

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

“RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA LÍNEA “A” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (S. T. C.) METRO, Y UN ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA DE UN TREN SUSPENDIDO MAGNÉTICAMENTE”.

T E S I S.
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA.

P R E S E N T A N:
JOSÉ MADRIGAL CENDEJAS
EDGAR ARMANDO SOLIS LARA

ASESOR: ING. MARCOS BELISARIO GONZÁLEZ LORIA

COASESOR: ING. OSCAR CERVANTES TORRES



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá:

(Teresa Cendejas) Gracias por todos esos días de preocupación, solo me demostró cuanto me quiere, siempre estuvo al pendiente de mí: Que fuera a la escuela, que desayunara, que llevara todo, que regresara temprano, hasta con sus rezos logro que pasara mis materias es usted maravillosa. Gracias por entenderme y apoyarme en mis decisiones y sobre todo GRACIAS POR SER MI MAMÁ la quiero mucho..

A mi papá:

(Miguel Madrigal) Antes que nada quiero pedirle perdón por mi actitud, sé que tuvimos vidas muy diferentes y que pensamos diferente, a pesar de nuestras diferencias yo lo quiero mucho. Para usted siempre fueron muy importantes los estudios, le dedico este titulo porque sé del enorme orgullo que debe sentir por mí y le doy las gracias por todo el apoyo que me ha brindado siempre para que yo siguiera estudiando cada vez mas, MUCHAS GRACIAS PAPÁ

A mis hermanos:

(Mario, Alejandro, Miguel Angel, Rosalba, Roberto y Lorena) Gracias porque sé que siempre puedo contar con ustedes y porque estoy seguro que saben que siempre pueden contar conmigo, porque sobran las palabras cuando entendemos lo que es la familia como lo entendemos nosotros y sobre todo gracias por el lugar que me han dado.

A mi primo:

(Román Madrigal) Gracias por el apoyo tan grande que me has brindado siempre, a ti te debo en gran medida lo que soy y lo que he logrado, tus consejos y tu ayuda me han sido de gran apoyo, tú eres una de las personas en quien más confié, me has demostrado una amistad muy sincera, gracias por todo y recuerda que tienes en mi un hermano.

A mis amigos:

Amigos, amigas gracias por su amistad, gracias por los momentos alegres, gracias por los recuerdos que me dejan, gracias por ser mis amigos, espero encontrármelos pronto me dará mucho gusto volverlos a ver.

A mi gran amigo:

(Omar Danache) Mil gracias eres genial, sabes que te aprecio, fuiste como un hermano mayor para mí durante el tiempo que convivimos, me ayudaste muchísimo con tu experiencia y buen carácter y tu mamá es maravillosa, fui afortunado al haberlos conocido.

A mi gran amiga:

(Gloria) Lamento lo ocurrido, quiero agradecerte el que me hayas permitido estar cerca de ti y quiero que sepas que siempre te recordare con mucho cariño como una persona responsable, simpática, alegre y muy trabajadora.

Al Ing. Carlos Linares:

A quien considero no solo una gran persona sino también un gran profesor y que sin su valiosa ayuda no habría sido posible desarrollar esta tesis. MUCHAS GRACIAS INGENIERO

Al Ing. Marcos Belisario:

Quiero hacerle un reconocimiento muy especial por la labor que viene desarrollando desde hace tiempo, gracias a usted muchos ingenieros se han titulado y muchos más se titularán, su labor es de lo más loable, mi más sincero agradecimiento por lo que ha hecho por nosotros. Muchas gracias por ser mi asesor y mi amigo.

A la UNAM:

Cinco años de carrera son toda una vida, las cosas que pasan en cinco años: conocí gente muy agradable, mis amigos; conocí profesores muy capaces y con un gran gusto por la docencia; tuve la oportunidad de practicar todos los deportes que quise, pesas, artes marciales, básquetbol, voleibol y fútbol; tuve un gran acervo de libros para consultar y no lo desaproveche, también hubo chicas y que chicas. Por todo esto y mucho más GRACIAS UNAM, GRACIAS FES CUAUTITLÁN.

JOSÉ MADRIGAL

GRACIAS A DIOS POR TODAS LAS COSAS MARAVILLOSAS QUE ME
HA BRINDADO

A MIS PADRES QUE SIN ELLOS NO SERÍA LO QUE SOY

GRACIELA

GRACIAS POR EL GRAN ESFUERZO QUE SIEMPRE HAS
HECHO POR MI, POR TU APOYO, TUS COSEJOS, TUS REGAÑOS Y
SOBRE TODO POR LA GRAN CONFIANZA QUE HAS TENIDO EN MI
Y QUE SIN TUS ÁNIMOS Y AYUDA NO HUBIERA LOGRADO ESTE
OBJETIVO. TE AMO

ARMANDO

GRACIAS POR QUE HAS SIDO UN GRAN AMIGO Y UN
EXELENTE PADRE

ERIK

HAS TENIDO EL GRAN PESO DE SER UN BUEN EJEMPLO Y
SOLO TE DIGO QUE LO HAS SUPERADO

ADRIAN

ERES UNA GRAN INSPIRACIÓN EN MI VIDA PORQUE ME HAS
DEMOSTRADO QUE TODAS LAS COSAS QUE TE PROPONGAS LAS
PUEDES LOGRAR.

EDGAR ARMANDO SOLIS LARA

UN ESPECIAL AGRADECIMIENTO:

AL ING. MARCOS BELISARIO GONZÁLEZ LORIA POR
SU GRAN APOYO EN LA ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO.

AL LIC. JORGE JOAQUÍN ASPEITIA SALAZAR, LIC. JOSÉ LUIS
CUICAS VALDÉZ, ING. MARGARITA LÓPEZ LÓPEZ, ING.
CARLOS OROPEZA LEGORRETA, POR SUS VALIOSAS
APORTACIONES.

INDICE

Objetivos	1
Introducción.	2
CAPITULO 1	
1.1 Acometida de compañía de luz y fuerza.	6
1.2. Distribución eléctrica.	8
1.2.1. CAF (cabecera de alumbrado y fuerza).	11
1.2.2 SR (subestaciones de rectificación).	13
1.2.3 SAF (subestación de alumbrado y fuerza).	16
1.2.3.1 La alimentación de las subestaciones de alumbrado y fuerza	16
1.2.3.2 Subestación de alumbrado y fuerza vía 1.	16
1.2.3.3 Subestaciones de alumbrado y fuerza de vía 2.	17
1.2.3.4 Constitución de las subestaciones de alumbrado y fuerza	17
1.2.3.5 Sección uno (interruptor de llegada)	18
1.2.3.6 Sección dos (interruptor de salida)	18
1.2.3.7 Sección tres (protección transformador)	18
1.2.3.8 Sección cuatro (transformador de potencia)	19
1.2.3.9 Sección cinco (interruptor de baja tensión)	19
1.2.4 Taller.	19
CAPITULO 2	
2. Subestación de rectificación.	22
2.1 SRT.	23
2.1.1 Composición.	23
2.1.2 Funcionamiento.	24
2.2 SRTT.	26
2.2.1 Composición.	26
2.2.2 Funcionamiento.	27
2.3 SR Taller.	29
2.3.1 Composición.	29

2.3.2	Funcionamiento.	30
2.4	Diferencias entre subestaciones.	33
2.4.1	Subestación de rectificación en “T”.	33
2.4.2	Subestación de rectificación en “TT”.	34
2.4.3	Subestación de rectificación en “Taller”.	35

CAPITULO 3

3.	Servicio a los elementos de una subestación de rectificación y cabecera de alumbrado y fuerza	37
3.1	SAMT (seccionador de acometida de mediana tensión).	37
3.2	IMTX (interruptor de mediana tensión de auxiliares).	37
3.3	SMT (seccionador de mediana tensión).	38
3.4	DMT (disyuntor de mediana tensión).	38
3.5	Transformador principal y Transformador auxiliar.	39
3.5.1	Características.	40
3.5.2	Protecciones.	43
3.5.3	Operación.	43
3.5.4	Pruebas.	43
	3.5.4.1 Protocolo de pruebas de relación de transformación sobre T.P. Y T.X	43
	3.5.4.2 Protocolo de Pruebas de Rigidez Dieléctrica sobre Aceite TP y Silicona TX	49
	3.5.4.3 Protocolo de Pruebas de Medición de la Resistencia de Aislamiento del Transformador de Potencia	52
3.5.5	Mantenimiento.	54
3.6	Rectificador.	54
3.6.1	Características.	55
3.6.2	Protecciones.	55
3.6.3	Operación.	55
3.6.5	Mantenimiento.	56

3.7	SAA (seccionador de aislamiento automático).	56
3.7.1	Características.	56
3.7.2	Operación.	56
3.7.3	Mantenimiento.	56

CAPITULO 4

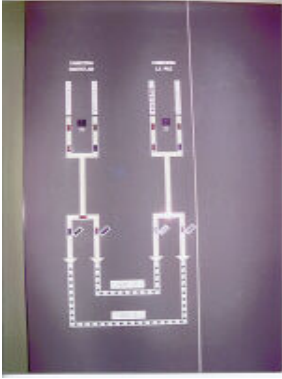
4	Plataforma de pruebas.	58
4.1	Actividades de la coordinación de la plataforma de pruebas	
4.1.1	Actividades prioritarias	58
4.1.2	Actividades de servicios	58
4.1.3	Actividades especiales	59
4.1.4	Otras actividades	59
4.2	Recursos	60
4.2.1	Recursos humanos	60
4.2.2	Recursos materiales	60
	4.2.2.1 Elementos que integran la plataforma de pruebas	62
	4.2.2.2 Descripción funcional de la plataforma de pruebas	63
4.2.3	Recursos informaticos	69
4.2.4	Recursos tecnológicos	69
4.3	Programa de mantenimiento y servicio a otras coordinaciones	70

CAPITULO 5

5.	Implementación de un tren de suspensión magnética.	75
5.1	Historia y su situación actual.	75
5.2	Levitación.	77
5.2.1	Levitación por atracción.	78
5.2.2	Levitación por repulsión.	79
5.2.3	Levitación por atracción y repulsión combinadas.	80
5.2.4	Suspensión Electromagnética (EMS).	81
5.2.5	Suspensión Electrodinámica (EDS).	81
5.2.6	Imanes superconductores.	81

5.3	Estabilidad lateral.	83
5.4	Propulsión.	84
5.4.1	Motor lineal de inducción (LIM).	86
5.4.2	Motor lineal síncrono (LSM).	86
5.4.3	Disposición del vagón de imanes superconductores.	89
5.4.4	Ejemplo de disposición de vías: Yamanashi (Japón).	90
5.5	Características.	94
5.5.1	Vías.	94
5.5.2	Energía.	95
5.5.3	Adaptabilidad.	97
5.5.4	Interacción con el entorno.	97
5.5.5	Control de las operaciones.	98
5.6	Análisis final.	99
5.6.1	Ventajas.	100
5.6.2	Pérdidas.	101
5.6.3	Desventajas.	103
5.6.4	Consideraciones económicas.	103
5.6.5	Futuro.	104
	ANEXO I FICHAS TÉCNICAS SUBESTACIONES DE	105
	RECTIFICACION	
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 1	106
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 2	107
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 3	108
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 4	109
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 4-A	110
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 5	111
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 6	112
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 7	113
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 8	114
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 9	115
	Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 10	116

Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 11	117
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 11-A	118
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 12	119
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 13	120
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 14	121
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 15	122
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 16	123
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 17	124
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 18	125
ANEXO 2 FICHAS TÉCNICAS CABECERAS DE ALUMBRADO Y FUERZA	126
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 19	127
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 20	128
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 21	129
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 22	130
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 23	131
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 23-A	132
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 24	133
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 25	134
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 26	135
Ficha Técnica de Mantenimiento Num. 27	136
CONCLUSIONES	137
GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS	138
BIBLIOGRAFIA	151



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica pasa por varias etapas, desde el suministro de la energía por parte de compañía de luz y fuerza hacia las acometidas de las subestaciones localizadas a lo largo de la línea "A" del metro.

El sistema de transporte colectivo (STC) Cuenta con tres sistemas de alimentación denominados:

(a) Sistema centralizado, alimentado en 230 KV.

(b) Sistema centralizado, alimentado en 85 KV.

(c) Sistema descentralizado, alimentado en 23 KV.

El primero empleado en la línea 8 y "B" del metro, el segundo empleado en las líneas 1, 2 y 3 en su proyecto inicial y el tercero empleado en las líneas 4, 5, 6, 7, 9 y "A", también las ampliaciones de las líneas 1, 2 y 3 (únicamente tracción).

A lo largo de la línea "A" existen 17 puestos de rectificación y en los extremos de la línea se encuentran las cabeceras de alumbrado y fuerza, compañía de luz y fuerza suministra a cada uno de ellos 23000 V de corriente alterna, trifásica a 60 Hz. A través de tres subestaciones de distribución que son: Santa Cruz, Pantitlán y Los Reyes.

Esta energía pasa por un sistema eléctrico diseñado para alimentar todo lo que se encuentra en la línea "A" básicamente las estaciones del metro y la catenaria.

La línea "A" también cuenta con una plataforma de pruebas, en la cual se encuentra el PR 17 (puesto de rectificación 17). En la plataforma de pruebas, se llevan a cabo pruebas a los distintos equipos con que cuenta la línea "A".

Los trenes de levitación magnética constituyen una moderna forma de transporte de alta velocidad. Estos trenes se encuentran, levitando sobre la vía gracias a la atracción/repulsión de campos magnéticos. Esta nueva tecnología MAGLEV (Magnetic Levitation) supone la eliminación de problemas como pueden ser el mantenimiento y deterioro de las vías, vibraciones, contaminación acústica, etc.

La ausencia de rozamiento hace que estos trenes tengan mayores aceleraciones que los trenes convencionales. A su vez debido a que la frenada se consigue cambiando el sentido relativo de los campos (cambiando dos de las fases) también se consiguen más rápidas deceleraciones. Otras de las grandes ventajas de estos trenes es que soportan mucho mejor las malas condiciones climatológicas. En presencia de fuertes lluvias, nieve e incluso hielo presentan un mejor y más seguro comportamiento que los trenes actuales.

La tecnología MAGLEV puede usarse para el transporte urbano a relativamente baja velocidad, lo que no sería rentable dado su elevado costo. Sin embargo, la gran aplicación de este tipo de trenes se da en sistemas de altas velocidades. De hecho se han conseguido trenes con velocidades cercanas a los 560 Km/h. A nivel de energía este tipo de trenes consumen, en trayectos de cientos de kilómetros, alrededor de la mitad de energía por pasajero que los aviones comerciales que realizan el mismo trayecto, gracias a la eliminación del rozamiento con las vías.

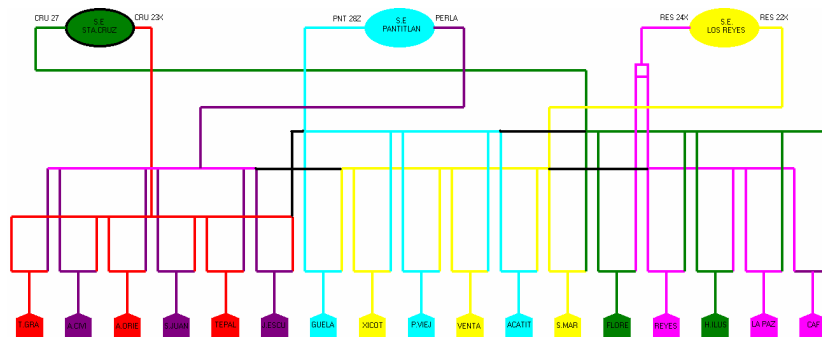
RESUMEN

- El presente trabajo de tesis consta de cinco capítulos y dos anexos, que describen el funcionamiento de todos los elementos que intervienen en la distribución de la energía eléctrica.
- Capítulo 1: en este capítulo se explica como llega la energía eléctrica a las instalaciones del metro y como es distribuida.
- Capítulo 2: se describen cada uno de los tipos de subestaciones empleadas a lo largo de la línea "A" del metro también se explica la composición y el funcionamiento de cada uno.
- Capítulo 3: en este capítulo mencionamos el servicio que se le brinda a cada uno de los elementos que conforman una subestación.
- Capítulo 4: hablamos de la plataforma de pruebas, ¿qué es?, ¿Que actividades se realizan en ella? Y mencionaremos la descripción funcional con la cual fue diseñado.
- Capítulo 5: aquí se trata el tema de la tecnología maglev (levitación magnética), tocamos temas como: la historia, la forma de producir la levitación, la estabilidad, la propulsión y un análisis de su implementación en general.



CAPITULO 1

DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE LA ACOMETIDA DE COMPAÑÍA DE LUZ Y FUERZA



1.1. ACOMETIDA DE COMPAÑÍA DE LUZ Y FUERZA

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro proporciona al Sistema de Transporte Colectivo "METRO" la energía eléctrica para su operación, a través de tres niveles de tensión que son 230, 85 y 23 kV, los dos primeros sistemas de alimentación reciben los nombres de Sistema de Alimentación Eléctrica *Centralizado* y el último Sistema de Alimentación Eléctrica *Descentralizado* respectivamente.

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro suministra la energía a la línea "A" del Sistema de Transporte Colectivo "METRO" a través de tres subestaciones de distribución (Pantitlán, Los Reyes y Santa Cruz) cada una de 500 MVA, trifásico a 60 Hz. y una relación de transformación de 85 KV/23 KV.

Estas subestaciones toman la energía del anillo de 85 KV que circunda al valle de México a través de las subestaciones suministradoras de Nonoalco y Jamaica.

El suministro de energía llega a la línea "A" a través de dos alimentadores llamados; preferente y emergente.

La alimentación preferente es aquella que alimenta de forma normal, mientras que la alimentación emergente es aquella que entra en operación una vez que falla la preferente.

La energía es suministrada a través de un Interruptor de Transferencia Automática (ITA), al cual están conectadas tanto la alimentación preferente como la emergente y es este interruptor el que acciona la alimentación emergente cuando falla la alimentación preferente.

La ventaja primordial que se persigue con las dos alimentaciones que provienen de subestaciones diferentes, es aumentar la disponibilidad de nuestro sistema eléctrico y sobre todo haciéndolo mas confiable

Como puede apreciarse en el siguiente diagrama:

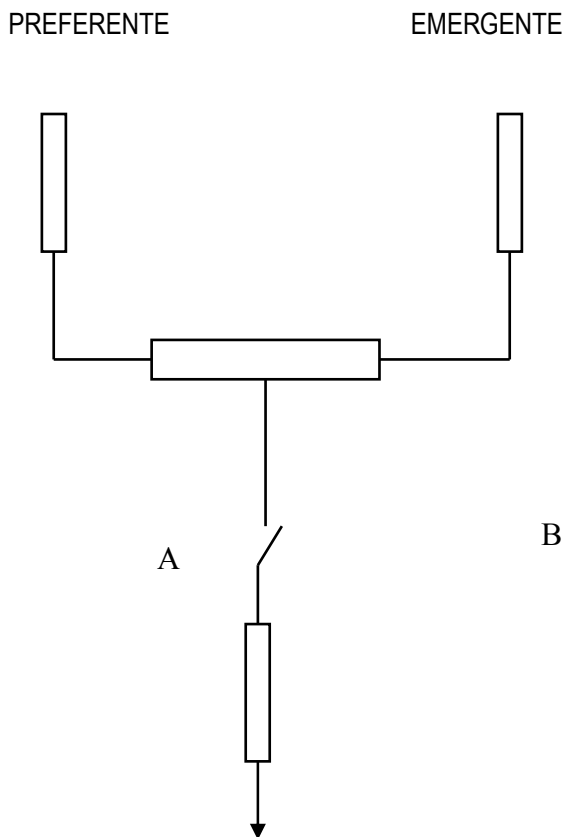


Figura 1.1 (a) Diagrama del Interruptor De Transferencia Automática (ITA).

Figura 1.2 (b) Fotografía del Interruptor De Transferencia Automática (ITA).

1.2. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

Compañía de luz y fuerza suministra a las instalaciones de la línea "A" del metro 23000 v de corriente alterna trifásica a 60 Hz. Esto lo hace a través de dos alimentadores llamados preferente y emergente, mediante un interruptor de transferencia automática, el cual tiene alimentando de forma normal con el preferente y en caso de falla de este, comienza a alimentar con el emergente.

De este interruptor de transferencia automática sale la acometida de la compañía de luz y fuerza hacia las instalaciones del metro que básicamente alimenta a los puestos de rectificación y las cabeceras de alumbrado y fuerza.

La Línea "**A**" como todas las líneas del S.T.C. desde el punto de vista tracción, ha sido diseñada en forma idéntica, ya que se encuentra dividida en zonas eléctricas y estas a su vez en secciones, con la finalidad de tener un mayor índice de disponibilidad de la línea, lo anterior significa que cuando se presenta un incidente en una zona o sección, estas pueden quedar sin energía de tracción, pero sin afectar las otras zonas o secciones restantes de la línea, y así poder ofrecer los servicios provisionales.

El suministro de la energía eléctrica se realiza a través de los Disyuntores de Vía (DV's) en las zonas eléctricas y sus secciones se pueden conectar o desconectar a través de los Interruptores de Aislamiento Telemandados (IAT's).

La Línea "**A**" se encuentra dividida en 5 zonas y 9 secciones tal como se ilustra en la siguiente tabla:

ZONA	SECCIÓN	DELIMITACIONES
A	1	De la terminal Pantitlan, al DV1 del PR-3 Agrícola Oriental.
B	2	Del DV2 del PR-3 Agrícola Oriental, al IAT (2,3) Nicho San Juan
	3	Del IAT (2,3) Nicho San Juan, al DV3 del PR-6 Juan Escutia
C	4	Del DV4 del PR-6 Juan Escutia, al nicho IAT (4,5) Juan Escutia.
	5	Del IAT (4,5) nicho Juan Escutia, al nicho del IAT (5,6) Guelatao
	6	Del nicho (5,6) Guelatao, al DV6 del PR-9 Peñón Viejo
D	7	Del DV7 del PR-9 Peñón Viejo, al nicho del IAT (7,8) Santa Marta
	8	Del nicho del IAT (7,8) Santa Marta, al DV8 del PR-13 Floresta
E	9	Del DV9 del PR-13 Floresta, a la terminal La PAZ

Tabla 1.1 Descripción de la línea "A" en sus divisiones y secciones.

1.2.1 CABECERAS DE ALUMBRADO Y FUERZA (C A F).

Estas cabeceras de alumbrado y fuerza se encuentran en los extremos de la línea "A".

La cabecera la paz es una subestación de 23 KV que contiene 6 secciones como se muestra en el siguiente diagrama:

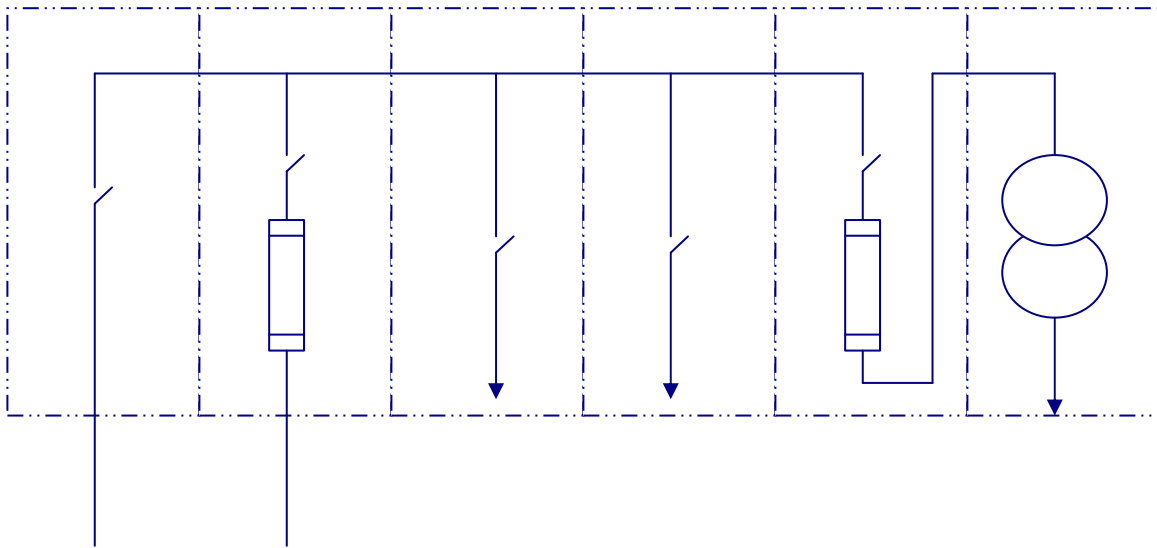


Figura 1.4 Subestación de 23 KV con 6 secciones.

Se puede apreciar que en la primera sección está el seccionador de acometida de mediana tensión cuya operación es trifásica y que es el enlace de la acometida de compañía de luz y fuerza con el sistema de transporte colectivo metro. Su función principal es la de aislar por completo la acometida de compañía de luz y fuerza.

En la sección 2 se encuentra el interruptor de mediana tensión cuya operación es trifásica y con carga, cuenta con fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV.

En la sección 3 contiene al disyuntor de mediana tensión que es un interruptor del tipo JRT de desconexión ultrarrápida para protección de la vía 1.

En la sección 4 se encuentra un disyuntor de mediana tensión, al igual que el anterior es de desconexión ultrarrápida y protege a la vía 2.

En la sección 5 se encuentra el Interruptor de mediana tensión de auxiliares, este interruptor es trifásico y contiene fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV. También tiene unas cuchillas tripolares de puesta a tierra, las cuales son accionadas al abrir el interruptor.

En la última sección se encuentra el transformador de auxiliares, el cual tiene por función transformar los 23000 v de corriente alterna a 220/127 para las necesidades propias del la estación.

Para el suministro de la energía eléctrica a las CAF y la distribución de la energía hacia las SAF se utiliza el arreglo eléctrico mostrado en la siguiente figura

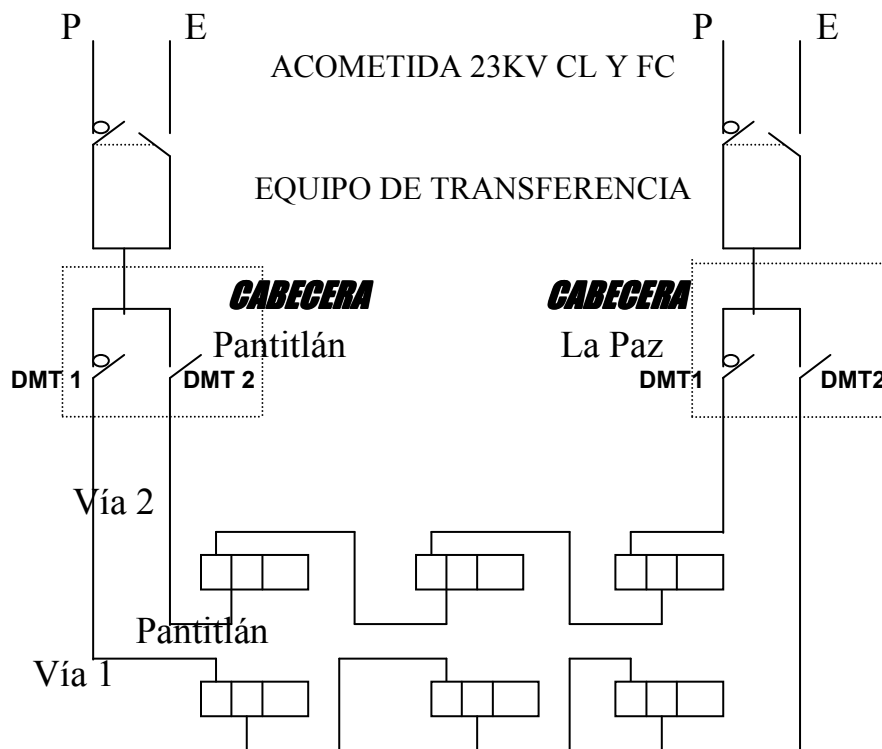


Figura 1.5 Diagrama unifilar de la distribución de la energía eléctrica en 23 KV, a las
SAF's de Línea "A"

1.2.2 SUBESTACIONES DE RECTIFICACIÓN (SR).

Las Subestaciones de Rectificación (SR), son las encargadas de transformar los 23000 v. de corriente alterna trifásica a 60 Hz que suministra la compañía de luz y fuerza a la línea "A" a una tensión de 750 v de corriente continua para el desplazamiento del material rodante, para ello y con el fin de seccionar la línea para contar con una mayor disponibilidad del servicio en caso de falla, se han diseñado tres tipos de Subestaciones de Rectificación que son:

- 1) SR "T" de las cuales hay 12 a lo largo de la línea.
- 2) SR "TT" de las cuales hay 4 a lo largo de la línea y son las que se encuentran en la frontera de las zonas.
- 3) SR "TALLER" la cual es única y se encuentra en la plataforma de pruebas la paz.

Celdas de Alta Tensión (SR "T" Y SR "TT").

Las celdas de alta tensión, son las encargadas de alojar los equipos de distribución de la energía, como lo es el bus principal, así como también los equipos de conexión, desconexión y protección en 23 kV, estas celdas y el equipo que alojan se describen a continuación.

Sección 1.- Dentro de esta sección, se alojan el Seccionador de Acometida de Mediana Tensión (SAMT), cuya operación es trifásica, contiene también un seccionador de puesta a tierra.

La función principal de este seccionador es la de aislar los equipos de la Compañía de Luz con los equipos del Sistema de Transporte Colectivo METRO y de esta manera facilitar cualquier actividad dentro de las celdas.

La operación del SAMT es sin carga y cuando este equipo abre, automáticamente sus cuchillas de puesta a tierra cierran para Aterrizar el bus general de la Subestación de Rectificación.

Sección 2.- En esta sección se aloja el equipo de conexión y desconexión al Transformador de Auxiliares, denominado como IMTx, su operación es trifásica, con protección contra operación bifásica, cuenta con fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 kV, también cuenta con una cuchilla tripolar de puesta a tierra, con la finalidad de que cuando el Interruptor abre, estas cuchillas automáticamente se cierran para aterrizar el primario del Transformador de Auxiliares.

