



**UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

***“MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MINI – CENTRAL  
GUALACEO”***

Trabajo de Titulación  
Previa A la obtención del  
Título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES:**

Guamán García Ángel Jesús

CI: 0302169925

Pesantez Lozano Cristian Bolívar

CI: 0302206354

**DIRECTOR:**

Ing. Sanango Fernández Juan Bautista

CI: 0301522892

**CUENCA-ECUADOR**

**2017**



## RESUMEN

El presente proyecto de titulación es un manual de operación y mantenimiento de la Mini – Central Gualaceo, con el fin de maximizar la disponibilidad de los equipos así como elementos que posee la central, perteneciente a la empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A.

En primera instancia se realiza una breve introducción de los diferentes tipos de centrales, sus componentes, formas operativas, rendimiento económico, además del tipo de mantenimiento que requiere una central para brindar sus servicios de manera confiable.

En los capítulos tres y cuatro se encuentra la descripción de la superestructura que conforma la minicentral, de la cual se presenta la información en los diseños, especificaciones técnicas, tanto de la obra civil así como el equipamiento electromecánico de la unidad de generación.

Continuando con el desarrollo se presentan las tres secuencias de operación: arranque, parada normal, parada de emergencia, para cada una se establecen los pasos a realizar en cada secuencia y se consideran las condiciones iniciales para el proceso de arranque.

Se cuenta además con un conjunto de acciones de mantenimiento propuestas para cada uno de los elementos, las cuales se basan en la sugerencia de los fabricantes, el personal de operación que dispone la Empresa, debido a la experiencia que ellos poseen con el pasar de los años.

Finalmente se presenta el cronograma de mantenimiento, aprovechando el Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador (SISMAC) que ELECAUSTRO S.A. utiliza, para llevar a cabo todas las tareas de mantenimiento, acciones sugeridas para cada elemento, con el objetivo de brindar un servicio de manera óptima sin interrupción de operación.

### **PALABRAS CLAVE**

Mantenimiento programado; mantenimiento preventivo; mantenimiento predictivo; casa de máquinas; sistema SCADA; tele – comando; orden de trabajo; seguridad; video vigilancia; cronograma y plan de mantenimiento.



## ABSTRACT

The present project of titillation is a manual of operation and maintenance of the Mini - Central Gualaceo, in order to maximize the availability of the equipment as well as elements that owns the central, belonging to the company Electro Generator of the Austro ELECAUSTRO S.A.

In the first instance, a brief introduction is made of the different types of plants, their components, operational forms, economic performance, and the type of maintenance that a plant requires to provide its services reliably.

In chapters three and four is the description of the superstructure that forms the mini-center, from which information is presented in the designs, technical specifications of both the civil works as well as the electromechanical equipment of the generation unit.

Continuing with the development the three operating sequences are presented: start, normal stop, emergency stop, for each one the steps to be performed in each sequence are established and the initial conditions for the start-up process are considered.

There is also a set of maintenance actions proposed for each of the elements, which are based on the suggestion of the manufacturers, the operating person available to the Company, due to the experience they have with the passing of the years.

Finally the maintenance schedule is presented, taking advantage of the Computer Assisted Maintenance System (SISMAC) that ELECAUSTRO S.A. Uses, to carry out all the maintenance tasks, suggested actions for each element, with the aim of providing a service in an optimal way without interruption of operation.

## KEYWORDS

Scheduled maintenance; Preventive Maintenance; Predictive Maintenance; House of machines; SCDA system; Tele - command; Work order; Security; Video surveillance; Schedule and Maintenance Plan.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1) CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES JUSTIFICACIÓN.....	28
1.1) Antecedentes .....	28
1.2) Justificación.....	28
1.3) Alcance.....	29
1.4) Metodología.....	30
1.5) Objetivo General .....	30
1.6) Objetivos específicos .....	30
2) CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	32
2.1) Centrales hidroeléctricas .....	32
2.2) Clasificación de las centrales hidroeléctricas .....	32
2.2.1) Según el tipo de captación de agua .....	32
2.2.2) Según el salto y el caudal .....	34
2.2.3) Según la capacidad instalada .....	34
2.3) Componentes de una mini central hidroeléctrica.....	35
2.3.1) Instalación de la obra civil .....	35
2.3.2) Turbina – Generador.....	37
2.4) Subestación de interconexión .....	39
2.5) Elementos de regulación y control .....	39
2.6) Tele comando.....	40
2.7) Ventajas y desventajas de las mini centrales hidroeléctricas .....	40
2.8) Formas operativas.....	40
2.8.1) Manual .....	41
2.8.2) Automático .....	41
2.9) Rendimiento económico que representa para la empresa ELECAUSTRO S.A. ....	42
2.10) Conceptos de generación distribuida .....	42
2.10.1) Ventajas y desventajas de la generación distribuida en los sistemas de distribución .....	43
2.10.2) Modalidades de conexión de la generación distribuida.....	43
2.11) Mantenimiento.....	44
2.11.1) Tipos de mantenimiento .....	44
2.12) Ciclo de vida.....	46
2.12.1) Mortalidad infantil .....	47
2.12.2) Vida útil o periodo de operación normal.....	47
2.12.3) Desgaste por envejecimiento .....	47
3) CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA CIVIL DEL SISTEMA.....	48
3.1) Captación .....	48
3.1.1) Desripador.....	48
3.2) Vertederos.....	49
3.3) Compuerta.....	50
3.4) Túneles, Canal .....	51





