridad 2 y 3, son motores utilizados en el sistema de enfriamiento y condensado de aminas, en el DCS puede ubicarse en la parte de sistema de enfriamiento y condensado.
- Motores prioridad 4, son motores usados en la función de reclaimer, debido a que eliminan las sales formadas en las tuberías de aminas (evento que ocurre en un tiempo prolongado) tienen su baja prioridad.

4.3 MEDIANTE ESTUDIO DE ESCENARIOS DEFINIR LA FUNCIÓN DE DISPARO AUTOMÁTICO PARA LOS NUEVOS MOTORES ELÉCTRICOS ASOCIADOS A LA S/E 6 DEL MEJORADOR.

4.3.1 Introducción.

En este capítulo se busca establecer las bases para conocer las condiciones operaciones que activan la función del disparo de motores (TP) a nivel de media y baja tensión, la cual es ejecutada de manera automática por el sistema de control y monitoreo eléctrico que posee el Complejo Mejorador.

4.3.2 Disparo de Motores 6,9 KV

A nivel de 6,9 KV la función de disparo toma el nombre de tripping. Se ejecuta de manera automática debido a fallas en el sistema interconectado, falla a nivel de alimentadores y barra, de forma manual puede activarse por la apertura de algún incomer (interruptor de llegada a la barra) el cual cause una caída de tensión.

4.3.2.1 Secuencia automática del disparo en media tensión.

La función disparo o Tripping se activa cuando el sistema de control y monitoreo eléctrico (EMCS) detecta un voltaje menor al 65% del voltaje nominal dicha condición debe estar presente por mas de 300 mS, la filosofía consiste en sacar de servicio a motores que sean alimentados mediante alguna barra que presente bajo voltaje, el disparo será realizado de manera simultanea en todos los motores asociados a la barra fallada.

La filosofía del tripping (TP) cuando se ejecuta a nivel de 6,9 KV ocasiona el fuera de servicio de los motores sin importar criticidad ni pasos asignados.

El tiempo total estimado de la función es de 1,4 segundos los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

- Detección de bajo voltaje = 0.1 Seg.
- Confirmación de bajo voltaje = 0.3 Seg.
- Paro y chequeo de motores = 1 Seg.

Durante la ejecución de la función disparo, los motores que se encontraban en operación se memorizan, con la finalidad de que cuando sean arrancados solo queden en funcionamiento los motores que se encontraban trabajando previo al momento de ejecutarse la secuencia.

El número de motores que se encuentren trabajando es indiferente al momento de la activación de la función ya que todos se disparan de manera simultánea.

La secuencia de disparo automático se bloquea cuando exista una falla en el PLC o si es tiempo total de la secuencia “disparo/rearranque” dura más de 60 Seg.

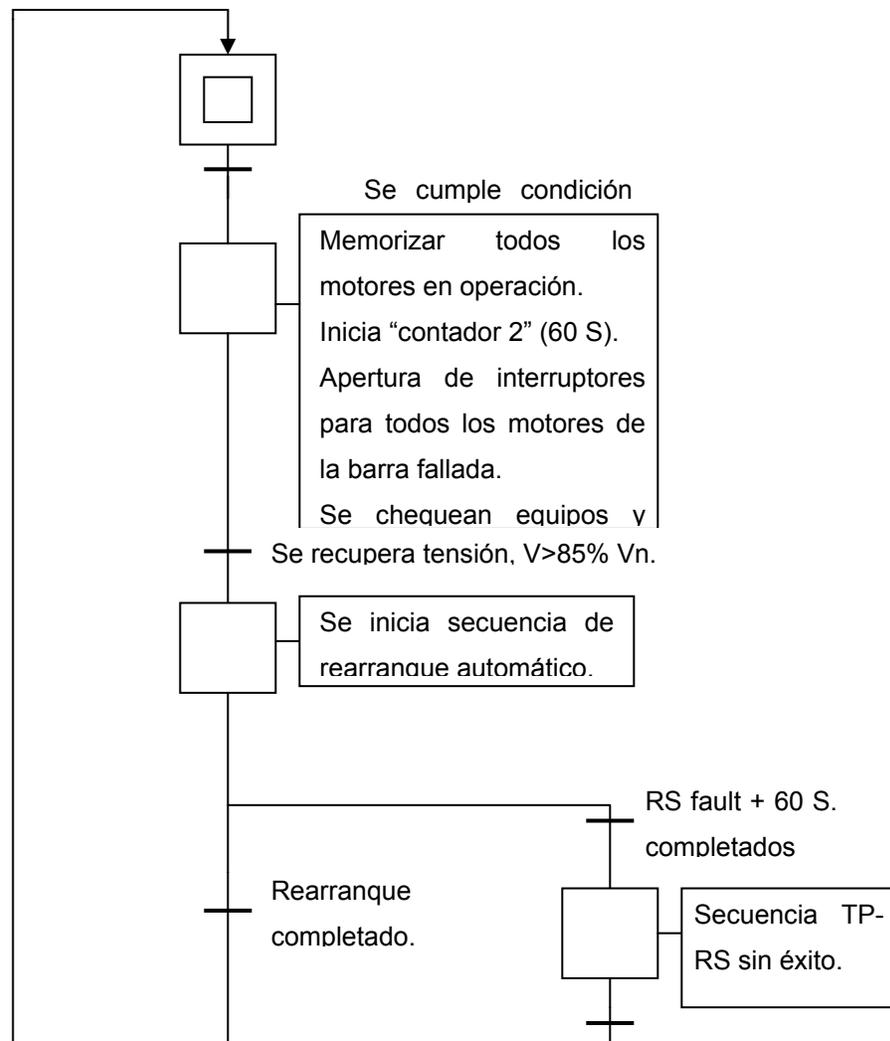


Fig. 4.2 muestra el grafico funcional de la secuencia disparo automático de motores.

4.3.3 Disparo en baja tensión (480 V).

En el nivel de 480 V el disparo automático de motores se activa al tener un bajo voltaje menor al 65% del voltaje nominal por más de 0.3 seg. El disparo en baja tensión se ejecuta mediante la función de transferencia automática la cual desenergiza los motores de la barra fallada y luego si se cumple con la condición de que el circuito adyacente posee más del 90% del voltaje nominal por un tiempo mayor a 0.5 seg., se cerrara el interruptor de enlace y todo quedara alimentado mediante un transformador (el del circuito adyacente).

La función de disparo en baja tensión puede accionarse si se pierde uno de los alimentadores del sistema, fallas en el sistema interconectado o falla a nivel de la subestación general (subestación 1).

4.3.3.1 Secuencia automática de disparo en baja tensión.

El tiempo estimado de ejecución de la función transferencia automática es de aproximadamente 2,45 segundos los cuales se distribuyen de la siguiente forma:

- Detección de bajo voltaje: 0.1 Seg.
 - Confirmación de bajo voltaje: 0.3 Seg.
 - Disparo de motores: 1 Seg.
- Dentro del
alcance
del trabajo.*

- Apertura del interruptor del equipo en falla: 0.260 Seg.
 - Comprobación de la tensión en la barra
Adyacente: 0.5 Seg.
 - Cierre del interruptor de enlace: 0.290 Seg.
- Fuera del
alcance
del trabajo.*

Durante la ejecución de la función disparo en baja tensión, los motores que se encontraban en operación son memorizados, para que cuando sean arrancados solo queden en funcionamiento los motores que se encontraban trabajando al momento de ejecutarse la secuencia.

Esta secuencia puede bloquearse si se cumple lo siguiente:

- El interruptor que ocasiona la caída de tensión se abrió debido a alguna condición de protección (sobre-corriente).
- Falla a nivel del PLC principal y de respaldo.

Cuando la transferencia automática es bloqueada es de resaltar que la forma para desbloquear es mediante el pulsador de reset.

4.3.4 Escenarios para el disparo de motores en media y baja tensión.

Para los escenarios que se planteados, se parte de la premisa que el sistema esta funcionando previamente tal como se muestra en la figura.

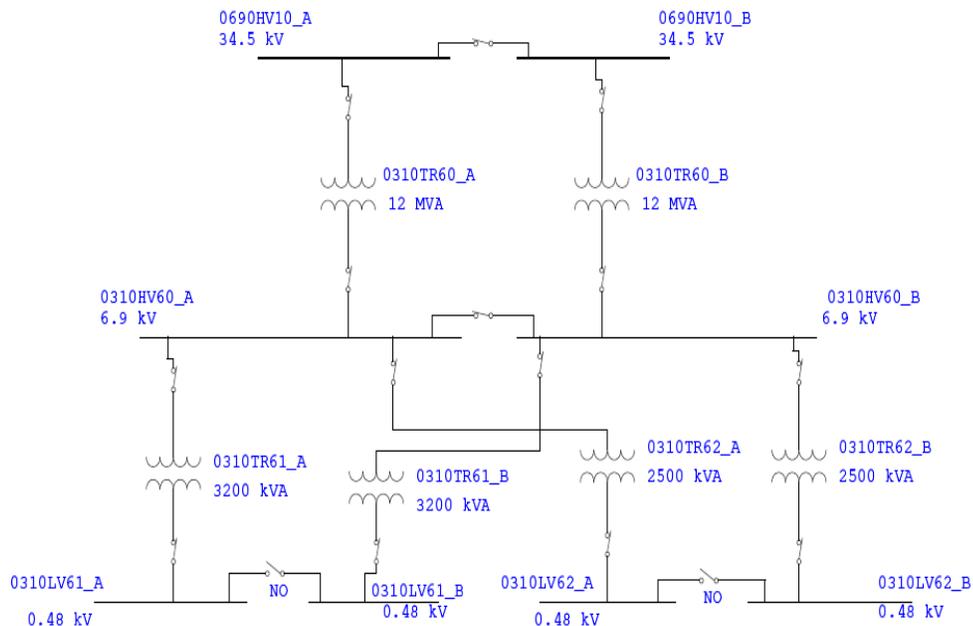


Figura 4.3 esquema considerado para plantear los escenarios de bajo voltaje.

Para los escenarios planeados solo se tomaron en cuenta dificultades que se pudieran tener desde el punto de vista eléctrico, las fallas mecánicas o de proceso se obvian en este trabajo. En base a lo explicado, se tiene como escenarios los siguientes:

NIVEL 6,9 KV.

CASO 1: falla a nivel del sistema interconectado nacional, afectando las dos líneas de alimentación (L1 y L2) causando un voltaje menor al 65% del Voltaje nominal por mas de 0.3 Seg.

R= Durante esta situación los motores asociados a la barra de 6,9 KV serán memorizados con el fin de que cuando se recupere el perfil de tensión conveniente, solo funcionen los equipos que estaban operando luego se

activa la secuencia de disparo automático, si la tensión es recuperada en menos de 2 seg. Los motores serán reanunciados automáticamente (ver sección 4.4). En baja tensión los motores serán memorizados de igual manera y el disparo de motores se realizará mediante la activación de la transferencia automática (AT) si se culmina con éxito dicha filosofía, se dará inicio al reanuncio automático.

CASO 2: El enlace de la barra de media tensión (6,9 KV), se encuentra abierto, ocurre un flicker o bajo voltaje en cualquiera de las dos barras de 6,9 KV, llegando al 65% del V_n por más de 300 mS.

R= En este caso se activa la función de disparo automático en los motores asociados a la barra fallada de 6,9 KV debido a la condición de bajo voltaje, mientras que a 480 V se inicia la transferencia automática para energizar nuevamente los motores, la transferencia es posible debido a que la falla se registra en un circuito de alimentación.

CASO 3: viendo el circuito mostrado en la figura 4.3, se realiza una mala maniobra en los interruptores de llegada o salida de la barra al momento de realizar los mantenimientos de equipos de media tensión ocasionando un $V < 65\% V_n$ por más de 0.3 Seg.

R= Se iniciara la secuencia tripping a todos los motores de 6,9 KV y el disparo de motores a nivel 480 V mediante AT, los motores serán memorizados con el fin de que cuando se recupere el perfil de tensión conveniente, solo funcionen los equipos que estaban operando. Para este escenario planteado, en los motores de baja tensión se activara la secuencia transferencia automática, pero al chequear que la barra adyacente no cumple con los parámetros de transferencia ($V > 90\% V_n$), la posición de los

interruptores quedan de igual manera que cuando hubo el bajo voltaje, cuando se recupere la tensión se iniciara la secuencia rearmado (si se pasa más de 50 Seg. y no se recupera la tensión en las barras, se bloquea el rearmado automático).