Sección 3.- Esta sección aloja al Transformador de Auxiliares, cuya función es la de transformar la tensión de 23 kV a 220 / 127 Volts, la cual va alimentar al Disyuntor de Baja Tensión (DBT) localizado en el Armario T3 de los Armarios de Automaticidad de la propia Subestación.

Sección 4.- Dentro de esta sección se aloja un Seccionador de operación sin carga (SMT), tripolar cuya función es la de aislar al Disyuntor de Mediana Tensión (DMT) del bus general de la subestación, también se aloja el Disyuntor de Mediana Tensión, cuya función es la de conectar, desconectar y proteger al Transformador Principal.

Otros equipos que se alojan en esta sección son los Transformadores de Corriente, cuya función es censar la corriente que circula a través del DMT.

Fig. 1.6 Arreglo Físico de las Cuatro Secciones de las Celdas de Alta Tensión de una Subestación de Rectificación.

1.2.3 SUBESTACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA (SA F).

Las subestaciones de alumbrado y fuerza (SAF) de la Línea “A” se encuentran ubicadas en las estaciones, en los Talleres La Paz, en la nave de depósito Pantitlán y en el edificio administrativo “PCC”, su función es la de transformar la tensión de 23 kv a 220-127 volts de corriente Alterna para alimentar a los circuitos de estos sitios.

1.2.3.1 LA ALIMENTACIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA

Las subestaciones SAF's se alimentan de las subestaciones CAF's de “Pantitlán” y “La Paz”. La CAF Pantitlán alimenta a las SAF's de vía uno y la CAF La Paz alimenta a las SAF's de la vía dos. Como se menciona anteriormente algunas de las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza se encuentran ubicadas en las estaciones de la Línea; Cada estación cuenta con dos Subestaciones, una alimentada por CAF La paz y la otra por CAF Pantitlán tal como se aprecia en la Fig. 1.5 y se les conoce como: Subestaciones de Alumbrado y Fuerza de vía 1 y Subestaciones de Alumbrado y Fuerza de vía 2.

1.2.3.2 SUBESTACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA VÍA 1.

Como se puede apreciar en la Fig.1.5, del DMT-1 de línea cabecera Pantitlán salen tres cables monofásicos que alimentan al interruptor de llegada (sección uno), de la SAF Pantitlán de vía uno. Este interruptor alimenta al bus de

23 kv del cual toma su alimentación el interruptor de salida (sección dos), y el interruptor de protección al transformador (sección tres), este último alimenta al transformador de potencia (sección cuatro). El interruptor de la sección dos alimenta la SAF de la siguiente estación a través de tres cables monofásicos, los cuales llegan al interruptor de la sección uno, este proceso se repite para alimentar todas las SAF's de la terminal La Paz, donde el interruptor de la sección dos se encuentra abierto, las cuchillas de tierra están cerradas y los tres cables monofásicos se conectan al DMT-1 de la cabecera la paz, el cual se encuentra abierto.

1.2.3.3 SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA DE VÍA. 2.

Para las SAF's de vía dos el procedimiento es exactamente el mismo solo que la alimentación parte desde el DMT-2 de la cabecera La Paz hacia cada una de las SAF de vía dos, hasta la SAF de la terminal Pantitlán, donde también el interruptor de la sección dos se encuentra abierto, con sus cuchillas de tierra cerradas y los tres cables monofásicos se conectan al DMT-2 de la cabecera Pantitlán el cual se encuentra abierto.

1.2.3.4 CONSTITUCIÓN DE LAS SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA (SAF).

En cada una de las estaciones de STC tiene dos subestaciones llamadas compactas, son de tipo interior y están constituidas por las siguientes celdas o secciones.

- Sección uno (Interruptor de Llegada)
- Sección dos (Interruptor de Salida)

- Sección tres (Protección Transformador)
- Sección cuatro (Transformador)
- Sección cinco (Interruptor de Baja Tensión)

1.2.3.5 SECCIÓN UNO (INTERRUPTOR DE LLEGADA)

En esta sección se aloja un interruptor y un seccionador manual, el interruptor es de 400 Amperes de capacidad y su operación es con carga, la función de este equipo es la conexión y desconexión de la MUFA de llegada al Bus principal de la subestación y el seccionador sirve para conectar a tierra la MUFA de llegada del cable alimentador siempre y cuando se encuentre desenergizado (por maniobras en caso de falla del cable a la subestación).

1.2.3.6 SECCIÓN DOS (INTERRUPTOR DE SALIDA)

En esta celda esta instalado un interruptor de 400 amperes de capacidad y operación con carga, mediante el cual se logra la alimentación del cable para la siguiente Subestación, este interruptor está conectado al bus general de la subestación, además tiene un seccionador que conecta a tierra el cable de salida a la siguiente subestación siempre y cuando se encuentre desenergizado.

1.2.3.7 SECCIÓN TRES (PROTECCIÓN TRANSFORMADOR)

Esta sección contiene un interruptor de 400 amperes de capacidad y operación con carga, con fusibles de 10 amperes para cada fase, el cual conecta y protege al transformador de Potencia de la propia Subestación.

1.2.3.8 SECCIÓN CUATRO (TRANSFORMADOR DE POTENCIA)

En esta sección se aloja el transformador de Potencia, el cual cuenta con indicadores de nivel y de temperatura del aceite dieléctrico, sus características son:

- Capacidad de 150 Kva. Para todas las subestaciones de las estaciones excepto para las del PCL y Santa Marta que son de 300 Kva.
- Relación de Transformación 23, 000/220 – 127 Vca
- Conexión DELTA – ESTRELLA con neutro accesible
- Cambiador de Tap's de Operación manual sin carga

1.2.3.9 SECCIÓN CINCO (INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN)

En esta sección se aloja el interruptor de Baja Tensión, el cual alimenta al tablero de distribución en baja tensión y a la salida de este los centros de carga.

1.2.4 TALLER.

En el edificio de plataforma de pruebas se encuentran alojados el puesto de rectificación 17 y el área de pruebas denominado plataforma de pruebas. Aquí la alimentación llega a través de la acometida de compañía de luz y fuerza al puesto de rectificación donde se distribuye para alimentar hacia el material rodante a través de un disyuntor de vía, también se alimenta a la plataforma de pruebas que cuenta con un sistema eléctrico de potencia diseñado para realizar pruebas a los equipos.

La plataforma de pruebas es un área de servicios que tiene como objetivo, apoyar las áreas de mantenimiento especialmente lo relacionado con sistemas eléctricos de potencia (alta y baja tensión) así como también apoyar técnicamente a las coordinaciones de electromecánica en pruebas de laboratorio y análisis de problemas técnicos.

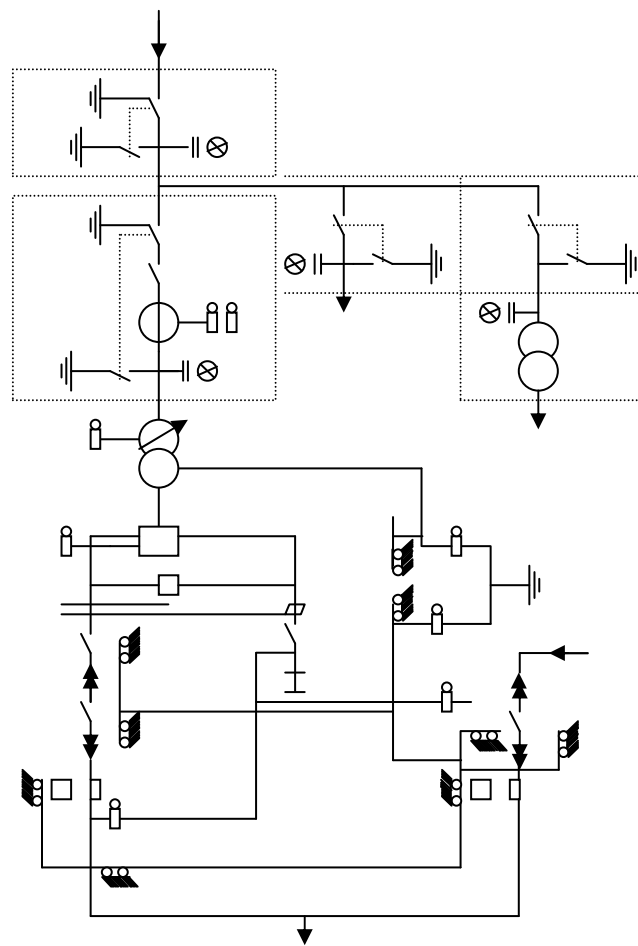


Fig. 1.7 Diagrama de la subestación de rectificación tipo "Taller"



CAPITULO 2

SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN

2. SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN

Estas Subestaciones están ubicadas a lo largo de la línea, generalmente a nivel de calle y aproximadamente a 1,200 metros una de otra. Su función es transformar y rectificar los 23,000 VCA a 750 VCC que es una tensión nominal con que funcionan los trenes.

Existen tres tipos de Subestaciones de rectificación que surgen de la necesidad de una mayor disponibilidad del servicio en caso de falla, así se aísla la falla en la sección o zona y continua en funcionamiento el resto de la línea.

Las Subestaciones de rectificación son:

- 1) Subestaciones de rectificación tipo “T” de las cuales hay 12.
- 2) Subestaciones de rectificación tipo “TT” de las cuales hay 4 y son las que se encuentran en la frontera de las zonas.
- 3) Subestación de rectificación tipo “TALLER” la cual es única y se encuentra en la plataforma de pruebas La Paz.

Una subestación de rectificación esta constituida por las siguientes partes:

- Subestación de mediana tensión que realiza la recepción y distribución de los 23,000 VCA.
- La sección principal o de grupo que realiza la transformación y la rectificación. Proporcionando a su salida 750 v de corriente continua.
- La sección de tracción o de vía que es la encargada de conectar la alimentación de 750 VCC que viene de la sección de principal a la catenaria (+) y al riel (-). También protege a esta sección en caso de falla.

- La sección de control y protección; ésta se encarga de proteger al equipo, ya que por medio del control instalado en cada equipo se puede mandar el corte de energía.

Ahora se detallarán cada una de las Subestaciones:

2.1 SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN TIPO “T” (SR T).

2.1.1 COMPOSICIÓN:

La subestación tipo “T” está constituida por:

- S A M T: Seccionador trifásico de operación sin carga.
- IMTX : Interruptor trifásico con protección de fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV.
- TX: Transformador de 25 KVA, trifásico, conexión delta-estrella, 60 Hz con una relación de transformación 23 KV / 220-127 v.
- SMT: Seccionador tripolar de operación sin carga.
- DMT: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.
- TP: Transformador de 2821 KVA, trifásico, conexión estrella-delta, 60 Hz con una relación de transformación 23 KV / 580 v.
- RD: Rectificador de 2500 Kw. 580 VCA en la entrada y 750 VCC a la salida, 3333 Amperes de corriente nominal.

- SAA: Seccionador de operación sin carga motorizado.
- DV1: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.

2.1.2 FUNCIONAMIENTO

La acometida de la compañía de luz y fuerza llega hasta el SAMT que es el seccionador de acometida y que cuenta con un sistema de puesta a tierra para aterrizar al bus de 23 KV cuando se encuentra abierto.

El SAMT es un seccionador que conecta a un bus de 23 KV el cual conecta al IMTX cuya función principal es proteger el transformador auxiliar. También el IMTX cuenta con un seccionador de puesta a tierra del transformador auxiliar que se acciona al momento de abrir el interruptor.

El IMTX alimenta y protege al transformador auxiliar quien es el encargado de alimentar al disyuntor de baja tensión (DVT).

Por otro lado el bus de 23 KV conecta al SMT que alimenta al DMT que está para proteger al transformador principal, al igual que en los anteriores También se pone a tierra automáticamente al momento de abrir el SMT.

Lo anterior forma parte de la subestación de 23 KV, están separados en cabinas herméticamente cerradas y cuentan con testigos de presencia de tensión alimentados por capacitores y estos tienen puesta a tierra cuando se abre el interruptor o seccionador que los alimenta.

El transformador principal es el que alimenta al rectificador.

El rectificador recibe 580 VCA del transformador y la convierte en 750 VCC.

Del rectificador salen dos líneas una positiva y una negativa. El conductor positivo se conecta al S. A. A. Mientras que el negativo se conecta a un seccionador negativo ambos con capacidad hasta por 5000 amperes.

Del SAA pasa al dv que tiene como función conectar y desconectar.

En la última parte se conecta a los seccionadores de la catenaria pero se le añade un detector de corto circuito (DCC).

A continuación se muestra el diagrama unifilar de una subestación en "T".

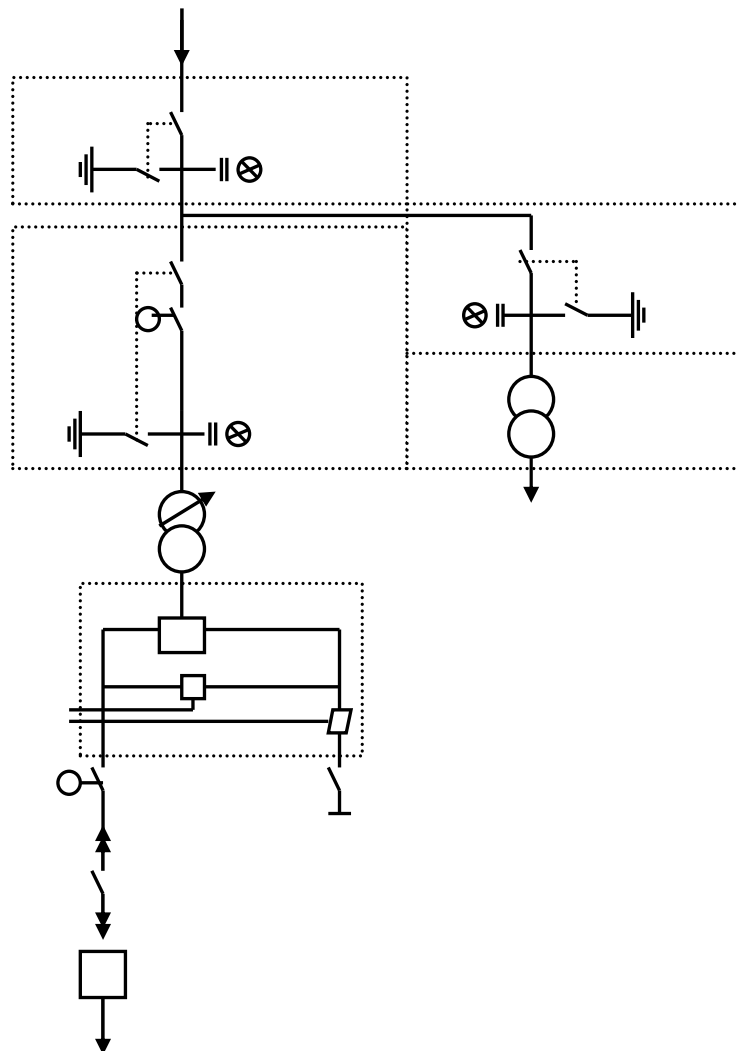


Figura 2.1 Diagrama Subestación en "T".

2.2 SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN TIPO "TT". (SR TT)

2.2.1. COMPOSICIÓN:

La subestación tipo "TT" está constituida por:

- SAMT: Seccionador trifásico de operación sin carga.
- IMTX: Interruptor trifásico con protección de fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV.
- TX: Transformador de 25 KVA, trifásico, conexión delta-estrella, 60 Hz con una relación de transformación 23 KV / 220-127 v.
- SMT: Seccionador tripolar de operación sin carga.
- DMT: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.
- TP: Transformador de 2821 KVA, trifásico, conexión estrella-delta, 60 Hz con una relación de transformación 23 KV / 580 v.
- RD: Rectificador de 2500 Kw. 580 VCA en la entrada y 750 VCC a la salida, 3333 a de corriente nominal.
- SAA: Seccionador de operación sin carga motorizado.
- SN: Seccionador de operación sin carga.

- DV1: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.
- DV2: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.
- CTP: Contactor.

2.2.2 FUNCIONAMIENTO.

La acometida de la Compañía de Luz y Fuerza llega hasta el SAMT que cuenta con un sistema de puesta a tierra para aterrizar al bus de 23 KV cuando se encuentra abierto.

El SAMT conecta a un bus de 23 KV, este conecta al IMTX cuya función es proteger el transformador auxiliar. También el IMTX cuenta con un seccionador de puesta a tierra del transformador auxiliar que se acciona al abrir el interruptor.

El IMTX alimenta al transformador auxiliar quien es el encargado de alimentar al disyuntor de baja tensión (DVT).

Por otro lado el bus de 23 KV conecta al SMT que alimenta al DMT que está para proteger al transformador principal, al igual que en los anteriores También se pone a tierra automáticamente al momento de abrir el SMT.

El transformador principal es el que alimenta al rectificador.

El rectificador recibe 580 VCA y la convierte en 750 VCC.

Del rectificador salen dos líneas una positiva y una negativa. El conductor positivo se conecta al SAA mientras que el negativo se conecta a un seccionador negativo ambos con capacidad hasta por 5000 amperes.

Del SAA pasa a los DV's (dv1 y dv2) para alimentar a la catenaria.

En la última parte se conecta a la catenaria pero se le añade un dcc a cada disyuntor, también al disyuntor dv2 después del dcc se conecta un CTP.

El CTP es utilizado para energizar un tramo de 12 metros de longitud, éste se encuentra entre dos zonas diferentes separado eléctricamente de estas y sirve para aislar una de otra, con este tramo de protección se garantiza que no se produzca un puenteo entre estas zonas.

De ésta forma se conectan a seis seccionadores de catenaria. (Dos seccionadores por cada disyuntor y dos por el CTP).

A continuación se muestra el diagrama unifilar de una subestación en "TT".

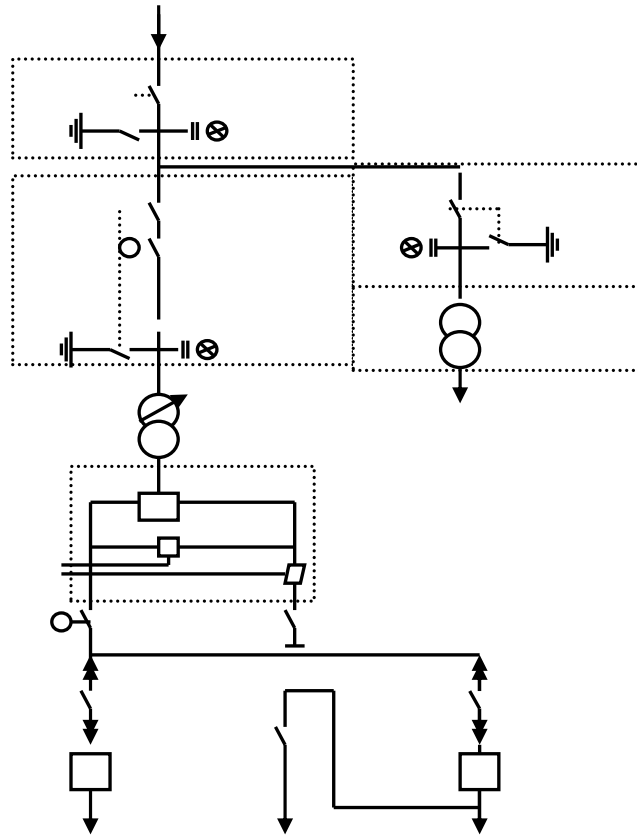


Figura 2.2 Diagrama TT

2.3 SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN TIPO “TALLER” (SR TALLER)

2.3.1 COMPOSICIÓN:

La subestación tipo “TALLER” está constituida por:

- SAMT: Seccionador trifásico de operación sin carga.
- IMTP: Interruptor trifásico con protección de fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV.

- IMTX: Interruptor trifásico con protección de fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV.

- TX: Transformador de 25 KVA, trifásico, conexión delta-estrella, 60 Hz con una relación de transformación 23 KV / 220-127 V.

- SMT: Seccionador tripolar de operación sin carga.

- DMT: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.

- CT: Transformador de corriente.

- TP: Transformador de 2821 KVA, trifásico, conexión estrella-delta, 60 Hz con una relación de transformación 23 KV / 580 V.

- RD: Rectificador de 2500 Kw. 580 VCA en la entrada y 750 VCC a la salida, 3333 a de corriente nominal.

- SAA: Seccionador de operación sin carga motorizado.
- SN: Seccionador de operación sin carga.

- DVT: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.

- DVL: Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.

- CTP: Contactor.

- K64g: Relevador de puesta a tierra grupo.

- K64v : Relevador de puesta a tierra vía.

2.3.2 FUNCIONAMIENTO.

La acometida de la compañía de luz y fuerza llega hasta el SAMT que cuenta con un sistema de puesta a tierra para aterrizar al bus de 23 KV cuando se encuentra abierto.

El IMPT se conecta al bus de 23 KV para alimentar a la plataforma de pruebas. Este IMPT cuenta con conexión a tierra automático para aterrizar a la plataforma de pruebas al momento de abrirse el IMPT.

El bus de 23 KV también alimenta al IMPT cuya función principal es proteger el transformador auxiliar. También el IMPT cuenta con un seccionador de puesta a tierra del transformador auxiliar que se acciona al momento de abrir el interruptor.

El IMTX alimenta al transformador auxiliar quien es el encargado de transformar la tensión de 23 KV a 220/127V la cual va a alimentar al disyuntor de baja tensión (DVT).

Por otro lado el bus de 23 KV conecta al SMT que alimenta al DMT que esta para proteger al transformador principal, al igual que en los anteriores también se pone a tierra automáticamente al momento de abrir el SMT.

Del DMT sale la alimentación para el transformador principal pero antes pasa por un CT que censa la corriente.

El transformador principal alimenta al rectificador.

El rectificador recibe 580 VCA y la convierte en 750 VCC.

Del rectificador salen dos líneas una positiva y una negativa. El conductor positivo se conecta al SAA, mientras que el negativo se conecta a un SN ambos con capacidad hasta por 5000 amperes.

Del SAA pasa al dv que tiene como función alimentar a la catenaria.

Cabe mencionar que esta configuración presenta un alimentador emergente que es la línea que proviene de la zona E, y que alimenta a la catenaria a través del disyuntor de vía DVI, ambos disyuntores mecánica y eléctricamente habilitados para funcionar uno a la vez.

También cuenta con relevadores de puesta a tierra que son dos: el k64g y el k64v

A continuación se muestra el diagrama unifilar de una subestación del tipo "TALLER".

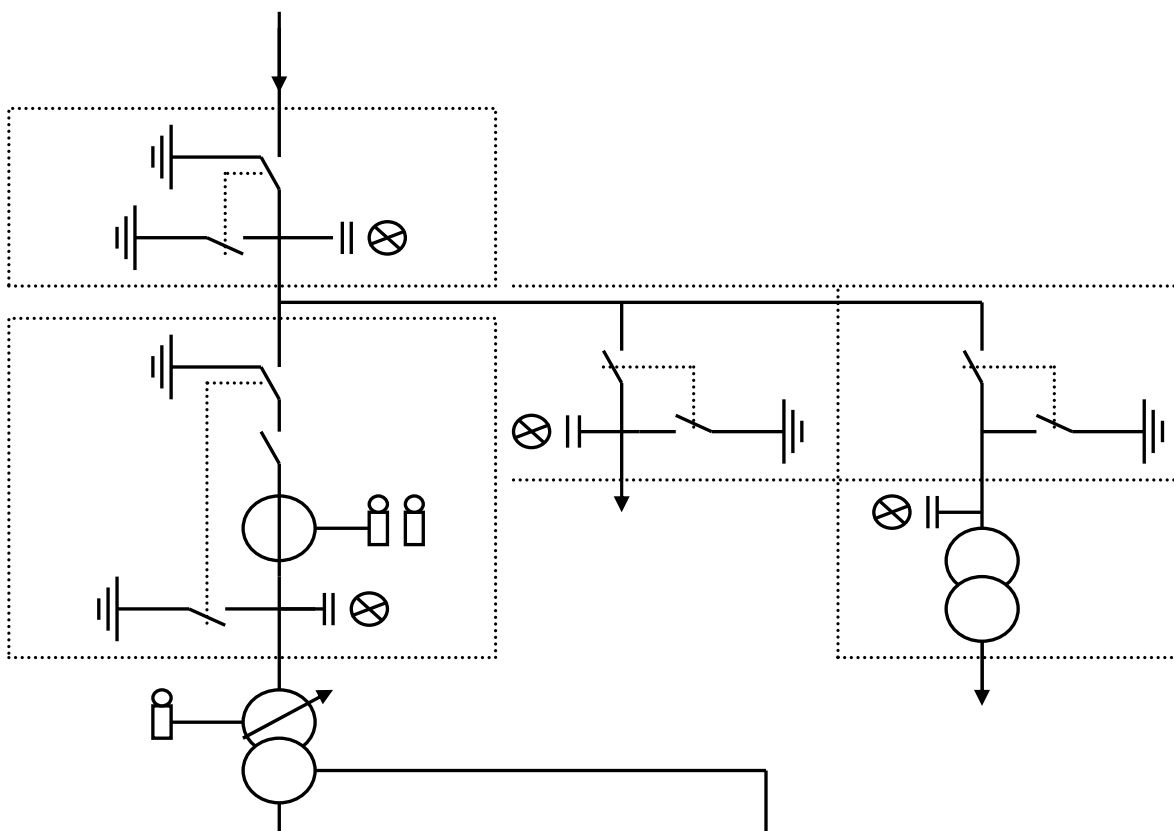


Figura 2.3 Diagrama tipo "TALLER"

2.4. DIFERENCIAS ENTRE SUBESTACIONES.

2.4.1 SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN EN “T”.

La diferencia entre los tipos de subestaciones existentes en línea “A” (“T”, “TT” y “TALLER”) es la forma en la que alimentan a la catenaria.

A continuación se mostrarán las formas de como alimentan a la catenaria las diferentes subestaciones de rectificación.

La subestación tipo “T” alimenta a la catenaria a través de un solo disyuntor llamado disyuntor de vía como se muestra en la figura 1.2.

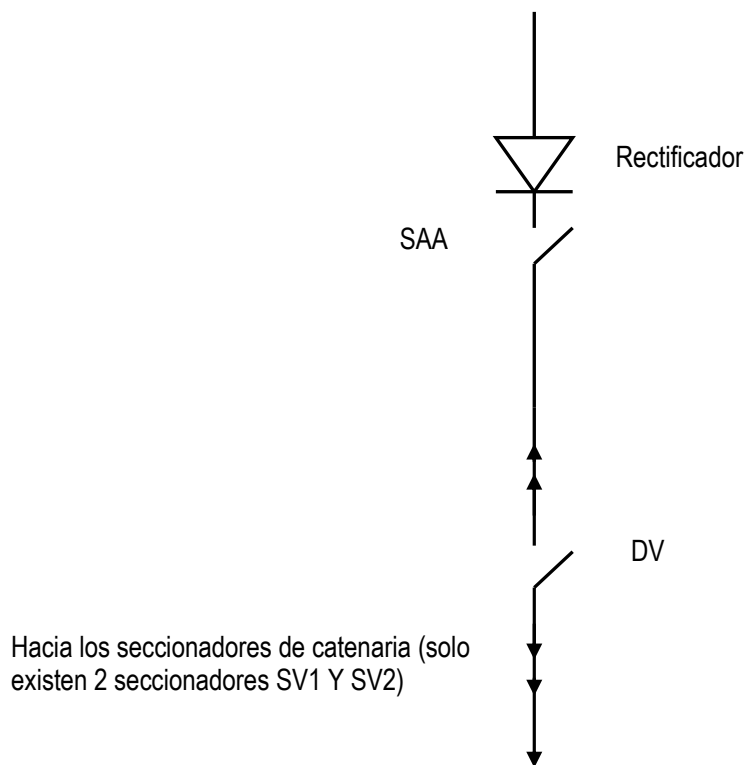


Figura 2.4 Diagrama de la alimentación eléctrica de una subestación de rectificación tipo “T” hacia la catenaria.

2.4.2 SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN EN “TT”.

La subestación tipo “TT” alimenta a la catenaria a través de dos disyuntores llamados disyuntor de vía zona N (DVN) y disyuntor de vía zona p (DVP) y cuenta con un contactor de tramo de protección (CTP) como se puede observar en el siguiente diagrama.