3.5) Desarenador, Bypass .....	51
3.6) Acueducto .....	52
3.7) Tanque de carga .....	53
3.7.1) Rejilla del tanque de carga .....	54
3.8) Tubería de presión .....	54
3.9) La rápida o tubería de desfogue.....	55
3.10) Casa de Máquinas .....	56
3.11) Vías de acceso .....	56
4) CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS .....	57
4.1) Generador .....	57
4.1.1) Excitatriz – regulación de tensión del generador .....	59
4.1.2) Malla de puesta a tierra.....	59
4.1.3) Tablero de control de generador .....	61
4.2) Pantalla HMI .....	61
4.2.1) Modo Fuera de Servicio .....	62
4.2.2) Unifilar .....	62
4.2.3) Turbina en remoto.....	62
4.2.4) Tendencias .....	62
4.2.5) Tanque de Carga .....	63
4.2.6) Turbina en Local .....	63
4.2.7) Generador Marelli .....	63
4.2.8) PLC.....	63
4.2.9) Alarmas.....	63
4.2.10) Calibración .....	63
4.2.11) Ingreso de Usuario.....	64
4.3) Turbina .....	64
4.3.1) Carcasa.....	66
4.3.2) Distribuidor.....	66
4.3.3) Sistema de Deflectores .....	67
4.3.4) Rodete .....	69
4.3.5) Tablero de turbina .....	69
4.4) Inyectores.....	71
4.5) Sistema de enfriamiento de las resistencias .....	73
4.5.1) Tanque de Resistencias.....	74
4.6) Gobernador de Carga LCX.....	75
4.7) Transformador de Potencia .....	77
4.8) Sistema de control y comunicación .....	79
4.8.1) Tablero de control .....	79
4.9) Válvula mariposa o guardia .....	80
4.9.1) Protección de las superficies. ....	82
4.9.2) Sistema de control .....	82
4.10) Bypass hidráulico .....	83



4.10.1) Sensores de nivel de presión del Bypass .....	84
4.10.2) Servomotor .....	85
4.11) Celdas de Media Tensión.....	85
4.12) Puente grúa.....	86
4.13) Sistema de protecciones .....	86
4.13.1) Relé MICOM P345 .....	87
4.13.2) Relé MICOM P142.....	87
4.13.3) Tablero de Breaker Principal.....	88
4.14) Regulador de velocidad.....	90
4.15) Servicios auxiliares.....	90
4.15.1) Banco de baterías .....	90
4.15.2) Iluminación .....	91
4.15.3) Video vigilancias IP.....	91
4.15.4) Sistema contra incendios .....	91
4.15.5) Gabinetes clase III .....	92
4.15.6) Sistema contra incendios para el transformador.....	92
4.16) Tablero de servicios auxiliares .....	93
4.17) Elementos en el tanque de carga.....	94
4.17.1) Sensor de nivel del tanque de carga.....	94
4.17.2) Sensor de flujo de entrada al tanque .....	95
4.17.3) Actuador de la compuerta del tanque de carga .....	95
4.17.4) Tablero del tanque de carga .....	96
4.17.5) Rack de comunicaciones para el tanque de carga.....	97
4.18) Conexión alimentador de 22kV .....	98
4.19) Toma de aire .....	98
4.20) Sensor de presión .....	99
5) CAPÍTULO 5: PASOS PARA EL ARRANQUE, PARADA NORMAL, PARADA DE EMERGENCIA DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA GUALACEO .....	100
5.1) Secuencia de arranque de la máquina .....	100
5.1.1) Verificación y limpieza del canal, desde la Capitación hasta la Casa de Máquinas.....	100
5.1.2) Verificación de las condiciones iniciales .....	104
5.2) Arranque de la máquina .....	105
5.3) Operación de la máquina .....	107
5.3.1) Regulación de nivel de tanque.....	107
5.3.2) Regulación de caudal de agua.....	108
5.3.3) Regulación de potencia.....	108
5.4) Estados de operación de la unidad de generación.....	109
5.4.1) Estado de operación del generador MARELLI en el sistema SCADA.....	109
5.4.2) Estado de operación de la turbina en el sistema SCADA .....	110
5.4.3) Estado caudal tanque de carga en el sistema SCADA .....	112
5.4.4) Estado de operación del regulador de velocidad en el sistema SCADA.....	112
5.5) Pasos para la parada normal .....	113
5.6) Parada de emergencia .....	115



- 5.7) Estados de operación..... 117
  - 5.7.1) Restricciones estado de igualdad valores nominales..... 117
  - 5.7.2) Restricciones estado de desigualdad..... 118
  - 5.7.3) Restricciones estado de seguridad ..... 118
  - 5.7.4) Estado Normal ..... 119
  - 5.7.5) Estado de Alerta..... 119
  - 5.7.6) Estado de Emergencia ..... 120
  - 5.7.7) Estado Extremo o Crítico ..... 120
  - 5.7.8) Estado Restaurativo o Recuperación..... 121
- 6) CAPÍTULO 6: CRONOGRAMA Y PLAN DE MANTENIMIENTO ..... 122
  - 6.1) Plan de mantenimiento de captación ..... 132
    - 6.1.1) Rejilla metálica (GUAL-CP01.1)..... 132
    - 6.1.2) Puente metálico para revisión (GUAL-CP01.2)..... 133
    - 6.1.3) Muro de contención (GUAL-CP01.3) ..... 134
    - 6.1.4) Azud (GUAL-CP01.4)..... 135
    - 6.1.5) Losa de hormigón (GUAL-CP01.5) ..... 135
    - 6.1.6) Compuerta metálica (GUAL-CP01.6)..... 136
    - 6.1.7) Enlace de fibra óptica (GUAL-CP01.7) ..... 137
    - 6.1.8) Equipos de video vigilancia (GUAL-CP01.8)..... 138
    - 6.1.9) Regleta para medición de nivel de agua (GUAL-CP01.9)..... 138
    - 6.1.10) Cerramiento con malla galvanizada (GUAL-CP01.10)..... 139
    - 6.1.11) Materiales y equipos ..... 141
    - 6.1.12) Cronograma de actividades y personal..... 142
  - 6.2) Plan de mantenimiento del sistema de conducción de agua ..... 143
    - 6.2.1) Canal a cielo abierto (GUAL-CC02.1)..... 143
    - 6.2.2) Vertederos (GUAL-CC02.2) ..... 144
    - 6.2.3) Desarenador (GUAL-CC02.3)..... 145
    - 6.2.4) Acueducto (GUAL-CC02.4)..... 146
    - 6.2.5) Túnel (GUAL-CC02.5)..... 147
    - 6.2.6) Materiales y equipos ..... 148
    - 6.2.7) Cronograma de actividades y personal ..... 149
  - 6.3) Plan de mantenimiento del tanque de carga ..... 150
    - 6.3.1) Tanque de carga (GUAL-TC03.1) ..... 150
    - 6.3.2) Compuerta metálica del tanque de carga (GUAL-CP03.2) ..... 151
    - 6.3.3) Rejilla metálica del tanque de carga (GUAL-TC03.3) ..... 152
    - 6.3.4) Sensor de nivel del tanque de carga (GUAL-TC03.4)..... 153
    - 6.3.5) Puente de seguridad y limpieza (GUAL-TC03.4) ..... 154
    - 6.3.6) Rack de comunicaciones (GUAL-TC03.5) ..... 155
    - 6.3.7) Cargador y banco de baterías del tanque de carga (GUAL-TC03.6) ..... 156
    - 6.3.8) Tablero de control del tanque de carga (GUAL-TC03.7)..... 157
    - 6.3.9) Servomotor actuador y compuerta metálica (GUAL-TC03.8)..... 158
    - 6.3.10) Escalerilla de acceso al canal (GUAL-TC03.9) ..... 159