- **NIVEL 480 V.**

CASO 1: falla algún transformador de baja tensión y el interruptor de enlace de barra está abierto (casi siempre lo está). Ocurre un bajo voltaje ocasionando una tensión de operación menor al 65% del voltaje nominal por un tiempo mayor a 300 mS.

R= los motores alimentados por el transformador fallado salen de servicio, el EMCS chequea los valores de la barra adyacentes, si posee una tensión mayor o igual del 90% del voltaje nominal, se procederá a realizar transferencia automática de lo contrario espera 17 seg. Verificando si se recupera la tensión luego de ese periodo de tiempo los motores quedan fuera de servicio y se reanudan manualmente.

CASO ESPECIAL (poco probable): se tiene un circuito como el mostrado en la figura, falla a nivel de motores en media tensión (sobrecarga) ocasionando una falla a tierra (protecciones no actúan debido al mal ajuste).

R= se disparan todos los motores asociados a la barra de 6,9 KV debido a que el enlace es "NC", los motores de baja tensión igualmente se dispararan, luego de esto el operador de turno deberá ir al lugar de la falla chequear el estado de los motores y la barra, para luego volver a reiniciar las actividades.

4.4 MEDIANTE ESTUDIO DE ESCENARIO, ESPECIFICAR LA FUNCIÓN DE REARRANQUE AUTOMÁTICO PARA LOS NUEVOS MOTORES ELÉCTRICOS ASOCIADOS A LA S/E 6 DEL MEJORADOR.

4.4.1 Introducción.

El re arranque o restarting (RS) automático de los motores, es una filosofía que busca reanudar las operaciones de los motores asociados a una subestación o barra determinada lo antes posible.

4.4.2 Consideraciones tomadas para organizar el esquema de re arranque automático a los nuevos motores instalados.

Cuando se estudia el re arranque de motores, siempre se debe tomar en cuenta la corriente de arranque, la cual se sitúa entre 3 y 10 veces la corriente nominal (I_n) del equipo, estos valores se relacionan de manera directa con la clase de aislamiento de los equipos conectados, esto se debe a que cada tipo de aislamiento posee una corriente de arranque típica o característica.

Según la siguiente tabla obtenida de la norma NEMA (National Electrical Manufacturers Association) MG-1 1993, se tiene como estándares los siguientes:

Tabla 4.8 clasificación de los motores según su aislamiento.

Clase NEMA	Par de arranque (respecto al nominal)	Corriente de Arranque (respecto a la nominal)	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase Del 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

Tomando en cuenta que las empresas de producción al momento de cualquier inconveniente desean reanudar las actividades lo antes posible, se organizara el esquema de re arranque tomando en cuenta la condición mas critica de operación, tomando en cuenta que el esquema de potencia de la subestación 6 el cual es un sistema radial, con alimentación secundaria selectiva (un transformador puede alimentar todos los equipos principales), se tiene que el mayor estado de contingencia en dicha subestación es:

- Operar con un transformador tanto a nivel de 6,9 KV como a 480 V (un transformador en LV61 y otro en LV62). Ver Figura 4.4

La figura 4.4 se aprecia la condición crítica de operación para el sistema de potencia de la subestación 6, que a su vez es el esquema considerado para la realización del estudio de rearranque automático.

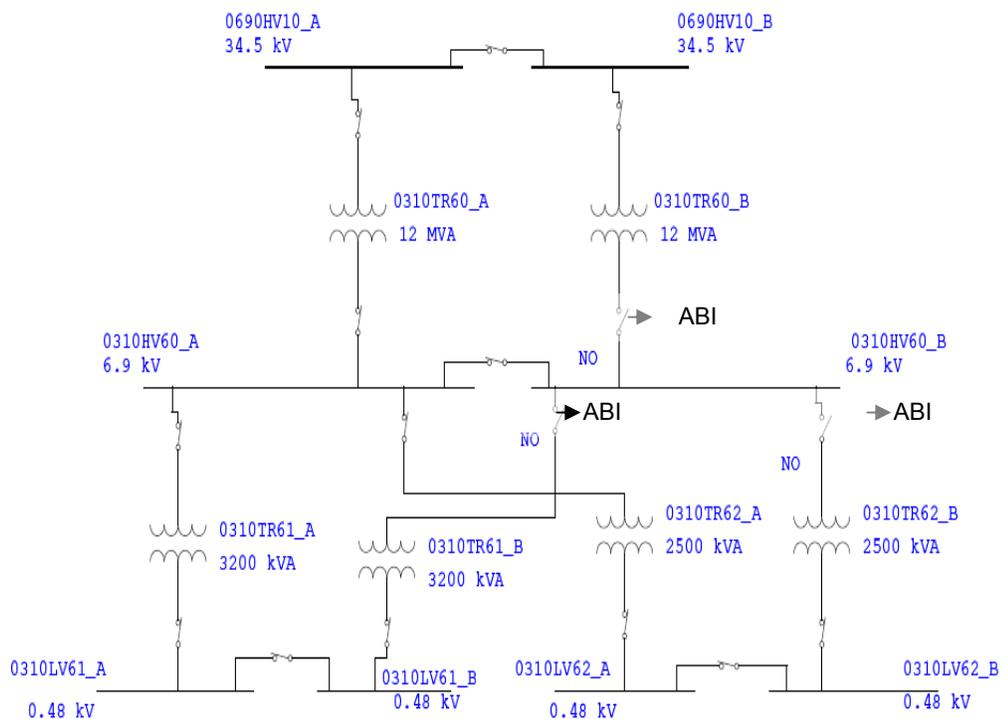


Figura 4.4 condición crítica para la operación del sistema eléctrico de la S/E 6.

En las hojas de datos de los nuevos motores añadidos a la subestación 6 se tiene que todos poseen clases de aislamiento tipo C o tipo F, se puede apreciar que ningún parámetro de corriente de arranque excede las 3.2 veces de la corriente nominal, lo cual se corresponde con lo establecido en la tabla de la norma NEMA MG1 mostradas anteriormente.

En el estudio realizado se toma como premisa por cada paso, considerar el 25% de la capacidad del alimentador o lo que se traduce en asumir la corriente de arranque como 4 veces la corriente nominal, de ser

necesario (para la operación) al tener mas del 25% de la capacidad del alimentador, se chequeara el valor de la corriente por ser el parámetro causante de mayor efecto destructivo sobre el sistema (calentamientos, perdidas del aislamiento, reducción de la vida útil), manteniendo esta premisa el esquema de re arranque de la subestación 6:

- Mantendrá la confiabilidad de la subestación 6, ya que el parámetro considerado, está por encima de los 3.2 veces la corriente nominal que se aprecia en la hoja de datos de los nuevos motores instalados.
- Se tiene flexibilidad en el esquema de re arranque en la subestación 6, ya que para futuras expansiones, no será necesario organizar todo el esquema sino solo la adición de los nuevos motores (dependiendo del requerimiento de potencia que tengan los motores).
- Se cumple con lo establecido en la normas NEMA de clase de aislamiento de motores.

Todos los motores eléctricos instalados en la unidad recuperadora de aminas ARU 3000, aun cuando la filosofía de operación del sistema tiene un motor principal y otro de espera, se asigno a todos los equipos el paso de re arranque, Ya que no se tiene la precisión de saber cuando trabaja el motor principal o el de respaldo.

Tomando en cuenta el 25% de la capacidad del alimentador por pasos, debido a las condiciones antes explicadas, se tiene que los límites de potencia para cada paso son:

- Potencia Máxima por Paso= 25% de TR HV60.
- Potencia Máxima por Paso 6.9KV= 25% de 12 MVA= 3 MVA.
- Potencia Máxima por Paso 480V= 25% de TR LV61 ó TR LV62.
- Potencia Máxima por Paso 480V= 25% de 3200 KVA= 800 KVA (LV61).
- Potencia Máxima por Paso 480V= 25% de 2500 KVA= 625 KVA (LV62).

El transformador de 6,9 KV está diseñado para trabajar con capacidad de 12 MVA y 15 MVA, llegara al nivel de 15 MVA mediante sistema de ventilación forzada activado de forma automática cuando se llegue al 80% (aproximadamente) de los 12 MVA. En los cálculos realizados se trabaja con el nivel de 12 MVA debido a que es la potencia normal de trabajo del transformador, con esto se realizarían simulaciones lo más cercanas a la realidad y con esa capacidad de potencia (12 MVA) se tendría un sistema operando de manera más exigida (no dispondría de la holgura que brinda los 15 MVA).

Se toma como referencia para organizar el esquema de rearranque el transformador de 34.5/6.9 KV, se debe a que dicho alimentador soporta la carga de media (6,9 KV) y baja tensión (480 V), dichos niveles de voltajes son los requeridos para la alimentación de los motores pertenecientes a la subestación 6, esto se verifica en los diagramas unifilares del esquema estudiado anexo I. El transformador que alimenta la parte de baja tensión

(TR61, TR62), será tomado en cuenta solo para el arranque en equipos alimentados en dicho nivel de voltaje (480 V), donde igualmente no deben sobrepasar el 25% de la capacidad del transformador que los alimente debido a lo ya explicado en las premisas.

Se calcula el porcentaje de potencia máxima para cada transformador de baja tensión ya que las potencias nominales son distintas, por tanto soportan distintos niveles de potencia.

Todos los cálculos son realizados para condiciones críticas, resaltando que en caso de cualquier contingencia, si se tienen operando ambos transformadores de media y baja tensión esta sobreentendido que el sistema soportara el re arranque de equipos con mayor holgura.

Para el reinicio de operaciones de los motores luego de alguna eventualidad, se tomara en cuenta la potencia disponibles en el esquema existente en la subestación 6, sabiendo la potencia disponibles, el orden de prioridades eléctrico-operacional y tomando en cuenta las premisas se organiza el esquema de re arranque con la inclusión de los motores pertenecientes a ARU 3000.

En el esquema se tomara la barra sin importar si es parte "A" o "B" esto se debe a que todo esta alimentado mediante un transformador. En cada etapa se compararan la potencia del paso con la potencia que soporte el transformador de media y baja tensión para verificar que esta entre los limites calculados y es posible iniciar la filosofía sin ningún daño al sistema eléctrico.

4.4.3 Pasos de re arranque asignados a los nuevos motores.

Partiendo de las premisas antes descritas se procede a precisar los pasos para re arranque de equipos. En la siguiente tabla se colocaran los equipos con el paso de re arranque propuesto. Se comparara que la potencia en media tensión (6.9 KV) por paso sea menor que la potencia máxima, La potencia a baja tensión (480 KV) por paso debe ser menor a la potencia máxima que puede soportar los transformadores asociados a dicho nivel de tensión esto se hace con la finalidad de verificar si manualmente se cumple con las premisas establecidas.

En la tabla siguiente, se muestra los pasos de re arranque para los nuevos motores de la subestación 6 del Mejorador.

Tabla 4.9 Pasos de RS para los nuevos motores instalados en la S/E 6.

Código	Característica	Potencia (KW)	Bus	Paso de RS según electricidad	Prioridad RS operaciones
03-PM-50-05B	HOT OIL PUMP	200	HV60A	1	3
03-PM-00-01A	RICH AMINE PUMP	125	LV61A	1	3
03-PM-00-01S	RICH AMINE PUMP	125	LV61B	1	3
03-PM-00-03A	REGENERATOR REFLUX PUMP	8.6	LV61A	1	3
03-PM-00-03S	REGENERATOR REFLUX PUMP	8.6	LV61B	1	3
03-PM-00-04A	LEAN AMINE PUMP	600	HV60B	3	3
03-PM-00-04S	LEAN AMINE PUMP	600	HV60A	3	3
03-PM-00-07A	LP CONDENSATE PUMP	55	LV61B	4	3
03-PM-00-07S	LP CONDENSATE	55	LV61A	4	3

	PUMP				
03-EAM-00-03A1	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61A	4	3
03-EAM-00-03A2	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61B	4	4
03-EAM-00-03B1	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61A	4	3
03-EAM-00-03B2	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61B	4	4
03-EAM-00-04A1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	4	4
03-EAM-00-04A2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	4	4
03-EAM-00-04B1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	4	4
Código	Característica	Potencia (KW)	Bus	Paso de RS según electricidad	Prioridad RS operaciones
03-EAM-00-04B2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	4	4
03-EAM-00-04C1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	4	4
03-EAM-00-04C2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	4	4
03-EAM-00-04D1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	4	4
03-EAM-00-04D2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	4	4
03-PM-00-02	FLASH DRUM HYDROCARBON PUMP	8.6	LV61B	5	NR
03-PM-00-05	AMINE SUMP PUMP	8.6	LV61B	5	NR
03-PM-00-06	AMINE SUMP PUMP	8.6	LV61A	5	NR
03-PM-00-08	AMINE VAULT PUMP COOLER	3.6	LV61A	5	NR
03-PM-00-09	AMINE BOOSTER PUMP	74.6	LV62B	6	NR

	(RECLAIMER)				
03-PM-00-10	H2SO4 98% PUMP (RECLAIMER)	14.92	LV62B	6	NR
03-PM-00-16	NAOH 50% PUMP (RECLAIMER)	7.46	LV62B	6	NR
03-PM-00-15	DRAIN AMINE PUMP (RECLAIMER)	7.46	LV62B	6	NR
03-PM-50-08A	03-V-50-08	2.25	LV62A	6	4
03-PM-50-08S	03-V-50-08	2.25	LV62B	6	4

NR: sin paso asignado para el re arranque automático.