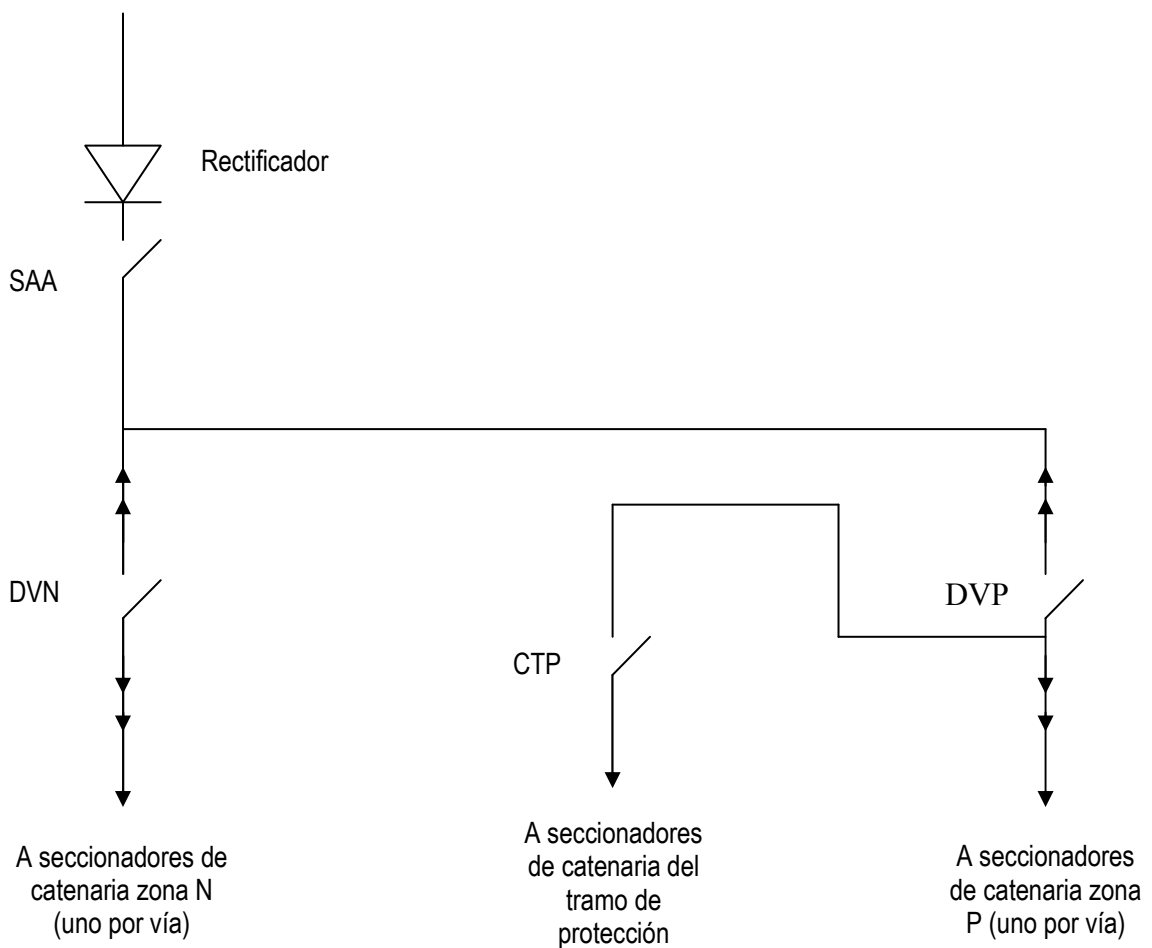


Figura 2.5 Diagrama de la alimentación eléctrica de una subestación de rectificación tipo “TT” hacia la catenaria.

Nota: En estas subestaciones existen seis seccionadores.

2.4.3 SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN EN “TALLER”.

La subestación tipo “TALLER” alimenta a la catenaria a través de dos disyuntores llamados disyuntor de vía zona taller (DVT) y disyuntor de vía de lavado (DVI) este ultimo disyuntor funciona como alimentador emergente y proviene de la zona E, y es independiente de la plataforma de pruebas como se puede observar en el siguiente diagrama:

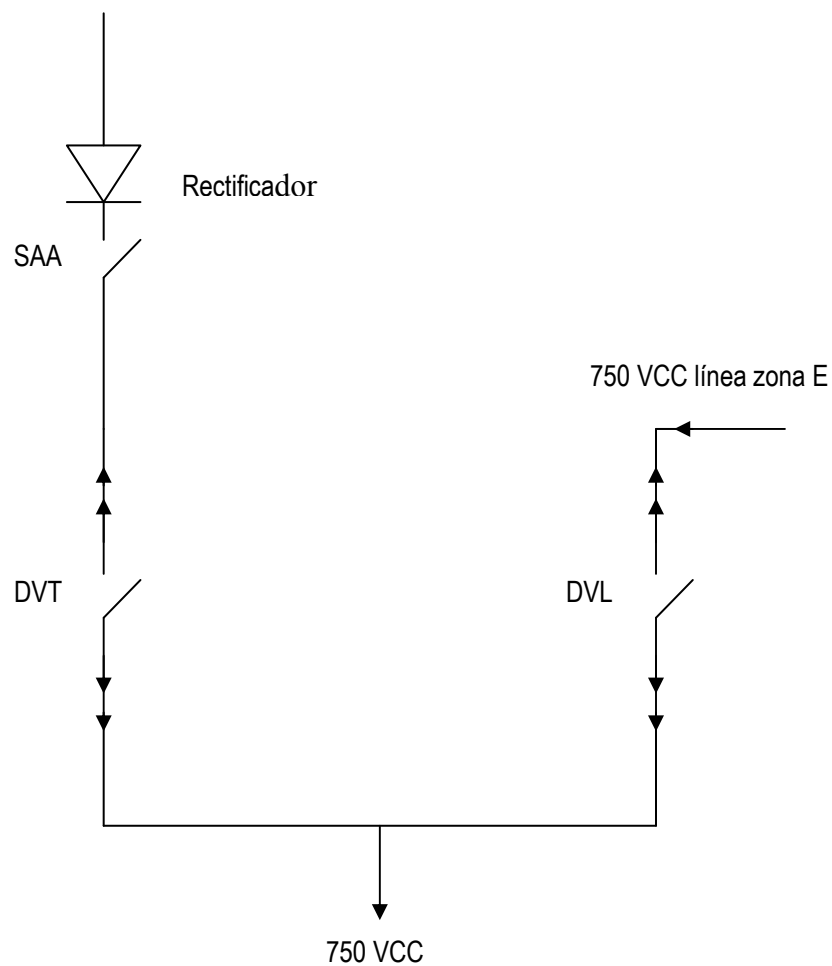


Figura 2.6 Diagrama de la alimentación eléctrica de una subestación de rectificación tipo “Taller” hacia la catenaria.



CAPITULO 3

SERVICIO A LOS ELEMENTOS
DE UNA SUBESTACIÓN DE
RECTIFICACIÓN Y CABECERA
DE ALUMBRADO Y FUERZA



3. SERVICIO A LOS ELEMENTOS DE UNA SUBESTACIÓN DE RECTIFICACIÓN.

A continuación hablaremos del servicio que deben recibir los equipos de las subestaciones de rectificación y de las cabeceras de alumbrado y fuerza. Para ello nos basaremos en las fichas técnicas que proporciona el fabricante. Estas fichas técnicas no son otra cosa que las recomendaciones del fabricante para mantener en optimas condiciones los equipos, cabe mencionar que es el ingeniero en mantenimiento el encargado y único responsable de diseñar un programa de mantenimiento acorde al desgaste de los equipos.

3.1 SAMT (SECCIONADOR DE ACOMETIDA DE MEDIANA TENSIÓN).

Seccionador trifásico de operación sin carga. La acometida de la compañía de luz y fuerza llega hasta el SAMT que cuenta con un sistema de puesta a tierra para aterrizar al bus de 23 KV cuando se encuentra abierto.

Para el servicio a este tipo de seccionador podemos referirnos a los apéndices Num.1 y Num.20 donde se encuentran las fichas técnicas del SAMT tanto para la subestación de rectificación como para la cabecera de alumbrado y fuerza.

3.2 IMTX (INTERRUPTOR DE MEDIANA TENSIÓN DE AUXILIARES).

Interruptor trifásico con protección de fusibles del tipo limitador de corriente para una tensión máxima de 36 KV. El IMTX alimenta al transformador auxiliar.

Para el servicio a este tipo de interruptor podemos referirnos a los apéndices Num.5 y Num.24 donde se encuentran las fichas técnicas del IMTX tanto para la subestación de rectificación como para la cabecera de alumbrado y fuerza.

3.3 SMT (SECCIONADOR DE MEDIANA TENSIÓN).

Seccionador tripolar de operación sin carga.

Por otro lado el bus de 23 KV conecta al SMT que alimenta al DMT que esta para proteger al transformador principal, al igual que en los anteriores también se pone a tierra automáticamente al momento de abrir el SMT.

Para el servicio a este tipo de seccionador podemos referirnos a los apéndices Num.3 y Num.22 donde se encuentran las fichas técnicas del SMT tanto para la subestación de rectificación como para la cabecera de alumbrado y fuerza.

3.4 DMT (DISYUNTOR DE MEDIANA TENSIÓN).

Disyuntor del tipo JRT de ultra rápida desconexión.

Del DMT sale la alimentación para el transformador principal pero antes pasa por un CT que censa la corriente.

Para el servicio a este tipo de disyuntor podemos referirnos a los apéndices Num.4, Num.4A y Num.23, Num.23A donde se encuentran las fichas técnicas del DMT tanto para la subestación de rectificación como para la cabecera de alumbrado y fuerza.



Figura 3.1 Disyuntor.

3.5 TRANSFORMADOR PRINCIPAL TP Y TRANSFORMADOR AUXILIAR TX

TP. El transformador principal es el que alimenta al rectificador.

TX. El transformador auxiliar es el encargado de transformar la tensión de 23 KV a 220/127V la cual va a alimentar al disyuntor de baja tensión (DVT).



Figura 3.2 Placa del Transformador.

3.5.1 CARACTERÍSTICAS.

TP. Transformador de 2821 KVA, trifásico, conexión estrella-delta, 60 hz. con una relación de transformación 23 KV / 580 v.

Transformador rectificador en aceite para alimentar banco de 2500 KW Clase OA

PROLEC				
CONEXIONES		CAMBIADOR DE DERIVACIONES		
Devanado	Volts	Amperes	Posición	Conectar en cada fase
Alta Tensión	24150	67.44	1	a con b
	23575	69.09	2	b con c
	23000	70.81	3	c con d
	22425	72.63	4	d con e
	21850	74.54	5	e con f
	21275	76.55	6	f con g
Baja Tensión	580	2808.1	Peso aproximado en Kg.	
			Núcleo y bobinas	3500
			Tanque y accesorios	5500
			Aceite	2550
			Total	11550
LTS contiene aceite tanque 2030 radiadores 700 total 2830 Tanque conservador 100				

Tabla 3.1 Placa del Transformador Principal (Conexiones).

Serie No. PJ81 - 17		Instructivo No. PJ81 - 01	
3 fases, 60 Hz.		Forma del núcleo: Enrollado	
KVA en OA 2821 Continuos	°C 48	Tensión en Volts 2300 λ / 13279 - 580 Δ	
Sobre carga permitida 4231.5 durante 3 horas promedio 8463 durante 1 minuto promedio		Niveles básicos de impulso KV de onda completa AT=150 Ho=150 BT=45	
Impedancias a 68 °C		Elevación de la temperatura	
% de Z 8.17	KVA base 2821	KV base 23.0 OA	A plena carga continua A 2300 MSNM 48 °C

Tabla 3.2 Placa del Transformador Principal (Características).

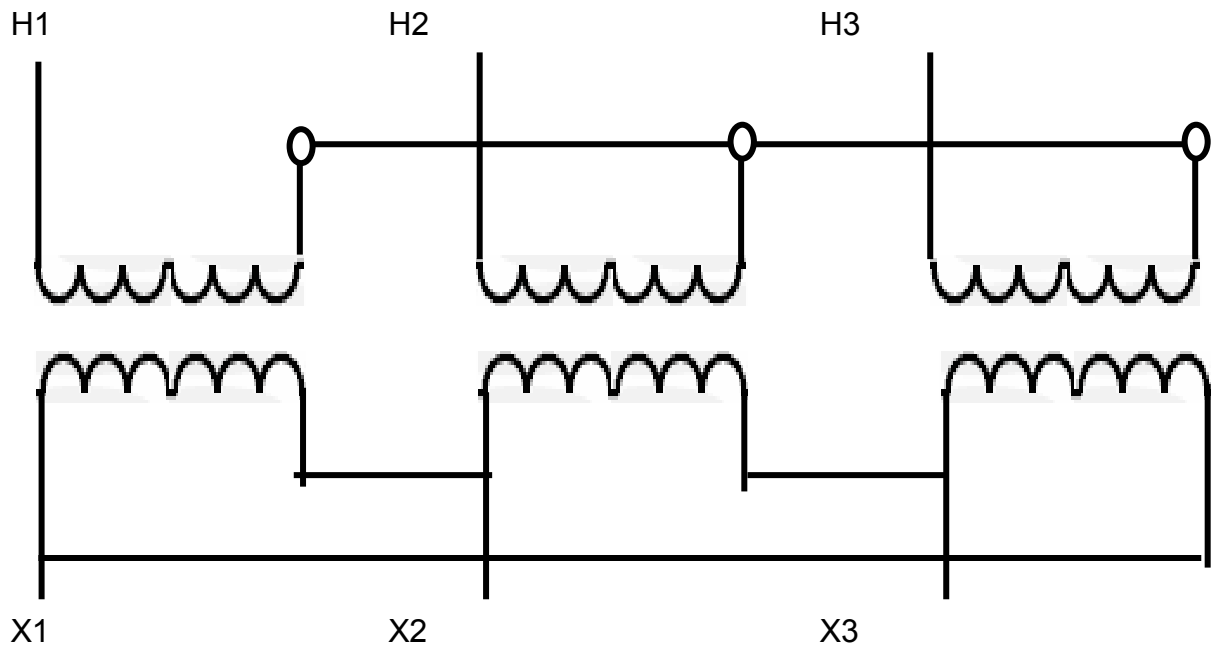


Figura 3.3 Diagrama de conexiones del Transformador Principal.

DERIVACIONES			
POSICION	CONECTAR	VOLTS	AMPER
1	1 CON 2	24150	3.586
2	2 CON 3	23575	3.673
3	3 CON 4	23000	3.765
4	4 CON 5	22425	3.862
5	5 CON 6	21850	3.963

Tabla 3.3 (b) Placa del Transformador Auxiliar (Conexiones).

TX: transformador de silicona Dow Corning
150 Kva. serie 3253
Volts 23000 - -220/127
Fases 3 frecuencia 60 hz I.M.P 3.85 a 85°C
Elev 85°C altitud 2300 msnm clase 25 kv
Nivel básico de impulso A.T. 150 KV B.T. 30 KV
Núcleo y bobinas 560 kg lts silicona 400
Peso total 1199 kg

Tabla 3.4 Placa del Transformador Auxiliar (Características).

Diagrama vectorial

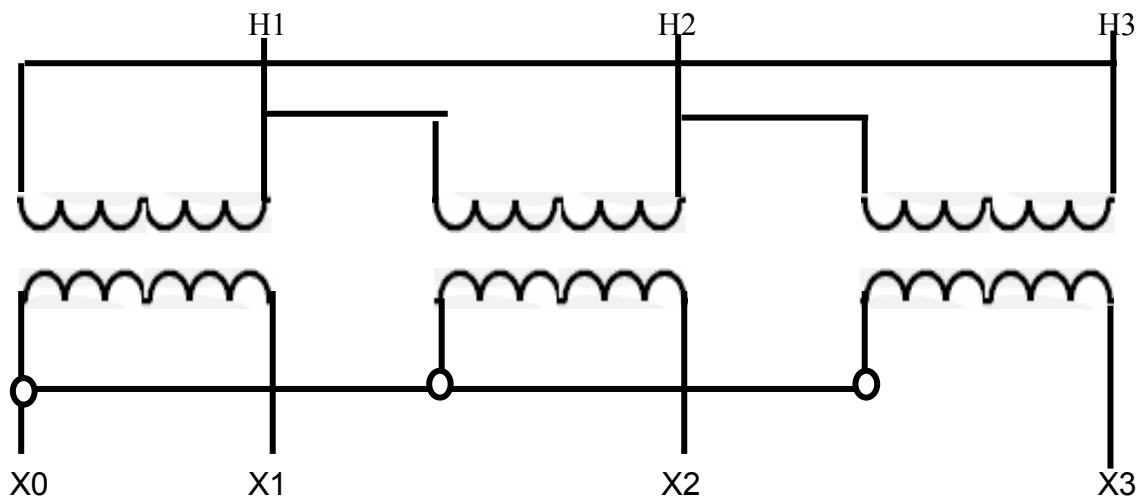


Figura 3.4 Diagrama de conexiones del Transformador Auxiliar..

3.5.2 PROTECCIONES.

- Temperatura del aceite
- Nivel de aceite
- Temperatura de devanados
- Buchholtz
- Sobre presión

3.5.3 OPERACIÓN.

Es alimentado a través del SMT con 23000 v,

3.5.4 PRUEBAS.

- Pruebas de relación de transformación sobre TP y TX.
- Pruebas de rigidez dieléctrica sobre aceite TP y silicona TX.
- Pruebas de medición de la resistencia de aislamiento del transformador de potencia

3.5.4.1 PROTOCOLO DE PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN SOBRE TP. Y TX.

I. OBJETIVO

Mediante la aplicación de esta prueba, es posible determinar las condiciones reales de operación del transformador, en condiciones normales o después de la operación de alguna protección primaria tales como (diferencial, buchholtz, fusibles de potencia, etc.) por citar algunas de las condiciones que se pueden detectar con esta prueba enlistamos las siguientes:

- Identificación de espiras en corto, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.
- Determinación de la cantidad de espiras en bobinas de los transformadores.

Polaridad (es importante saber la polaridad de las bobinas ya que esto permite verificar el diagrama de conexión de los transformadores, más aun, cuando se tengan transformadores cuya placa se ha extraviado).

II. MATERIALES Y EQUIPO

- 1) Tornillos tropicalizados de la MED. 5/8 "x4".
- 2) Llave dinamométrica y llaves mixtas de 19mm.
- 3) Medidor de relación de transformación tipo 2791QB Marca Tetes Instrument

III. PROCESO DE PRUEBA

- a) Se libera el equipo completamente comprobándose que se encuentran abiertas las cuchillas seccionadoras correspondientes del lado baja tensión y desconectado las terminales de las boquillas de la línea del lado alta tensión.
- b) Colocar preferentemente el equipo medidor TTR sobre una superficie firme y nivelada, para evitar posibles daños por golpes y caídas del equipo.
- c) Anotar los datos de placa y diagrama de conexiones del transformador a probar. El diagrama de conexiones es la referencia para conectar el medidor adecuadamente y obtener como consecuencia valores correctos.
- d) Calcular la relación teórica, tomando en cuenta que la relación a medir es por fase correspondiente de alta y baja tensión en los transformadores trifásicos.

e) Se conectan las terminales de los medidores, las barras y terminales de las boquillas correspondientes en los embobinados primarios y secundarios de acuerdo a las siguientes tablas:

LADO ALTA TENSIÓN	
IEC/VDE	ANSI/IEEE
U	H1
V	H2
W	H3
N	H0

LADO BAJA TENSIÓN	
IEC/DVE	ANSI/IEEE
U	X1
V	X2
W	X3
n	X0

Tabla 3.5 Conexiones del lado primario

Tabla 3.6 Conexiones del

lado secundario.

En caso de que se encuentre ausente el cable de neutro en alta o baja tensión este cable se dejará en circuito abierto.

- f) Se enciende el aparato con el botón power (S1).
- g) Se selecciona el voltaje de prueba 100% (150V) o 50% (75V) este último se utilizará en caso de que el lado de alto voltaje sea del orden de 200V o menor.
- h) Para la definición del acoplamiento se deben ver las normas IEC 76-4 y 616, también VDE0532 parte 4.
- i) Se coloca el selector TESEC S9 Y S10 en la posición adecuada de acuerdo al acoplamiento incluido en la Tabla T1.
- j) Elegir el factor 1 para el Transformador Principal (TP) y el transformador de auxiliares (TX)(S5.)

- k) Liberar el botón RSI (S4.)

- l) Oprimir el botón TEST (S3) y sostenerlo hasta que la medición se estabilice (en el despliegue).

- m) Léase la polaridad (L1 o L2).

- n) Libere el botón TEST (S3) la última medición permanecerá en el despliegue.

- ñ) Coloque el selector TESCES9 y S10 en la fase siguiente (según la tabla) T1 y T2 y efectúese la siguiente medición.

- o) Colóquese el transformador TP en el siguiente TAP y realice la prueba para cada una de estas posiciones, para el caso del transformador TX únicamente se recomienda realizar la prueba en el TAP en el cual se encuentran operando este, ya que el cambio de TAP implica destapar el transformador y se corre el riesgo de que se contamine la silicona.

- p) Los datos de la placa del transformador principal (marca PROLEC tipo PJ81)son:

TAP	Factor Un
1	24.03967
2	23.46729
3	22.89492
4	22.32255
5	21.75017
6	21.17780

$$U_n = (1 / \sqrt{3})(V_{no} / V_{nu})$$

Tabla 3.7 Determinación del factor U_n

q) La tabla T1 adecuada de pruebas basándose en el tipo de transformador principal y de acuerdo con el manual del equipo TTR sería:

Acoplamiento	Selector de puntos de prueba		Polaridad	Despliegue
	Lado Alta Tensión	Lado Baja Tensión		
Y-d-1	U-(V-W)	u-v		1.5 • U_n
	V-(W-U)	v-w		
	W-(U-Y)	w.u		

Tabla 3.8 T1.

r) Los datos de placa del transformador auxiliar (marca voltran tipo OA) son:

TAP	Factor U_n
1	190.13194
2	185.60499
3	181.07803
4	176.55108
5	172.02413

$$U_n = (1 / \sqrt{3}) (V_{no} / V_{nu})$$

Tabla 3.9 Determinación del factor U_n

s) La tabla T2 adecuada de pruebas basándose en el tipo de transformador auxiliar y de acuerdo con el manual del equipo TTR sería:

Acoplamiento	Selector de puntos de prueba		Polaridad	Despliegue
	Lado Alta Tensión	Lado Baja Tensión		
D-yn-1	U-V	v-n		U_n
	V-W	w-n		
	W-U	u-n		

Tabla 3.10 T2.

t) Una vez registrados los valores obtenidos se procede a realizar los cálculos que nos darán el parámetro de relación de transformación de los datos de placa de los transformadores y el valor obtenido mediante el proceso de pruebas.

u) Para calcular el parámetro de la diferencia entre la relación teórica y la relación medida, para obtener el % de diferencia se utiliza la siguiente ecuación, en donde de acuerdo a lo establecido por CFE, el valor máximo de diferencia permitida es de % 0.4% entre los datos de placa y los valores medidos:

$$\% \text{ Dif.} = \left| \frac{\text{Rel. Teórica} - \text{Rel. medida}}{\text{Relación Teórica}} \right| \times 100$$

Relación teórica = Datos de placa transformador

Relación medido = datos obtenidos de la medición

v) Al término de las pruebas se recomienda verificar que los transformadores quedaron conectados y operando en condiciones normales.

3.5.4.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS DE RIGIDEZ DIELECTRICA SOBRE ACEITE TP Y SILICONA TX



Figura 3.7 Transformador principal

I. OBJETIVO

Poder verificar el estado físico y el valor de voltaje en el cual se realiza el rompimiento en forma correcta del aceite enfriante de los transformadores de 23KV, así como la silicona Dow Coning de los transformadores auxiliares.

II. MATERIALES Y EQUIPO

- 1) Frascos y equipo
- 2) Cinta de teflón
- 3) Llaves y pinzas
- 4) Medidor de rigidez dieléctrica (HIPOTRONIX OC60D DISCOS PLANOS).

III. PROCESO DE PRUEBA

Las pruebas sobre los transformadores cuyas características son las siguientes:

TP y TX (Ver datos de placa en anexo)

3 KV/seg. \pm 20% discos planos (Escala de selección equipo Hipotronix)

500V/seg. \pm 10% discos semiesféricos (Escala de selección equipo Hipotronix)

Para efectuar la toma de la muestra se procederá a efectuar lo sig:

- a) Deberá limpiarse y secarse adecuadamente el frasco de vidrio para la muestra este puede realizarse por un solvente (Kerosina, gas nafta, tetracloruro, etc.,) y aparte se tiene que secar (por medio de un horno).
- b) Prepara el recipiente cerrándolo perfectamente (es recomendable colocar en la rosca del recipiente cinta de teflón) para evitar una posible contaminación.
- c) Se requiere ir al lugar donde se tomará la muestra y desenergizar el transformador sobre el cual se efectuará la prueba.
- d) Se abre la válvula para la toma y se permite se tire un poco de líquido, con la finalidad de eliminar las impurezas que se encuentren en la válvula.
- e) Se toma la muestra en el recipiente antes preparado y se cierra el recipiente sellando este para evitar la contaminación de la muestra.
- f) Se debe realizar la prueba lo antes posible para evitar que la muestra sufra alguna contaminación.
- g) Se recomienda si es preciso contar con el medidor de rigidez dieléctrica en el lugar donde se encuentren los transformadores, para evitar el traslado de las muestras y que se contaminen.

Para la prueba se toma la siguiente forma:

- h) Para la muestra con electrodos planos, estos deben tener una separación de $2.54 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ de separación.
- i) Deposita la muestra a probar en la copa de prueba asegurando que los electrodos están perfectamente sumergidos en la muestra, llenando la copa aproximadamente 2 cm arriba de los electrodos.
- j) Se deja reposar la muestra de 5 a 10 minutos antes de realizar la primer prueba.
- k) Se selecciona un paso de 3KV/s y se presiona el botón de prueba.
- l) Se espera el rompimiento de la prueba y se registra el valor.
- m) Se deja reposar la muestra de 2 a 3 minutos y se efectúa la prueba nuevamente.
- n) Se realiza 5 veces este proceso, a fin de obtener un promedio de los valores del voltaje de ruptura de la muestra.
- o) Una vez registrados los valores obtenidos se proceden a obtener los datos estadísticos que nos darán el parámetro de operación del líquido.

Debe tener la media un valor superior a 30KV, es decir, $x \geq 30\text{KV}$ en TP y para transformadores nuevos y superior a 23KV, es decir, $x > 23\text{KV} + 10\%$ en transformadores de uso continuo de operación (transformadores con silicona).

Si el valor promedio x de las muestras es superior a $23\text{KV} + 10\%$ que es el valor nominal de operación se considerará que el líquido (aceite o silicona) esta en buenas condiciones de operación.

Para calcular estos parámetros se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$X = \left[\frac{1}{5} \right] \left[\sum_{i=1}^5 \right] x_i$$

Donde:

X = Media de las muestras

Xi = i ésima muestra

3.5.4.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

I. OBJETIVO

Esta prueba tiene como objetivo detectar el índice del estado de los aislamientos de los devanados en cuanto a degradación de las mismas y/o contaminación que podrían generar falla en el funcionamiento del equipo.

II. EQUIPO Y MATERIAL UTILIZADO

- Megóhmetro marca BIDDLE MEGGER.
- Juego de llaves españolas.
- Cable desnudo de calibre 10 a 12 AWG.
- Tornillería tropicalizada para posibles correctivos

III. PROCESO DE PRUEBA

- a) Desenergizar el transformador al cual se le va a realizar la prueba
- b) Se debe aislar el transformador a prueba, desconectando las boquillas de alta y baja tensión de la llegada, así como de la carga.
- c) Asegurarse que la ficha de control se encuentra desconectada.
- d) Se conectan en corto circuito las terminales de los devanados de una misma tensión nominal con ayuda del cable desnudo.
- e) Se conecta una punta del Megóhmetro a los devanados de alta y la otra punta a los devanados de bajas, se aplica una tensión de prueba de 2000V.
- f) El devanado cuya resistencia se desea medir sea el de alta o el de baja, se conecta a la punta de línea (L) del Megóhmetro y los demás devanados y el tanque se conectan a la terminal de tierra (E) del Megóhmetro.
- g) De acuerdo al devanado a medir, la tensión aplicada será de la siguiente:

Devanados de alta tensión – Devanados de baja tensión / tierra 3000V

Devanados de baja tensión – Devanados de alta tensión / tierra 2000V

NOTA:

En ninguna de estas pruebas se deberá desconectar la tierra física del transformador principal.

Una vez concluidas las pruebas, se deberá asegurar que las conexiones de alta y baja tensión han sido hechas, así como la conexión de la tierra física al tanque y la ficha de control al cofre interfase.

De igual manera, se deberá supervisar que no quede ningún objeto extraño sobre el transformador.

IV. MEDICIONES

Las mediciones de aislamiento entre devanados de alta y baja tensión con respecto a tierra deberán ser tomadas de la siguiente manera.

Se tomarán las lecturas del Megóhmetro a los 15 segundos, 30 segundos, 45 segundos, 1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 4 minutos, 5 minutos, 6 minutos, 7 minutos, 9 minutos y 10 minutos.

3.5.5 MANTENIMIENTO.

TP. Para el servicio a este tipo de transformador podemos referirnos a los apéndices Num.7, donde se encuentra la ficha técnica del TP para la subestación de rectificación

TX. Para el servicio a este tipo de transformador podemos referirnos a los apéndices Num.6 y Num.25 donde se encuentran las fichas técnicas del TX tanto para la subestación de rectificación como para la cabecera de alumbrado y fuerza.

3.6 RECTIFICADOR.

El rectificador recibe 580 VCA y la convierte en 750 VCC.



Figura 3.7 Fotografía Lateral del Rectificador

3.6.1 CARACTERÍSTICAS.

Rectificador tipo grets de 2500kw, 3 ramas de 6 diodos, 580 Vca de entrada, 750 Vcc de salida, 3333 amperes de corriente nominal, soporta 5000 amperes durante 3 horas y 10000 amperes durante un minuto.

3.6.2 PROTECCIONES.

Fusibles

3.6.3 OPERACIÓN.

Es alimentado por el transformador principal con 580 Vca, tiene tres ramas de 6 diodos cada una para rectificar la corriente y obtener a la salida 750 Vcc, cuenta también con igual número de fusibles que de diodos.

3.6.4 MANTENIMIENTO.

Para el servicio a este tipo de Rectificador podemos referirnos a los apéndices Num.8, donde se encuentra la ficha técnica del RD para la subestación de rectificación

3.7 SAA (SECCIONADOR DE AISLAMIENTO AUTOMÁTICO).

Del rectificador salen dos líneas una positiva y una negativa. El conductor positivo se conecta al S. A. A. Mientras que el negativo se conecta a un seccionador negativo ambos con capacidad hasta por 5000 amperes.

3.7.1 CARACTERÍSTICAS.

Seccionador de operación sin carga motorizado.

3.7.2 OPERACIÓN.

Seccionador de operación sin carga motorizado. Tiene una capacidad de hasta 5000 amperes

5.7.3 MANTENIMIENTO.

Para el servicio a este tipo de Rectificador podemos referirnos a los apéndices Num.9, donde se encuentra la ficha técnica del RD para la subestación de rectificación



CAPITULO 4

PLATAFORMA DE PRUEBAS



4. PLATAFORMA DE PRUEBAS.

La Coordinación de Plataforma de Pruebas, es un área de servicios y tiene como función principal el apoyar a las áreas de mantenimiento, especialmente las involucradas con sistemas eléctricos de potencia (alta y baja tensión). El apoyo se proporciona en la ejecución de trabajos de laboratorio que no forman parte de los trabajos rutinarios, así como estudios y análisis de averías repetitivas.