6.3.11) La rápida o tubería de desfogue de agua (GUAL-TC03.10) .....	159
6.3.12) Materiales y equipos .....	161
6.3.13) Cronograma de actividades y personal.....	162
6.4) Plan de mantenimiento de la tubería de presión .....	163
6.4.1) Cuerpo de la tubería de acero (GUAL-TP04.1).....	164
6.4.2) Bloque de anclaje (GUAL-TP04.2).....	165
6.4.3) Junta de dilatación (GUAL-TP04.3) .....	165
6.4.4) Pista de hormigón (GUAL-TP04.4). .....	166
6.4.5) Apoyos de concreto (GUAL-TP04.5).....	167
6.4.6) Sensor de flujo de caudal (GUAL-TP04.6).....	167
6.4.7) Caja de válvulas (GUAL-TP04.8).....	168
6.4.8) Grada y cuneta de drenaje (GUAL-TP04.9).....	169
6.4.9) Materiales y equipos .....	170
6.4.10) Cronograma de actividades y personal.....	171
6.5) Plan de mantenimiento del alternador .....	172
6.5.1) Rotor – Estator (GUAL-GN05.1) .....	173
6.5.2) Control y protección (GUAL-GN05.2).....	174
6.5.3) Regulador automático de tensión (AVR) (GUAL-GN05.3) .....	175
6.5.4) Sistema de excitación excitatriz (GUAL-GN05.4) .....	178
6.5.5) Caja de conexiones y terminales (GUAL-GN05.5).....	178
6.5.6) Sistema de rodamiento (GUAL-GN05.6).....	179
6.5.7) Sistema de enfriamiento y carcasa (GUAL-GN05.7).....	180
6.5.8) Sensores de temperatura GN100 del estator (GUAL-GN05.8) .....	181
6.5.9) Sensores de vibración en los rodamientos (GUAL-GN05.9).....	182
6.5.10) Rueda dentada con sensor de velocidad (GUAL-GN05.9) .....	182
6.5.11) Materiales y equipos .....	184
6.5.12) Cronograma de actividades y personal.....	185
6.6) Plan de mantenimiento de la turbina .....	186
6.6.1) Rodete (GUAL-TN06.1) .....	186
6.6.2) Válvula mariposa (GUAL-TN06.2).....	187
6.6.3) Válvula Bypass (GUAL-TN06.3).....	188
6.6.4) Junta de desmontaje (GUAL-TN06.4).....	190
6.6.5) Inyectores 4 elementos (GUAL-TN06.5) .....	191
6.6.6) Deflectores 4 elementos (GUAL-TN06.6) .....	193
6.6.7) Distribuidor (GUAL-TN06.7).....	194
6.6.8) Carcaza y toma de aire (GUAL-TN06.8).....	195
6.6.9) Unidad de presión hidráulica (UPH) de control de inyectores y deflectores (GUAL-TN06.9).....	196
6.6.10) Caja de conexiones y terminales de los elementos (GUAL-TN06.10) .....	197
6.6.11) Materiales y equipos .....	199
6.6.12) Cronograma de actividades y personal.....	200
6.7) Plan de mantenimiento del gobernador de carga LCX.....	201
6.7.1) Tablero del gobernador LCX (GUAL-GC07.1) .....	202



6.7.2) Tanque de resistencias (GUAL-GC07.2) .....	202
6.7.3) Sistema de enfriamiento PVC (GUAL-GC07.3).....	203
6.7.4) Válvula hidráulica de enfriamiento (GUAL-GC07.4).....	203
6.7.5) Materiales y equipos .....	204
6.7.6) Cronograma de actividades y personal.....	205
6.8) Plan de mantenimiento del transformador de potencia .....	206
6.8.1) Sistema de enfriamiento y carcaza (GUAL-TF08.1).....	207
6.8.2) Termómetros para aceite y devanado (GUAL-TF08.2).....	208
6.8.3) Relé buchholz (GUAL-TF08.3).....	209
6.8.4) Tanque recuperador de aceite refrigerante (GUAL-TF08.4) .....	209
6.8.5) Bushings de BT y MT (GUAL-TP08.5).....	210
6.8.6) Seccionadores (GUAL-TF08.6).....	211
6.8.7) Pararrayos (GUAL-TF08.7).....	212
6.8.8) Caja de conexiones y terminales del transformador (GUAL-TF08.10).....	213
6.8.9) Materiales y equipos .....	214
6.8.10) Cronograma de actividades y personal.....	215
6.9) Plan de mantenimiento del puente grúa.....	216
6.9.1) Tecla manual (GUAL-PG09.1) .....	216
6.9.2) Trole (GUAL-PG09.2) .....	217
6.9.3) Viga (GUAL-PG09.3) .....	218
6.9.4) Riel (GUAL-PG09.4) .....	218
6.9.5) Ménsula (GUAL-PG09.5).....	219
6.9.6) Materiales y equipos .....	220
6.9.7) Cronograma de actividades y personal.....	221
6.10) Plan de mantenimiento de los tableros de control.....	222
6.10.1) Tablero de control del generador (TB1) (GUAL-TB10.1) .....	222
6.10.2) Tablero de servicios auxiliares AC/DC (TB2) (GUAL-TB10.2).....	224
6.10.3) Tablero breaker principal (TB4) (GUAL-TB10.3).....	226
6.10.4) Tablero puesta a tierra (TPT) (GUAL-TB10.4) .....	227
6.10.5) Materiales y equipos .....	229
6.10.6) Cronograma de actividades y personal.....	230
6.11) Plan de mantenimiento del tablero y celda de media tensión .....	231
6.11.1) Gabinete de las celdas de media tensión (GUAL-CT11.1) .....	231
6.11.2) Equipamiento de control y protección (GUAL-CT11.2) .....	232
6.11.3) Transformadores TC` s y TP` s (GUAL-CT11.3).....	233
6.11.4) Disyuntor automático (GUAL-CT11.4) .....	234
6.11.5) Medidor ION 8600, 2 elementos (GUAL-CT11.5) .....	235
6.11.6) Materiales y equipos .....	236
6.11.7) Cronograma de actividades y personal.....	237
6.12) Plan de mantenimiento de las vías.....	238
6.12.1) Acceso a la casa de máquinas (GUAL-VA12.1) .....	238
6.12.2) Acceso al tanque de carga (GUAL-VA12.2).....	239