Colocando los nuevos motores en los pasos antes propuestos por el criterio eléctrico, la potencia en cada paso (con los demás motores de la subestación 6) quedaría de la siguiente manera:

Tabla 4.10 potencia total (KVA) y disponible en cada barra de la S/E 6.

PASO	P. TOTAL	P. EN LV61	P. EN LV62	P. DIS. TOTAL	P. DIS. LV61	P. DIS. LV62
1	1475	528	206	1525	272	394
3	2014	206	412	986	594	213
4	957	661	82	625	140	450
5	671	393	278	2329	407	322
6	409	143	266	2591	657	344

- P. TOTAL: Potencia total del paso.
- P. EN LV61: Potencia total en la Barra LV61.
- P. EN LV62: Potencia total en la barra LV62.
- P. DIS. TOTAL: Potencia Disponible total del paso.
- P. DIS. LV61: Potencia Total Disponible en la barra LV61.

- P. DIS. LV62: Potencia Total Disponible en la barra LV62.

En la tabla anterior no se incluye la potencia de los compresores 03-KM-50-01 debido a que el procedimiento para el arranque de dichos motores implica el reset o la intervención de personal, es decir el arranque se realiza de manera manual.

Partiendo de la potencia por paso mostrada en la tabla 4.10, se procede a calcular la corriente de arranque por paso, se tomara como parámetro de arranque cuatro veces la corriente nominal ($I_{arrq} = 4 \cdot I_n$), con el fin de chequear si puede activarse alguna protección durante la ejecución de la secuencia.

$$S = V \times I \times \sqrt{3}$$

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_{arrq} = 4 \times I_{nom}$$

Aplicando las ecuaciones anteriores se tiene lo siguiente:

4.4.4 Consideraciones para la simulación digital del re arranque de motores.

Para la simulación del escenario de re arranque automático se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Durante la simulación se rearrancaran todos los equipos principales existentes en la subestación 6 del mejorador, esto se realiza con la finalidad de simular la condición de operación real.
- Se realizara el estudio de re arranque dinámico, ya que este muestra la respuesta del circuito de potencia si se reinician las actividades partiendo de la inercia existente en los motores al momento de su disparo, además de esto la mayoría de las fallas ocurridas en el mejorador son flickeos (bajo voltaje por periodos de tiempo corto), al no ocurrir estos flickeos hay ausencia de tensión por un largo periodo de tiempo lo que lleva a realizar un re arranque manual.
- Debido a que los compresores de aire 03-KM-50-01A/B/C por condiciones de operación arrancan de manera manual, no se tomaron en cuenta en la simulación.
- El transformador de media tensión 0310TR60A se considera con una potencia de 12 MVA con la finalidad de crear una simulación real y mantener la condición critica del sistema.
- Los cambiadores de toma en los transformadores tendrán sus niveles nominales, en el caso de media tensión (34.5/6.9 KV) en caso de baja tensión (6.9/0.48 KV).

4.4.5 Escenarios y resultados del re arranque automático.

- **Escenario 1:** es la condición mas critica ya que se tendrá un voltaje estable para el inicio de la operación igual a 85% del voltaje nominal (voltaje con el que se comienza la función rearranque).
- **Escenario 2:** durante esta fase se tendrá una tensión estable para el inicio de la secuencia de rearranque igual al 90% del voltaje nominal.
- **Escenario 3:** en esta condición se mantendrá un voltaje estable del 95% del voltaje nominal para el momento que se inicie la secuencia de rearranque automático.

Luego de realizada la simulación de los equipos asociados a la red eléctrica de la subestación 6, se tienen los resultados mostrados en las siguientes tablas y gráficos:

❖ RESULTADOS DEL ESCENARIO 1, REARRANQUE DINAMICO.

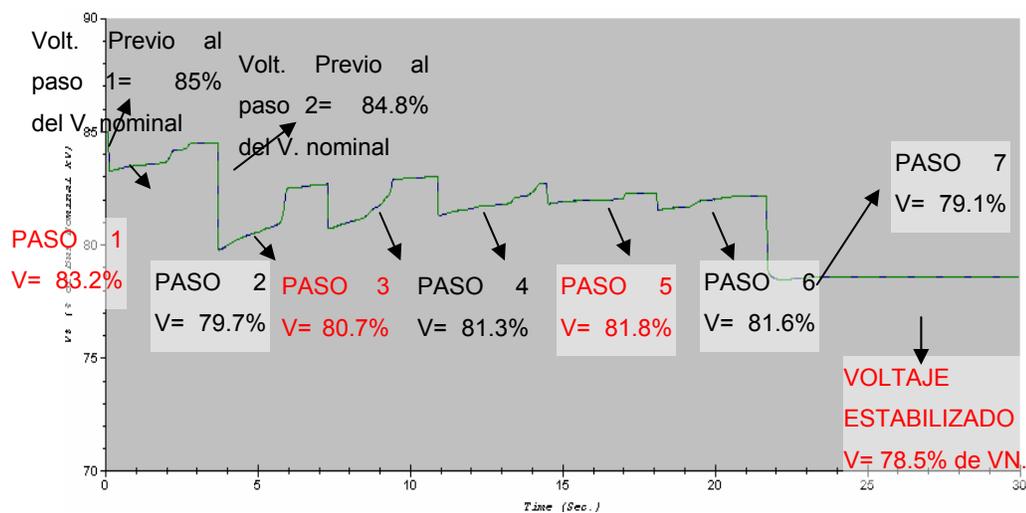


Figura 4.5 Datos obtenidos en el rearranque dinámico en HV60 A/B según el simulador.

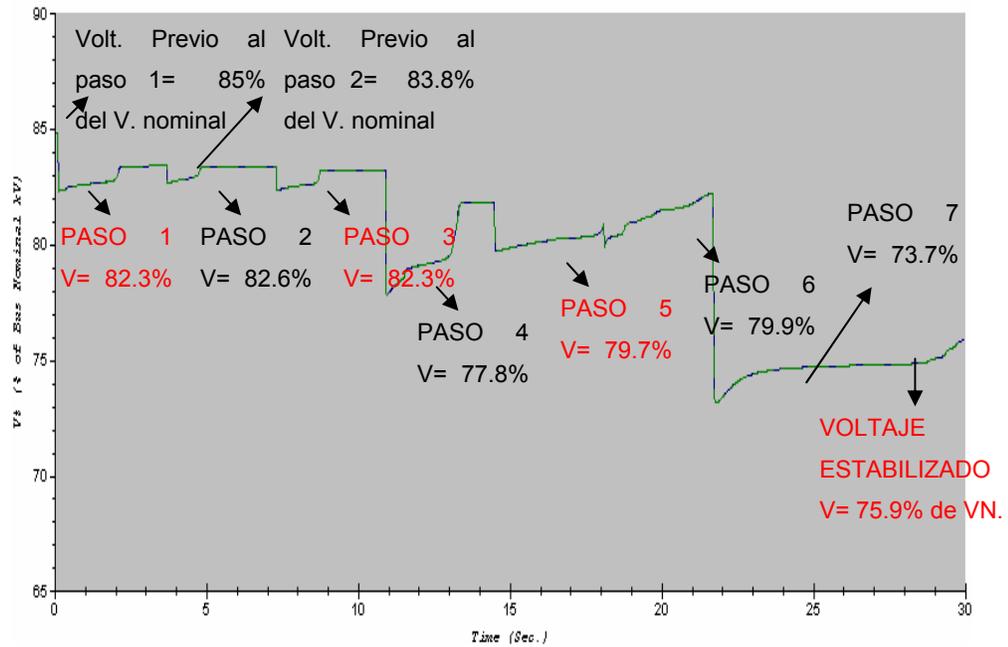


Figura 4.6 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV61 A/B según el simulador.

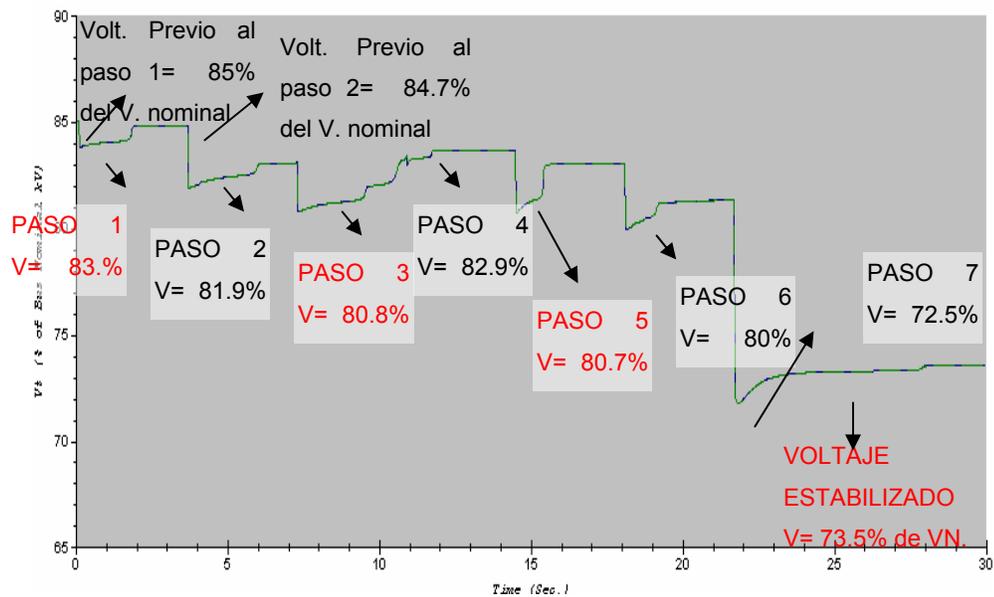


Figura 4.7 Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV62A/B según el simulador.

❖ **TABLA Y GRAFICOS RESULTANTES DEL “ESCENARIO 2” DE REARRANQUE DINAMICO.**

Tabla 4.12, Perfiles de tensión en las barras antes de la secuencia de rearranque automático.

REARRANQUE DINAMICO PERFIL DE TENSION (% Vn)							
BARRA.	Paso 1 $T = 0^-$	Paso 2 $T = 3.5^-$	Paso 3 $T = 7^-$	Paso 4 $T = 10.5^-$	Paso 5 $T = 14^-$	Paso 6 $T = 17.5^-$	Paso 7 $T = 21^-$
HV60A/B	90	89.6	88	88.3	88.1	87.9	87.5
LV61A/B	90	88.6	88.4	88.3	87.9	87.7	87.5
LV62A/B	90	89.8	89.6	89	88.8	88.4	86.5

Tabla 4.13, tensión en las barras durante de la secuencia de rearranque automático.