Esta Coordinación tiene como objetivo principal desarrollar trabajos que aporten un beneficio real, inmediato y oportuno, para mejorar las condiciones de operación de los equipos eléctricos instalados en la línea.

Los trabajos que solo generan información técnica deben contener una alta confiabilidad en los resultados, para que estos aporten una ayuda real al personal de mantenimiento.

4.1 ACTIVIDADES DE LA COORDINACIÓN DE LA PLATAFORMA DE PRUEBAS

Las actividades de la Coordinación de Plataforma de Pruebas se clasifican de la siguiente forma:

4.1.1 ACTIVIDADES PRIORITARIAS:

Son las actividades que deben ejecutarse sistemáticamente y que cuando no sea posible realizarlas pueden ocasionar trastornos al servicio.

4.1.2 ACTIVIDADES DE SERVICIOS:

Son actividades cuya calendarización depende de la prioridad de los trabajos a realizar.

4.1.3 ACTIVIDADES ESPECIALES:

Son actividades que son realizadas bajo el esquema de las ordenes de trabajo, la ejecución de estos trabajos (de mantenimiento ó de laboratorio) por lo tanto ocurre de una forma aleatoria.

4.1.4 OTRAS ACTIVIDADES:

Además esta Coordinación tiene una relación estrecha con el departamento de laboratorio de la gerencia de ingeniería y desarrollo, para realizar algunas de las pruebas que no puedan llevarse a cabo en la Plataforma de Pruebas, ya que dicho laboratorio cuenta con coordinaciones de mecánica, química y eléctrica.

Para este tipo de trabajos la Coordinación de Plataforma de Pruebas es la encomendada de coordinar y analizar todas y cada una de las pruebas que se soliciten al departamento del laboratorio.

La Plataforma de Pruebas es de gran importancia para la línea "a" debido a la labor que desempeña, ya que los trabajos que aquí se ejecutan aportan un beneficio real e inmediato para mejorar las condiciones de operación y exploración de los equipos instalados en la línea "a", de las diferentes coordinaciones de electromecánica.

La Coordinación de Plataforma de Pruebas como ya se menciona tiene como función principal apoyar técnicamente a las coordinaciones de electromecánica, pero también desarrolla trabajos a nivel estudio y análisis de algunos problemas técnicos que se tengan en cualquier área.

Otra de las actividades importantes de la Coordinación de Plataforma de Pruebas es la de mantener en optimas condiciones de operación todos y cada uno

de los equipos que integran a la Plataforma de Pruebas propiamente dicho, así como sus equipos auxiliares.

4.2 RECURSOS:

Para ejecutar las acciones anteriores la Coordinación de Plataforma de Pruebas cuenta con los siguientes recursos:

4.2.1 RECURSOS HUMANOS;

Los recursos humanos con los que actualmente cuenta la Plataforma de Pruebas son: un coordinador de proyectos y cuatro técnicos

4.2.2 RECURSOS MATERIALES

Actualmente la Plataforma de Pruebas esta integrada por los siguientes equipos.

Equipo pesado

Cantidad	Descripción del equipo
1	Transformador de 350 KVA, 60 Hz, 23000/380 v.
1	Regulador de inducción 300KVA, 60 Hz, 380/0-660 v.
1	Transformador de 275 KVA, 60 Hz, 660/2200 v.
1*	Transformador de potencia 2820 KVA, 60 Hz, 23000/580 v.
1*	Disyuntor de c.c. tipo j.r. 750 Vcc.
1*	Rectificador de 580 Vca, 60 Hz, 3333 amp. 750 Vcc.
1	Transformador tipo seco 100 KVA, 60 Hz, 660/15 v.
6	Seccionadores manuales de operación sin carga.
1	Pupitre de mando y medición.
1	Grúa eléctrica con movimientos: lateral, vertical y horizontal.
1	Compresor de aire.

Tabla 4.1 Equipo pesado de la Plataforma de Pruebas

* Estos equipos son idénticos a los instalados en línea y pueden ser utilizados para reemplazar algún equipo instalado en las subestaciones de rectificación.

El equipo restante se encuentra instalado permanentemente en la Plataforma de Pruebas que forma parte operacional de esta.

Equipo portátil

Cantidad	Descripción del equipo
1	Comprobador de aislamiento mi413
1	Medidor de resistencia contra tierra mx435
4	Multímetros 40mx93
2	Termómetros th3204
4	Voltímetros digital mx545
4	Wattímetros
1	Osciloscopio ox7530
1	Fuente de alimentación eléctrica bamp3000
1	Medidor de relación de transformación
2	Impresor epson lx800.120.08
1	Medidor de voltaje st1151
1	Medidor de corriente st1150
1	Registrador 8 v as 880011
1	Shunt 800 amp 0.1 v

Tabla 4.2 Equipo portátil de la Plataforma de Pruebas

4.2.2.1 ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA PLATAFORMA DE PRUEBAS

La Plataforma de Pruebas cuenta con sistemas de medición , control y protección, estos sistemas se encuentran permanentemente interconectados hacia el pupitre de mando, para obtener la medición de los parámetros de interés. Los elementos que integran estos sistemas se muestran a continuación en el esquema eléctrico.

- Transformador principal (12TM).
- Regulador de inducción (17TR).
- Transformador (23T)
- Transformador (18T)
- Transformadores de potencial (24TP7.1.2.3)
- Disyuntor (13QD5)
- Disyuntor (13QD3)
- Transformador de potencial (17T)
- Transformadores de corriente (24TC2.1.2.3)
- Transformadores de corriente (25TC8.1.2.3)
- Seccionador (18QS4)
- Seccionador (24QS)
- Transformador de potencia (25T) (bajo prueba).
- Seccionador (20QS)
- Disyuntor (20QD)
- Seccionador (23QS)
- Seccionador (18QS1)
- Seccionador (18QS8)
- Transformador de corriente (12TC, 23TC y 25TC6)
- Rectificador (19gc)

Es un transformador trifásico a 60 Hz de 350 KVA, con conexión delta-estrella, cuenta con una protección contra fallas a tierra calibrada a 3 amp. , con un tiempo de disparo de 500 mseg.

Este transformador tiene la función de transformar el voltaje de 23000 v que recibimos directamente del pr17 a un voltaje de 380/220 volts para alimentar el regulador de inducción y equipos auxiliares .

- Regulador de inducción (17TR).



Regulador trifásico, 60 Hz, 300KVA, el cual es alimentado por medio del transformador 12TM a 380v

Su función es proporcionar la tensión de 0-660 volts, para alimentar a los transformadores 18t, 23t y 25t, según sea el tipo de prueba a practicar.

- Transformador (23T)

Es un transformador trifásico de 660/2315 volts a 60 Hz, de 275 KVA con conexión delta-estrella, el cual recibe una alimentación de hasta 660 volts para elevarla a 2315 volts con la finalidad de alimentar por el secundario al transformador 25t (transformador bajo prueba) durante su prueba en corriente.

- Transformador (18T)

Transformador trifásico de 550/20 volts, 100 KVA. Este equipo reduce la tensión con la finalidad de tener una corriente elevada para poder alimentar al disyuntor y al grupo rectificador cuando se les practican pruebas de corriente.

- Transformadores de potencial (24tp7.1.2.3)

Transformadores de potencial de 12.7/0.06 kv, monofásico de 50 va, su función es alimentar al equipo de medición del transformador 25t cuya visualización la tenemos en el pupitre de mando.

- Disyuntor (13QD5)



Es un disyuntor diferencial trifásico de 400 amp. Que protege a todo el equipo de la Plataforma de Pruebas, esta protección puede ser accionada por el personal mediante el accionamiento de los ruptores (botones rojos) que están distribuidos en la plataforma; o bien por medio del accionamiento de cualquiera de las protecciones de los equipos.

- Disyuntor (13QD3)

Es un disyuntor diferencial tetrapolar de 63 amp. Que protege a todos los equipos auxiliares (sistema de control y ventiladores del regulador) que son alimentados por el transformador 12TM.

- Transformador de potencial (17T)

Transformador trifásico de 100 va, 60 Hz, que reduce a la tensión de 660 volts a 66 volts para alimentar los equipos de medición del regulador de inducción cuya medición la tendremos en el pupitre de mando.

- Transformadores de corriente (24TC2.1.2.3)

Transformadores de corriente de 15 va con relación de transformación de 100 a 5 amp. Que nos alimentan el equipo de medición del transformador 23t cuya medición la tendremos en el pupitre de mando.

- Transformadores de corriente (25TC8.1.2.3)

Transformadores de corriente de 15 va con relación de transformación de 3000 a 5 amp. Que nos alimentan el equipo de medición ubicado en el pupitre de mando y mide la corriente que circula a través del transformador 25t durante las pruebas.

- Seccionador (18QS4)

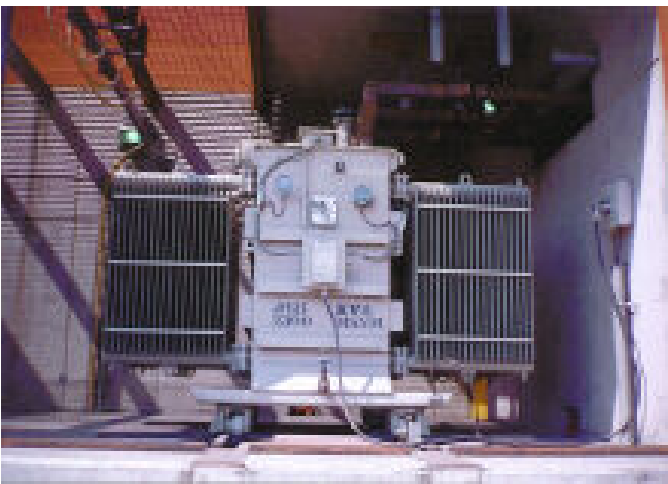
Seccionador de operación sin carga de 2 kv de ca, 3 polos, 3200 amp. Con dos posiciones 1 y 2 con las cuales se podrá configurar el equipo.

- Seccionador (24QS)

Seccionador de operación sin carga, de 3 polos, 1250 amp. Con dos posiciones (0 y 1).

Este seccionador solo interviene en las pruebas de tensión y corriente del grupo transformador, para la prueba en tensión este seccionador es colocado en la posición 0 y para la prueba en corriente es colocado en la posición 1.

- Transformador de potencia (25T) (bajo prueba).



Transformador de potencia de 60 Hz, 2821 KVA, este transformador es de los utilizados en los puestos de rectificación

para la alimentación de la línea , para este caso es equipo de reserva y en otros casos es un equipo a probar.

- Seccionador (20QS)

Seccionador de 1 polo, 6300 amp. 2 kv de corriente directa, con dos posiciones (0 y 1) este seccionador tiene la función de cortocircuitar al rectificador para la prueba en corriente ; la posición 0 permite el paso de la corriente hacia el disyuntor para su prueba en corriente.

- Disyuntor (20QD)

Disyuntor tipo JRM de desconexión ultrarrápida por corriente continua polarizado, cuyas condiciones de empleo son: tensión de 750 Vcc, 3333 amp., en régimen permanente , 5000 amp. Durante tre horas y 10000 amp. En un minuto, con limites de reglaje de 9000 a 15000 amp.

Este disyuntor es un elemento de prueba que nos sirve de comodín para poder realizar pruebas a cada uno de los disyuntores de línea.

- Seccionador (23QS)

Seccionador de desconexión sin carga de 2 kv de corriente alterna, 3 polos, 500 amp. Con dos posiciones (1 y m) que nos sirve de enlace entre el regulador de inducción y el transformador 23T, para la prueba de corriente del grupo transformador, donde dicho seccionador es colocado en la posición “1”, que permite el paso de la tensión a utilizar, la posición “m” se utiliza para la prueba en tensión del grupo transformador.

- Seccionador (18QS1)

Seccionador de tipo tripolar de 2 kv de corriente alterna, 500 amp. De operación sin carga, nos permite la configuración del equipo para pruebas mediante tres posiciones (0, 1 y 2)

Colocando este seccionador en la posición 1 permite la alimentación del transformador 18T para pruebas de corriente al disyuntor y grupo rectificador, cambiando a la posición 2, el sistema se configura para las pruebas de tensión al grupo rectificador y grupo transformador, por ultimo la posición 0 que no conecta ningún equipo, es la posición recomendable para dejar el equipo cuando no se este realizando ninguna prueba.

- Seccionador (18QS8)

Seccionador de tres polos , 2 kv de corriente alterna, 4000 amp. De operación sin carga, con tres posiciones (0, 1 y 2); colocando este seccionador en la posición 1 nos permite la configuración para la prueba de corriente al grupo rectificador o bien la prueba de corriente al disyuntor, si este seccionador es colocado en la posición 2 nos permite la energización del rectificador para prueba en tensión. La posición 0 no permite ninguna alimentación y es la idónea para cuando el equipo no se esta utilizando.

- Transformador de corriente (12TC, 23TC y 25TC6)

Transformadores de corriente que mandan la señal a los dispositivos de protección del transformador 12TM, 23ty 25t respectivamente.

- Rectificador (19GC)

Rectificador de 2500 kw, 750 volts de corriente continua y 3333 amp., es idéntico a los utilizados en los puestos de rectificación, este equipo es de reserva.

4.2.3 RECURSOS INFORMÁTICOS

Eventualmente se cuenta con una computadora personal a cargo de la Coordinación de electromecánica.

4.2.4 Recursos tecnológicos.

En la actualidad se cuenta con las siguientes fuentes de consulta:

- Cuaderno de información técnica para subestaciones de rectificación proporcionados por el proveedor.
- Manual de operación y mantenimiento de subestaciones de rectificación.
- Manual de interruptores, cuchillas y vigías.
- Manual de disyuntor sf_6
- Diagramas de control.
- Instrucciones de mantenimiento de los rectificadores 3333a/750v
- Guía de operación y mantenimiento de transformadores.
- Guías de autómatas:
 - a. Útil de pruebas c300 (manual de operador)
 - b. Manual de autoformación al lenguaje de programación c300
 - c. Manual de definición c300
 - d. Utilería de la consola alsapaz para c300
- Listas de materiales
- Información técnica de DMT.
- Información técnica de disyuntor tipo JRM 1609c
- Nota técnica de CERMEc (detector de corto circuito)
- Información técnica del rectificador

- Especificación funcional para subestaciones de rectificación
- Especificación de subestaciones
- Funcionalidades de la simulación de subestaciones
- Manual de puesta en marcha y de mantenimiento del c300
- Manual de encerrojamientos mecánicos de las subestaciones
- Esquema general de subestación de rectificación
- Esquema de agrupamiento de conductores (armario de automaticidad)
- Esquema de caja de tensión
- Esquema de contactor de tramo de protección de CTP.

Así mismo, las áreas que solicitan los servicios, proporcionan planos y diagramas de las instalaciones donde se efectúan los trabajos.

4.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS A OTRAS COORDINACIONES.

Como se menciona anteriormente la Plataforma de Pruebas es una área cuya función principal son los servicios, sin embargo también se realizan trabajos de mantenimiento dentro de sus propios equipos, el cual es comparable al de una subestación de rectificación, adicionando además la calibración del equipo de medición utilizado durante las pruebas.

El mantenimiento preventivo bien puede agruparse por cuestiones de equipos, es decir el mantenimiento para los transformadores 12TM, 18t, 23t y 25t es el mismo y consiste en liberar del polvo al transformador con un compresor de aire, después se le pasaba un trapo húmedo a todas sus partes a excepción de los aisladores los cuales se limpiaban con un trapo seco.

A los seccionadores 18QS4, 24QS, 20QS, 23QS, 18QS1 y 18QS8 también se les hacía la maniobra del sopleteado y limpieza con un trapo húmedo, pero además se lijaban sus cuchillas para dejarlas limpias de impurezas y que tuvieran

un mejor contacto, también se lubricaban con aceite sus brazos mecánicos y demás partes que tienen movimiento al pasar de una posición a otra.

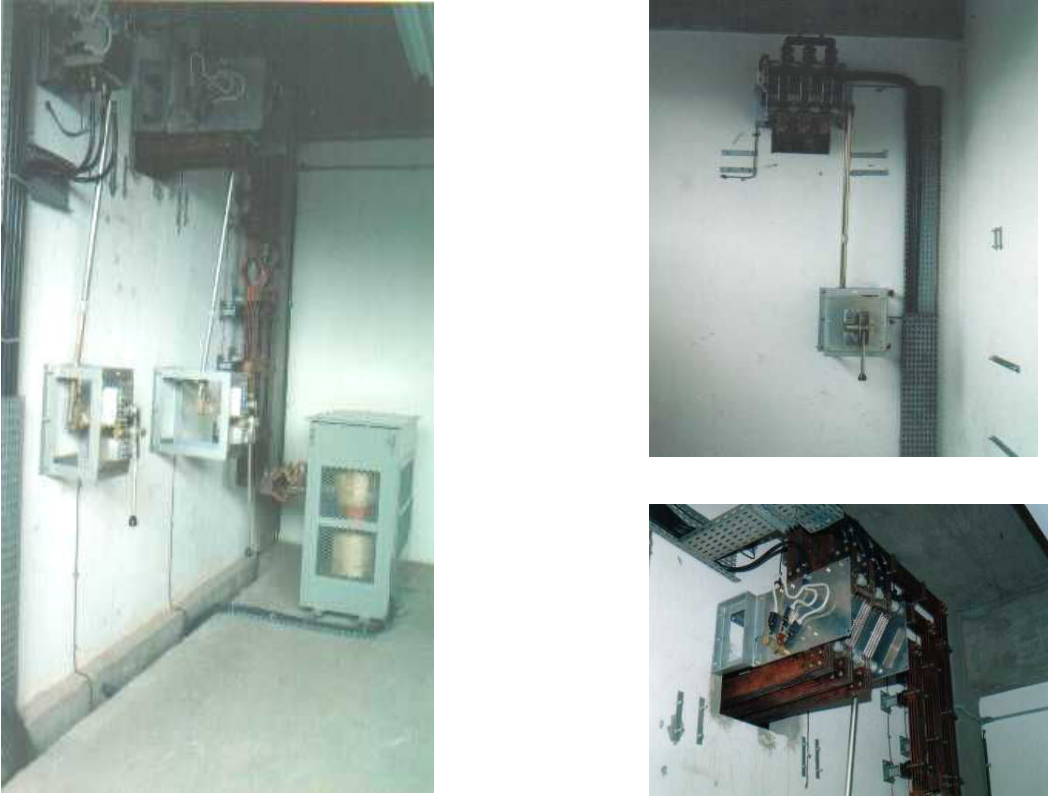


Figura 4.2 Seccionadores para pruebas de laboratorio.

En cuanto a los transformadores de corriente 24TC2.1.2.3, 25TC8.1.2.3, 12TC, 23TC y 25TC6. A estos únicamente se les brindaba limpieza con el sopleteado.

Al regulador de inducción y los disyuntores 13QD5 y 13QD3 se les limpiaba con el sopleteado y con trapo húmedo se pueden apreciar en la fotografía

El disyuntor 20QD. A este disyuntor tipo JRM de desconexión ultrarrápida se desarmaba superficialmente, su mantenimiento es un poco más profundo,

aparte del sopleteado y de la limpieza con trapo húmedo se tiene que llegar hasta sus contactos magnéticos para lijarlos, también se deben lubricar sus partes móviles, y volverlo a rearmar.

Al rectificador 19gc se le limpiaba con el sopleteado y con un trapo húmedo.



Figura 4.3 Regulador de inducción.

Todo esto es únicamente el mantenimiento preventivo, y se realiza con mucha frecuencia, diario había labores de mantenimiento preventivo.

Cabe aclarar que la Plataforma de Pruebas siempre esta desenergizada hasta el momento en que se requiere hacer alguna prueba del equipo. Aún así es responsabilidad del personal técnico entrar a dar el mantenimiento después de cerciorarse de que esté realmente desenergizada la Plataforma de Pruebas, para lo cual existen varias formas de saberlo.

Una forma de saber sino esta desenergizada la Plataforma de Pruebas es yendo directamente a la subestación se 23 kv. Y revisar si esta siendo alimentado o no el transformador 12TM que alimenta al regulador y a toda la plataforma.

Otra forma es viendo en el display del armario de autómatas, el cual muestra las zonas energizadas con leds. Este display es igual al que contiene el pupitre de mando, que es como el que se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.4 Pupitre de mando.



CAPITULO 5

IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE SUSPENSIÓN MAGNÉTICA



5. IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN DE SUSPENSIÓN MAGNÉTICA

Los trenes de levitación magnética constituyen una moderna forma de transporte de alta velocidad. Estos trenes se encuentran, levitando sobre la vía gracias a la atracción/repulsión de campos magnéticos. Esta nueva tecnología MAGLEV (Magnetic Levitation) supone la eliminación de problemas como puedan ser el mantenimiento, el deterioro de las vías, las vibraciones y la contaminación acústica. La ausencia de rozamiento hace que estos trenes tengan mayores aceleraciones que los trenes convencionales. A su vez debido a que la frenada se consigue cambiando el sentido relativo de los campos (cambiando dos de las fases) también se consiguen más rápidas deceleraciones. Otras de las grandes ventajas de estos trenes es que soportan mucho mejor las malas condiciones climatológicas. En presencia de fuertes lluvias, nieve e incluso hielo presentan un mejor y más seguro comportamiento que los trenes actuales.

La tecnología MAGLEV puede usarse para el transporte urbano a relativamente baja velocidad, lo que no sería rentable dado su elevado costo. Sin embargo, la gran aplicación de este tipo de trenes se da en sistemas de altas velocidades. De hecho se han conseguido trenes con velocidades cercanas a los 560 Km/h. A nivel de energía este tipo de trenes consumen, en trayectos de cientos de kilómetros, alrededor de la mitad de energía por pasajero que los aviones comerciales que realizan el mismo trayecto, gracias a la eliminación del rozamiento con las vías.

5.1 HISTORIA Y SITUACIÓN ACTUAL.

A pesar de que hoy en día existen muy pocas líneas experimentales de trenes de levitación magnética en todo el mundo, lo cierto es que la tecnología de levitación magnética (MAGLEV) viene desarrollándose desde principios del siglo

pasado. En el año 1912 los americanos Roger Goddard y Emile Bachelet comenzaron a trabajar con el desarrollo de un sistema de levitación por repulsión.

A pesar de que hacia los años treinta del siglo pasado el alemán Hermann Kemper demostró la gran ventaja de la utilización de la tecnología de campos magnéticos en transportes, la tecnología MAGLEV apenas evolucionó hasta que los americanos James R. Powell y Gordon T. Danby comenzaron a trabajar con el motor síncrono y con superconductores, a principio de años sesenta. Así, gracias a su trabajo de investigación, lograron patentar el primer diseño de tren magnético en 1968. Además, en esta época y sobre todo a principios de la década siguiente, aparecieron distintos grupos de desarrollo entorno a la tecnología MAGLEV y los trenes de alta velocidad tanto en Estados Unidos como en centroeuropa. Por ejemplo, a mediados de los años setenta el gobierno de la Republica Federal Alemana junto con la empresa Ford Motors y el Stanford Research Institute realizaron diferentes desarrollos analíticos y experimentales acerca de los sistemas de suspensión magnética EDS y EMS. Mientras, en Estados Unidos, las investigaciones acerca de la tecnología MAGLEV a alta velocidad se vio suspendida por completo y la investigación se orientó hacia la tecnología MAGLEV para transporte urbano.

En las últimas dos décadas la investigación y desarrollo de los trenes de levitación magnética ha corrido a cargo de distintos países en los que se incluyen Gran Bretaña, Canadá, Estados Unidos, Alemania y Japón. Pero sin duda los grandes abanderados de esta investigación han sido Alemania y Japón con una inversión de mas de mil millones de dólares cada uno, en sus distintos proyectos para demostrar la utilización de la tecnología MAGLEV en HSGT (High Speed Ground Transportation). Esta inversión dio sus frutos con la aprobación por parte del gobierno alemán en diciembre de 1991 de un proyecto llevado a cabo por técnicos alemanes acerca de un tren de suspensión electromagnética (EMS), el Transrapid TR07. En la actualidad existe la idea de construir una línea MAGLEV para conectar las ciudades de Berlín y Hamburgo, que sería financiada de manera

privada con ayuda del gobierno. Lo único que frena el desarrollo de dicho proyecto son las desavenencias entre los diferentes partidos políticos del país. De todos modos el TR07 ya ha sido probado y está planeado también su implementación en Orlando, Florida.

En Japón por su parte existen varios centros de pruebas que llevan trabajando más de una década en pruebas con diferentes prototipos. Se han llegado a velocidades de más de 500 Km/h y están estudiando la posibilidad de la implantación de una línea MAGLEV entre Tokio y Osaka.

Por detrás de estos dos países se encuentra Estados Unidos con movimientos como el del National Maglev Initiative (NMI), formado por ingenieros eléctricos, ingenieros mecánicos, físicos y expertos del mundo del transporte. El NMI tiene como objetivo la mejora del transporte interurbano a través de la tecnología MAGLEV y reunir la información necesaria para lograr la implicación del gobierno en este aspecto; implicación que según ellos impulsaría esta tecnología a ser la base del transporte del futuro. Al lado del NMI está The United States Army Corps Of Engineers (USACE) que abogan por convertir MAGLEV como parte fundamental del transporte nacional, usando como argumento la necesidad de reducir el excesivo consumo actual de petróleo en el mundo del transporte.

5.2 LEVITACIÓN.

La levitación en estos trenes se logra mediante la interacción de campos magnéticos que dan lugar a fuerzas de atracción o repulsión, dependiendo del diseño del vehículo y vías.

Hay muchos tipos de configuraciones, ya que se trata de un campo de investigación en el que cada prototipo es diferente. Entre los más comunes se encuentran:

5.2.1 LEVITACIÓN POR ATRACCIÓN.

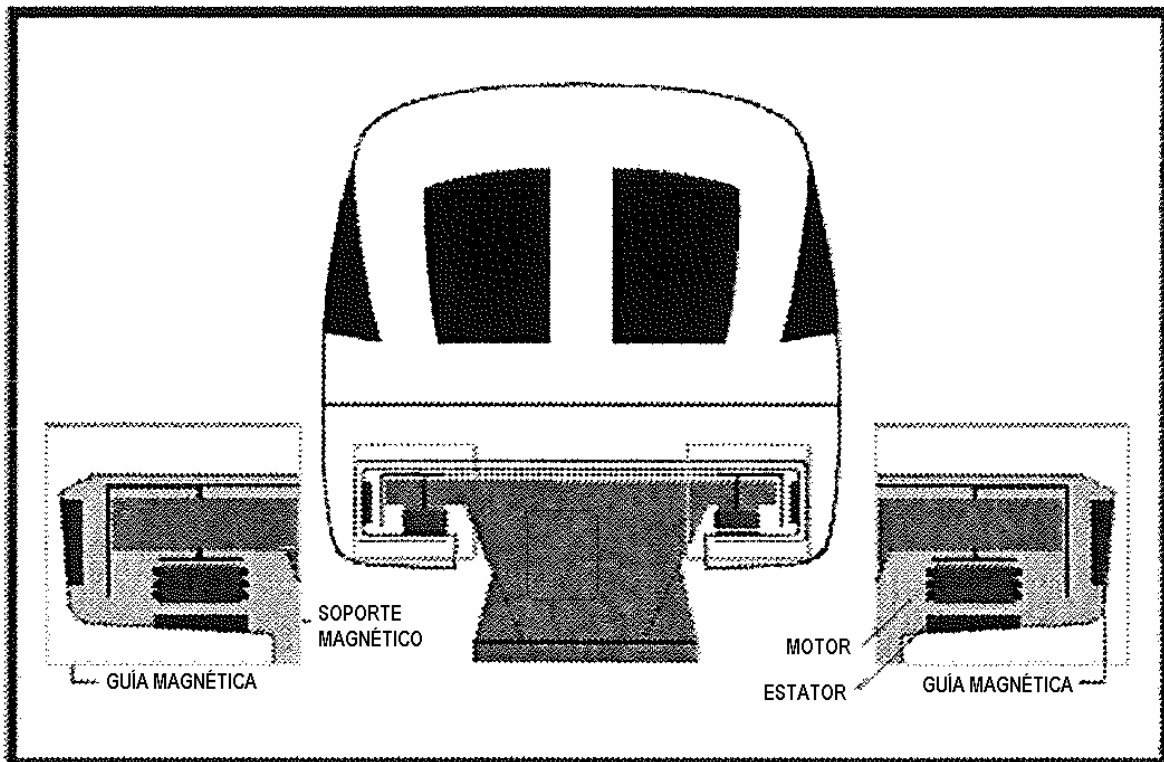


FIGURA 5.1 SISTEMAS DE LEVITACIÓN, PROPULSIÓN Y GUIADO

Como se puede apreciar en la figura 5.1, la levitación se produce como consecuencia de la atracción entre los imanes (permanentes, bobinas o material ferromagnético) colocados en el vehículo y en la vía.