6.12.3) Acceso al acueducto (GUAL-VA12.3) .....	240
6.12.4) Acceso a captación (GUAL-VA12.4) .....	241
6.12.5) Materiales y equipos .....	242
6.12.6) Cronograma de actividades y personal.....	242
6.13) Plan de mantenimiento de la casa de máquinas .....	243
6.13.1) Infraestructura y áreas de actividades (GUAL-CM13.1).....	244
6.13.2) Cubierta de policarbonato (GUAL-CM13.2) .....	245
6.13.3) Muro de contención. (GUAL-CM13.3).....	246
6.13.4) Cerramiento con malla galvanizada (GUAL-CM13.4) .....	246
6.13.5) Veredas (GUAL-CM13.5).....	247
6.13.6) Puertas (GUAL-CM13.6).....	247
6.13.7) Pasamanos con tubo de 2" (GUAL-CM13.7) .....	248
6.13.8) Desfogue de agua (GUAL-CM13.8).....	248
6.13.9) Materiales y equipos .....	249
6.13.10) Cronograma de actividades y personal.....	250
6.14) Plan de mantenimiento del sistema de servicios auxiliares.....	251
6.14.1) Cargador y banco de baterías de la casa de máquinas (GUAL-SX14.1) .....	252
6.14.2) Procedimiento .....	252
6.14.3) Tablero de transferencia automática de S.V. (GUAL-SX14.3) .....	253
6.14.4) Transformador de servicios auxiliares (GUAL-SX14.4).....	254
6.14.5) Circuitos de iluminación de emergencia (GUAL-SX14.5).....	254
6.14.6) Circuitos de iluminación normal (GUAL-SX14.6) .....	255
6.14.7) Circuitos de fuerza (GUAL-SX14.7) .....	256
6.14.8) Sistema de video vigilancia (GUAL-SX14.8).....	256
6.14.9) Materiales y equipos .....	257
6.14.10) Cronograma de actividades y personal.....	258
6.15) Plan de mantenimiento del sistema contra incendios.....	259
6.15.1) Panel de control, y módulo de monitoreo (GUAL-SC15.1).....	259
6.15.2) Receptor de alarma IP (GUAL-SC15.2) .....	260
6.15.3) Detector lineal de calor, sensor de humo (GUAL-SC15.3).....	261
6.15.4) Luz estroboscópica, pulsador de emergencia (GUAL-SC15.4).....	262
6.15.5) Gabinete clase III (GUAL-SC15.5).....	263
6.15.6) Extintor tipo C (GUAL-SC15.6) .....	264
6.15.7) Unidades del sistema hidráulico (GUAL-SC15.7) .....	264
6.15.8) Materiales y equipos .....	266
6.15.9) Cronograma de actividades y personal.....	267
7) CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	268
7.1) Conclusiones.....	268
7.2) Recomendaciones.....	269
8) ANEXOS.....	272