REARRANQUE DINAMICO PERFIL DE TENSION (% Vn)							
BARRA.	Paso 1 $T = 0^+$	Paso 2 $T = 3.5^+$	Paso 3 $T = 7^+$	Paso 4 $T = 10.5^+$	Paso 5 $T = 14^+$	Paso 6 $T = 17.5^+$	Paso 7 $T = 21^+$
HV60A/B	88	83.9	85.6	86.3	87	87.1	83.8
LV61A/B	87.2	87.6	87.3	82.6	85.6	86.4	78.2
LV62A/B	88.8	86.8	86.9	88.3	85.7	85.1	76.9

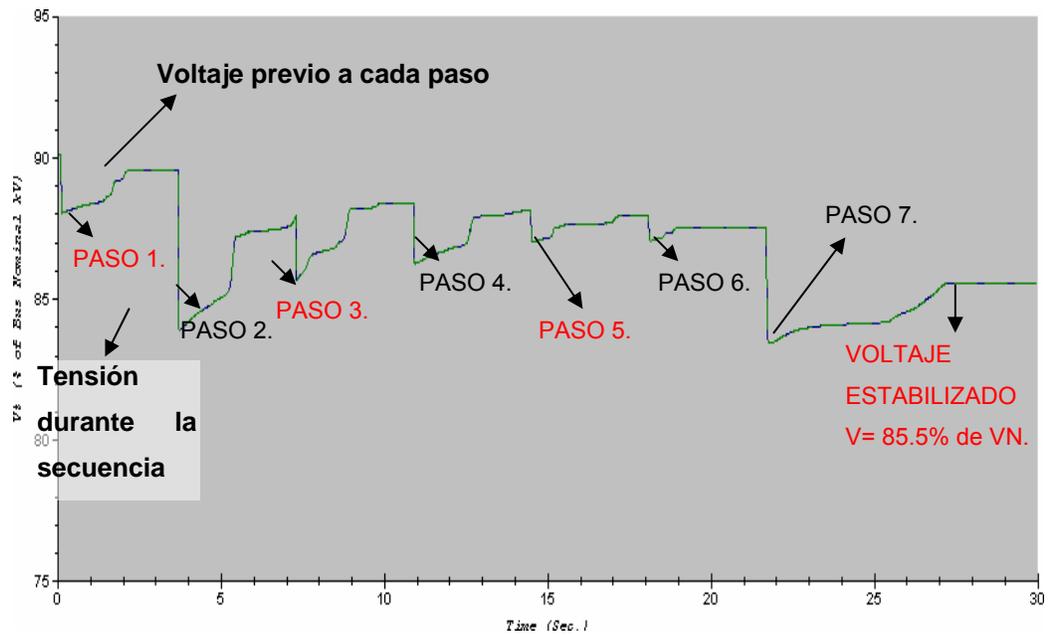


Figura 4.8 Datos obtenidos en el reanque dinámico en HV60 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).

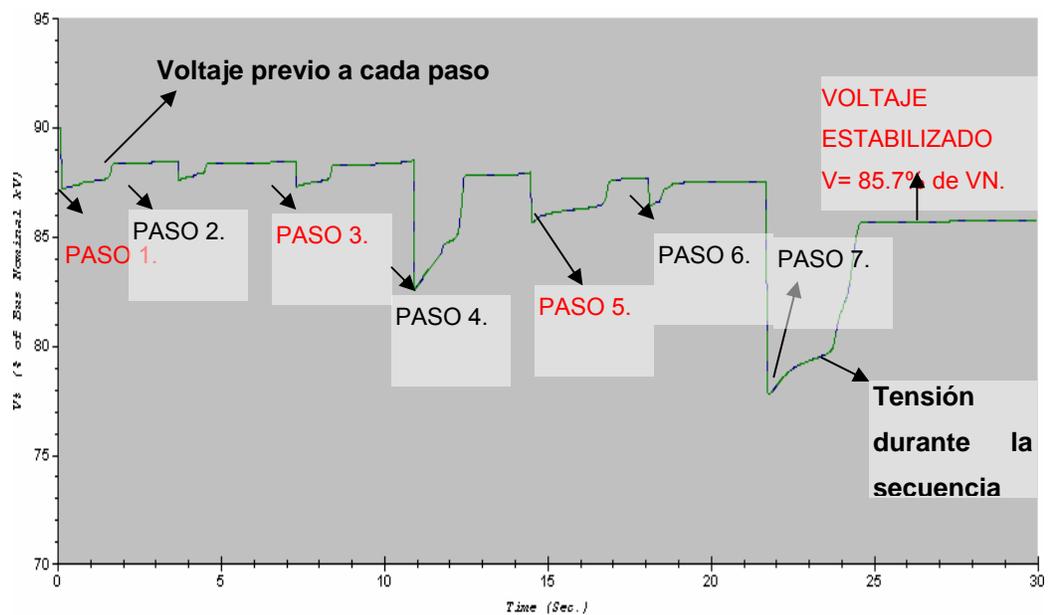


Figura 4.9 Datos obtenidos en el reanque dinámico en LV61 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).

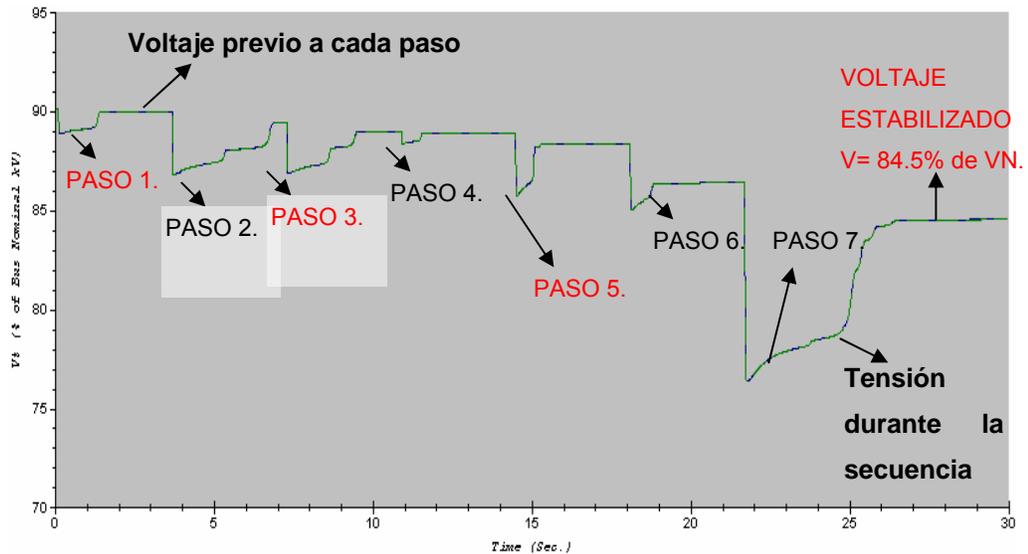


Figura 4.10 Datos obtenidos en el rearme dinámico en LV62 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).

❖ **GRAFICOS RESULTANTES DEL “ESCENARIO 3” DE REARRANQUE DINAMICO.**

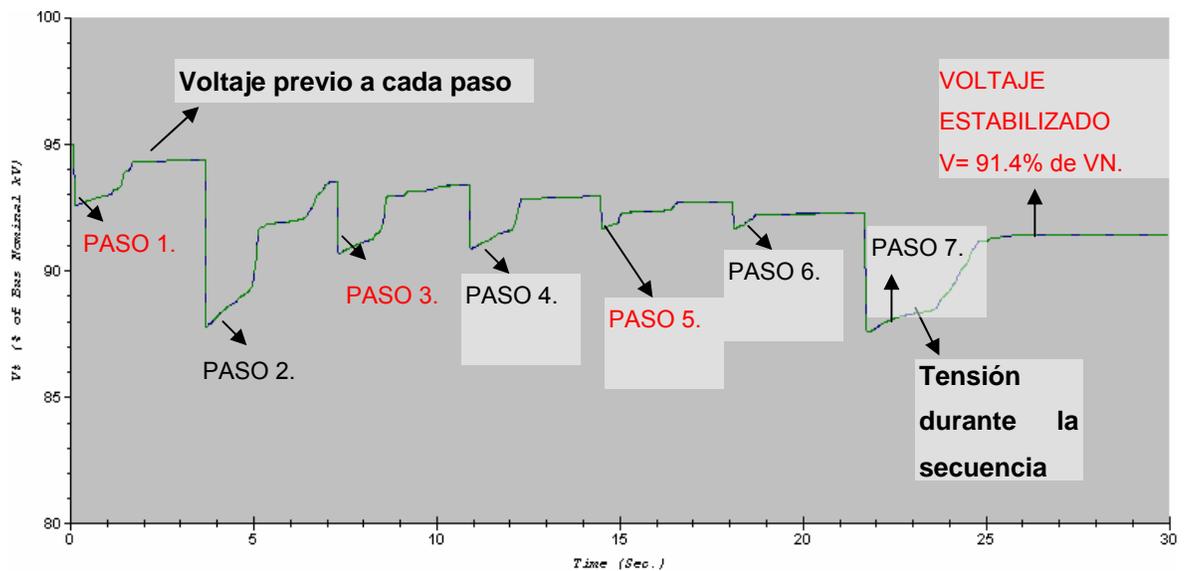


Figura 4.11, Datos obtenidos en el rearme dinámico en HV60 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).

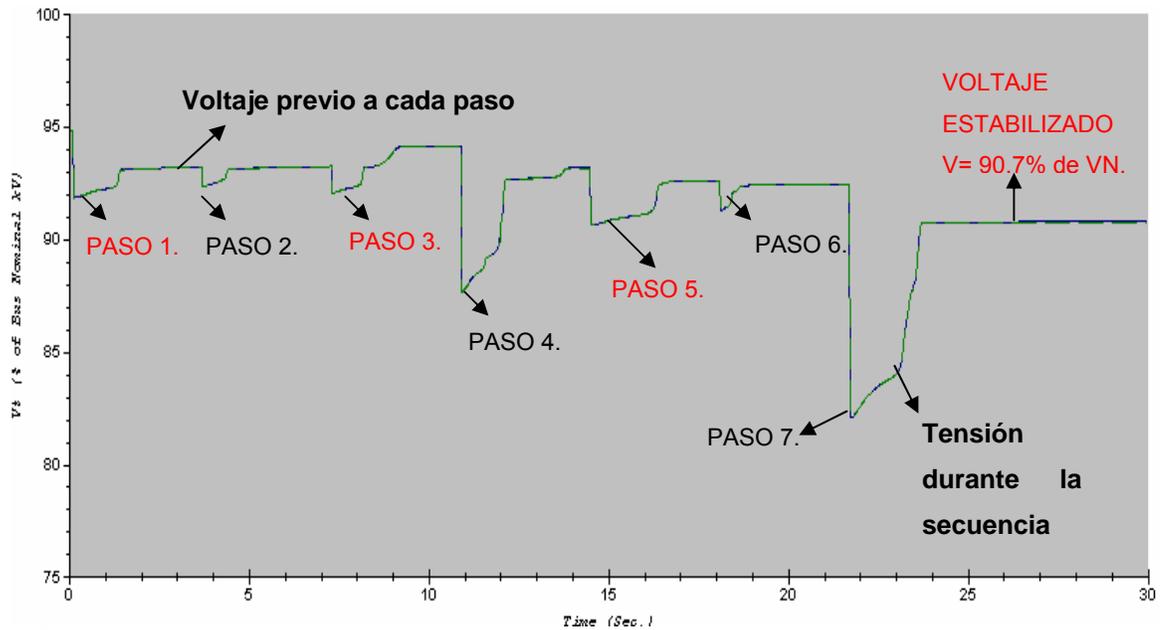


Figura 4.12, Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV61 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).

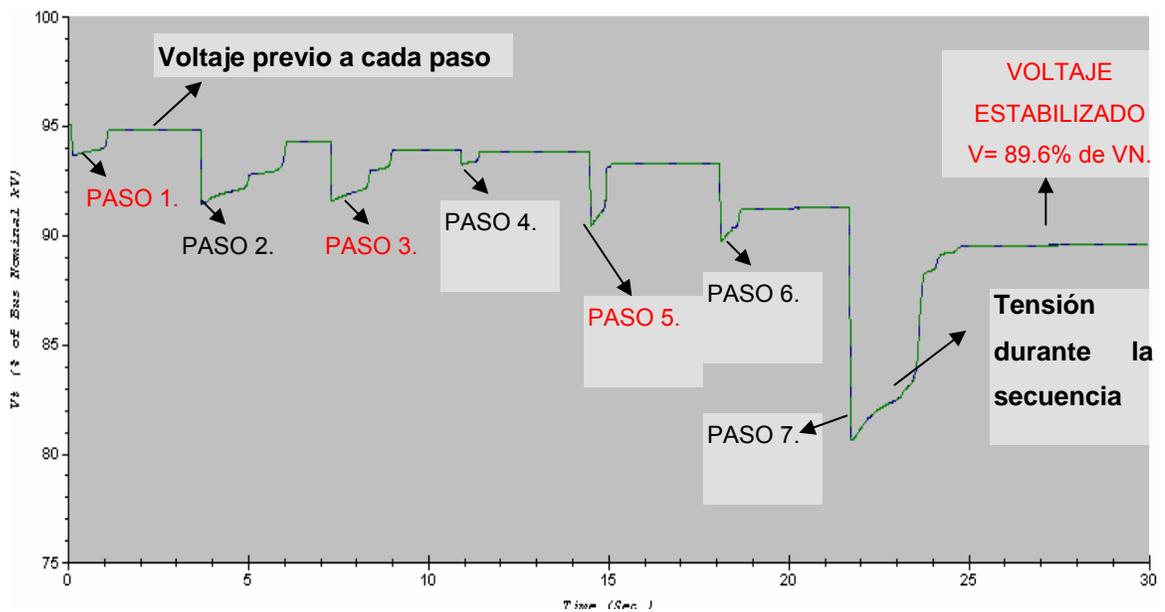


Figura 4.13, Datos obtenidos en el re arranque dinámico en LV62 A/B según el simulador (datos mostrados en las tablas).