5.2.2 LEVITACIÓN POR REPULSIÓN.

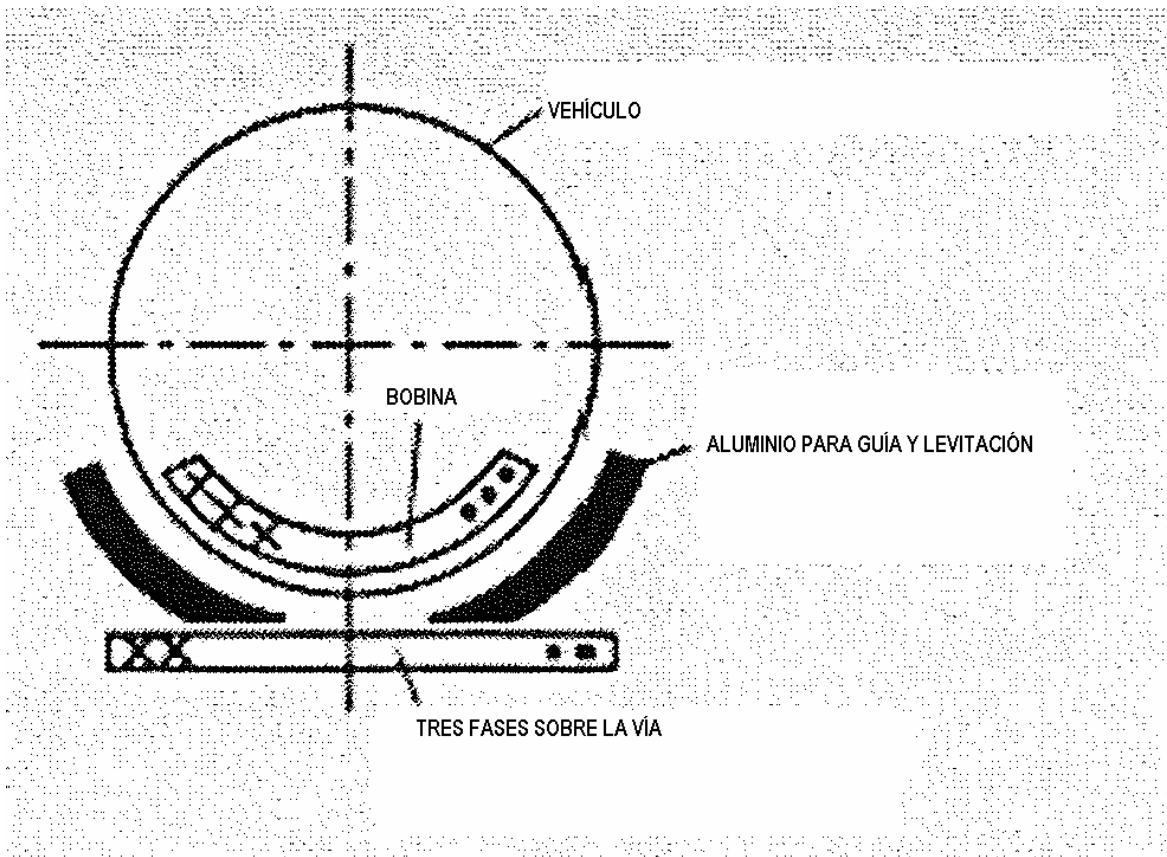


FIG.5.2 LEVITACIÓN POR REPULSIÓN

Esta configuración es la más intuitiva de todas. El vehículo levita sobre la vía debido a las fuerzas de repulsión que originan imanes enfrentados colocados tanto en el tren como en la vía.

En la figura 5.2 se representa este tipo de configuración con bobinas en el vehículo y en la vía, con material ferromagnético (aluminio) entre ellas.

5.2.3 LEVITACIÓN POR ATRACCIÓN Y REPULSIÓN COMBINADAS.

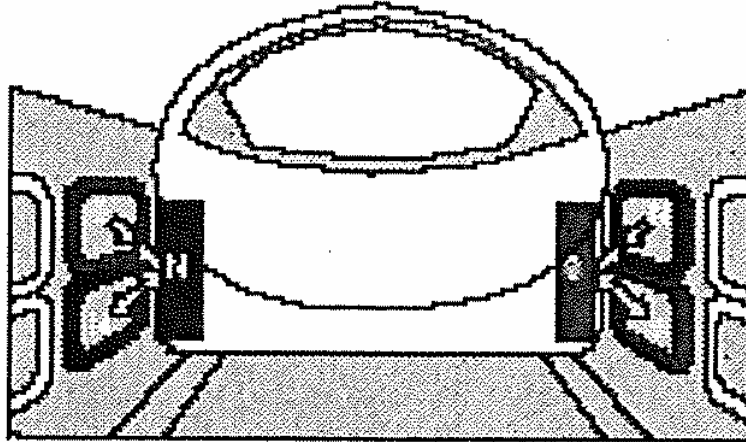


FIG. 5.3 LEVITACIÓN POR ATRACCIÓN Y REPULSIÓN

En el caso de la figura 5.3 la levitación se consigue mediante imanes colocados en los laterales del tren y en las paredes de la pista. La cara norte de un imán situado en el vehículo se ve atraída por una cara sur situada por encima suyo y repelida por una cara norte situada debajo, ambas en la pared; con lo que logramos así un doble efecto para levitar el vehículo. Al otro lado la situación será justo a la inversa.

La forma en que se consiguen crear los campos varia entre los diferentes modelos, pero se pueden distinguir dos modos generales:

5.2.4 SUSPENSIÓN ELECTROMAGNÉTICA (EMS).

En este caso el vehículo porta electroimanes ordinarios, mientras que en la vía encontramos una superficie ferromagnética completamente pasiva. Las corrientes que circulen por ella siempre serán inducidas por los electroimanes.

Este sistema es inestable y la distancia de levitación ha de ser continuamente controlada y reajustada para evitar el contacto con la vía o el descarrilamiento. Esta distancia suele ser de unos 10mm. Su ventaja principal frente a la suspensión electrodinámica es que es mucho más económico.

5.2.5 SUSPENSIÓN ELECTRODINÁMICA (EDS).

La suspensión electrodinámica utiliza imanes superconductores en el vehículo y bobinas en la vía. Se trata de un sistema que no requiere realineación.

Gracias a los superconductores se obtienen grandes corrientes con la misma potencia, que crean los fuertes campos necesarios para levantar el tren. Sin embargo, se trata de un sistema muy caro debido al alto costo de los superconductores y a los potentes sistemas de refrigeración necesarios para mantenerlos a muy baja temperatura.

5.2.6 IMANES SUPERCONDUCTORES.

Los imanes superconductores (SCM) empleados para obtener levitación y propulsión seguras suponen la mayor barrera para la adopción de los trenes magnéticos como un nuevo medio de transporte.

Hasta la fecha se han empleado imanes superconductores (SCM) NbTi, que necesitan ser refrigerados a una temperatura de 4°K para mantenerse en estado superconductor. Con este fin se emplean sistemas de enfriamiento con

helio líquido, que deben absorber el tremendo calor que producen los imanes superconductores (SCM) en funcionamiento.

El desarrollo de sistemas de refrigeración más eficaces y de sistemas de almacenamiento y licuado del gas de helio ha sido la parte más laboriosa del avance en el campo de los trenes magnéticos.

Actualmente se piensa que los sistemas más satisfactorios serán aquellos que logren una refrigeración continua de los imanes superconductores (SCM) sin alteraciones en el helio. También se investigan materiales superconductores de alta temperatura (REBCO- tierras raras, bario y óxido de cobre-), para los que basta una refrigeración con nitrógeno líquido a 77°K.

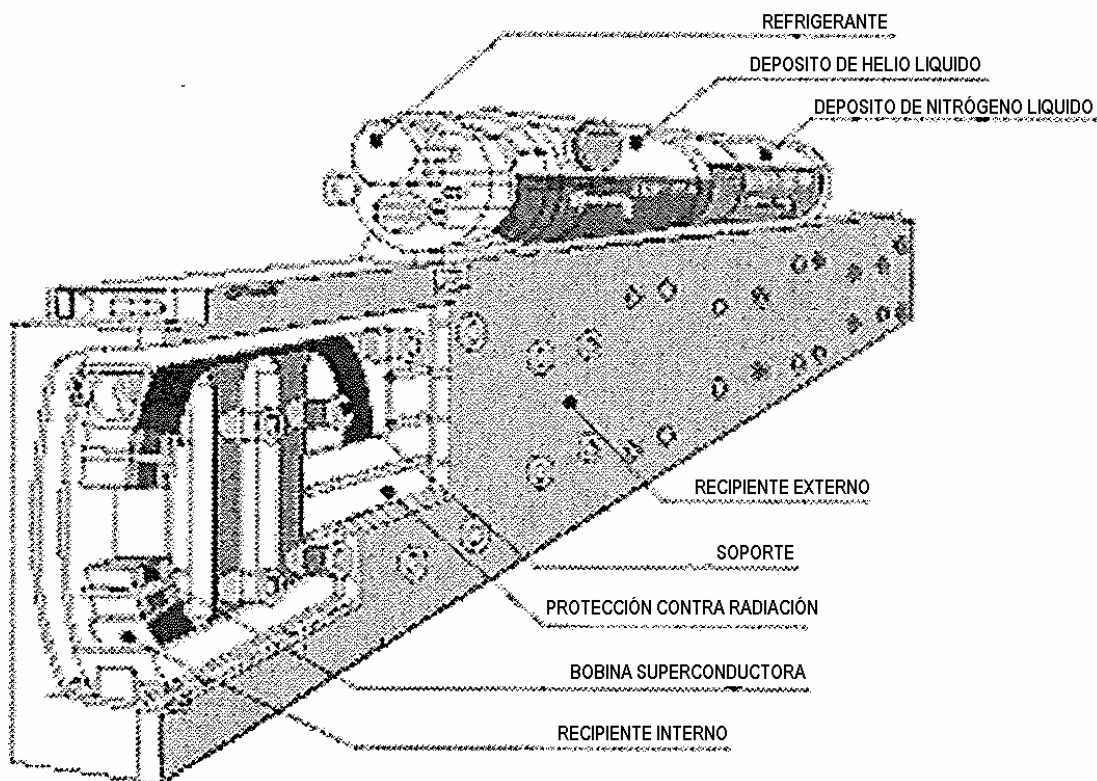


FIGURA 5.4 IMAN SUPERCONDUCTOR

En la figura 5.4 se muestra un imán superconductor de un prototipo japonés. Cuenta con cuatro bobinas, su tamaño es de alrededor de un metro de longitud y su fuerza magnetomotriz de 700 KA vuelta.

5.3 ESTABILIDAD LATERAL.

El tren requiere un sistema adicional que lo mantenga centrado en la pista, para evitar el contacto con las paredes. Para tal efecto se utilizan sistemas análogos a los de levitación, pero convenientemente colocados. En la figura 5.5 se puede ver que la levitación y la estabilidad lateral se logran con sistemas de igual funcionamiento, pero independientes entre si.

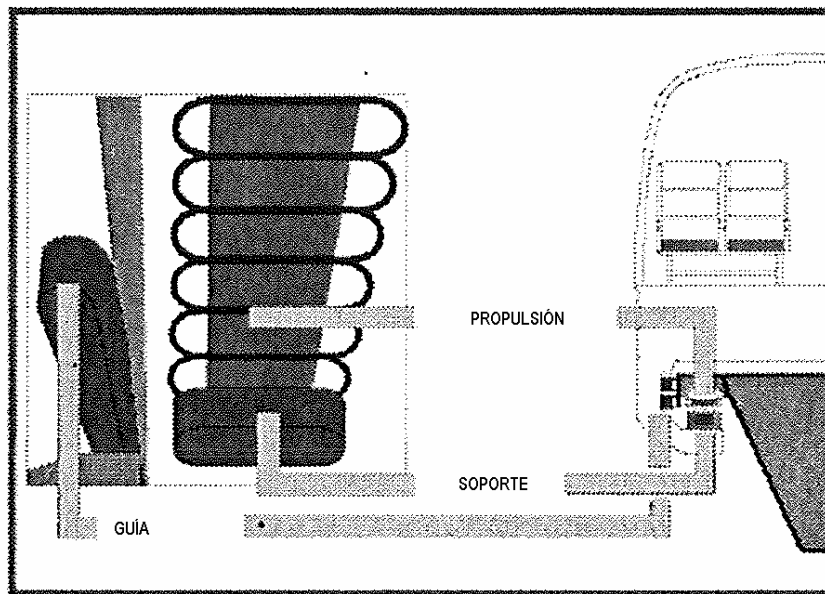


FIG. 5.5 SISTEMAS DE GUIADO, LEVITACIÓN Y PROPULSIÓN SEPARADOS

En la figura 5.6 se muestra un ejemplo de sistema de guiado común al de levitación. Las bobinas laterales encaradas están conectadas por debajo de la vía formando un lazo. De esta forma, cuando el tren se desplaza del centro se inducen unas corrientes y éstas crean un campo que devuelve el vehículo a su sitio.

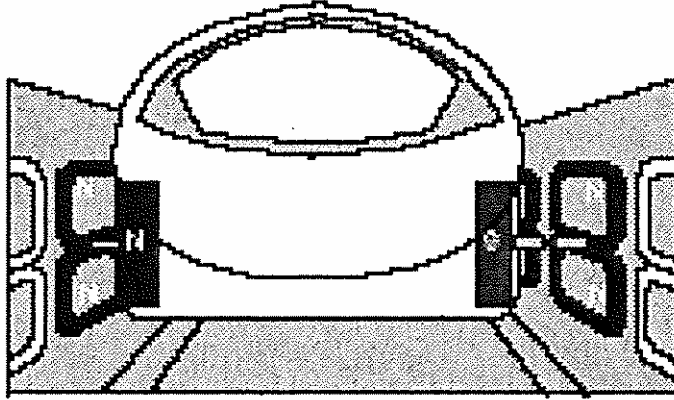


FIG. 5.6 ESTABILIDAD LATERAL MEDIANTE EL SISTEMA DE LEVITACIÓN

De esta manera no es necesario incorporar un sistema específico que estabilice el tren lateralmente.

5.4 PROPULSIÓN.

La propulsión en este tipo de trenes se logra también mediante campos magnéticos creados por motores eléctricos lineales. Generalmente se usan dos tipos de máquina: motor lineal síncrono (LSM) y motor lineal de inducción, o asíncrono (LIM).

El principio de funcionamiento de los motores eléctricos lineales es el mismo que el de los rotativos, pero en este caso tanto el rotor como el estator están abiertos y desarrollados según una recta. En este tipo de vehículos el rotor se encuentra en el tren y el estator en la vía.

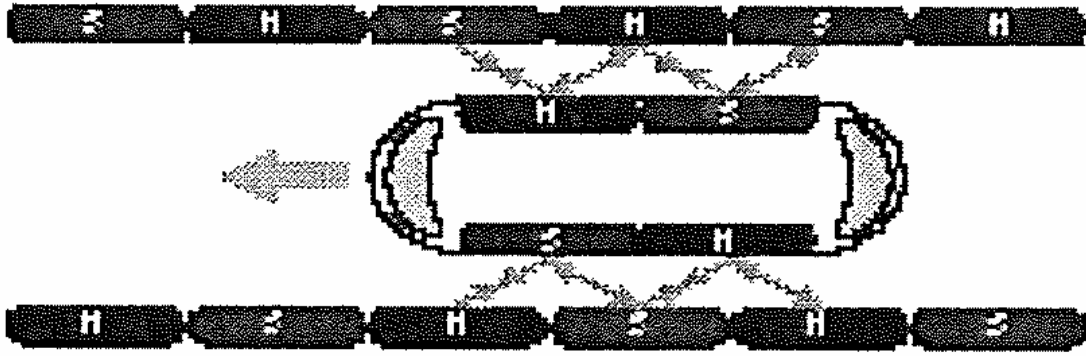


FIG. 5.7 SISTEMA DE PROPULSIÓN

La máquina eléctrica puede trabajar bien como motor, acelerando el tren, o bien como generador en la frenada, recibiendo energía sobre las bobinas del estator. Como apoyo al freno motor se usan también frenos aerodinámicos, aprovechando la fuerza del viento a tan elevadas velocidades.

La diferencia más importante con los motores comunes en trenes es que aquí el aporte de energía lo hacen las vías y no el tren. De esta forma se puede activar únicamente el lugar donde está situado el tren, gracias a la dirección del trayecto en tramos independientes. Por tanto, los tramos de aceleración y los de pendiente, que serán siempre los mismos, serán los que mas potencia aporten, mientras que en los tramos en los que haya que mantener la velocidad constante sólo se necesitará la potencia necesaria para vencer el rozamiento con el aire.

5.4.1 MOTOR LINEAL DE INDUCCIÓN (LIM).

El motor de inducción o asíncrono consta de un estator bobinado y un rotor de material ferromagnético. Al hacer circular una corriente trifásica por las guías se crea un campo móvil. Este campo induce unas corrientes en el tren. A su vez, estas corrientes, según la ley de Faraday crean un campo que se oponen a la variación del flujo, dando lugar así a una fuerza que hace viajar al rotor tras el campo inductor con un cierto retraso reflejado por el deslizamiento.

El control de la velocidad del tren se realizará mediante la variación de la frecuencia de las corrientes en el estator. Lógicamente la intensidad también variará dependiendo de la potencia requerida.

5.4.2 MOTOR LINEAL SÍNCRONO (LSM).

Este tipo de motor es estructuralmente muy parecido al motor lineal de inducción (LIM), con la diferencia de que ahora el rotor tiene un bobinado de doble cable, recorrido por corriente continua.

En este caso el estator también tiene un bobinado recorrido por una corriente trifásica. Sin embargo, se busca que las corrientes inducidas en el rotor sean mínimas, por lo que este se construye laminado, o bien con material de elevada resistencia eléctrica.

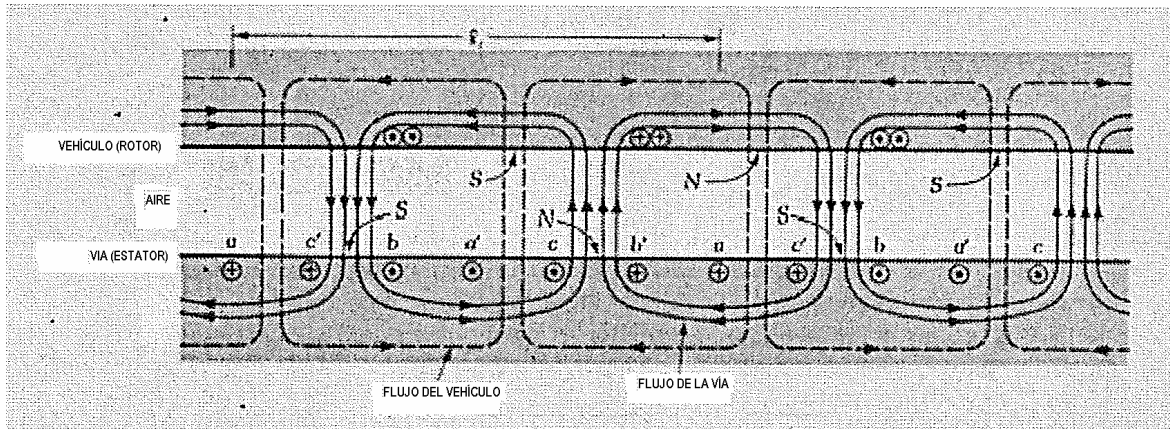


FIG. 5.8 CAMPOS CREADOS EN UN MOTOR LINEAL SINCRONO

En la figura 5.8 se puede apreciar como funciona este tipo de motor: los campos creados por el estator interactúan con las corrientes del rotor dando lugar a una fuerza, en este caso hacia la derecha. Se puede ver que las líneas de flujo horizontales no influyen en la propulsión, ya que dan una componente de fuerza vertical.

La situación representada en la figura es la que consigue una fuerza de propulsión máxima. Como el campo creado por el estator viaja en el mismo sentido que la fuerza, se consigue un desplazamiento del tren manteniéndose esa posición relativa entre los campos. Dicho de otro modo: el rotor ha de viajar a la velocidad de sincronismo.

La regulación de la velocidad del tren se puede conseguir utilizando reguladores tensión-frecuencia, o variando el número de espiras por unidad de longitud en el estator y el rotor.

Este motor no tiene la capacidad de poner el tren en movimiento, por lo que para arrancar será necesario recurrir a una de estas dos soluciones:

- Comenzar con una velocidad de sincronismo muy reducida e ir aumentándola muy poco a poco.

- Añadir un motor asíncrono que se utilice hasta alcanzar la velocidad de sincronismo.

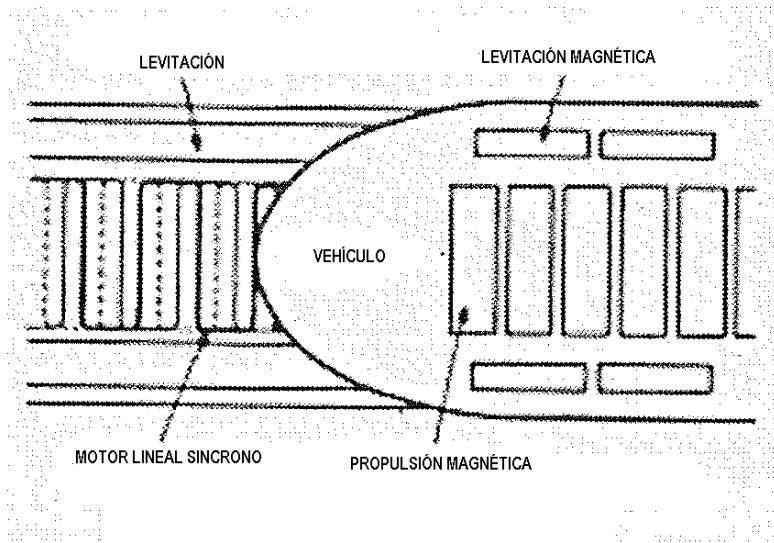


FIG. 5.9 DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS EN UN TREN CON MOTOR LINEAL SINCRONO

Dado el elevado costo de los motores lineales síncronos, su empleo solo se justifica cuando se necesitan un manejo y un control muy precisos. El motor asíncrono es más robusto, fiable y requiere un menor mantenimiento.

5.4.3 DISPOSICIÓN DEL VAGON DE IMANES SUPERCONDUCTORES

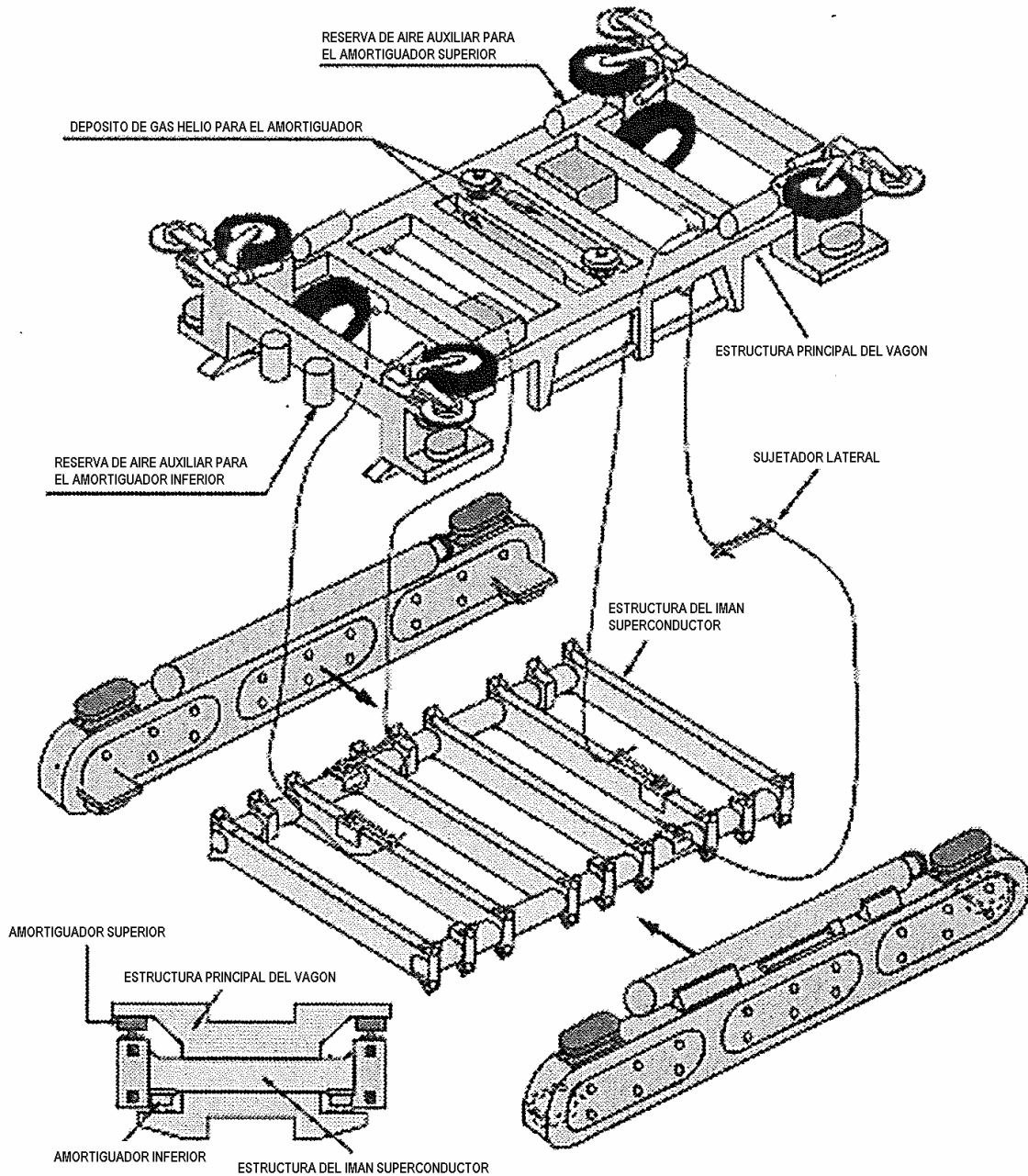


FIG. 5.10 VAGON

En la disposición de la figura 5.10, los SCM se colocan en los tres alojamientos que se distinguen en cada uno de los laterales del vagón. Las ruedas que se ven en la estructura sirven para que el tren se apoye cuando está parado (para evitar gastos de energía innecesarios en levitación), o, en caso de que el vehículo sufra un movimiento inesperado, para que se apoye en las paredes o en el suelo.

5.4.4 EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE VÍAS: YAMANASHI (JAPÓN).

En este proyecto de desarrollo de la tecnología MAGLEV se utiliza la levitación por atracción y repulsión combinadas (ver figuras 5.3, 5.6 y 5.7). Seguidamente se detallan las tres posibles disposiciones de los componentes (bobinas de propulsión –estator-, de levitación y guía, y el armazón).

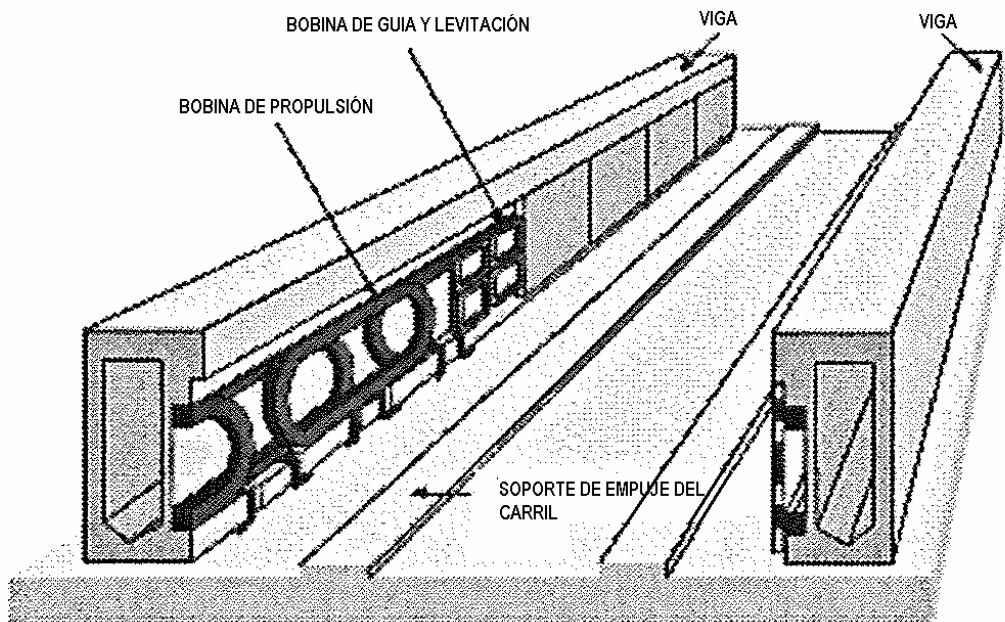


FIG. 5.11 FABRICACIÓN CONJUNTA

La figura 5.11 representa un montaje de vigas de hormigón prefabricadas, que incorporan tanto las bobinas de levitación y guía como las de propulsión. Se fabrican en unidades que se irán asentando sobre la base del hormigón.

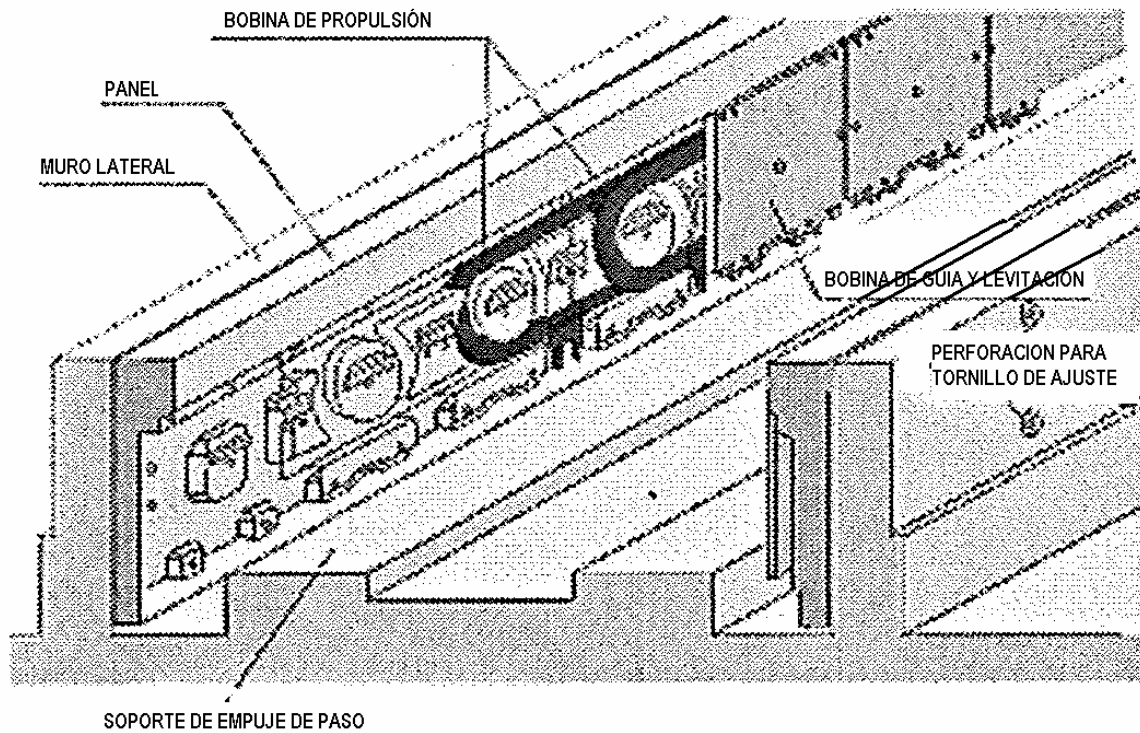


FIG. 5.12 ESTRUCTURA IN-SITU Y PANELES PREFABRICADOS

En este caso todos los componentes van montados en paneles que luego se apoyan en una estructura de hormigón y se unen a ella mediante tornillos.