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Nomenclaturas y términos. ....	31
<b>Tabla 2.1:</b> Clasificación de las centrales hidroeléctricas según su capacidad instalada. ....	35
<b>Tabla 3.1:</b> Dimensiones del tanque de carga. ....	53
<b>Tabla 4.1:</b> Datos característicos del generador. ....	57
<b>Tabla 4.2:</b> Datos de la excitatriz del generador. ....	59
<b>Tabla 4.3:</b> Datos de la malla de puesta a tierra. ....	60
<b>Tabla 4.4:</b> Detalles de la turbina. ....	65
<b>Tabla 4.5:</b> Detalles del distribuidor de la turbina. ....	67
<b>Tabla 4.6:</b> Detalles principales de los deflectores. ....	68
<b>Tabla 4.7:</b> Detalles principales de los rodets de la turbina. ....	69
<b>Tabla 4.8:</b> Conexión del tablero de la turbina (TT1). ....	70
<b>Tabla 4.9:</b> Principales características de los inyectores. ....	72
<b>Tabla 4.10:</b> Parámetros del sistema de enfriamiento. ....	74
<b>Tabla 4.11:</b> Detalles del gobernador de carga. ....	76
<b>Tabla 4.12:</b> Partes del transformador de potencia. ....	79
<b>Tabla 4.13:</b> Información de la válvula mariposa. ....	81
<b>Tabla 4.14:</b> Detalles de la válvula mariposa. ....	81
<b>Tabla 4.15:</b> Pruebas hidráulicas de la válvula mariposa. ....	82
<b>Tabla 4.16:</b> Tiempos de apertura y cierre de la válvula. ....	83
<b>Tabla 4.17:</b> Parámetros del bypass. ....	84
<b>Tabla 5.1:</b> Secuencia de limpieza cuando la central no está operando. ....	102
<b>Tabla 5.2:</b> Secuencia de limpieza del desarenador con la central en operación. ....	103
<b>Tabla 5.3:</b> Estado inicial para la operación de la unidad de generación. ....	104
<b>Tabla 5.4:</b> Detalle de los pasos para el arranque de la mini central. ....	106
<b>Tabla 5.5:</b> Parámetros del generador. ....	109
<b>Tabla 5.6:</b> Parámetros de vibración de la unidad de generación. ....	110
<b>Tabla 5.7:</b> Temperaturas del estator. ....	110
<b>Tabla 5.8:</b> Temperaturas de los rodamientos. ....	110
<b>Tabla 5.9:</b> Parámetros de la turbina. ....	111
<b>Tabla 5.10:</b> Parámetros de vibración de la unidad de generación. ....	111
<b>Tabla 5.11:</b> Temperaturas del estator. ....	111
<b>Tabla 5.12:</b> Temperaturas de los rodamientos. ....	111
<b>Tabla 5.13:</b> Parámetros de la unidad de generación. ....	112
<b>Tabla 5.14:</b> Parámetros de la regulación de velocidad en operación. ....	113
<b>Tabla 5.15:</b> Porcentaje de apertura de los inyectores. ....	113
<b>Tabla 5.16:</b> Parámetros de las unidades de presión hidráulica. ....	113
<b>Tabla 5.17:</b> Modo de regulación de velocidad de la máquina. ....	113
<b>Tabla 5.18:</b> Detalle de los pasos para la parada normal de la mini central. ....	114
<b>Tabla 5.19:</b> Detalle de los pasos para la parada normal de la mini central. ....	115
<b>Tabla 5.20:</b> Valores iniciales de los equipos. ....	117
<b>Tabla 6.1:</b> Personal encargado del mantenimiento en la mini central. ....	122
<b>Tabla 6.2:</b> Códigos del plan de mantenimiento de la mini central. ....	124
<b>Tabla 6.3:</b> Detalle del cronograma. ....	131
<b>Tabla 6.4:</b> Partes que conforman la captación. ....	132
<b>Tabla 6.5:</b> Detalle de las actividades de la rejilla metálica. ....	132
<b>Tabla 6.6:</b> Detalle de las actividades del puente metálico. ....	133
<b>Tabla 6.7:</b> Detalle de las actividades de los muros de contención. ....	134
<b>Tabla 6.8:</b> Detalle de las actividades del azud. ....	135
<b>Tabla 6.9:</b> Detalle de las actividades del cimiento de hormigón. ....	135
<b>Tabla 6.10:</b> Detalle de las actividades de la compuerta metálica. ....	136
<b>Tabla 6.11:</b> Detalle de las actividades de enlace con fibra óptica. ....	137
<b>Tabla 6.12:</b> Detalle de las actividades de los equipos de video vigilancia. ....	138
<b>Tabla 6.13:</b> Procesos de revisión de la regleta de medición de nivel de agua. ....	138
<b>Tabla 6.14:</b> Procesos de revisión para cerramiento con malla galvanizada. ....	139