4.4.6 Discusión de resultados del re arranque estatico y dinamico.

ESCENARIO 1: cuando se simulo este evento se pudo notar que se obtuvo una respuesta típica del re arranque dinámico de motores ya que se absorbe menos potencia al momento del re arranque y tiene periodos de carga breves, solo se pudo ejecutar el primer paso de re arranque, debido a que cuando se añade carga al sistema se tendrá una disminución de la tensión lo que ocasionara que el voltaje al inicio del paso siguiente sea menor al 85% que se tenia previamente, por tanto cuando el sistema de control percibe dicha condición bloquea el re arranque automático de equipos.

ESCENARIO 2: en este caso se pudo notar que la secuencia del re arranque automático se ejecuta de manera eficiente debido a poseer una tensión previa a cada paso mayor al 85% del V_n . Se observo que durante el último paso de re arranque se llega a tener un voltaje en las barras de baja tensión alrededor del 78% del V_n , lo cual se debe a la cantidad de ventiladores que se encienden en dicho paso, con el valor de tensión obtenido según las normas ANSI C84, los motores no mantendrán sus características nominales en el momento del arranque.

ESCENARIO 3: se aprecia que la secuencia de re arranque puede ejecutarse exitosamente ya que todos los perfiles de tensión son acordes a los requeridos por esta filosofía y la tensión durante el re arranque de equipos esta por encima de los 80% estipulados por la norma ANSI C84.

En general Se pudo apreciar que los perfiles de tensión antes de ejecutar cada paso de re arranque de motores, se corresponden a la respuesta esperada del sistema de potencia de la subestación 6 del mejorador, esto se debe en gran parte a la inercia de los motores, menor par

de arranque a vencer, menor tiempo de carga, etc. En el complejo mejorador predomina el re arranque dinámico ya que en su mayoría las fallas que se ocasionan son flickeos (disminuciones de tensión por periodos de tiempo cortos).

En cuanto al perfil de voltaje durante el re arranque de motores, en la simulación del escenario 2, en el paso 7 de re arranque en la parte de baja tensión, se llega a tener un valor de tensión igual al 78% del voltaje nominal, lo cual ocasiona que el arranque de los motores no se ejecute de manera eficiente, esto se sabe según lo descrito en la norma ANSI C84-1982, la cual estipula que durante el arranque de los motores se debe tener un 80% del voltaje nominal para que este sea ejecutado eficientemente.

Se pudo apreciar que el re arranque en la subestación 6, se cumplirá siempre que no exista alguna condición de bloque y que exista una tensión igual o superior al 90% del Voltaje nominal.

El Anexo J muestra el reporte creado mediante la simulación digital de cada escenario planteado.

4.5 MEDIANTE EL ESTUDIO DE ESCENARIOS, ESTABLECER LA FUNCIÓN BOTE DE CARGA PARA LOS NUEVOS MOTORES ASOCIADOS A LA S/E 6 DEL MEJORADOR.

4.5.1 Introducción.

Loadshedding (LS) es una acción que permite aliviar la carga existente en el sistema eléctrico mediante la desconexión continua o parcial de equipos pocos prioritarios para el sistema. En esta investigación se realiza la

simulación del bote de carga con la finalidad de determinar hasta que punto puede el sistema de potencia recuperarse de un bajo voltaje, de igual forma precisar si la ejecución de los pasos del bote de carga generan alguna oscilación de importancia al sistema.

4.5.2 Consideraciones tomadas para la organización del esquema de recorte de carga para los nuevos motores instalados en la S/E 6.

Para definir los pasos de loadshedding de los nuevos motores pertenecientes a la subestación 6, se tomo como base los estudios realizados en cuanto a jerarquización de motores, en los cuales resalta la importancia o criticidad de cada uno de los equipos que conforman la subestación estudiada.

En la tarea de asignar los pasos a los motores los estudios se realizara partiendo de las barras de media tensión debido a que los motores de mayor nivel de voltaje se alimentan a 6.9 KV además todo hallado aguas abajo tenga asignado un paso de bote de carga.

Se le asignan pasos a todos los motores nuevos, sin importar su condición (principal o respaldo) ni ubicación (media tenson o bajo voltaje) esto debido a que no se puede saber en que momento del proceso se requiera de los 2 motores (poco usual) en funcionamiento o cuando este trabajando solo el equipo de respaldo.

4.5.3 Consideraciones tomadas para la simulación del bote de carga en la subestación 6 del mejorador.

- Por tratar de hacer la simulación lo más parecido a las condiciones reales de operación, solo estarán en funcionamiento los motores principales al igual que todos los enfriadores (ventiladores).
- Se toma en cuenta que al momento de ocurrir el bote de carga, los equipos estaban operando de manera normal (motores principales en funcionamiento).
- En el bote de carga se tomaran en cuenta para la simulación todos los compresores de aire 03-KM-50-01 se encontraban en funcionamiento ya que se supone el sistema operando en condiciones normales.
- El sistema en media tensión estará alimentado por un transformador, en baja tensión el acople de barras estará cerrado y alimentado por un transformador tanto en LV61 y LV62 (ver figura de rearranque).

Luego de realizado el estudio del sistema eléctrico del mejorador y subestación 6, se plantean los escenarios de la secuencia bote de carga a ser simulados para su estudio.

❖ SOBRECARGA:

El escenario de sobrecarga factible es el *requerimiento externo* (debido a la holgura con que trabajan los alimentadores), el cual puede ser solicitado a nivel de la empresa que suministra la alimentación al mejorador, esto

ocurre raras veces ya que en casos de requerimientos externos o activación de protecciones a nivel del sistema interconectado, el complejo mejorador queda completamente sin alimentación.

El bote de carga por causas externas es activado siempre que el sistema interconectado (suministro de alimentación al mejorador) necesite un alivio de carga; sin embargo la otra manera de que ocurra el requerimiento externo es que alguna condición ajena al sistema eléctrico del mejorador (por ejemplo falla a nivel de la líneas de alimentación) active la función del bote de carga y esta se ejecutaría a nivel general (todas las subestaciones).

En la subestación 6 los equipos principales tienen un consumo de 13.2 MVA, lo cual es inferior a los 15 MVA que soporta el alimentador; sin embargo el escenario de sobrecarga que se puede presentar es que la ventilación forzada del alimentador (acción que permite alcanzar los 15 MVA) falle ocasionando sobrecarga a nivel del alimentador esta condición activaría la función del bote de carga.

❖ **BAJO VOLTAJE.**

Para este caso, se tomara en cuenta la condición critica que se puede presentar en el sistema, la cual es la presencia de un bajo voltaje constante (menor del 65% del voltaje nominal, por mas de 0.3 seg), La secuencia de disparo se considera fallada por ende se activa el bote de carga, luego de esto se recupera en el sistema una tensión que no llega a la especificada para la operación (voltaje mayor al 85% del voltaje nominal), se considera la condición mas exigente ya que el perfil de tensión será recuperado será mediante la función del bote de carga. La importancia del estudio de estos escenarios es que se podrá chequear el porcentaje de tensión que consume

cada paso de bote de carga propuesto y se determinara el valor mínimo de tensión a la cual el sistema es capaz de recuperar el perfil de tensión requerido para detener la ejecución de la secuencia (voltaje mayor al 85% de V_n) manteniendo la operación del proceso.

- **Escenario 1:** se tiene una tensión menor al 65% del voltaje nominal en la barras de media y baja tensión de la subestación 6, el sistema recupera una tensión insuficiente para detener la secuencia, al ejecutarse el primer paso de bote de carga se recupera el voltaje de operación (85% del voltaje nominal), este escenario se plantea para calcular el hasta que punto puede haber un bajo voltaje y recuperación del sistema ejecutando solo el Paso 1 de bote de carga.
- **Escenario 2:** se asume un voltaje menor al 65% del voltaje nominal en las barras de media y baja tensión de la subestación 6, el sistema recupera un perfil de voltaje el cual no cumple con el requerido para detener la secuencia activa (bote de carga) es por ello que se requiere ejecución del bote de carga hasta el Paso 2, con lo cual se tienen las condiciones mínimas para el funcionamiento del sistema eléctrico, este escenario se plantea para calcular el punto en el que puede existir un bajo voltaje en la red y el sistema puede recuperarse a través de la ejecución de esta secuencia automática (hasta el Paso 2 del bote de carga).
- **Escenario 3:** se presenta un bajo voltaje en la subestación 6 ($V < 65\%$ del V_n) y se ejecutan los 3 pasos de loadshedding debido a que no se recupera la tensión para la operación (85% del voltaje nominal), con este escenario se busca encontrar el valor crítico de tensión, es

decir el punto donde aun cuando se ejecute de manera completa la secuencia del bote de carga el voltaje mínimo de operación no se recupera, por tanto el sistema no puede continuar en servicio.

Luego de haber planteado los casos anteriores y explicar la manera en que funciona la secuencia, las condiciones para la activación del bote de carga automático, se realiza la siguiente tabla:

Tabla 4.14, Muestra el paso de recorte de carga asignado a cada motor de ARU 3000.

Código	Característica	Potencia (KW)	Bus	Paso de LS según electricidad	Prioridad LS operación
03-PM-50-05B	HOT OIL PUMP	200	HV60A	NS	NS
03-PM-00-01A	RICH AMINE PUMP	125	LV61A	NS	NS
03-PM-00-01S	RICH AMINE PUMP	125	LV61B	NS	NS
03-PM-00-03A	REGENERATOR REFLUX PUMP	8.6	LV61A	NS	NS
03-PM-00-03S	REGENERATOR REFLUX PUMP	8.6	LV61B	NS	NS
03-PM-00-04A	LEAN AMINE PUMP	600	HV60B	NS	NS
03-PM-00-04S	LEAN AMINE PUMP	600	HV60A	NS	NS
03-PM-00-07A	LP CONDENSATE PUMP	55	LV61B	NS	2
03-PM-00-07S	LP CONDENSATE PUMP	55	LV61A	NS	2
03-EAM-00-03A1	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61A	NS	2
03-EAM-00-03B2	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61B	NS	2

Código	Característica	Potencia (KW)	Bus	Paso de LS según electricidad	Prioridad LS operación
03-EAM-00-04A1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	NS	2
03-EAM-00-04B1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	NS	2
03-EAM-00-04B2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	NS	2
03-EAM-00-04C1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	NS	2
03-EAM-00-04C2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	NS	2
03-EAM-00-04D2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	NS	2
03-EAM-00-03B1	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61A	2	2
03-EAM-00-04A2	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61B	2	2
03-EAM-00-04D1	LEAN AMINE AIR COOLER	30	LV61A	2	2
03-EAM-00-03A2	REGENERATOR OV COND AIR COOLER	32	LV61B	2	2
03-PM-00-02	FLASH DRUM HYDROCARBON PUMP	8.6	LV61B	1	1
03-PM-00-05	AMINE SUMP PUMP	8.6	LV61B	1	1
03-PM-00-06	AMINE SUMP PUMP	8.6	LV61A	1	1
03-PM-00-08	AMINE VAULT PUMP COOLER	3.6	LV61A	1	1
03-PM-00-09	AMINE BOOSTER PUMP (RECLAIMER)	74.6	LV62B	1	1
03-PM-00-10	H2SO4 98% PUMP (RECLAIMER)	14.92	LV62B	1	1
03-PM-00-16	NAOH 50% PUMP (RECLAIMER)	7.46	LV62B	1	1

03-PM-00-15	DRAIN AMINE PUMP (RECLAIMER)	7.46	LV62B	1	1
03-PM-50-08A	03-V-50-08	2.25	LV62A	1	1
03-PM-50-08S	03-V-50-08	2.25	LV62B	1	1

4.5.4 Resultados obtenidos de la simulación de escenarios (loadshedding).

- Escenario 1 (bajo voltaje).