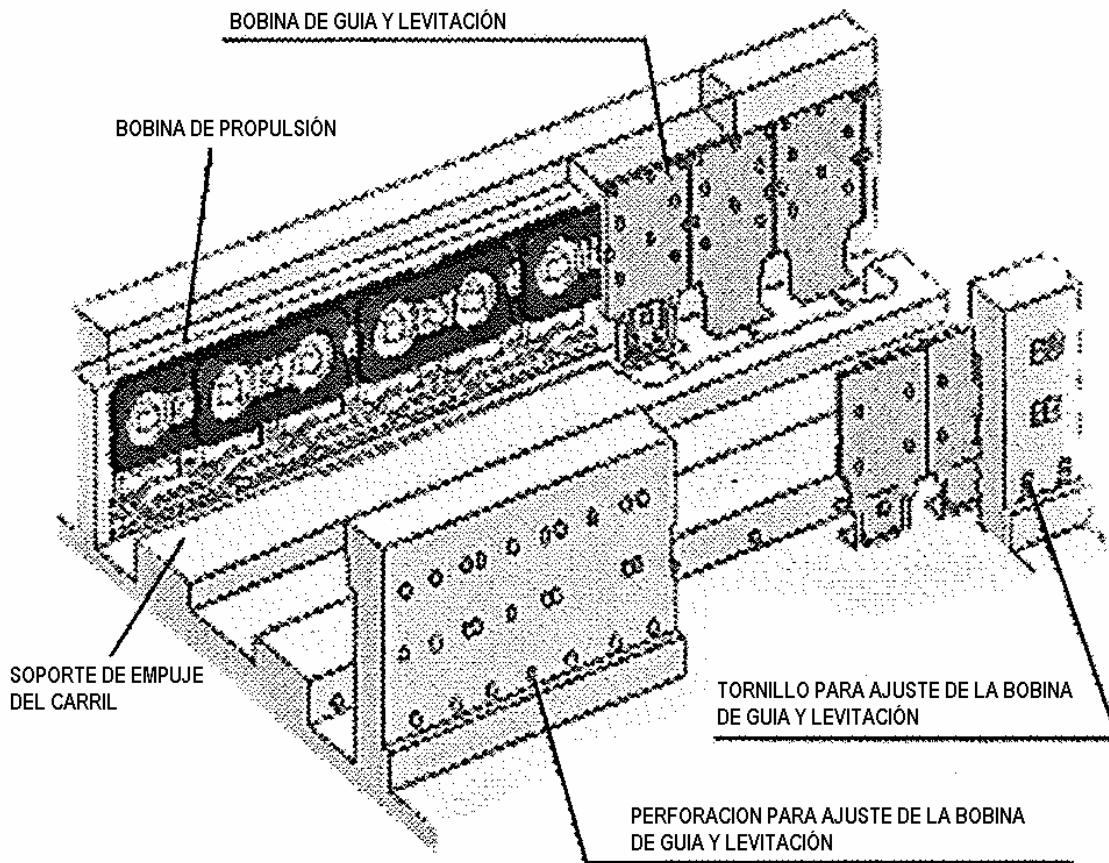


FIG. 5.13 FABRICACIÓN IN-SITU.

Esta tercera forma de construcción se emplea en túneles y puentes. Consiste en la construcción de la estructura de hormigón y el montaje de las bobinas in-situ. Este método no requiere transporte, por lo que resulta más barato que los otros dos. Sin embargo tiene la desventaja de que sólo permite pequeñas correcciones en caso de deterioro, mientras que en las otras formas de construcción bastaría cambiar la viga o el panel averiado.

5.5 CARACTERÍSTICAS.

5.5.1 VÍAS.

Lógicamente estos trenes de levitación no pueden circular por los rieles actuales y requieren la presencia de unos carriles especiales que además de actuar como guías toman parte en la levitación y propulsión. En general estos carriles van prácticamente a ras de suelo o elevados por medio de columnas separadas unos treinta metros. Los cambios de dirección se solucionan utilizando vías de acero flexibles que controladas por motores electromagnéticos se deforman elásticamente en la dirección deseada. La longitud de estas vías, responsables del cambio de dirección, oscila entre 75 y 150 metros.

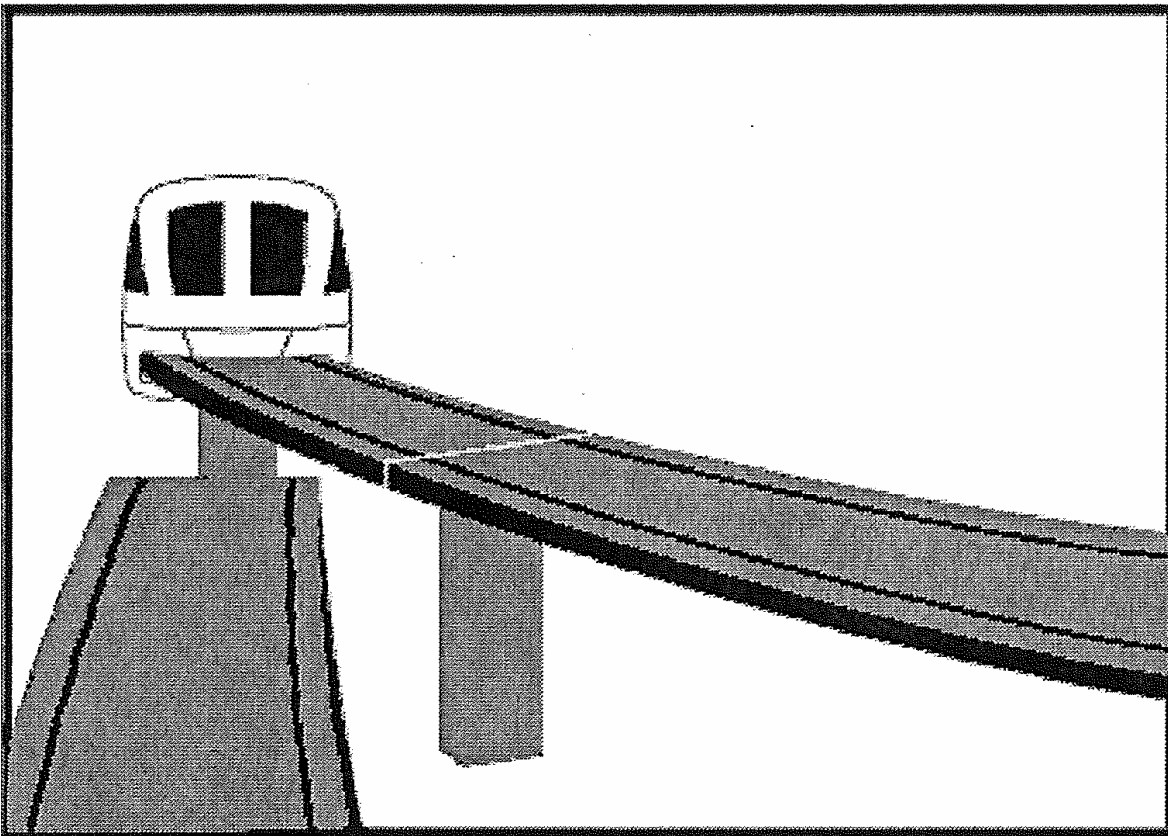


FIG. 5.14 CAMBIO DE VIA

Las condiciones de guiado magnético y propulsión (potencia) de estos trenes hace que la disposición de las vías sea lo suficientemente flexibles como para adaptarse a cualquier tipo de entorno. Dos parámetros constituyen un claro exponente de esto; la curvatura y la pendiente de las vías. Comparando con los trenes convencionales, el mínimo radio permitido en las curvas es substancialmente menor que en aquellos. Como ejemplo se observa que el mínimo radio permitido en un tren convencional a 250 Km/h es 4827 metros, mientras que este radio esta permitido para trenes de levitación magnética circulando a 500 Km/h. En cuanto a la pendiente se debe destacar que el MAGLEV TRAIN es capaz de circular por desniveles del 10 % mientras que los convencionales sólo lo pueden hacer a través de pendientes que oscilen entre 1.2 y 4%. Estos dos parámetros nos enseñan la adaptabilidad de este tipo de trenes que entre otras cosas necesitarán la existencia de un número menor de túneles y de menor longitud de vía para un mismo trayecto.

5.5.2 ENERGÍA.

La energía necesaria tanto para la levitación como propulsión se obtendría del sistema de red nacional. El suministro se hace a partir de una serie de subestaciones separadas entre si una cierta distancia dependiente de los requerimientos del recorrido. Como se puede observar en la figura 5.15, cada subestación esta conectada a diferentes tramos de la vía. Se disponen de una serie de interruptores que se abren o cierran en función de la presencia o no del tren. De esta forma toda la energía suministrada por la subestación se utiliza en la zona adecuada y no se malgasta en otras.

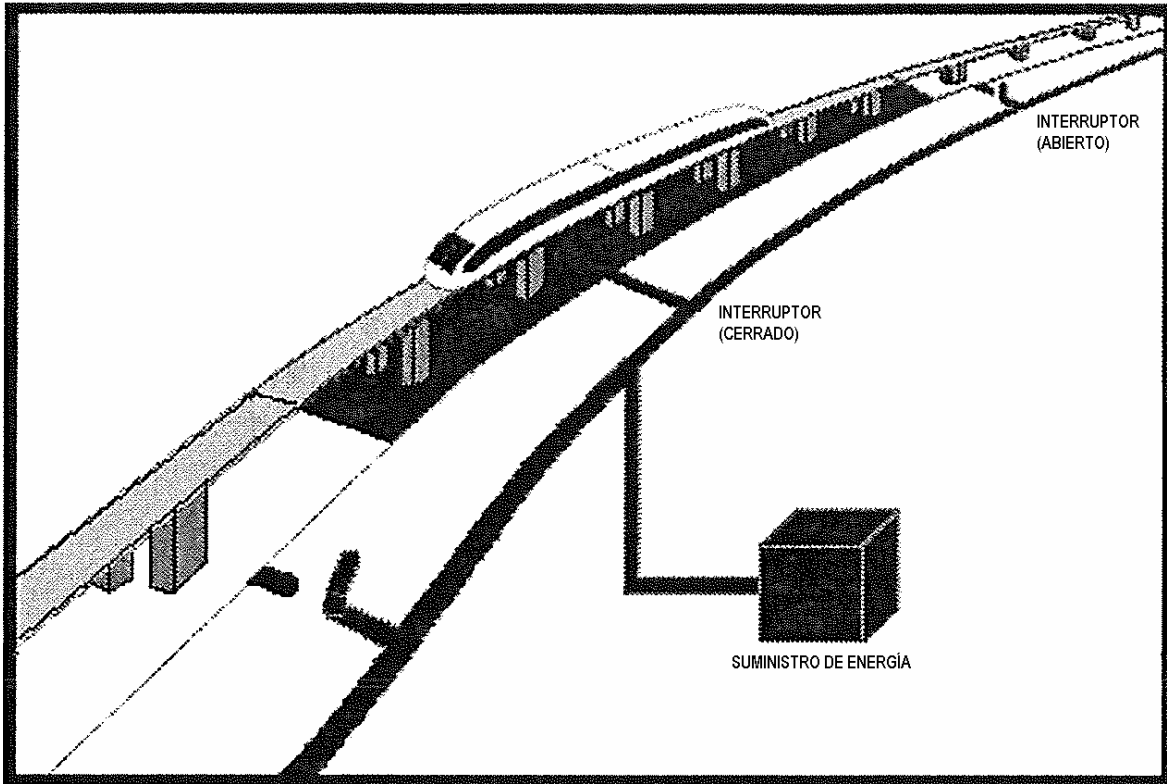


FIG. 5.15 SUMINISTRO DE ENERGÍA

¿Pero qué ocurre si falla el suministro eléctrico? El MAGLEV va provisto de una serie de baterías que se cargan durante el recorrido y que son las que se encargarán en ese caso de hacer levitar el tren y propulsarlo hasta la siguiente terminal. Si ésta está demasiado alejada, el tren se saldrá de la vía en unos “descansillos” que se intercalan durante el trayecto. El frenado se hará realizando un cambio de dos de las fases, hasta llegar a una velocidad aproximada de 10Km/h. Entonces el tren deja de levitar y mediante unos patines de un material especial de coeficiente de fricción $\mu=0.1$ desliza hasta que se para, sin ningún tipo de peligro para el tren y los pasajeros. En este deslizamiento se genera calor y podría existir la posibilidad de la aparición de algún fuego. Sin embargo este calor es normalmente insuficiente para provocar algo así. En cualquier caso, los vagones se construyen de materiales no combustibles, evitando principalmente el uso de materiales de PVC. Otra solución es colocar en el tren ruedas en vez de patines.

5.5.3 ADAPTABILIDAD.

Debido a la flexibilidad de las características de este tipo de trenes, como se dijo anteriormente, las vías por las que circulan se pueden amoldar al terreno con cierta facilidad (pueden subir mayores pendientes, giros con radios menores). Esto hace que la necesidad de túneles sea menor que en los trenes convencionales. Un claro ejemplo se da en Alemania. La nueva línea creada para los trenes ICE de alta velocidad entre Hannover y Wurzburg requiere la existencia de 61 túneles, mientras que si la línea fuese para trenes MAGLEV únicamente se necesitarían del orden de 15. Las secciones de estos túneles para los trenes MAGLEV son comparables a la de los trenes actuales de alta velocidad. Por ejemplo un Transrapid a 300Km/h requerirá una sección de 78m² mientras que uno convencional 82m². Así pues, si fuese necesario, los trenes MAGLEV podrían circular por los túneles convencionales, simplemente cambiando las vías.

Cabe destacar que una de las grandes ventajas que aporta este tipo de tecnología es su adaptabilidad a cualquier tipo de condición climatológica. El hecho de no haber contacto permite a este tipo de trenes circular en las peores condiciones y a temperaturas extremadamente bajas. El frío puede llegar a helar los rieles y los pantógrafos de alimentación, lo que obliga a parar al tren. En los trenes MAGLEV los componentes del guiado y propulsión se encuentran bien protegidos.

5.5.4 INTERACCIÓN CON EL ENTORNO.

El nivel de ruido que generan este tipo de trenes es bastante bajo. Este nivel se mide en decibeles (dB) que de alguna forma nos dan una medida de las fluctuaciones de presión en el aire debido a una fuente de sonido cualquiera. Como referencia tomaremos el nivel de ruido en las calles de una ciudad provocado por el tráfico urbano, que suele oscilar entre 80 y 90 dB.

Pues bien, gracias a esta tecnología sin contacto, se consigue que a una distancia de 100 m de la vía, y circulando a una velocidad de 250 Km/h el nivel de ruido generado sea exactamente 69 dB, notablemente inferior al generado por el tráfico urbano. A velocidades mayores de 250 Km/h el ruido aerodinámico (viento) hace que los niveles acústicos se eleven notoriamente. Aún con esto el Transrapid tiene una contaminación acústica inferior al resto, viajando a una velocidad superior.

Como se ha explicado anteriormente, esta tecnología se basa fundamentalmente en la interacción de campos magnéticos. Siempre que se habla de campos magnéticos hay que tener en cuenta la intensidad de los mismos con el fin de averiguar los efectos que puedan tener en el individuo. Se habla constantemente de la peligrosidad de la radiación magnética de los teléfonos móviles, microondas etc. ¿hasta qué punto puede ser peligrosa la radiación magnética de este tipo de tecnología? Recientes estudios han demostrado que la intensidad de los citados campos son del mismo orden del campo magnético terrestre. Secadores de pelo, tostadoras y demás utensilios de uso habitual por el ser humano están envueltos en campos muy superiores al medido en el interior de este tipo de trenes. Obviamente a medida que nos alejemos de los vagones la intensidad disminuirá considerablemente con lo que el peligro a cierta distancia del tren es prácticamente inexistente. Gracias a esto, aquellas personas con problemas cardiacos podrán usar este tipo de trenes y las tarjetas de crédito no se estropearán. Todo lo expuesto es válido para el Transrapid (levitación por atracción de campos), no así para el MLU (tren de levitación combinada) que trabaja con campos 1000 veces más poderosos.

5.5.5 CONTROL DE LAS OPERACIONES.

Una de las características importantes de este tipo de trenes es el control de todas las operaciones asociadas con el vehículo y su trayectoria. En todo

momento se lleva a cabo un continuo seguimiento de la estabilidad del vehículo y del correcto funcionamiento de los sistemas secundarios. La localización del tren está monitorizada gracias a un nuevo sistema desarrollado, que emplea sensores digitales de localización colocados en las vías. La comunicación entre el vehículo y el centro del control se realiza a través de radio. Con este sistema el tren siempre se encuentra localizado entre dos mástiles de radio (encargados de mandar la información al centro de control) que se colocan en intervalos de unos cuantos kilómetros a lo largo de la vía. Todo lo expuesto queda reflejado en la figura 5.17.

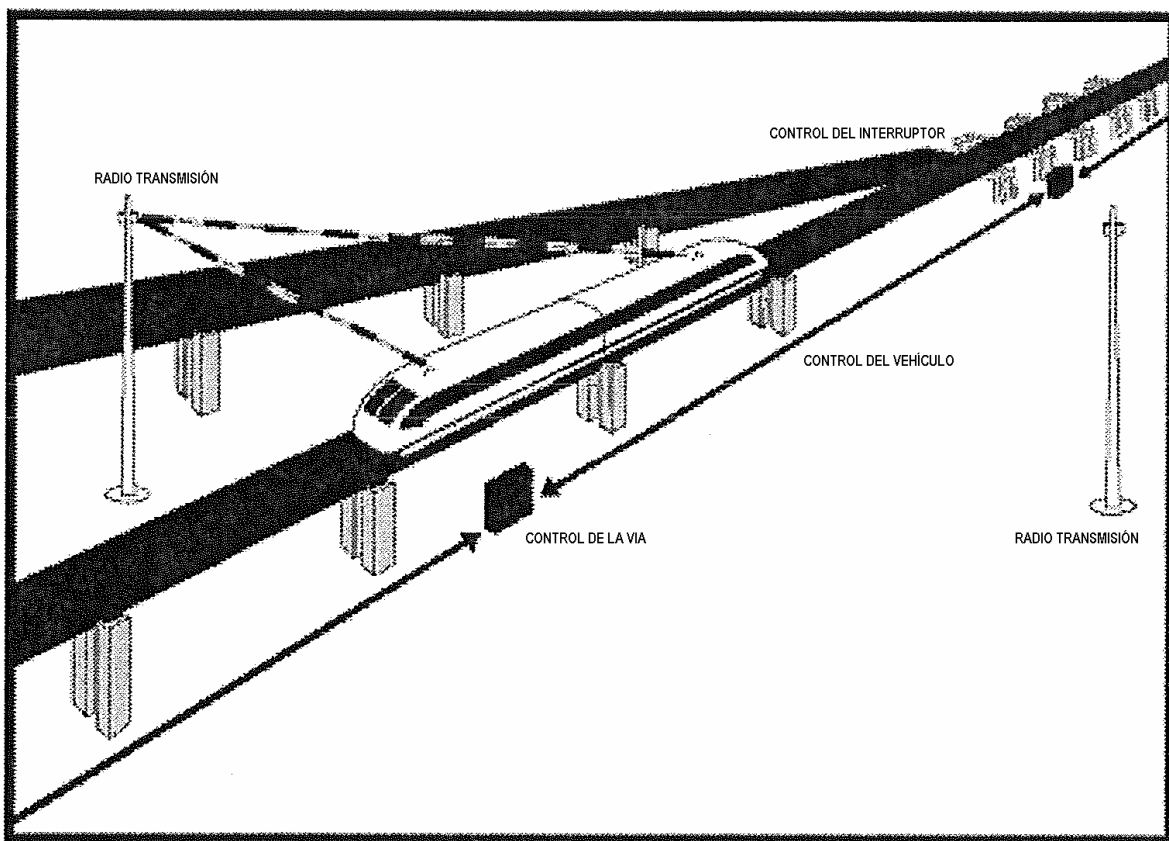


FIG. 5.17 TRANSMISIÓN Y CONTROL

5.6 ANÁLISIS FINAL.

Según lo comentado a lo largo de este capítulo parece que los trenes de levitación magnética son una solución ideal al problema del transporte que sin

duda son el transporte del futuro. Pero ¿por qué no hay ninguna línea regular en la actualidad? ¿qué grandes ventajas aporta realmente esta tecnología? ¿es rentable? Para tener una idea general de la viabilidad y de la conveniencia de una gran inversión en las líneas MAGLEV es interesante realizar un análisis de las ventajas y desventajas que supone.

5.6.1 VENTAJAS.

La principal ventaja de los MAGLEV es su altísimo rendimiento energético. Su sistema de suspensión, propulsión electromagnética y la ausencia de rozamiento hacen que estos trenes consuman mucho menos que los transportes convencionales. En un viaje de unos 1000 Km por ejemplo, un MAGLEV consume hasta un séptimo de lo que puede consumir un Boeing 737-300 por pasajero; una diferencia que puede suponer un ahorro de millones de pesos. Además usando trenes MAGLEV, se evita el consumo de petróleo y la contaminación acústica, con la consecuente ayuda a la conservación de los recursos energéticos y cuidado del medio ambiente, aspecto tan importante en los tiempos que corren.

Debido a la ausencia de rozamiento, la velocidad que puede alcanzar un MAGLEV es mucho mayor que los trenes convencionales, pudiendo llegar incluso a velocidades teóricas del orden de 800 Km/h, que sin embargo se ven limitadas por razones económicas y no físicas. De todos modos las velocidades reales que se alcanzan (mayores de 500 Km/h) superan con creces los 350 Km/h de los trenes de alta velocidad actuales. Así pues, este tipo de trenes podrán competir en trayectos medianamente cortos con los aviones, lo que supondría una considerable disminución del tráfico aéreo, que tantos problemas crea hoy en día. Otra de las ventajas de este tipo de trenes es que todo lo relacionado con él está automatizado. Esto hace de este tipo de trenes un transporte muy puntual, haciendo llegar a los pasajeros o mercancías a sus destinos con errores de segundos, respecto a la hora prevista. Sin duda esta característica junto con la de

la alta velocidad hacen de éste un transporte muy apetecible. Para finalizar es interesante comentar el bajo coste de mantenimiento de este tipo de trenes. Obviamente al no haber contacto entre superficies, no existen tensiones y por lo tanto tampoco desgaste, haciendo que el programa de mantenimiento sea de muy bajo costo y las pérdidas energéticas mínimas.

5.6.2 PÉRDIDAS.

Aunque estos trenes no posean pérdidas de rozamiento por contacto con las vías, no es cierto que estén exentos de ellas. Por un lado nos encontramos con las pérdidas asociadas a los campos magnéticos. En una espira se inducen tensiones debidas a la variación de flujo en el tiempo (corriente alterna) a través de su superficie. Así pues, se crearán unas corrientes que se oponen a la variación que las ha creado. En los trenes MAGLEV nos encontramos con este fenómeno. Por tanto, parte de la energía de propulsión se perderá en vencer el frenado que tenderán a ejercer estas corrientes creadas. A medida que la velocidad aumenta la variación de flujo es cada vez mayor y con ello las pérdidas asociadas aumentan.

Por otro lado, al igual que en todos los demás medios de transporte nos encontramos con el rozamiento aerodinámico. Esta fuerza se opone lógicamente al movimiento del tren y es inevitable. Para reducir dicha fuerza los trenes MAGLEV poseen una aerodinámica muy elaborada que hace que la resistencia al viento sea muy baja. De todos modos, como ya se ha comentado, esta fuerza no deseada puede ser utilizada como apoyo a la hora de frenar tal y como se aprecia en el prototipo japonés de la figura 5.18.



FIG. 5.18 FRENADO AERODINÁMICO

5.6.3 DESVENTAJAS.

La principal barrera técnica de los MAGLEV radica en los problemas que surgen con los superconductores utilizados en la propulsión y levitación. La mayoría de los MAGLEV probados hasta la fecha utilizan motores síncronos con imanes de NbTi. Las temperaturas alcanzadas en funcionamiento por los imanes superconductores son muy elevadas teniendo que refrigerar hasta una temperatura de unos 4° K para mantener sus propiedades. Para este efecto se ha venido utilizando helio. Debido a que el calentamiento es inevitable en cualquiera de los casos, se ha estado trabajando en el sistema de refrigeración rechazando la posibilidad de desarrollar un “motor frío” que también se calentaría y habría de ser refrigerado de todos modos. Y es en este sistema de refrigeración donde surgen los problemas y las principales limitaciones de desarrollo del MAGLEV. Concretamente, el problema está en el almacenaje y la recirculación del helio una vez evacuado el calor. La mejor solución encontrada hasta la fecha consiste en usar técnicas de cryorefrigeración, refrigerando los sistemas por medio de tubos sin empaparlos directamente con helio. Estos sistemas, ya desarrollados en la actualidad, son bastante efectivos pero su coste es realmente elevado.

5.6.4 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS.

A lo largo de la historia el avance tecnológico se ha visto siempre limitado por aspectos económicos y la tecnología MAGLEV no es una excepción. La carestía de esta tecnología radica principalmente en el motor síncrono, donde los propios superconductores y sobre todo, el sistema de refrigeración hacen que el coste del MAGLEV se eleve por encima de lo deseado. De este modo, a pesar de los millones invertidos en investigación y desarrollo de estos sistemas y de los buenos y esperanzadores resultados obtenidos en los centros de pruebas, la

tecnología MAGLEV no ha tenido hasta ahora la oportunidad de revolucionar el mundo del transporte.

Aparte del costo de los propios trenes hay que tener en cuenta el altísimo costo que tiene toda la infraestructura que rodea a esta tecnología. Lógicamente estos trenes no pueden circular por los rieles actuales por lo que habría que hacer una fortísima inversión inicial para poner los MAGLEV en marcha; una inversión que no se empezaría a recuperar hasta dentro de más de veinte años. Con este panorama y a pesar de los muchos estudios e investigaciones que defienden la necesidad de esta tecnología en el mundo actual, no hay ninguna institución dispuesta a afrontar esta tremenda inversión inicial.

5.6.5 FUTURO.

Tras estas últimas consideraciones económicas parece que no está tan claro que los MAGLEV puedan convertirse en el transporte del futuro. A pesar de los grandes problemas económicos iniciales que podría traer consigo la implementación de estos trenes en el mundo del transporte actual, sus ventajas son suficientemente atractivas y necesarias en la situación actual en la que vivimos, como para no tenerlas en cuenta. El que un transporte sea más ecológico, económico, fiable, exacto y rápido puede convertirle en líder y resolver o atenuar muchos problemas, incluso económicos (una vez consolidado), del transporte de hoy en día. Por lo tanto no sería de extrañar que dentro de una década existiesen bastantes trenes de este tipo.

ANEXO 1

FICHAS TÉCNICAS SUBESTACIONES DE RECTIFICACION

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 1.