**Tabla 6.15:** Materiales y equipos para inspecciones de captación. .... 141

**Tabla 6.16:** Personal encargado del mantenimiento de captación. .... 142

**Tabla 6.17:** Partes del sistema de conducción de agua. .... 143

**Tabla 6.18:** Actividades de las canales de conducción a cielo abierto. .... 143

**Tabla 6.19:** Detalle de las actividades de los vertederos. .... 144

**Tabla 6.20:** Detalle de las actividades del desarenador. .... 145

**Tabla 6.21:** Secuencia de limpieza con la central en operación. .... 146

**Tabla 6.22:** Detalle de las actividades del acueducto. .... 146

**Tabla 6.23:** Detalle de las actividades de los túneles. .... 147

**Tabla 6.24:** Materiales y equipos para inspecciones del sistema de conducción de agua. .... 148

**Tabla 6.25:** Personal encargado del mantenimiento del sistema de conducción de agua. .... 149

**Tabla 6.26:** Partes del tanque de carga. .... 150

**Tabla 6.27:** Partes del tanque de carga. .... 150

**Tabla 6.28:** Detalle de las actividades de la compuerta metálica. .... 151

**Tabla 6.29:** Detalle de las actividades de la rejilla del tanque de carga. .... 152

**Tabla 6.30:** Detalle de las actividades del sensor de nivel del tanque de carga. .... 153

**Tabla 6.31:** Detalle de las actividades el puente de seguridad y limpieza. .... 154

**Tabla 6.32:** Detalle de las actividades del rack de comunicaciones. .... 155

**Tabla 6.33:** Detalle de las actividades del cargador de baterías. .... 156

**Tabla 6.34:** Detalle de las actividades del tablero de control del tanque de carga. .... 157

**Tabla 6.35:** Detalle de las actividades del servomotor y compuerta metálica. .... 158

**Tabla 6.36:** Detalle de las actividades de la escalerilla de acceso al canal. .... 159

**Tabla 6.37:** Detalle de las actividades de la escalerilla de acceso al canal. .... 159

**Tabla 6.38:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento. .... 161

**Tabla 6.39:** Personal encargado del mantenimiento del tanque de carga. .... 162

**Tabla 6.40:** Detalle de las partes de la tubería de presión. .... 163

**Tabla 6.41:** Detalle de las actividades del cuerpo de la tubería. .... 164

**Tabla 6.42:** Detalle de las actividades de los bloques de anclaje. .... 165

**Tabla 6.43:** Detalle de las actividades de las juntas de dilatación. .... 165

**Tabla 6.44:** Detalle de las actividades de la pista de hormigón. .... 166

**Tabla 6.45:** Detalle de las actividades de los apoyos de concreto. .... 167

**Tabla 6.46:** Detalle de las actividades del sensor de flujo de caudal. .... 167

**Tabla 6.47:** Detalle de las actividades de la caja de válvulas. .... 168

**Tabla 6.48:** Detalle de las actividades de gradas y cunetas de drenaje. .... 169

**Tabla 6.49:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento. .... 170

**Tabla 6.50:** personal encargado del mantenimiento de la tubería de presión. .... 171

**Tabla 6.51:** Detalle de las partes del generador. .... 172

**Tabla 6.52:** Detalle de las actividades del rotor – estator. .... 173

**Tabla 6.53:** Detalle de las actividades del equipamiento de control y protección. .... 174

**Tabla 6.54:** Detalle de las actividades del regulador automático de tensión. .... 175

**Tabla 6.55:** Detalle de las actividades del regulador automático de tensión. .... 178

**Tabla 6.56:** Detalle de las actividades de caja de conexiones y terminales. .... 178

**Tabla 6.57:** Detalle de las actividades del sistema de rodamientos. .... 179

**Tabla 6.58:** Detalle de las actividades del sistema de enfriamiento. .... 180

**Tabla 6.59:** Detalle de las actividades del sensor de temperatura. .... 181

**Tabla 6.60:** Detalle de las actividades de los sensores de vibración. .... 182

**Tabla 6.61:** Detalle de las actividades del sistema de engranajes. .... 182

**Tabla 6.62:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento del generador. .... 184

**Tabla 6.63:** Personal encargado del mantenimiento del generador. .... 185

**Tabla 6.64:** Partes que conforman la Turbina Pelton. .... 186

**Tabla 6.65:** Detalle de las actividades del Rodete. .... 186

**Tabla 6.66:** Detalle de las actividades de la válvula mariposa. .... 187

**Tabla 6.67:** Detalle de las actividades de la válvula bypass. .... 188

**Tabla 6.68:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje. .... 190

**Tabla 6.69:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje. .... 191

**Tabla 6.70:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje. .... 193





<b>Tabla 6.71:</b> Detalle de las actividades de la junta de desmontaje. ....	194
<b>Tabla 6.72:</b> Detalle de mantenimiento para la carcasa y toma de aire. ....	195
<b>Tabla 6.73:</b> Detalle de mantenimiento para la unidad hidráulica. ....	196
<b>Tabla 6.74:</b> Detalle de las actividades para el estator y el rotor. ....	197
<b>Tabla 6.75:</b> Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento de captación. ....	199
<b>Tabla 6.76:</b> Personal encargado del mantenimiento del generador. ....	200
<b>Tabla 6.77:</b> Detalle de las partes del gobernador de carga. ....	201
<b>Tabla 6.78:</b> Detalle de las partes del gobernador de carga. ....	202
<b>Tabla 6.79:</b> Detalle de las actividades del tanque de resistencias. ....	202
<b>Tabla 6.80:</b> Detalle de las actividades del sistema de enfriamiento PVS. ....	203
<b>Tabla 6.81:</b> Detalle de las actividades de la válvula hidráulica de enfriamiento. ....	203
<b>Tabla 6.82:</b> Materiales y equipos para la inspecciones del gobernador de carga LCX. ....	204
<b>Tabla 6.83:</b> Personal encargado del mantenimiento del gobernador de carga LCX. ....	205
<b>Tabla 6.84:</b> Partes que conforman el transformador. ....	206
<b>Tabla 6.85:</b> Detalle de las actividades del sistema de enfriamiento y carcasa. ....	207
<b>Tabla 6.86:</b> Detalle de las actividades de los termómetros de aceite y devanado. ....	208
<b>Tabla 6.87:</b> Detalle de las actividades del relé buchholz. ....	209
<b>Tabla 6.88:</b> Detalle de las actividades del tanque cilíndrico refrigerante de aceite. ....	209
<b>Tabla 6.89:</b> Detalle de mantenimiento de los bushings de BT y MT. ....	210
<b>Tabla 6.90:</b> objetivos de mantenimiento para los seccionadores. ....	211
<b>Tabla 6.91:</b> Detalle de las actividades para los pararrayos. ....	212
<b>Tabla 6.92:</b> Detalle de las actividades para la caja de conexiones y terminales. ....	213
<b>Tabla 6.93:</b> Materiales y equipos para la inspección del transformador de potencia. ....	214
<b>Tabla 6.94:</b> Cronograma de mantenimiento del transformador de potencia. ....	215
<b>Tabla 6.95:</b> Partes que conforman el puente grúa. ....	216
<b>Tabla 6.96:</b> Detalle de las actividades del teclé manual. ....	216
<b>Tabla 6.97:</b> Detalle de las actividades del trole. ....	217
<b>Tabla 6.98:</b> Detalle de las actividades de la viga. ....	218
<b>Tabla 6.99:</b> Detalle de las actividades de la riel. ....	218
<b>Tabla 6.100:</b> Detalle de las actividades de la ménsula. ....	219
<b>Tabla 6.101:</b> Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento del puente grúa. ....	220
<b>Tabla 6.102:</b> Personal encargado del mantenimiento del puente grúa. ....	221
<b>Tabla 6.103:</b> Detalle de las partes de los tableros de control. ....	222
<b>Tabla 6.104:</b> Detalle de las actividades del tablero de control del generador. ....	222
<b>Tabla 6.105:</b> Detalle de las actividades del tablero de servicios auxiliares. ....	224
<b>Tabla 6.106:</b> Detalle de las actividades del tablero breaker principal. ....	226
<b>Tabla 6.107:</b> Detalle de las actividades del tablero de puesta a tierra. ....	227
<b>Tabla 6.108:</b> Materiales y equipos para inspecciones, mantenimiento de los tableros de control. ....	229
<b>Tabla 6.109:</b> Personal encargado del mantenimiento de los tableros de control. ....	230
<b>Tabla 6.110:</b> Detalle de las partes de las celdas de MT. ....	231
<b>Tabla 6.111:</b> Detalle de las actividades del gabinete de las celdas de MT. ....	231
<b>Tabla 6.112:</b> Detalle de las actividades del equipamiento de control y protección. ....	232
<b>Tabla 6.113:</b> Detalle de las actividades de los transformadores de medición. ....	233
<b>Tabla 6.114:</b> Detalle de las actividades del disyuntor automático. ....	234
<b>Tabla 6.115:</b> Detalle de las actividades del medidor ION 8600. ....	235
<b>Tabla 6.116:</b> Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento de las celdas de MT. ....	236
<b>Tabla 6.117:</b> Personal encargado del mantenimiento de las celdas de MT. ....	237
<b>Tabla 6.118:</b> Vías de acceso a la mini central. ....	238
<b>Tabla 6.119:</b> Detalle de las actividades de la vía de acceso a la casa de máquinas. ....	238
<b>Tabla 6.120:</b> Detalle de las actividades de la vía de acceso al tanque de carga. ....	239
<b>Tabla 6.121:</b> Detalle de las actividades de la vía de acceso al acueducto. ....	240
<b>Tabla 6.122:</b> Detalle de las actividades de la vía de acceso a captación. ....	241
<b>Tabla 6.123:</b> Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento de las vías de acceso. ...	242
<b>Tabla 6.124:</b> Personal encargado del mantenimiento de las vías de acceso a la mini central. ....	242
<b>Tabla 6.125:</b> Partes que conforma la casa de máquinas. ....	243
<b>Tabla 6.126:</b> Detalle de las actividades de la infraestructura de la casa de máquinas. ....	244