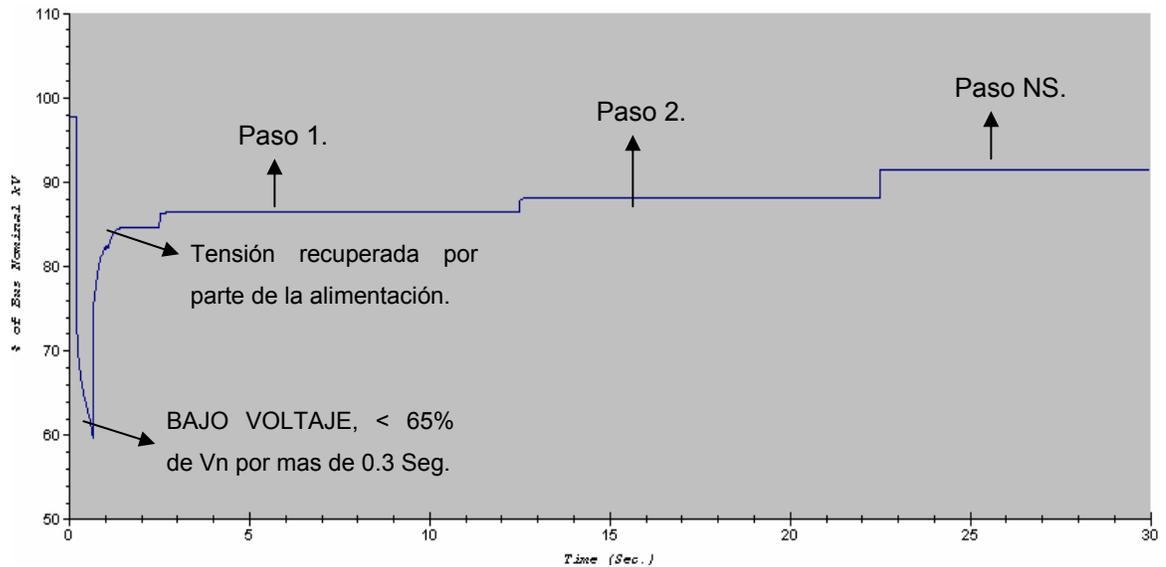


Figura 4.14, Comportamiento de la barra HV60 durante la ejecución del “escenario 1” de LS.

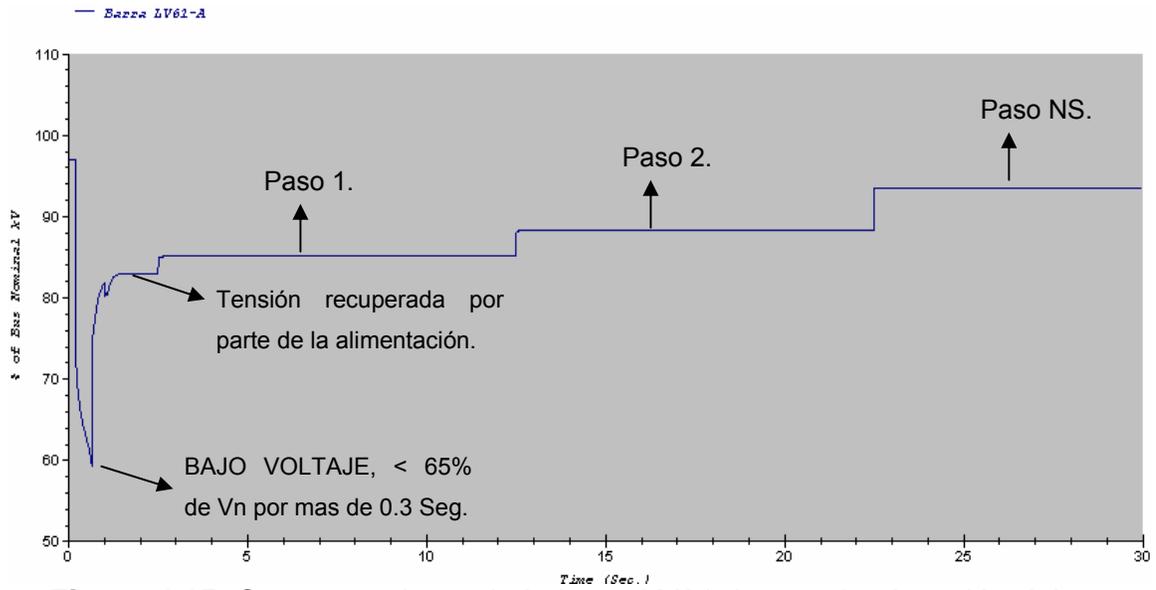


Figura 4.15, Comportamiento de la barra LV61 durante la ejecución del “escenario 1” de LS.

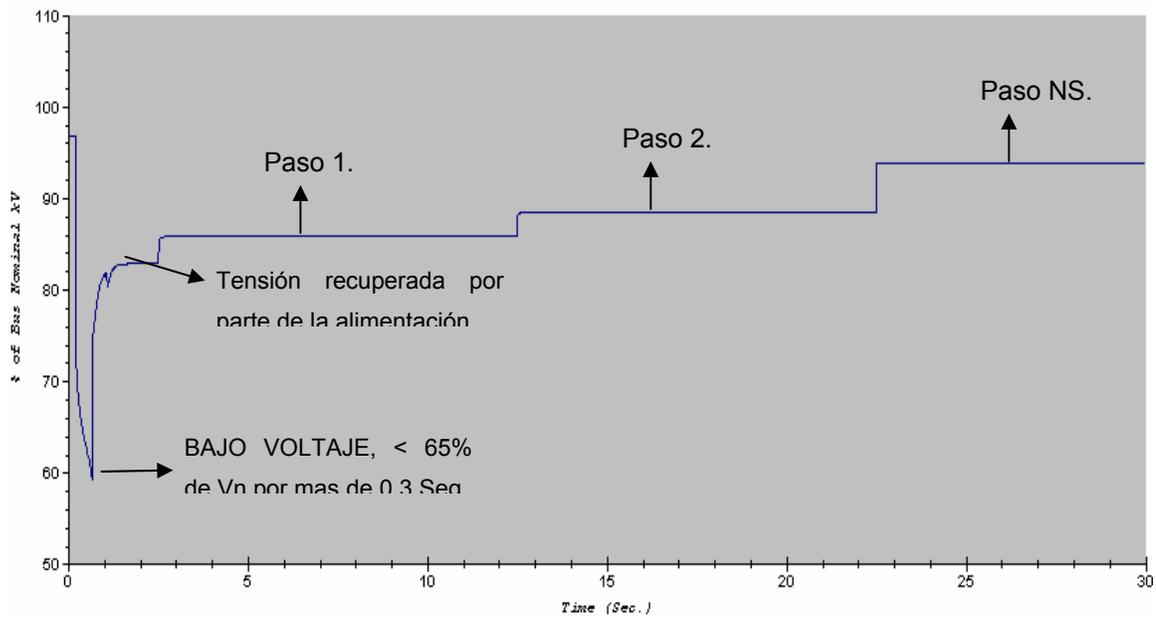


Figura 4.16, Comportamiento de la barra LV62 durante la ejecución del “escenario 1” de LS.

- **Escenario 2 (bajo voltaje).**

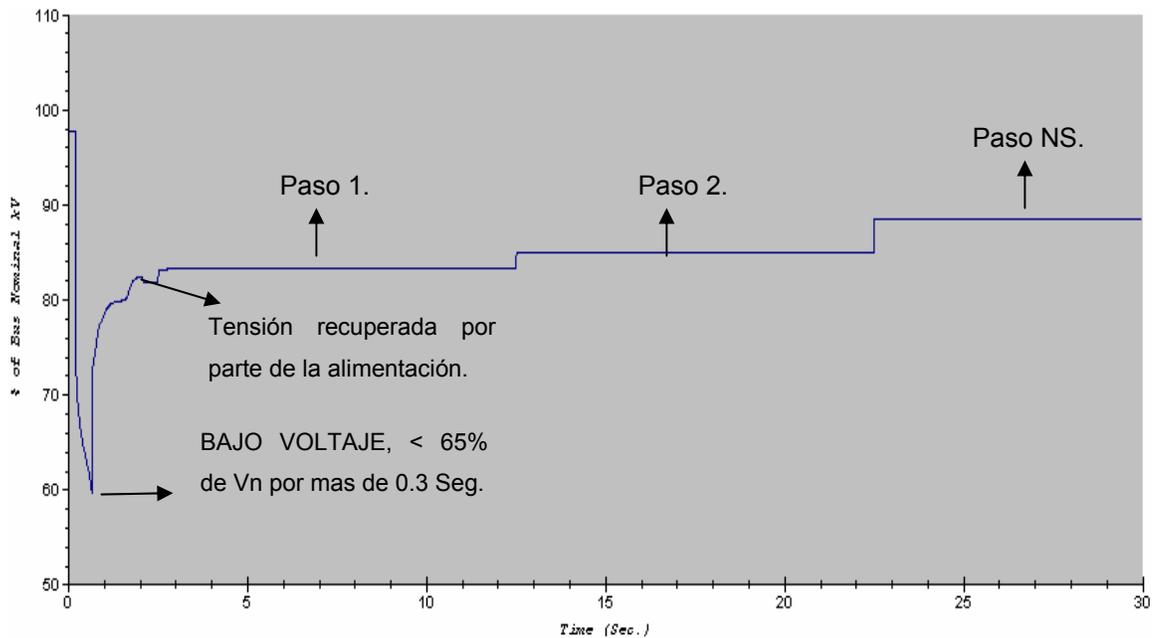


Figura 4.17, Comportamiento de la barra HV60 durante la ejecución del “escenario 2” de LS.

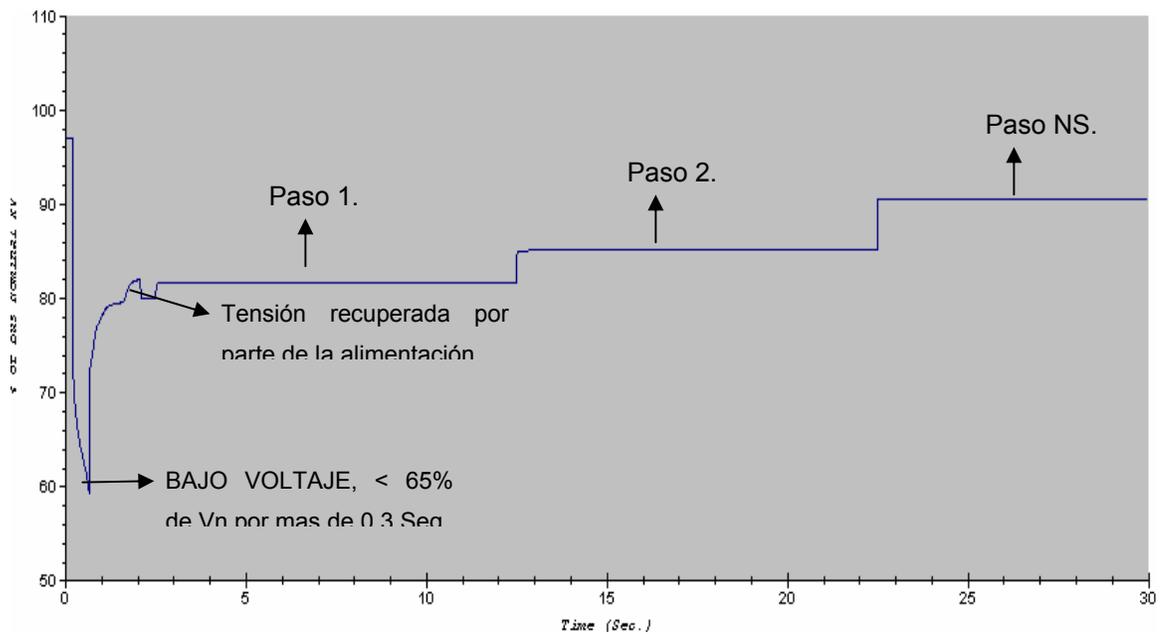


Figura 4.18, Comportamiento de la barra LV61 durante la ejecución del “escenario 2” de LS.