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Seccionador de acometida de mediana tensión (S.A.M.T.)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Confirmar con c. E. E. La libranza por parte de c. L. Y f. C</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE.</p> <p>Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local.</p> <p>Abrir el DMT.</p> <p>Abrir el SN.</p> <p>Realizar el basculamiento del DBT.</p> <p>Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras.</p> <p>Abrir el IMTX.</p> <p>Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

Descripción de las actividades
<p>Verificar el funcionamiento de las lamparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lampara incandescente de su celda.</p> <p>**** limpieza de las cuchillas del SAMT con liquido dielectrico.</p> <p>**** limpieza general del SAMT (celda y soporteria).</p> <p>**** limpieza con liquido dielectrico todas las partes moviles antes de lubricar.</p> <p>**** verificar el buen estado de los pernos, seguros y chavetas.</p> <p>**** limpiar con trapo seco los aisladores.</p> <p>**** mantenimiento a la conexión de los cables de acometida y corregir cualquier defecto.</p> <p>**** lubricar moderada y uniformemente las partes del mecanismo con aceite vaselina.</p> <p>**** limpiar con spray y comprobar el buen funcionamiento de los micros de posición.</p> <p>**** verificar el buen estado de las cuchillas comprobar que no existen muestras de sobre calentamiento y decoloración.</p> <p>**** realizar pruebas de continuidad a tierra de las cuchillas de puesta a tierra y soporteria.</p> <p>**** verificar apriete de tornillos en borneros.</p> <p>**** realizar apriete de conexiones en bornero de señalización 23kv ubicado en el local de C. L, Y F. C.</p> <p>**** realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores a 3000vca durante un minuto.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Guantes dieléctricos para 23kv.	Juego de llaves mixtas
Aceite de vaselina	Banco dieléctrico para 23kv.	Juego de desarmadores
Liquido dieléctrico	Corto circuitador	Megger
Cinta de aislar 3m	Aceitera	Multimetro
Spray limpiador	Aspiradora	Lámpara sorda
	Detector de presencia de tensión de 23kv.	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 2

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Interruptor de plataforma de pruebas(I.M.T.P)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses ***cada 6 meses**** cada año
--------------------------------------	---

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

<p>Descripción de las actividades</p> <p>Verificar el funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lámpara incandescente de su celda. ***limpieza con trapo seco de los aisladores, cámaras de arqueo y brazos aislantes. ***limpieza con gasolina blanca o thinner las partes móviles figuras 4, 5 y 6 antes de lubricar ***limpiar con spray y comprobar el correcto funcionamiento de los micro contactos de posición y control. ***lubricar con aceite 3 en 1 perfectamente todas las partes móviles, figuras 4, 5 y 6. ***engrasar la corona (28) y sin fin (29) con grasa grafitada figura 5. ***verificar el buen estado de los clips o mordazas. ***verificar el buen estado de los fusibles. ***revisar los contactos principales (vástagos, clavijas) en busca de señales de sobrecalentamiento o decoloración de la superficie plateada, verificar que los tres vástagos cierren uniformemente. ***revisar que las manijas de la puerta giren libremente. ***verificar estado de pernos seguros chavetas y asegurarse que las rondanas de presión estén bien apretadas con sus tuercas. ****realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores, a 3000 VCA durante un minuto. ****realizar apriete de tornillería de bus de 23 KV.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Aspiradora Banco dieléctrico para 23kv.
Aceite de vaselina	Brochas Guantes dieléctricos para 23kv
Gasolina blanca o thinner	Megger Detector de presencia de tensión 23kv
Aceite 3 en 1	Aceitera Juego de llaves mixtas
Grasa grafitada	Multímetro Corto circuitador
Grasa bat-3	Lámpara sorda Juego de desarmadores
Spray limpiador	Juego de llaves españolas

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 3

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Seccionador de mediana tensión (SMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	---

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Realizar el basculamiento del DBT. Abrir el SN. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

<p>Descripción de las actividades</p> <p>Verificar el funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lámpara incandescente de su celda. **** limpieza con liquido dieléctrico todas las partes móviles antes de lubricar. **** limpiar con spray y comprobar el buen funcionamiento de los micros de posición. **** limpiar con trapo seco los aisladores. **** lubricar moderada y uniformemente las partes del mecanismo con aceite vaselina. **** verificar el buen estado de las cuchillas comprobar que no existen muestras de sobre calentamiento y decoloración. **** realizar apriete de tornillos en borneros. Realizar apriete de tornillería del bus 23kv. **** realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores a 3000vca durante un minuto.</p>
--

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

<p>Materiales:</p> <p>Trapo Aceite de vaselina Liquido dieléctrico Spray limpiador</p>	<p>Herramienta y equipo</p> <p>Guantes dieléctricos para 23kv. Banco dieléctrico para 23kv. Corto circuitador Llaves dinamométrica Juego de llaves españolas Detector de presencia de tensión de 23kv.</p>	<p>Brochas y aceitera Juego de desarmadores Megger y aspiradora Multímetro Lámpara sorda</p>
--	--	--

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 4

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Disyuntor de mediana tensión (DMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses ** cada 4 meses
--------------------------------------	--

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DV'S y DMT. Abrir el SN Realizar el basculamiento del DBT Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>
--

<p>Descripción de las actividades</p> <p>Lampara con trapo limpio y seco las botellas de gas sf6, aisladores capacitivos y los transformadores de corriente . Limpiar con gasolina blanca las partes móviles del mecanismo de mando DMT y articulaciones de las cuchillas de tierras. ** lubricar moderadamente y uniformemente (puntos de lubricación indicados en la figura numero 1 y 2), cuidar que no caiga gota de aceite en los accesorios eléctricos. ** limpiar el núcleo de las bobinas MIA y AMT. Verificar los siguientes puntos Funcionamiento de los enganches (ver figura 3). Enganche de resorte de cierre: el gatillo3, deberá bloquear a la leva 5, en la posición en que esta mantenga tensión del resorte 8. Enganche del resorte de apertura , cuando la rampa 26 se encuentra bloqueada por el disco 20, el gatillo 23 deberá hallarse bloqueado a su vez en cresta de la rampa 26, y el resorte de apertura 12 deberá mantenerse tensionada. Funcionamiento de los interruptores para señales.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Aceite de vaselina	Aceitera
Gasolina blanca	Aspiradora
Grasa bat-3	Manómetro
	gas sf6
	Megger
	Multimetro
	Lámpara sorda
	Calibrador de hojas
	Llaves allen

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 4A

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Disyuntor de mediana tensión (DMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses ** cada 4 meses *** cada 6 meses y **** cada año
--------------------------------------	--

<p>Descripción de las actividades</p> <p>Fijación de los borneros de conexión eléctrica. Verificar la correcta fijación de las conexiones eléctricas de los electroimanes, del motor eléctrico y de las terminales de los borneros. Verificar el buen estado de los fusibles fm1 y fm2 (ver figura 2), y limpiar porta fusibles. Anotar el numero de maniobras del DMT Estado de la banda del motor de rearme. La banda no deberá presentar grietas ni rastro de aceite; su tensión debe ser normal. Ajustar el juego de las bobinas MIA y AMT a 2.5 mm (ver figura 4 y 5). Que no existan piezas sueltas. ** estado del colector y las escobillas del motor. extraer las escobillas de su alojamiento, esta deberá tener una longitud máxima de 4 a 5 mm. Es necesario cambiar sistemáticamente después de cada 5000 maniobras. ** realizar pruebas de continuidad a tierra. ** limpiar y lubricar la rueda dentada (del numero9) así como su cadena de accionamiento. *** checar presión de gas sf6 (debe ser de 3.5 vares), en cada polo. *** limpiar y lubricar la rampa guía. *** limpiar y lubricar la rueda dentada de la banda, verificar la buena sujeción de la polea mediante el tornillo prisionero. **** realizar prueba de resistencia de asilamiento o Megger a los aisladores y botellas de sf6, a 3000 VCA durante un minuto.</p>
--

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Aceite de vaselina	Aceitera
Gasolina blanca	Aspiradora
Grasa bat-3	Manómetro
	gas sf6
	Megger
	Multimetro
	Lámpara sorda
	Calibrador de hojas
	Llaves allen

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 5

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Interruptor del transformador auxiliar (IMTX)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses *** cada 6 meses**** cada año
--------------------------------------	--

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT</p>

<p>Descripción de las actividades</p> <p>Verificar el funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lámpara incandescente de su celda. *** limpieza general por dentro y por fuera de la celda del IMTX. **** limpiar con trapo seco los aisladores, cámaras de arqueo y brazos aislantes. *** limpiar con gasolina blanca las partes móviles figuras 4,5 y 6 antes de lubricar. **** limpiar con spray y comprobar el buen funcionamiento de los micros de posición y control *** lubricar con aceite 3 en uno perfectamente todas las partes móviles, figuras 4,5 y 6. *** engrasar la corona (28) y sinfín (29) con grasa grafitada figura 5. *** verificar el estado de los clips o mordazas. *** verificar el buen estado de los fusibles. *** revisar los contactos principales (vástagos, clavijas), en busca de señales de sobrecalentamiento o de coloración de la superficie plateada, verificar que los 3 vástagos cierren uniformemente. *** revisar que las manijas de la puerta giren libremente. *** revisar apriete de todas las conexiones y alambrado de control. *** verificar el estado de los pernos, seguros y chavetas y asegurarse que las rondanas de presión estén bien apretadas con sus tuercas. *** lubricar moderadamente con vaselina las partes de contacto de clips Verificar el funcionamiento de la lámpara incandescente celda inferior. **** realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores a 3000vca durante un minuto. **** revisar que todos los tornillos de los buses y la estructura estén apretados.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo y grasa bat-3	Guantes dieléctricos para 23kv.
Aceite de vaselina	Banco dieléctrico para 23kv.
Gasolina blanca	Corto circuitador
Spray limpiador	Aceitera
Grasa gratificada	Aspiradora
Aceite 3 en uno	Detector de presencia de tensión de 23kv.
	Juego de llaves mixtas
	Juego de desarmadores
	Megger
	Multimetro
	Lámpara sorda

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 6

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Transformador Auxiliar (TX)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

<p>Descripción de las actividades</p> <p>***Limpieza general del lugar donde se encuentra el TX, con aspiradora y trapo húmedo. ***Limpieza de los aisladores con trapo seco y reemplazar los dañados. ***Verificar boquillas de alta y baja tensión en buen estado. *** Verificar que no existan fugas de dieléctrico y en su caso corregirlas. ***Verificar apriete de tornillería en transformador. ***Anotar temperatura máxima de silicona ***Anotar nivel de silicona. ****Verificar el apriete de tornillos en cable de 23 KV, y cable de baja tensión y asegurarse que no existan muestras de calentamiento. ****Realizar pruebas de rigidez dieléctrica de silicona. ****Realizar pruebas de relación de transformación.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

<p>Materiales:</p> <p>Trapo Gasolina blanca Silicon ultra-bleu</p>	<p>Herramienta y equipo</p> <p>Medidor de rigidez dielectrica Detector de Presencia de Tensión de 23 KV. Juego de llaves españolas Juego de llaves mixtas Juego de desarmadores Aceitera</p>	<p>Multimetro y TTR Corto circuitador Llave dinamometrica Lampara sorda Aspiradora Megger</p>
--	--	---

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 7

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Transformador de 23 KV (TP)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras.</p>

Descripción de las actividades
<p>*Limpieza de todo el transformador con trapo húmedo. *Limpieza de las boquillas de alta y baja tensión con trapo limpio y seco. *Verificar posición del TAP y aparatos de medición. *Verificar la temperatura del aceite y del devanado. *Verificar el nivel del aceite en el tanque conservador y el estado de la silicagel. *Verificar el buen estado de las boquillas de alta y baja tensión así como la continuidad de las conexiones de los rieles de tierra. *Verificar que no exista fugas de aceite en el transformador y en su caso corregirlas. *Realizar limpieza de la caja de conexión. *Verificar que los radiadores no tengan golpes y el buen estado físico de los reles de sobrepresión y buchholz. ***Realizar pruebas de operación de protecciones del equipo. ****Realizar limpieza de cofre interfase. ****Verificar apriete de tornillería en borneros de caja de conexión y cofre interfase. ****Realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a devanados y aisladores. ****Análisis de rigidez dieléctrica y cromatografía de gases de aceite. ****Realizar pruebas de relación de transformación (TTR). ****Verificar apriete de tornillos de buses con llave dinamométrica.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de llaves españolas
Cesto	Juego de desarmadores
Agua	Llave dinamométrica
	Lámpara sorda
	TTR
	Multímetro
	Aspiradora
	Brochas
	Megger

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 8

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Rectificador
---	-------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses ***cada 6 meses**** cada año
--------------------------------------	---

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras.</p>

Descripción de las actividades
<p>*Sopletear el conjunto en especial las aletas de los radiadores y aisladores. *Sopletear los buses (+) y (-) de la celda del rectificador. *Limpiar con trapo seco todo el conjunto. *Verificar el funcionamiento y que los diodos no estén a tierra. *Verificar el valor de la resistencia Balasto (1100 ohms). *Verificar la continuidad a tierra del conjunto. *Verificar la fijación efectiva de los elementos principales: Conjunto diodo-radiador, fusibles de protección de los semiconductores, fusibles para la sobre tensión, juego de barras, conexiones en borneros, fichas, cofre de interfase y zapatas del conjunto. *Asegurarse del buen estado de los condensadores, circuitos RC, verificar que no tengan fugas y deformaciones. *Buscar posibles trazos de calentamiento y verificar la continuidad de las resistencias. *Verificar el buen estado de los cables y conectores. *Verificar que los micro contactos estén enclavados en sus adaptadores correspondientes, con sus banderas respectivas. *Anotar la tensión de los transductores entrada 48 volts alternos y salida de 36 volts directos. ***Realizar pruebas de disparo a los circuitos de la cadena de seguridad. ***Verificar el apriete de conectores en borneros. *** Revisar apriete de la tornillería de los buses (+) y (-) en la celda del rectificador. *** Limpiar con spray todos los micro contactos del conjunto lo mejor posible. ****Realizar prueba de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores 1000 VCC durante 1 minuto.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Juego de llaves españolas	Aspiradora
Líquido dieléctrico	Juego de desarmadores	Brocha
Spray	Llave dinamométrica	Megger
	Lámpara sorda	Multímetro

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 9

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Seccionador Automático de Aislamiento (SAA)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses **cada 4 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	---

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la Sr a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DV's y DMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el SN. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Desconectar los DV.</p>

Descripción de las actividades
<p>*En cada intervención es necesario quitar la alimentación en 220 VCA. *Limpiar con trapo impregnado de liquido dieléctrico el equipo y con trapo seco los buses y aisladores. *Verificar el buen estado de las chapas de enclavamiento. *Verificar el buen estado de la malla de protección. *Anotar la tensión de alimentación del motor. *Lavar con gasolina blanca y lubricar el tornillo sin fin con grasa grafitada. *Verificar el correcto funcionamiento de los micro contactos que indican la posición del SAA y el micro de retención RT. **Lubricar moderadamente con aceite de vaselina las articulaciones y cubrir con grasa BAT-3. **Verificar el correcto accionamiento de los contactos principales y barras seccionadoras. ** Verificar el correcto funcionamiento de los botones FCO-FCF y DPO-DPF. ** Verificar el apriete de las conexiones en borneros. ** Aplicar vaselina neutra sólida en contactos principales y barras seccionadoras. *** Realizar pruebas de continuidad de la malla y soportería a tierra. *** Limpiar con spray los micro contactos de posición del equipo, lo mejor posible. **** Verificar el apriete de tornillos del bus con llave dinamométrica. ****Realizar pruebas de resistencia de aislamiento al conjunto con Megger a 1000VCC durante 1 minuto</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo y Spray	Juego de Llaves españolas	Lámpara sorda
Aceite de vaselina	Juego de desarmadores	Brochas
Vaselina sólida	Megger	
Gasolina blanca	Multimetro	
Grasa BAT-3	Aspiradora	
Grasa grafitada	Llave dinamométrica	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 10

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Seccionador Negativo (SN)
---	--------------------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses **cada 4 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	---

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

Descripción de las actividades
<p>*Sopletear el mecanismo, aisladores y malla para retirar el polvo. *Verificar el buen estado de la chapa de enclavamiento. *Verificar el buen estado de la malla de protección. *Limpiar con spray limpiador y verificar el buen funcionamiento de los micro contactos que indican la posición del SN. ** Lubricar con aceite de vaselina moderada y uniformemente las partes móviles del mecanismo. ** Verificar el buen estado de los contactos. ***Retirar la malla de protección. ***Limpiar los contactos del SN. ***Limpiar con un trapo impregnado de gasolina blanca todas las partes del mecanismo antes de lubricar. ***Limpiar con un trapo seco los aisladores y buses de tracción. ***Lubricar con vaselina sólida los contactos fijos y móviles del seccionador. ***Realizar pruebas de continuidad de malla y soporteria a tierra. ****Verificar apriete de tornilleria del bus con llave dinamométrica. ****Realizar prueba de resistencia de aislamiento al conjunto con Megger a 1000 VCC durante 1 minuto</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Megger	Llave dinamométrica
Aceite de vaselina	Aceitera	Multimetro
Vaselina sólida	Aspiradora	Lámpara sorda
Gasolina blanca	Juego de llaves españolas	Brochas
Spray limpiador		

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 11

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Disyuntor de via (DV)
---	----------------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses
--------------------------------------	----------------------------------

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR A CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DV. Abrir el SN. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Desconectar el DV (mantenimiento nocturno SR en TT o Taller)</p>

<p>Descripción de las actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> *Sopletear con cuidado los contactos y las diferentes piezas del disyuntor. *Sopletear los buses de la celda del disyuntor. *Limpieza del local DV (Abrir seccionadores de catenaria SR) durante el mantenimiento nocturno. *Quitar partículas metálicas que puedan adherirse a las paredes aislantes y cuernos de soplado al interior de la caja de soplado. *Verificar el estado físico de la caja de soplado. *Limpiar con un trapo húmedo los contactos principales y aplicar vaselina sólida. *Limpieza de la superficie de los contactos de las armaduras magnéticas del circuito de mantenimiento de la palanca de armadura y aplicarle una capa ligera de vaselina sólida. *Limpiar con un trapo seco y spray los contactos auxiliares y los contactos de posición. *Verificar el ajuste del mecanismo de mando de los contactos auxiliares, hay que asegurarse que la barra de acoplamiento de los discos puedan desplazarse ligeramente de arriba a bajo, cuando el disyuntor este cerrado. *examinar los contactos principales, si están picados, retirar escorias y asentar ligeramente con lima o lija fina para agua para quitarles las asperezas. *Verificar el estado físico de las bobinas y la resistencia de economía. *Medición de los parámetros eléctricos de las bobinas MDT(Resistencia, tensión, corriente y en su caso ajustar la corriente). *Verificar el grado de desgaste de los contactos, ajustar o cambiar (ver fig. 1), según sea el caso. *Anotar el número de maniobras.

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Juego de desarmadores	Lima
Aceite de vaselina	Jugo de llaves españolas	Vernier
Vaselina sólida	Megger	Brochas
Lija para agua fina	Aceitera	Multímetro
Goma de migajón	Aspiradora	Lámpara sorda
Grasa y Spray	Juego de llaves allen	Llave dinamométrica

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 11A

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Disyuntor de vía (DV)
---	----------------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: **cada 4 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	---

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR A CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DV. Abrir el SN. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Desconectar el DV (mantenimiento nocturno SR en TT o Taller)</p>

Descripción de las actividades
<p>** Verificar apriete de tuercas, tornillos y borneros de conexión. ** Engrasar moderadamente las articulaciones con aceite de vaselina. ***Simular la operación del CERME (Durante el mantenimiento nocturno). ***Verificar la resistencia ohmica en el varistor para comprobar su funcionamiento. ***Retirar la protección de acrílico y limpiar la parte trasera de las mordazas (Cubierta roja de fibra de vidrio), aisladores y shunt. ***Verificar el buen estado de los tornillos de conexión del shunt hacia el CERME, así como el cable coaxial. ****Realizar pruebas de resistencia de aislamiento a los aisladores de los transformadores 20T6 y 20T8 con Megger a 1000VCC. ****Verificar el apriete de tornillos del bus con llave dinamométrica. ****Prueba de resistencia de aislamiento de aisladores del DV y las partes fijas con Megger a 1000 VCC durante un minuto. ****Realizar pruebas de calibración de umbral de disparo por corriente en plataforma de pruebas.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Aceite de vaselina	Jugo de llaves españolas
Vaselina sólida	Megger
Lija para agua fina	Aceitera
Goma de migajón	Aspiradora
Grasa y Spray	Juego de llaves allen
	Lima
	Vernier
	Brochas
	Multímetro
	Lámpara sorda
	Llave dinamométrica

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 12

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Detector de Corto Circuito (CERME)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses *** cada año
--------------------------------------	---

Acciones previas
Solicitar libranza de la SR a CEE. (únicamente mantenimiento nocturno) Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir seccionadores de catenaria. Desconectar cables de alimentación y señalización del CERME

Descripción de las actividades
<p>*Anotar el valor de tensión de alimentación 220 VCA de ficha P1 (1 y2) en cofre interfase.</p> <p>*Sopletear para eliminar polvo del conjunto.</p> <p>*Anotar y verificar el valor de la tensión de señalización 48VCA de ficha P1 (11 y 12) en cofre de interfase .</p> <p>****Retirar la conexión a tierra del calibrador para reglaje de umbral. Tener precaución de no desajustar dicho calibrador.</p> <p>****Retirar los tornillos de nylon y desmontar la tapa aislante de plexiglas.</p> <p>****Retirar los tornillos metálicos de la tapa superior y moverla a un lado cuidadosamente.</p> <p>**** Extraer las tarjetas DCVBA, DCVBB, DCAB y DCLB, teniendo precaución al quitar los seguros de cada una.</p> <p>****Limpiar con brocha las tarjetas e interior del CERME retirando el polvo con aspiradora.</p> <p>****Limpiar relevadores KA, KB y KC con spray para contactos y/o goma.</p> <p>****Colocar la tapa metálica y la tapa aislante de plexiglas.</p> <p>****Atornillar la tierra del calibrador para reglaje del umbral.</p> <p>****Realizar prueba de operación del CERME con generador de rampa.</p> <p>****Colocar conectores Souriau.</p> <p>****Realizar pruebas de continuidad de chasis a tierra.</p> <p>****Verificar el estado físico del cable del shunt en el cofre.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Aceite de vaselina	Jugo de llaves españolas
Vaselina sólida	Megger
Lija para agua fina	Aceitera
Goma de migajón	Aspiradora
Grasa y Spray	Juego de llaves allen
	Lima
	Vernier
	Brochas
	Multímetro
	Lámpara sorda
	Llave dinamométrica

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 13

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Contactor de Tramo de Protección (CTP)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir los DV's y DMT. Abrir el SN. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir los seccionadores de catenaria.</p>

Descripción de las actividades
<p>*Limpieza general de todo el local, así como del equipo. *Verificar visualmente los contactos principales , limpiarlos con liquido dieléctrico y aplicar capa de vaselina. *Verificar el Contactor de la resistencia de economía. *Revisar el estado de las cámaras de arqueo . *Limpiar los contactos auxiliares, con spray o goma de migajón. *Verificar apriete de conexiones de borneros. ***Verificar la continuidad del equipo de tierra. ****Realizar pruebas de resistencia de aislamiento del chasis a tierra, con Megger a 1000 VCD durante un minuto. ****Verificar el apriete de los tornillos con llave dinamométrica.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Juego de desarmadores	Juego de llaves españolas
Goma de migajón	Megger	Brochas
Liquido dieléctrico	Llave dinamométrica	Multimetro
Spray limpiador	Aspiradora	
Vaselina sólida	Lámpara sorda	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 14

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Red de tierras
---	---------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir DMT Y DV.

Descripción de las actividades
<p>*Verificar que la red de tierra este bien conectada en pozos de tierra y en buses de conexión.</p> <p>*Verificar que los relevadores de tierra se encuentren conectados a los pozos de tierra y las cuchillas del circuito se encuentren bien apretadas y cerradas.</p> <p>*Verificar que no exista faltantes de cable de tierras en las charolas de los cables de 23 KV, tracción y control.</p> <p>*Verificar que el chasis delos equipos y celdas se encuentren conectados a tierra.</p> <p>****Efectuar medición de la red de tierras.</p> <p>****Desconectar la tierra del chasis de los equipos y celdas verificar que no exista oxido y no estén sulfatadas.</p> <p>****Limpiar los pozos de tierra antes de realizar mediciones.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Megger de tierras
Limpiador de cobre	Juego de llaves españolas
Lija	Lámpara sorda

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 15

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Relevadores TAS y TAH de 23 KV
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT y DV's. Abrir el SN. Poner en libranza general la SR.</p>

Descripción de las actividades
<p>*Verificar la calibración y cotejarla con las carátulas instaladas en el armario T2. *Con cada relevador empotrado en su celda, realizar la prueba de operación presionando el botón de prueba. Al accionarlo deben de activarse los leds de prueba (intermitiendo). En caso de no activarse los leds de prueba , es necesario cambiar el relevador que halla fallado por su refacción. ***Limpiar con brochas las tarjetas interiores, así como sus componentes , retirando el polvo mediante sopleteado y aplicar spray a sus conectores ***Retirar ambos relevadores de su celda. Limpiar y Sopletear, para retirar el polvo en lugares accesibles. ****Realizar pruebas de calibración simulando los disparos por sobre carga, corto circuito y fase a tierra, para dichas pruebas es necesario coordinarse con el personal de plataforma de pruebas.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo						
Trapo Spray limpiador	<table border="0"> <tr> <td>Aspiradora</td> <td>Probador de relevadores</td> </tr> <tr> <td>Brochas delgadas</td> <td>Lámpara sorda</td> </tr> <tr> <td>Desarmadores</td> <td></td> </tr> </table>	Aspiradora	Probador de relevadores	Brochas delgadas	Lámpara sorda	Desarmadores	
Aspiradora	Probador de relevadores						
Brochas delgadas	Lámpara sorda						
Desarmadores							

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 16

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Buses de tracción
---	------------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Confirmar la apertura de los equipos. Abrir el SN y enclavar DMT. Abrir los seccionadores de catenaria y asegurarlos Sacar el DV de su posición. Retirar las protecciones de acrílico y mallas de los buses.</p>

Descripción de las actividades
<p>***Sopletear buses, aisladores y shunt, realizando limpieza con trapo impregnado de solvente dieléctrico y brocha teniendo especial cuidado con las conexiones del shunt y del cofre de presencia de tensión. ***Sopletear y limpiar las mallas de protección y acrílicos verificando su estado (verificar la buena sujeción y soldadura de las mallas). ***Verificar el buen estado de las conexiones del shunt y del cofre de presencia de tensión. ***Verificar el buen estado de las conexiones de tierra de las soporterías de los buses y mala realizando pruebas de continuidad. ****Realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a los aisladores a 1000VCC durante un minuto. ****Verificar el apriete de tornillos de los cables de tracción de los buses.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Lija fina	Multímetro
Solvente dieléctrico	Lámpara sorda
	Megger
	Aspiradora

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 17

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Armarios de automaticidad
---	--------------------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada mes **cada 4 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	---

Acciones previas
Solicitar libranza de la SR a CEE. Abrir los equipos. Informar a Mando Centralizado que se apagara el autómata. Apagar autómata, bajar protecciones, apagar ondulator y cargador.

Descripción de las actividades
<ul style="list-style-type: none"> *Limpieza general del autómata , con aspiradora, brocha y trapo de liquido dieléctrico. *Limpieza interior y exterior de los armarios de automaticidad. *Limpieza de los relevadores. *Verificar datos de fecha y hora. *Ordenar los contadores de los DV's y DMT. *Comprobar la tensión del cargador(54VCC). *Realizar la medición de tensiones de alimentación autómata. *Verificar engrase de los bornes de la batería. *Limpieza externa y verificación del funcionamiento de los MODEMS. *Sacar listado del histórico de la subestación, verificando el autorizador de impresión de eventos en el autómata WOOE2(350eventos). *Limpieza de los pasillos(SN) y armarios de automaticidad. *Elaborar las fichas de trabajo correspondientes. **Comprobar la conexión en los borneros. ***Mantenimiento interno de ondulator y cargador. ***Realizar pruebas de descarga de baterías y basculamiento del ondulator a sector. ***Limpieza de los bornes de las baterías eliminando sulfaciones y aplicar grasa BAT-3. ****Apagando el autómata revisar una tarjeta y en caso de ser necesario limpiar las demás tarjetas, así como las de los MODEMS.

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Liquido dieléctrico	Multimetro
Brocha	Aspiradora
Grasa BAT-3	Lámpara sorda
Liquido limpia contactos	Juego de llaves españolas
	Miniconsola
	Osciloscopio

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 18

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Cofre de Presencia de Tensión
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: ***cada 6 meses
--------------------------------------	----------------------------------

Acciones previas
<p>Solicitar libranza a CEE. Confirmar la apertura de los equipos. Abrir el SN y enclavar el DMT. Abrir seccionadores de catenaria y asegurarlos. Retirar protección del cofre.</p>

Descripción de las actividades
<p>***Sopletear el conjunto del cofre realizando limpieza con trapo impregnado de liquido dieléctrico y brocha. ***Verificar el buen estado de las conexiones del bornero XI, del relevador KV y del portafusibles. ***Verificar el buen estado del fusible FF. *** Realizar pruebas de continuidad a tierra de la soporteria de los elementos.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Juego de desarmadores	Brochas
Liquido dieléctrico	Multimetro	Lámpara sorda

ANEXO 2

FICHAS TÉCNICAS CABECERAS DE ALUMBRADO Y FUERZA

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 19

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Seccionador de Llegada(S.LL)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: **** cada año
--------------------------------------	--------------------------------

Acciones previas
Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT; SMT; SAMT Y SLL y conectar las cuchillas de tierra, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.

Descripción de las actividades
**** Limpieza interior y exterior de la celda correspondiente. **** Limpiar con trapo impregnado de solvente dieléctrico todos sus componentes mecánicos. **** Limpiar con trapo seco los aisladores. **** Limpiar con spray limpia contactos, os contactos de posición. **** Verificar el buen funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión. **** Lubricar de forma moderada las pares del mecanismo . **** Verificar el buen estado de contactos y cuchillas, limpiar y aplicar capa de vaselina. **** Verificar el apriete de tornillos del bus de 23 KV. **** Revisar que las manijas de las puertas giren perfectamente y no se encuentren forzadas. **** Realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a 3000 VCA durante un minuto. **** Verificar el apriete de los tornillos de los buses con llave dinamométrica. **** Solicitar con anticipación la limpieza del local.