<b>Tabla 6.127:</b> Detalle de las actividades de la cubierta de policarbonato. ....	245
<b>Tabla 6.128:</b> Detalle de las actividades de los muros de contención.....	246
<b>Tabla 6.129:</b> Detalle de las actividades de la malla galvanizada. ....	246
<b>Tabla 6.130:</b> Detalle de las actividades de las veredas. ....	247
<b>Tabla 6.131:</b> Detalle de las actividades de la puerta corrediza. ....	247
<b>Tabla 6.132:</b> Detalle de las actividades de los pasamanos. ....	248
<b>Tabla 6.133:</b> Detalle de las actividades del desfogue de agua. ....	248
<b>Tabla 6.134:</b> Materiales y equipos para el mantenimiento de las casa se máquinas. ....	249
<b>Tabla 6.135:</b> Personal encargado del mantenimiento de la casa de máquinas.....	250
<b>Tabla 6.136:</b> Partes que conforman el sistema de servicios auxiliares. ....	251
<b>Tabla 6.137:</b> Detalle de las actividades del cargador de baterías.....	252
<b>Tabla 6.138:</b> Detalle de las actividades del tablero de transferencia automática. ....	253
<b>Tabla 6.139:</b> Detalle de las actividades transformador de servicios auxiliares.....	254
<b>Tabla 6.140:</b> Detalle de las actividades de los circuitos de iluminación de emergencia. ....	254
<b>Tabla 6.141:</b> Detalle de las actividades de los circuitos de iluminación normal.....	255
<b>Tabla 6.142:</b> Detalle de las actividades de los circuitos de fuerza. ....	256
<b>Tabla 6.143:</b> Detalle de las actividades del sistema de video vigilancia. ....	256
<b>Tabla 6.144:</b> Materiales y equipos para la inspección de los servicios auxiliares. ....	257
<b>Tabla 6.145:</b> Personal encargado del mantenimiento de los servicios auxiliares.....	258
<b>Tabla 6.146:</b> Partes que conforman el sistema contra incendios.....	259
<b>Tabla 6.147:</b> Detalle de las actividades del panel de control, y módulo de monitoreo.....	259
<b>Tabla 6.148:</b> Detalle de las actividades del receptor de alarma IP. ....	260
<b>Tabla 6.149:</b> Detalle de las actividades del detector lineal de calor y sensor de humo.....	261
<b>Tabla 6.150:</b> Detalle de las actividades de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia. ....	262
<b>Tabla 6.151:</b> Detalle de las actividades de los gabinetes clase III. ....	263
<b>Tabla 6.152:</b> Detalle de las actividades de los extintores tipo C. ....	264
<b>Tabla 6.153:</b> Detalle de las actividades de las unidades del sistema hidráulico.....	264
<b>Tabla 6.154:</b> Detalle de las partes de las unidades del sistema hidráulico. ....	265
<b>Tabla 6.155:</b> Materiales, equipos para inspecciones del sistema contra incendios.....	266
<b>Tabla 6.156:</b> Personal encargado del mantenimiento del sistema contra incendios. ....	267
<b>Tabla 8.1:</b> Código de los planos de captación.....	272
<b>Tabla 8.2:</b> Código de los planos del sistema de conducción de agua ....	272
<b>Tabla 8.3:</b> Código de los planos del tanque de carga ....	272
<b>Tabla 8.4:</b> Código de los planos de la tubería de presión. ....	272
<b>Tabla 8.5:</b> Código de los planos del alternador. ....	272
<b>Tabla 8.6:</b> Código de los planos de la turbina. ....	273
<b>Tabla 8.7:</b> Código de los planos del gobernador de carga.....	273
<b>Tabla 8.8:</b> Código de los planos del transformador.....	273
<b>Tabla 8.9:</b> Código de los planos del puente grúa. ....	273
<b>Tabla 8.10:</b> Código de los planos de los tableros de control.....	274
<b>Tabla 8.11:</b> Código de los planos de los tablero y celda de media tensión. ....	274
<b>Tabla 8.12:</b> Código de los planos las vías de acceso. ....	274
<b>Tabla 8.13:</b> Código de los planos la casa de máquinas.....	274
<b>Tabla 8.14:</b> Código de los planos del sistema de servicios auxiliares. ....	274
<b>Tabla 8.15:</b> Código de los planos del sistema contra incendios. ....	275