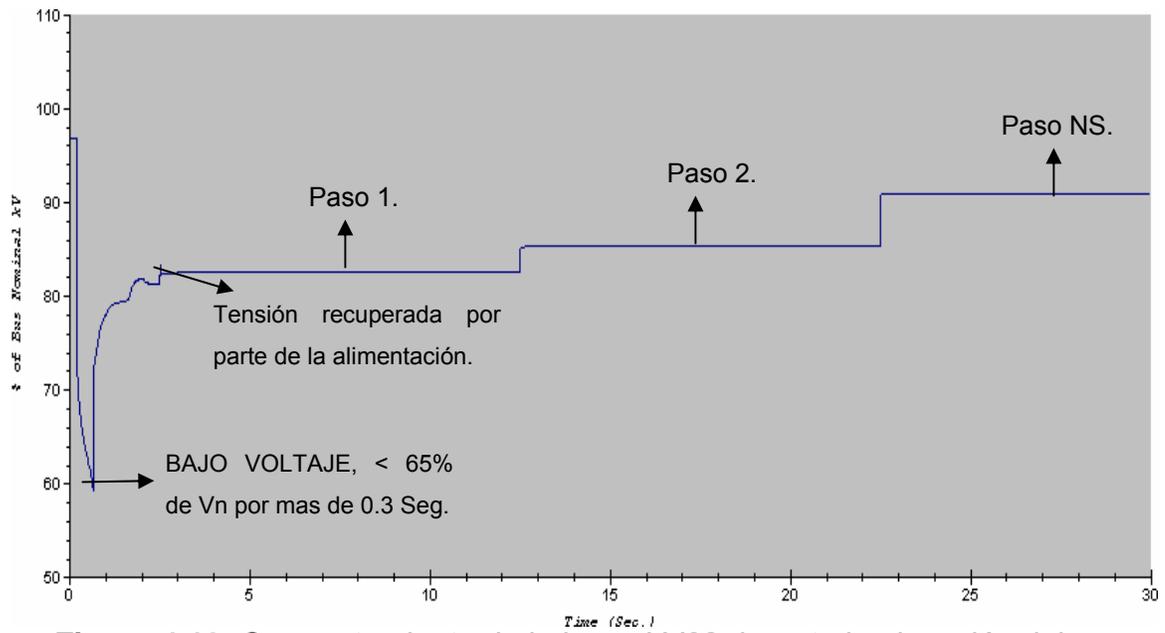


Figura 4.19, Comportamiento de la barra LV62 durante la ejecución del “escenario 2” de LS.

- **Escenario 3 (bajo voltaje).**

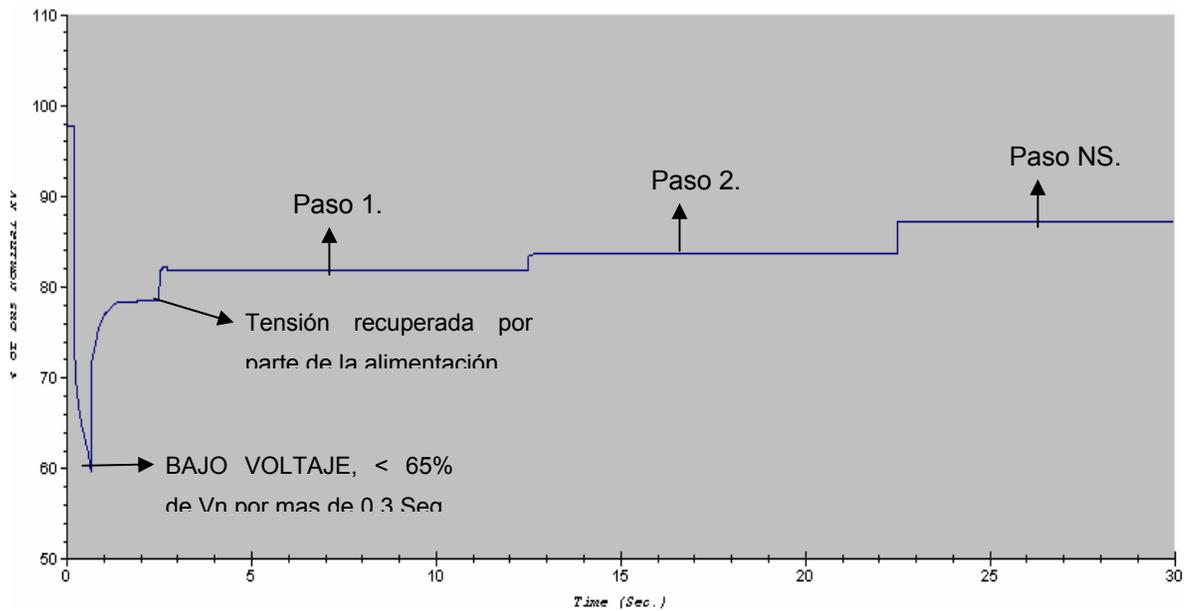


Figura 4.20, Comportamiento de la barra HV60 durante la ejecución del “escenario 3” de LS.

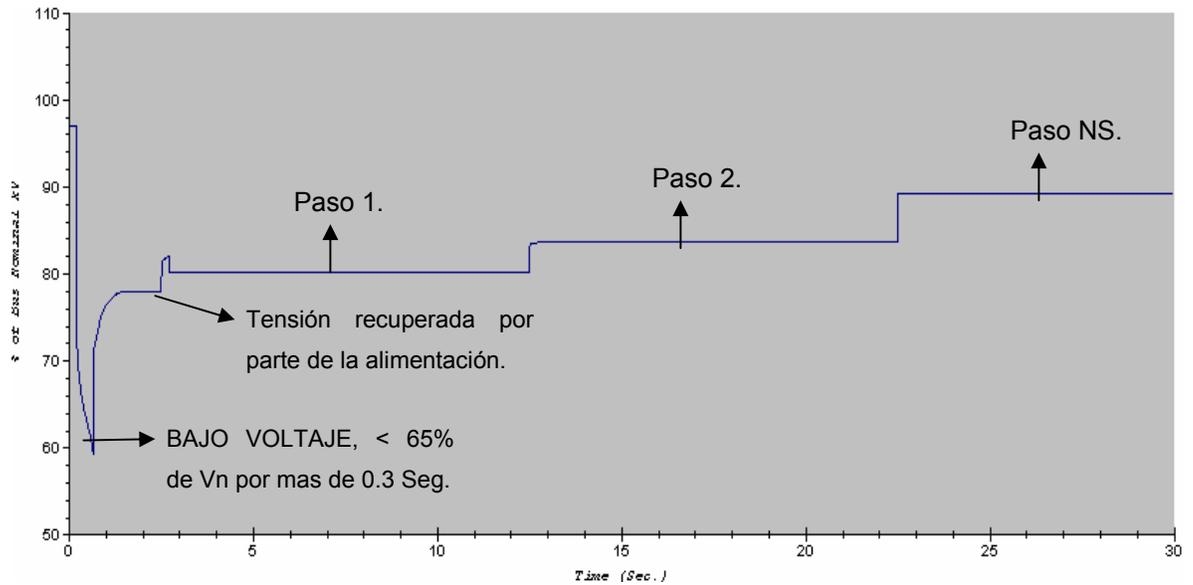


Figura 4.21, Comportamiento de las barras LV61 durante la ejecución del “escenario 3” de LS.

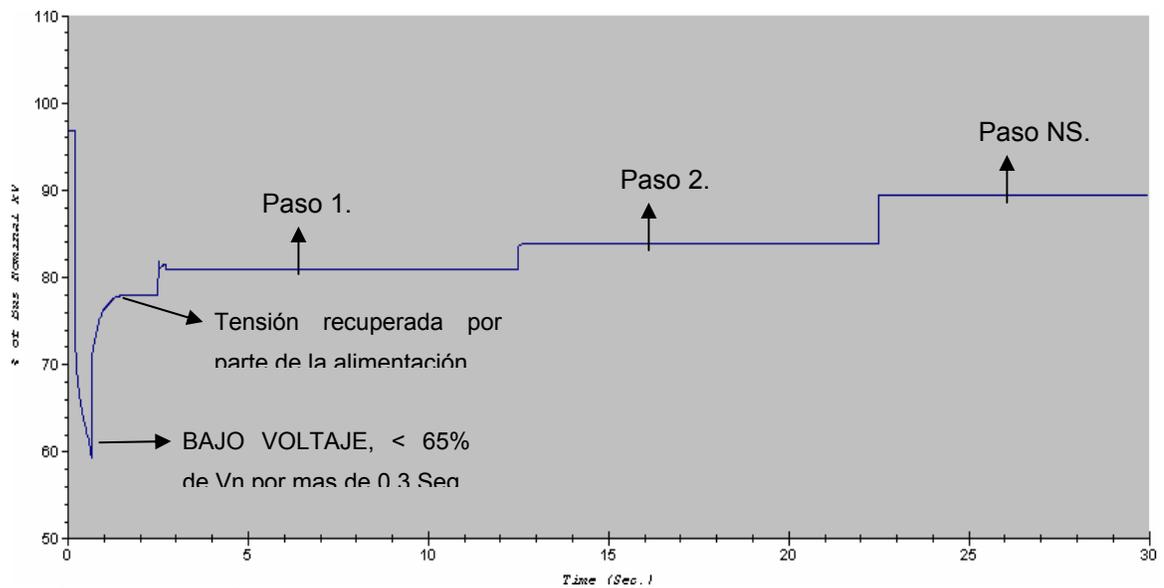


Figura 4.22, Comportamiento de las barras LV62 durante la ejecución del “escenario 3” de LS.

Tabla 4.15, resultados de las simulaciones de los escenarios de LS planteados.

CONDICION DE BAJO VOLTAJE	TENSIÓN (% Vn.) EN LAS BARRAS LUEGO DE LA EJECUCIÓN DEL LS.		
	PASO 1	PASO 2	PASO 3
Escenario 1	HV60 = 86.4% LV61 = 85.1% LV62 = 85.8%	NO SE APLICA LA SECUENCIA. V> 85% DEL VN.	NO SE APLICA LA SECUENCIA. V> 85% DEL VN.
Escenario 2	HV60 = 83.2 % LV61 = 81.7 % LV62 = 82.5%	HV60 = 85.1 % LV61 = 85% LV62 = 85.3%	NO SE APLICA LA SECUENCIA. V> 85% DEL VN.
Escenario 3	HV60 = 81.8% LV61 = 80.1% LV62 = 80.9%	HV60 = 83.6% LV61 = 83.6% LV62 = 83.8%	HV60 = 87.2% LV61 = 89.2% LV62 = 89.4%

4.5.5 Discusion y analisis de resultados.

El escenario de loadshedding debido a requerimiento externo planteado anteriormente no se ejecuto por las razones siguientes:

- Cuando se realiza el requerimiento externo, se ejecuta LS a nivel general (todas las subestaciones) por lo tanto no se puede realizar una simulación real de este escenario, debido a que se necesitaría modelar todo el complejo mejorador (fuera de los objetivos).

El escenario de bote de carga debido al bloqueo de la ventilación forzada, no pudo ser simulado debido a restricciones del software utilizado;

sin embargo se puede mantener que en caso de que el transformador posea una sobrecarga debido a la conexión de todos los equipos principales (consumen 13.2 MVA), se ejecutaría el bote de carga hasta su primer paso, debido a que dicha etapa consume una potencia de 3.4 MVA, con este alivio de carga el transformador alimentara una carga total de 9.8 MVA lo cual esta por debajo de su capacidad nominal (12 MVA).

❖ **BAJO VOLTAJE:**

- *ESCENARIO 1:* en la simulación de este escenario se pudo apreciar que se recupera un porcentaje de tensión del 3.3% aproximadamente, esto se debe a la desconexión de los motores con paso 1 de bote de carga, los cuales consumen una potencia total de 3400 KVA (entre media y baja tensión) y para la disposición radial que posee el sistema en estudio, la desconexión o alivio de carga se traduce en recuperación de voltaje. Se pudo apreciar que cuando se tenga un voltaje recuperado del 82% del voltaje nominal, al ejecutar el paso 1 del bote de carga se conseguirá la condición mínima para que la secuencia deje de ejecutarse y por tanto el sistema se mantenga en operación.
- *ESCENARIO 2:* en este escenario se apreció que el sistema puede mantenerse en operación aun cuando se recupere el voltaje (luego de alguna contingencia) hasta el 80% de la tensión nominal ya que al ejecutarse el paso 2 de bote de carga se recupera un porcentaje de tensión en las barras de media y baja tensión del 5.7% aproximadamente, esto debido a que cuando se ejecuta el segundo paso de bote de carga, se han desconectado un grupo de motores los

cuales consumen 2.8 MVA. (Paso 1 junto al Paso 2 suma 6.2 MVA), este valor de potencia para el sistema radial que se estudia significa que la carga a ser alimentada disminuye, por tanto los perfiles de voltaje aumentan.