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Guantes dieléctricos para 23kv.	Aceitera
Aceite de vaselina	Banco dieléctrico para 23kv.	Juego de desarmadores
Líquido dieléctrico	Corto circuitador	Megger
Vaselina sólida	Multímetro	Aspiradora
Spray limpia contactos	Juego de llaves astriadas (jgo. Estándar)	Lámpara sorda
	Detector de presencia de tensión de 23kv.	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 20

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Seccionador de acometida de mediana tensión (SAMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Confirmar con c. E. E. La libranza por parte de c. L. Y f. C</p> <p>Solicitar libranza de la SR A CEE.</p> <p>Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local.</p> <p>Abrir el DMT.</p> <p>Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras.</p> <p>Abrir el IMTX.</p> <p>Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

Descripción de las actividades
<p>Verificar el funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lámpara incandescente de su celda.</p> <p>**** limpieza de las cuchillas del SAMT con liquido dieléctrico.</p> <p>**** limpieza general del SAMT (celda y soportería).</p> <p>**** limpieza con liquido dieléctrico todas las partes móviles antes de lubricar.</p> <p>**** verificar el buen estado de los pernos, seguros y chavetas.</p> <p>**** limpiar con trapo seco los aisladores.</p> <p>**** mantenimiento a la conexión de los cables de acometida y corregir cualquier defecto.</p> <p>**** lubricar moderada y uniformemente las partes del mecanismo con aceite vaselina.</p> <p>**** limpiar con spray y comprobar el buen funcionamiento de los micros de posición.</p> <p>**** verificar el buen estado de las cuchillas comprobar que no existen muestras de sobre calentamiento y decoloración.</p> <p>**** realizar pruebas de continuidad a tierra de las cuchillas de puesta a tierra y soportería.</p> <p>**** verificar apriete de tornillos en borneros.</p> <p>**** realizar apriete de conexiones en bornero de señalización 23kv ubicado en el local de cl, y f.c.</p> <p>**** realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores a 3000vca durante un minuto.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Guantes dieléctricos para 23kv.	Juego de llaves mixtas
Aceite de vaselina	Banco dieléctrico para 23kv.	Juego de desarmadores
Liquido dieléctrico	Corto circuitador	Megger
Cinta de aislar 3m	Aceitera	Multímetro
Spray limpiador	Aspiradora	Lámpara sorda
	Detector de presencia de tensión de 23kv.	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 21

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Interruptor de Talleres La Paz(ITLP)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza a PCL y avisar a talleres. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT; SMT; SAMT y SLL y conectar las cuchillas de tierra. Comprobar que existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador. Abrir el IT y realizar maniobras en coordinación con personal de talleres</p>

Descripción de las actividades
<p>***Limpieza interior y exterior de la celda del ITLP. *** Limpieza con trapo seco los aisladores. *** Verificar el buen estado de los clips o mordazas. *** Verificar el buen funcionamiento de las lámparas de testigo de 23 KV. *** Verificar el buen estado de los fusibles. *** Revisar que cierren uniformemente los contactos principales (vástago clavija), en busca de señales de sobrecalentamiento o decoloración de la superficie plateada. *** Revisar ajustes y continuidad de todas las conexiones y alambrado de control. ****Revisar que todos los tornillos de los buses y la estructura estén apretados. ****Engrasar perfectamente todas las partes móviles. **** Verificar la resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores del bus a 3000vca durante un minuto.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Juego de desarmadores	Juego de llaves españolas
Aceite de vaselina	Corto circuitador	Aceitera
Líquido dieléctrico	Detector de presencia de tensión de 23kv.	Aspiradora
Desengrasante		

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 22

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Seccionador de Mediana Tensión (SMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT y el SLL. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

Descripción de las actividades
<p>Verificar el funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lámpara incandescente de su celda. **** limpieza de las cuchillas del SMT con liquido dieléctrico. **** limpieza con un trapo impregnado de liquido dieléctrico todas las partes móviles antes de lubricar. **** verificar el buen estado de los pernos, seguros y chavetas. **** limpiar con trapo seco los aisladores. **** lubricar moderada y uniformemente las partes del mecanismo con aceite vaselina. **** limpiar con spray y comprobar el buen funcionamiento de los micros de posición. **** verificar el buen estado de las cuchillas comprobar que no existen muestras de sobre calentamiento y decoloración. ****Realizar apriete de tornillería del bus de 23 KV. **** verificar apriete de tornillos en borneros. **** realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores a 3000vca durante un minuto.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Guantes dieléctricos para 23kv.	Juego de llaves españolas
Aceite de vaselina	Banco dieléctrico para 23kv.	Juego de desarmadores
Liquido dieléctrico	Corto circuitador	Megger
Spray limpiador	Brochas y aceitera	Multímetro
	Aspiradora	Lámpara sorda
	Detector de presencia de tensión de 23kv.	Llave dinamométrica

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 23

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Disyuntor de Mediana Tensión (DMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses ** cada 4 meses
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir los DMT's. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT Y SLL.</p>

Descripción de las actividades
<p>Limpiar con trapo limpio y seco las botellas de gas sf6, aisladores capacitivos y los transformadores de corriente. Limpieza interior de la celda del DMT. Limpiar con gasolina blanca las partes móviles del mecanismo de mando DMT y articulaciones de las cuchillas de tierras. ** limpiar el núcleo de las bobinas MIA y AMT. Verificar los siguientes puntos Funcionamiento de los enganches (ver figura 3). Enganche de resorte de cierre: el gatillo3, deberá bloquear a la leva 25, en la posición en que esta mantenga tensión del resorte 8. Enganche del resorte de apertura , cuando la rampa 26 se encuentra bloqueada por el disco 20, el gatillo 23 deberá hallarse bloqueado a su vez en cresta de la rampa 26, y el resorte de apertura 12 deberá mantenerse tensionada. Funcionamiento de los interruptores para señales.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo	Juego de desarmadores	Manómetro
Aceite de vaselina	Megger	Calibrador de hojas
Gasolina blanca	Aceitera	Multimetro
Grasa BAT-3	Aspiradora	lámpara sorda
	Gas SF6	Brochas
	Llaves allen	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 23A

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Disyuntor de Mediana Tensión (DMT)
---	---

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **cada 4 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

<p>Descripción de las actividades</p> <p>Fijación de los borneros de conexión eléctrica. Verificar la correcta fijación de las conexiones eléctricas de los electroimanes, del motor eléctrico y de las terminales de los borneros. Verificar el buen estado de los fusibles fm1 y fm2 (ver figura 4 y 3), y limpiar porta fusibles. Anotar el numero de maniobras del DMT Estado de la banda del motor de rearme. La banda no deberá presentar grietas ni rastro de aceite; su tensión debe ser normal. Ajustar el juego de las bobinas MIA y AMT a 2.5 mm (ver figura 4 y 5). Que no existan piezas sueltas. ** estado del colector y las escobillas del motor. extraer las escobillas de su alojamiento, esta deberá tener una longitud máxima de 4 a 5 mm. Es necesario cambiar sistemáticamente después de cada 5000 maniobras. ** realizar pruebas de continuidad a tierra. ** limpiar y lubricar la rueda dentada (del numero9) así como su cadena de accionamiento. *** checar presión de gas sf6 (debe ser de 3.5 vares), en cada polo. *** limpiar y lubricar la rampa guía. *** limpiar y lubricar la rueda dentada de la banda, verificar la buena sujeción de la polea mediante el tornillo prisionero. **** realizar prueba de resistencia de asilamiento o Megger a los aisladores y botellas de sf6, a 3000 VCA durante un minuto.</p>
--

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Aceite de vaselina	Megger
Gasolina blanca	Aceitera
Grasa BAT-3	Aspiradora
	Gas SF6
	Llaves allen
	Manómetro
	Calibrador de hojas
	Multimetro
	lámpara sorda
	Brochas

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 24

Subsistema: Cabecera de Alumbrado y Fuerza	Equipo: Interruptor del Transformador Auxiliar (IMTX)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada 2 meses *** cada 6 meses**** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
<p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT y SLL</p>

Descripción de las actividades
<p>Verificar el funcionamiento de las lámparas testigo de presencia de tensión de 23kv y lámpara incandescente de su celda. *** limpieza general por dentro y por fuera de la celda del IMTX. *** limpiar con trapo seco los aisladores, cámaras de arqueo y brazos aislantes. *** limpiar con gasolina blanca las partes móviles figuras 4,5 y 6 antes de lubricar. *** limpiar con spray y comprobar el buen funcionamiento de los micros de posición y control *** lubricar con aceite 3 en uno perfectamente todas las partes móviles, figuras 4,5 y 6. *** engrasar la corona (28) y sinfín (29) con grasa grafitada figura 5. *** verificar el estado de los clips o mordazas. *** verificar el buen estado de los fusibles. *** revisar los contactos principales (vástagos, clavijas), en busca de señales de sobrecalentamiento o de coloración de la superficie plateada, verificar que los 3 vástagos cierren uniformemente. *** revisar que las manijas de la puerta giren libremente. *** revisar apriete de todas las conexiones y alambrado de control. *** verificar el estado de los pernos, seguros y chavetas y asegurarse que las rondanas de presión estén bien apretadas con sus tuercas. *** lubricar moderadamente con vaselina las partes de contacto de clips *** Verificar el funcionamiento de la lámpara incandescente celda inferior. **** realizar pruebas de resistencia de aislamiento con Megger a todos los aisladores a 3000vca durante un minuto. **** revisar que todos los tornillos de los buses y la estructura estén apretados.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo	
Trapo y grasa bat-3	Guantes dieléctricos para 23kv.	Juego de llaves mixtas
Aceite de vaselina	Banco dieléctrico para 23kv.	Juego de desarmadores
Gasolina blanca	Corto circuitador	Megger
Spray limpiador	Aceitera	Multimetro
Grasa gratificada	Aspiradora	Lámpara sorda
Aceite 3 en uno	Detector de presencia de tensión de 23kv.	

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 25

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Transformador Auxiliar (TX)
---	--

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

<p>Acciones previas</p> <p>Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir el DMT. Abrir el SN. Realizar el basculamiento del DBT. Enclavar el DMT, abrir el SMT y cerrar el seccionador de tierras. Abrir el IMTX. Abrir el SAMT, comprobar que no existe potencial de 23kv y conectar el corto circuitador.</p>

<p>Descripción de las actividades</p> <p>***Limpieza general del lugar donde se encuentra el TX, con aspiradora y trapo húmedo. ***Limpieza de los aisladores con trapo seco y reemplazar los dañados. ***Verificar boquillas de alta y baja tensión en buen estado. *** Verificar que no existan fugas de dieléctrico y en su caso corregirlas. ***Verificar apriete de tornillería en transformador. ***Anotar temperatura máxima de silicona ***Anotar nivel de silicona. ****Verificar el apriete de tornillos en cable de 23 KV, y cable de baja tensión y asegurarse que no existan muestras de calentamiento. ****Realizar pruebas de rigidez dieléctrica de silicona. ****Realizar pruebas de relación de transformación.</p>

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

<p>Materiales:</p> <p>Trapo Gasolina blanca Silicón ultra-bleu</p>	<p>Herramienta y equipo</p> <p>Medidor de rigidez dieléctrica Detector de Presencia de Tensión de 23 KV. Juego de llaves españolas Juego de llaves mixtas Juego de desarmadores Aceitera</p>	<p>Multímetro y TTR Corto circuitador Llave dinamométrica Lámpara sorda Aspiradora Megger</p>
--	--	---

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 26

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Red de tierras
---	---------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
Solicitar libranza de la SR a CEE. Autorizada la libranza cambiar los mandos del autómata de distancia a local. Abrir DMT Y DV.

Descripción de las actividades
*Verificar que la red de tierra este bien conectada en pozos de tierra y en buses de conexión. *Verificar que no exista faltantes de cable de tierras en las charolas de los cables de 23 KV, control. *Verificar que el chasis de los equipos y celdas se encuentren conectados a tierra. ****Efectuar medición de la red de tierras. ****Desconectar la tierra del chasis de los equipos y celdas que se encuentren conectados a tierra para verificar que no exista oxido y no estén sulfatadas. ****Limpiar los pozos de tierra antes de realizar mediciones.

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo Aceite de vaselina Desengrasante Limpiador de cobre Lija	Megger de tierras Juego de llaves españolas Lámpara de mano

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO NO. 27

Subsistema: Subestación de rectificación	Equipo: Armarios de automaticidad
---	--------------------------------------

Tipo de mantenimiento: Preventivo	Periodicidad: *cada dos meses **cada 4 meses ***cada 6 meses **** cada año
--------------------------------------	--

Acciones previas
Solicitar libranza de la SR a CEE. Abrir los equipos. Informar a Mando Centralizado que se apagara el autómata. Apagar autómata, bajar protecciones, apagar ondulator y cargador.

Descripción de las actividades
<ul style="list-style-type: none"> *Limpieza general del autómata , con aspiradora, brocha y trapo impregnado con liquido dieléctrico. *Limpieza interior y exterior de los armarios de automaticidad. *Limpieza de los relevadores. *Verificar datos de fecha y hora. *Ordenar los contadores de los DV's y DMT. *Comprobar la tensión del cargador(54VCC). *Realizar la medición de tensiones de alimentación y autómata. *Verificar engrase de los bornes de la batería. *Limpieza externa y verificación del funcionamiento de los MODEMS. *Sacar listado del histórico de la subestación, verificando el autorizador de impresión de eventos en el autómata WOOE2(350eventos). *Limpieza de los pasillos(SN) y armarios de automaticidad. *Elaborar las fichas de trabajo correspondientes. **Comprobar la conexión en los borneros. ***Mantenimiento interno de ondulator y cargador. ***Realizar pruebas de descarga de baterías y basculamiento del ondulator a sector. ***Limpieza de los bornes de las baterías eliminando sulfaciones y aplicar grasa BAT-3. ****Apagando el autómata revisar una tarjeta y en caso de ser necesario limpiar las demás tarjetas, así como las de los MODEMS.

Nota: prohibición absoluta para realizar intervención con tensión	Índice de dificultad.
---	-----------------------

Materiales:	Herramienta y equipo
Trapo	Juego de desarmadores
Liquido dieléctrico	Multimetro
Brocha	Aspiradora
Grasa BAT-3	Lámpara sorda
Liquido limpia contactos	Juego de llaves españolas
	Miniconsola
	Osciloscopio

CONCLUSIONES

La línea "A" es una de las más nuevas en la actualidad, el diseño de las subestaciones eléctricas para la distribución de la energía eléctrica, está plenamente justificado, además de que todas las subestaciones están completamente automatizadas y que cualquier falla que se presentara, en cualquier parte de la línea, sería detectada y la sección de la zona afectada sería aislada inmediatamente, sin afectar al resto de la línea.

En cuanto a la implementación del tren de suspensión magnética determinamos que no es posible utilizar la infraestructura existente ya que no tiene las características necesarias para el desplazamiento de estos tipos de trenes.

Cabe mencionar que la implementación de un tren con estas características resulta inadecuada para la Ciudad de México donde sus estaciones tienen en promedio 1200 metros de separación en la línea "A". Estos trenes se están empleando para recorrer distancias más grandes y conectar ciudades ó poblaciones lejanas.

GLOSARIO

A

ACOMETIDA. Es el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

ARRANCADOR. Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético o de navajas (cuchillas) con fusibles, un contactor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de fierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o desenergizar la bobina.

C

CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN. Es la caja que alberga los fusibles de protección de la línea suministradora. Marca el límite de la propiedad entre la empresa eléctrica y los usuarios.

CAMPO ELÉCTRICO. Magnitud vectorial que expresa la intensidad de las fuerzas eléctricas. Se mide en voltios/metro. (Símb. *E*).

CAMPO MAGNÉTICO. Magnitud vectorial que expresa la intensidad de la fuerza magnética. Se mide en amperios/metro. (Símb. *H*).

CAPACITOR. Sistema de dos conductores, separados por una lámina dieléctrica, que sirve para almacenar cargas eléctricas.

CERCO LÍMITE. Cerco que forma los límites de una propiedad o área; no incluye las partes del cerco de una subestación.

CIRCUITO ELÉCTRICO. Conjunto de conductores que recorre una corriente eléctrica, y en el cual hay generalmente intercalados aparatos productores o consumidores de esta corriente.

CIRCUITO MAGNÉTICO. Parte de una máquina o aparato electromecánico, generalmente de hierro, por donde fluye, en trayecto cerrado, la inducción magnética.

CONDUCTOR. Es el elemento metálico generalmente de cobre o aluminio cuya función es la de conducir la corriente eléctrica.

CONDUCTORES DE MALLA DE TIERRA. Designa a los conductores enterrados horizontalmente, utilizados para interconectar las varillas de tierra o equipo similar que conforman los electrodos de tierra de la subestación.

CONEXION A TIERRA. Es un sistema que asegura que, ante cualquier falla de aislamiento, las partes metálicas de todo artefacto eléctrico descarguen la corriente eléctrica a tierra, sin afectar al usuario.

- **CONTACTOR.** Los contactores son aparatos electromagnéticos que establecen o interrumpen la corriente eléctrica por medio de contactos accionados por un electroimán.

CORRIENTE ALTERNA. La corriente alterna (como su nombre lo indica) tiene una corriente que circula por durante un tiempo en un sentido y después en sentido opuesto, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante.

CORRIENTE CONTINUA. Es aquella que circula solo en un sentido

CORRIENTE DIRECTA FACTOR RIZO. Es el resultado de los dos tipos de corriente anteriores. Cuando se remiten a filtraciones proceso por el cual elimina las grandes variaciones, además de que se eliminan para conformar una corriente parecida a la corriente directa continua.

CORRIENTE DIRECTA PULSANTE CONTINUA. Se obtiene de los circuitos rectificadores de onda completa y además también es proporcionada por generadores de corriente directa.

CORRIENTE DIRECTA PULSANTE INTERRUMPIDA. Es la que se obtiene a la salida de un rectificador de media onda y se manifiesta en forma de pulsos.

CORRIENTE ELÉCTRICA. Magnitud física que expresa la cantidad de electricidad que fluye por un conductor en la unidad de tiempo. Su unidad en el sistema internacional es el amperio.

CORTOCIRCUITO. Circuito que se produce accidentalmente por contacto entre dos conductores de polos opuestos y suele ocasionar una descarga.

D

DENSIDAD DE CORRIENTE Considérese un conductor con área de sección transversal A que lleva una corriente I . La densidad de corriente J en el conductor se define como la corriente por unidad de área. Como $I = nqv_dA$, la densidad de corriente está dada por: $J = I / A$.

DEVANADO. Elemento de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se arrolla en forma de hélice con un paso igual al diámetro del alambre.

DIFERENCIA DE POTENCIAL. O voltaje transversal, entre dos puntos cualesquiera de un sistema eléctrico queda determinado por:

$V = W / Q$	Donde: V = diferencia de potencial en volts W = energía disipada o absorbida en joules (J) Q = carga medida en coulombs
-------------	--

W es la energía disipada o absorbida debido a una transferencia de cargas Q entre los dos puntos.

DIODO. Componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se arrolla en forma de hélice con un paso igual al diámetro del alambre.

DISYUNTOR. Dispositivo que corta automáticamente la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa una determinada intensidad.

E

ELECTRICIDAD. Es una forma de energía que consiste en el paso de la corriente eléctrica por un conductor.

ELECTRODO. Extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.

ELEVACIÓN DEL POTENCIAL DE LA MALLA DE TIERRA. Producto de la resistencia de puesta a tierra de la malla por la máxima corriente de falla a tierra.

ENERGÍA. Capacidad de un sistema físico para realizar trabajo.

EQUIPO DE MEDICIÓN. Se entiende a aquel, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra – venta. Este equipo está sellado y debe estar protegido contra agentes externos y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

F

FACTOR DE POTENCIA. O coseno de phi, es una función del desfase de la intensidad en relación a la tensión. Su valor puede oscilar entre 0 y 1. En un circuito puramente resistivo la tensión y la intensidad se encuentran en fase y el valor de la magnitud en este caso es igual a la unidad. En un circuito en el que existan inductancias y o condensadores, se producirá un desfase entre la tensión y la intensidad, adelantándose o retrasándose uno respecto al otro. Este desfase lo definirá el factor de potencia y oscilará entre 0 y 1.

FASE. Valor de la fuerza electromotriz o intensidad de una corriente eléctrica alterna en un momento determinado. Corriente alterna que es una de las componentes de una corriente polifásica. Es la fracción de ciclo transcurrido desde el inicio del mismo, su símbolo es la letra griega θ .

FRECUENCIA (f). Número de veces que una corriente alterna cambia de polaridad en 1 segundo. La unidad de medida es el Hertz (Hz) y se la designa con la letra F.

FUSIBLES. Hilo o chapa metálica, fácil de fundirse, que se coloca en algunas partes de las instalaciones eléctricas, para que, cuando la corriente sea excesiva, la interrumpa fundiéndose. Los fusibles pueden clasificarse en dos categorías. La primera comprende a los fusibles de bajo voltaje que funcionan hasta 600 V ca. La segunda clasificación abarca a los fusibles de alto voltaje.

I

INTERRUPTOR. Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente, y si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos.

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS O CORTACIRCUITOS. Son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de dejar pasar, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales de un circuito, así como también de dejar pasar, conducir durante un tiempo especificado, e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas, como por ejemplo las de cortocircuito.

INTERRUPTOR DERIVADO. Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

INTERRUPTORES DE FUSIBLES. Se utilizan principalmente para aislar equipos. Se emplean para seccionar circuitos eléctricos tales como buses o circuitos laterales o aún porciones de alimentadores principales para fines especiales como pruebas y mantenimiento.

INTERRUPTOR GENERAL. Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO. Uno de los interruptores más utilizados y que sirve para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el termomagnético. Su diseño le permite soportar un gran número de operaciones de conexión y desconexión lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito. Para la protección contra sobrecarga se vale de un elemento bimetálico.

L

LA LEY DE JOULE. Enuncia que: " El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente " .

M

MÁXIMA CORRIENTE DE FALLA A TIERRA. Magnitud de la corriente más grande de falla que puede fluir entre la malla de tierra y la tierra que la rodea durante la vida de la instalación.

MONOFÁSICO. Se dice de la corriente eléctrica alterna que circula por dos conductores, y también de los aparatos que se alimentan con esta clase de corriente.

P

PERIODO (T). Es el tiempo que tarda en producirse un ciclo de C.A. completo se denomina período (T) y tiene la fórmula: $T = 1 / f$, o sea el período (T) es el inverso de la frecuencia. (f)

POTENCIA (P o W = Watt). Es el grado de facilidad o dificultad que presenta un elemento para realizar un trabajo, el elemento que realiza una potencia en un circuito electrónico es la resistencia, esta potencia electrónica esta regida por la tensión o intensidad.

POTENCIA ACTIVA (P). En corriente alterna se expresa en vatios y fórmula:

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

siendo: U, la tensión eficaz, I, la intensidad eficaz y cos de phi el factor de potencia.

POTENCIA APARENTE (S). En corriente alterna se expresa en voltiamperios y fórmula:

$$S = U * I$$

siendo: U, la tensión eficaz, I, la intensidad eficaz.

POTENCIA REACTIVA (Q). En corriente alterna se expresa en voltiamperios reactivos y fórmula:

$$Q = U * I * \text{seno } \phi$$

siendo: U, la tensión eficaz, I, la intensidad eficaz y phi el ángulo de desfase entre tensión e intensidad.

R

REACTANCIA. Consiste en una bobina de cobre enrollada sobre un núcleo de hierro y tiene como función limitar la tensión.

RECTIFICADOR. Aparato que transforma una corriente alterna en corriente continua.

RELEVADOR DE PRESIÓN SUBITA. Es un sensor mecánico provisto de contactos eléctricos. Básicamente se trata de una válvula de presión (tipo escape) que esta colocada entre el deposito de aceite de un transformador y el medio ambiente. Cuando la presión del tanque rebasa el limite permitido se vence la fuerza de un resorte, los contactos cambian de estado y se interrumpe la alimentación eléctrica al transformador.

RELEVADORES TERMICOS O BIMETALES. Es aquel que tiene un elemento sensor de temperatura de tipo bimetálico, constituido por dos láminas de distinto coeficiente de dilatación térmica unidas mecánicamente mediante un proceso de laminación. La circulación de una corriente eléctrica a través del elemento bimetálico o la corriente que fluye en una resistencia enrollada sobre el bimetálico aislado provoca variaciones de temperatura que deforman al bimetálico y accionan un microinterruptor.

RELEVADORES ELECTROMAGNETICOS: Son elementos sensores que operan por la interacción de flujos electromagnéticos, producidos en diversos núcleos o trayectorias magnéticas por corrientes proporcionales a las corrientes o voltajes de los circuitos que se desea vigilar. La proporcionalidad puede ser: lineal, cuadrática, diferencial, integral o cualquier otra función en el tiempo, que al alcanzar cierto valor hace operar a uno o varios contactos del relevador y se transmite la señal a otros equipos.

RENDIMIENTO DE LA TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA. Llamamos rendimiento a la relación que existe entre la energía útil aprovechada y la que realmente hemos consumido para producirla:

$$R = P_u / P_a$$

REPETIBILIDAD (Precisión). Capacidad de un instrumento de dar siempre un mismo resultado al medir la misma magnitud.

RESISTENCIA. Dificultad que opone un circuito al paso de una corriente. Su unidad en el Sistema Internacional es el ohmio.

Elemento que se intercala en un circuito para dificultar el paso de la corriente o para hacer que esta se transforme en calor.

La resistencia R del conductor esta dada por :

$$R = \frac{V}{I}$$

RESISTIVIDAD. El inverso de la conductividad de un material se le llama resistividad p:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

RESOLUCIÓN. Cambio más pequeño en el valor medido al cual responde el instrumento.

RIEL. Carril de una vía férrea.

ROTOR. Parte giratoria de una máquina eléctrica o de una turbina.

S

SECCIONADOR. Dispositivo que abre o cierra un circuito inactivo.

SENSIBILIDAD. Respuesta de un instrumento respecto a un cambio en la variable medida.

SENSOR. Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA. Conjunto ensamblado de equipo en un lugar, incluyendo cualquier edificación o cubierta necesaria para la conversión o transformación de energía eléctrica, y para la conexión entre dos o más circuitos. Instalación, generalmente eléctrica, dependiente de otra principal, que da servicio a una zona determinada.

T

TABLERO. Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorios) para lograr una instalación segura, confiable y segura.

TABLERO GENERAL. El tablero es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

TELEMANDO. Es la transmisión de procesos técnicos, ordenes de mando, medición, señalización, etc. Desde cualquiera de los puntos de producción y ó distribución y el puesto de mando o control.

TENSIÓN ELECTRICA (E o V = Volt). Es la fuerza con la que son impulsados los electrones libres, de un conductor originado por una diferencia de potencial la cual puede ser originada a su vez por una fuente de electricidad. Es la diferencia del nivel eléctrico existente entre dos puntos de un circuito eléctrico. La unidad de tensión eléctrica es el Volt (V).

TENSIÓN DE PASO. Diferencia de potencial entre dos puntos sobre la superficie de la tierra separados por la distancia de un paso en la dirección de la máxima gradiente de potencial; se asume que esta distancia es de 1 m.

TENSIÓN DE TOQUE. Diferencia de potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto sobre la superficie de la tierra, separados por una distancia igual al alcance horizontal normal de una persona.

TENSIÓN ELECTRICA. Voltaje con que se realiza una transmisión de energía eléctrica. Alta Tensión es la superior a los 1000 volts. Baja Tensión es la inferior a los 1000 volts.

TRACCIÓN. Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a alargarlo.

TRANSFORMADOR. Se le denomina al dispositivo electromagnético que permite aumentar o disminuir el voltaje y la intensidad de una corriente alterna de forma tal que su producto permanezca constante (ya que la potencia que se entrega a la entrada de un transformador ideal, esto es, sin pérdidas, tiene que ser igual a la que se obtiene a la salida) manteniendo la frecuencia.

TRIFÁSICO. Se dice de un sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, desfasadas entre sí en un tercio de período.

V

VALOR EFICAZ. Valor que produce el mismo efecto que la señal C.C. equivalente. Se define como la raíz cuadrada del valor medio cuadrática. Se calcula mediante:

VALOR PICO A PICO. Valor de tensión que va desde el máximo al mínimo o de una "cresta" a un "valle".

VALOR INSTANTANEO. Es el valor que toma la tensión en cada instante de tiempo.

VALOR MAXIMO. Valor de la tensión en cada "cresta" o "valle" de la señal. Es el mayor de los valores instantáneos. Puede ser positivo o negativo, ambos iguales (función simétrica). Al valor máximo también se le llama valor de pico.

VALOR MEDIO. Es la media aritmética de todos los valores instantáneos a lo largo de un periodo. Es independiente del tiempo.

VOLTAJE RMS.(Vrms). Se puede obtener el voltaje equivalente en corriente continua (Vrms) de este voltaje alterno con ayuda de la fórmula $V_{rms} = 0.707 \times V_p$.

BIBLIOGRAFÍA

ANÁLISIS BASICO DE CIRCUITOS ELECTRICOS. David E. Jonson.
México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.

ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS. Leonard S. Bobrow
Nueva editorial interamericana. México, 1985.

ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS. Brenner, Egon
McGraw-Hill. New York, 1966.

CIRCUITOS ELECTRICOS: INTRODUCCION AL ANALISIS Y DISEÑO. Dorf,
Richard C.
México: Alfa omega, 2000.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Jaramillo Morales, Gabriel A.
Trillas: UNAM, Facultad de Ingeniería. México, 1990.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Serway, Raymond A.
McGraw-Hill Interamericana. México, 1999.

ELECTROMAGNETISMO: DE LA CIENCIA A LA TECNOLOGÍA. Braun, Eliécer.
México: Fondo de Cultura Económica: ILCE, 2000.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN: SISTEMAS DE
MANIOBRA, MEDIDA Y PROTECCIÓN. Navarro Márquez, José Antonio.
Madrid: Paraninfo, 1998.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN. Blanca Gimenez, Vicente.
Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de
Arquitectura, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, 1996.

INSTALACIONES Y MONTAJE ELECTROMECAÁNICO. Enriquez Harper, Gilberto.
México: Limusa, 1999.

SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Juárez Cervantes,
José Dolores
UAM, Unidad Azcapotzalco. México, 1995.

SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. Espinosa y Lara, Roberto
Limusa. México, 1990

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE GRAN POTENCIA. Weedy, Birron Mathew
Reverte. Barcelona, 1978.

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA. Nasar, S. A.
McGraw-Hill. México, 1991.

TRANSFORMADORES. Enríquez Harper, Gilberto
Limusa. México, 1987.

TRANSFORMADORES, CONVERTIDORES. Daga Gelabert, Pedro
CEAC. Barcelona, 1977.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN : TEORÍA, CÁLCULO,
CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS. Avelino Pérez, Pedro
Reverte. México, 1998.

http://www.maglev.com/english/technik/f_tech_1.html

<http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9810/fujimoto-9810.html>

<http://www.railway-technology.com/projects/shinkansen/index.html>

<http://www.eb-p5.eb.uah.edu/maglev/maglev.html>