- ESCENARIO 3: en este escenario, se pudo apreciar que al momento de activarse la función de bote de carga por condición de bajo voltaje y luego recuperarse la tensión a menos del 78%, el sistema de potencia de la subestación 6 no podrá seguir en funcionamiento ya que es necesario ejecutar el paso NS, por tanto todos los motores asociados a la red serán desconectados debido a que no se restableció la condición mínima de operación luego de la falla y activación de la secuencia (voltaje mayor al 85% de la tensión nominal).

Se pudo notar en los resultados obtenidos que al ejecutar el paso 2 de bote de carga se recupera un 2.5% del voltaje de operación, lo cual esta por debajo del 3.3% y 4.5% que se recupera en el paso 1 y NS respectivamente, esto se debe a que los equipos que en el primer paso de bote de carga se tiene un alivio de potencia de 3.4 MVA, en el ultimo paso se tienen 7.5 MVA aproximadamente, estas potencias son superiores a la desconectada en el segundo paso (2.8 MVA).

En el anexo K se puede apreciar el reporte creado por el software computarizado que se utilizo para simular los eventos planteados en esta parte de la investigación.

CONCLUSIONES.

En la ejecución del estudio de flujo de carga, se pudo demostrar que el modelo de simulación digital propuesto puede ser adoptado para realizar los diversos escenarios planteados a lo largo del proyecto, al comparar los parámetros obtenidos del software ETAP 5.0.3 con los datos del sistema de control, no se notaron mayores discrepancias y se tuvo un error promedio del 2% lo cual está dentro de las premisas descritas.

En la jerarquización de motores se obtuvieron resultados que cumplieran con los requerimientos operacionales del mejorador, por lo que la jerarquización realizada para los nuevos motores instalados en la subestación 6 puede ser tomada como base para estudios futuros.

Con la inclusión de los nuevos motores de la subestación 6 el escenario de disparo automático de motores, puede ser llevado a cabo de manera eficiente, ya que su filosofía memoriza y coloca fuera de servicio a todos los motores afectados de manera simultánea, por tanto no se presentaran complicaciones siempre y cuando se cumpla con las condiciones de activación de la secuencia (65% del voltaje nominal por más de 0.3 seg.) esta será ejecutada de manera exitosa.

El esquema de re arranque propuesto en este trabajo cumple de manera eficiente las necesidades del mejorador ya que permite arrancar toda la subestación 6 aun cuando se tenga un voltaje igual a 6.2 KV aproximadamente en media tensión y de 430 V en baja tensión además de esto cumple con los requerimientos operacionales (rápida puesta en servicio los motores de flujo de aminas, amina rica y amina pobre).

Para mejorar la ejecución de la secuencia de re arranque automático se debe realizar un ajuste de los equipos pertenecientes al paso 7 con el fin de aliviar un poco la carga en ese paso, se pudo notar que para el escenario 2 planteado en re arranque de equipos, el último paso llego al 78% del V_n , por tanto al reducir la carga en este paso, se lograría cumplir con la norma ANSI C-84 y se creara un sistema de potencia que para condiciones de mayor exigencia funcionara eficientemente.

El esquema de bote de carga, propuesto para los nuevos motores, brinda la ventaja, de mantener en servicio los equipos de mayor importancia para la operación de la planta, aun cuando luego de la condición de falla se recupere solo el 79% del voltaje nominal.

En la función del bote de carga automático se tiene que en el segundo paso (Paso 2), no se recupera gran porcentaje de tensión esto se debe a que dicho paso tiene poco aporte de potencia, por tanto al ejecutarse este, la tensión recuperada no es tan significativa como en el primer o ultimo paso.

Aplicando los pasos de re arranque y bote de carga propuestos, se garantiza la eficiencia del sistema eléctrico de la subestación 6 del complejo mejorador, ya que no se crean perturbaciones al sistema, para condiciones de operación críticas (operar con un transformador, voltaje de operación mínimo) se tiene el sistema en operación eficientemente.

Los nuevos motores instalados en la subestación 6 del mejorador PDVSA-PETROCEDEÑO, pueden integrarse al sistema de control y monitoreo eléctrico existente en el complejo mejorador debido a que se cuenta con la potencia requerida para hacerlo, al sobre-diseño de los equipos

existentes (alimentadores), las simulaciones y estudios realizados sostienen que el sistema mantiene su flexibilidad y confiabilidad con la adición de los nuevos motores.

RECOMENDACIONES.

En base a los resultados obtenidos y observaciones realizadas en este trabajo de pasantías, se pueden dar como recomendaciones a la empresa PDVSA-PETROCEDENÑO para la mejora de sus operaciones las siguientes:

- En caso de añadir nuevos motores a la subestación 6 se debe chequear la capacidad disponible en los alimentadores de media tensión, con el fin de asegurar que un transformador en servicio soportara toda la carga requerida en media y baja tensión.
- Realizar una nueva jerarquización de todos los motores existentes en la subestación 6 con el fin de verificar la prioridad de los motores (excepto ARU 3000).
- Cambiar algunos ventiladores de paso 7 a un paso con más disponibilidad de potencia (paso 6) o en su defecto colocar el arranque de los ventiladores o enfriadores menos prioritarios de forma manual esto con el fin de optimizar los perfiles de tensión durante la secuencia de re arranque automático.
- Estudiar la posibilidad de cambiar motores de “prioridad NS” o “prioridad 2”, esto con el fin de que el sistema de potencia de la subestación 6 pueda mantenerse en servicio por más tiempo.

- Verificar los niveles de cortocircuito en las subestación 6 para las protecciones ya que la creación de ARU 3000 cambio los perfiles de carga.

BIBLIOGRAFIA.

- [1]** Fraile Mora J. "Maquinas Electricas" sexta edicion. Editorial Mc. Graw-HillAnteramericana, España 2008.
- [2]** Betancourt J. y Nakoul A. (2001). Evaluación y diagnóstico en tiempo real para transformadores y reactores de potencia. División de ingeniería de mejoras de transmisión, Dpto. De investigaciones y pruebas de transmisión. V jornada de profesionales de EDELCA, Macagua.
- [3]** Figueroa, R. (2005). "evaluación del sistema de control para el arranque y parada de los motores de casa de bomba refinería de Puerto La Cruz". Tesis de grado, escuela de ingeniería y ciencias aplicadas, departamento de electricidad, UDO Anzoátegui.
- [4]** Mérida, R. (2007). "estudio del balance de cargas del sistema eléctrico de refinería de Puerto La Cruz". Tesis de grado, escuela de ingeniería y ciencias aplicadas, departamento de electricidad, UDO Anzoátegui.
- [5]** Marcano, L. (2007). "propuesta de coordinación de protecciones de la subestación Tucupita empleando la herramienta computacional digsilent powerfactory". Tesis de grado, escuela de ingeniería y ciencias aplicadas, departamento de electricidad, UDO Anzoátegui.
- [6]** León P. (2004) "estudio de estabilidad y bote de carga para manejar" tesis de grado, escuela de ingeniería y ciencias aplicadas, departamento de electricidad, UDO Anzoátegui.

- [7]** Array Y. (2004) “simulación del sistema eléctrico del mejorador de crudo extrapesado, SINCOR c.a” tesis de grado presentada en el complejo mejorador PETROCEDEÑO (antiguo SINCOR).
- [8]** Petrocedeño (2003). Manual de norma y procedimiento, “filosofía operacional de la función disparo (tripping) de motores de 6,9 KV”.
- [9]** Petrocedeño (2003). Manual de norma y procedimiento, “filosofía operacional de la función transferencia automática en motores 480 V”.
- [10]** Petrocedeño (2003). Manual de norma y procedimiento, “filosofía operacional de la función Rearranque (Restarting) de motores de 6,9 KV y 480 V”.
- [11]** Petrocedeño (2003). Manual de norma y procedimiento, “filosofía operacional de la función para el bote de carga (loadshedding)”.
- [12]** Stevenson, W. “Análisis de Sistemas de Potencia”. 2^{da} Edición. Editorial McGraw-Hill. México.2007.
- [13]** Manuales de operativo del sistema de supervisión y control ALSTOM.
- [14]** ETAP Power Station, “Manual del ETAP Power Station”, U.S.A. (2002).
- [15]** Normas NEMA “MG 1”, IEC.
- [16]** Apuntes de clases pertenecientes a maquinas eléctricas II.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y**ASCENSO:**

TÍTULO	"ACTUALIZACION DE LAS FUNCIONES DE DISPARO, REARRANQUE AUTOMÁTICO Y BOTE DE CARGA DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL ELÉCTRICO (EMCS) PARA LOS NUEVOS MOTORES ELECTRICOS ASOCIADOS A LA SUBESTACION 6 DEL MEJORADOR PDVSA-PETROCEDEÑO".
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Mariano José Guilarte Méndez	CVLAC: 18.417.229 EMAIL: marianoguilarte@hotmail.com
	CVLAC:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

ACTUALIZACION
DISPARO
REARRANQUE
AUTOMATICO
CONTROL
CARGA
SISTEMA
MOTORES

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	<i>INGENIERÍA ELECTRICA</i>

RESUMEN (ABSTRACT):

El mejorador PDVSA-petrocedeño cuenta con 4 áreas de trabajo bien definidas las cuales son: Área 1: se encuentran las unidades de procesos de destilación atmosférica, destilación en vacío, coquificación retardada y recuperación de gases; Área 2: se encuentran las unidades Hidroprocesos, recuperación de aminas (ARU) y azufre; Área 3: servicios industriales; Área 4: se encuentran las unidades de manejo de sólidos. En el área 2 se tienen las unidades recuperadoras de aminas (ARU 3100, ARU 3200), las cuales trabajaban al máximo de su capacidad en el proceso de la regeneración de aminas y no se logra despojar la cantidad suficiente de sulfuro de hidrogeno del crudo procesado, para asegurar la producción de crudo liviano correspondiente al mejorador (180 MBD), por ello se creó una planta que alivie y a la vez apoye en la limpieza de aminas, con este requerimiento se ejecuto el proyecto llamado ARU 3000, para su creación se incluyeron nuevos motores de media (2) y baja tensión (31) a la subestación 6 de Petrocedeño (lugar donde se alimenta ARU 3000), los nuevos motores necesitan poseer un esquema de disparo, re arranque y bote de carga automático, los cuales brinden confiabilidad al circuito de potencia y producción de la empresa. Durante la elaboración del trabajo, se demostró mediante los cálculos y simulaciones, la posibilidad añadir los nuevos motores a la red eléctrica existente en la subestación 6, sin que se tenga perturbación ni mayores variaciones en el sistema, siendo el re arranque automático la secuencia de mayor exigencia.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / EMAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Ing. Verena Mercado	CVLAC:				
	E_MAIL	verenamercado@yahoo.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Ing. Manuel Maza	CVLAC:				
	E_MAIL	m.maza@anz.udo.edu.ve			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU
Ing. Lenin Natera	CVLAC:				
	E_MAIL	l.natera@anz.udo.edu.ve			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Ing. Juan Marquez	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2.010		
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
tesismarianoguilarte.DOC	APPLICATION/MSWORD

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:
INGENIERO ELECTRICISTA

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:
PREGRADO.

ÁREA DE ESTUDIO:
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD

INSTITUCIÓN:
UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

DERECHOS

De acuerdo al Artículo 44 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de Exclusiva Propiedad de la Universidad de Oriente y Solo Podrán ser Utilizados para Otros Fines con el Consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, el Cual Participara al Consejo Universitario”.

AUTOR

Br. Mariano Guilarte

TUTOR

JURADO

JURADO

Prof. Lenin Natera

Prof. Manuel Maza

Prof. Verena Mercado

POR LA SUBCOMISION DE TESIS

Prof. Verena Mercado