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 2.1:</b> Central de agua fluyente.....	33
<b>Figura 2.2:</b> Presa Lcdo. Daniel Toral Vélez (El Labrado) de propiedad de .....	33
<b>Figura 2.3:</b> Central hidroeléctrica de embalse.....	35
<b>Figura 2.4:</b> Casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo, de propiedad de .....	36
<b>Figura 2.5:</b> Turbina Pelton de la central Ocaña .....	37
<b>Esquema 2.6:</b> Turbina Francis.....	38
<b>Esquema 2.7:</b> Curva del Ciclo de Vida.....	47
<b>Figura 3.1:</b> Captación de la Mini – Central Gualaceo.....	48
<b>Figura 3.2:</b> Desripador de la Mini – Central Gualaceo.....	49
<b>Figura 3.3:</b> Vertederos de la Mini – Central Gualaceo.....	49
<b>Figura 3.4:</b> Compuertas de los vertederos de la Mini – Central Gualaceo.....	50
<b>Figura 3.5:</b> Canales y túneles de conducción de agua de la Mini – Central Gualaceo.....	51
<b>Figura 3.6:</b> Desarenador de la Mini – Central Gualaceo.....	52
<b>Figura 3.7:</b> Acueducto de la Mini – Central Gualaceo.....	53
<b>Figura 3.8:</b> Tanque de carga de la Mini – Central Gualaceo.....	54
<b>Figura 3.9:</b> Rejilla del tanque de carga de la Mini – Central Gualaceo.....	54
<b>Figura 3.10:</b> Tubería de presión de la Mini – Central Gualaceo.....	55
<b>Figura 3.11:</b> Ducto o desfogue hacia la rápida.....	55
<b>Figura 3.12:</b> Casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo.....	56
<b>Esquema 4.1:</b> Partes del generador de la Mini – Central Gualaceo.....	58
<b>Esquema 4.2:</b> Diagrama de conexión del tablero de PT.....	60
<b>Figura 4.3:</b> Tablero de puesta a tierra de la casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo.....	61
<b>Figura 4.4:</b> Tablero de control del generador.....	61
<b>Esquema 4.5:</b> Pantalla menú principal. Muestra de contenido.....	62
<b>Figura 4.6:</b> Unidad del programador lógico controlado.....	64
<b>Figura 4.7:</b> Turbina Pelton de eje vertical.....	65
<b>Figura 4.8:</b> Carcasa de la turbina.....	66
<b>Figura 4.9:</b> Deflectores de la Mini – Central Gualaceo.....	67
<b>Figura 4.10:</b> Accionamiento mecánico de los deflectores.....	68
<b>Figura 4.11:</b> Rodete antes de su montaje en la casa de máquinas.....	69
<b>Figura 4.12:</b> Tablero de la turbina.....	70
<b>Figura 4.13:</b> Esquema de un inyector.....	72
<b>Figura 4.14:</b> Inyectores vistos desde la parte exterior de la unidad de generación.....	73
<b>Figura 4.15:</b> Inyectores vistos desde la parte interior de la unidad de generación.....	73
<b>Figura 4.16:</b> Indicador de posición válvula de enfriamiento.....	74
<b>Figura 4.17:</b> Tanque de resistencias con sistema de enfriamiento de agua.....	74
<b>Figura 4.18:</b> Termómetro del tanque de resistencias.....	75
<b>Figura 4.19:</b> Gobernador de carga LCX.....	77
<b>Esquema 4.20:</b> Circuito equivalente del transformador.....	78
<b>Figura 4.21:</b> Transformador 1,25MVA 480 V/22KV.....	78
<b>Figura 4.22:</b> Tablero de control.....	80
<b>Figura 4.23:</b> Válvula mariposa de la unidad de generación.....	82
<b>Figura 4.24:</b> Válvula de guardia posición abierta.....	83
<b>Figura 4.25:</b> Unidad hidráulica de control de la válvula mariposa.....	83
<b>Figura 4.26:</b> Sistema bypass de la unidad de generación.....	84
<b>Figura 4.27:</b> Conexiones del actuador de la válvula motorizada del Bypass.....	84
<b>Figura 4.28:</b> Sensores de nivel de presión del bypass.....	85
<b>Figura 4.29:</b> Celdas de media tensión de la Mini – Central Gualaceo.....	86
<b>Figura 4.30:</b> Vista frontal del puente grúa de la Mini – Central Gualaceo.....	86
<b>Figura 4.31:</b> Relé de protección P345.....	87
<b>Figura 4.32:</b> Relé de protección.....	88
<b>Figura 4.33:</b> Disposición del tablero general de protecciones.....	89
<b>Figura 4.34:</b> Vista del interior del tablero de general de protecciones.....	89
<b>Figura 4.35:</b> Interior del tablero de general protección, se detallan los elementos principales.....	90



<b>Figura 4.36:</b> Tablero de transferencia y banco de baterías. ....	91
<b>Figura 4.37:</b> Gabinetes clase III. ....	92
<b>Figura 4.38:</b> Válvula de diluvio y boquillas tipo abierto. ....	92
<b>Figura 4.39:</b> Tablero de servicios auxiliares. ....	93
<b>Figura 4.40:</b> Tablero TB2- sección AC. ....	93
<b>Figura 4.41:</b> Tablero TB2- sección DC. ....	94
<b>Figura 4.42:</b> Sensor de nivel del tanque de carga. ....	95
<b>Figura 4.43:</b> Compuerta del tanque de carga. ....	96
<b>Figura 4.44:</b> Tablero TB5 del tanque de carga ....	97
<b>Figura 4.45:</b> Tablero TB5 del tanque de carga interior. ....	97
<b>Figura 4.46:</b> Rack de comunicaciones del tanque de carga. ....	98
<b>Figura 4.47:</b> Toma de aire para evitar compresiones de aire. ....	99
<b>Figura 4.48:</b> Sensor de presión. ....	99
<b>Figura 5.1:</b> Residuos sólidos en los canales de conducción. ....	101
<b>Figura 5.2:</b> Captación y vertedero 1 de la Mini – Central Gualaceo. ....	101
<b>Figura 5.3:</b> Compuertas del desarenador de la mini central. ....	102
<b>Figura 5.4:</b> Compuerta del acueducto de la Mini – Central Gualaceo. ....	103
<b>Figura 5.5:</b> Limpieza de los canales de conducción de agua de la Mini – Central Gualaceo. ....	104
<b>Figura 5.6:</b> Pantalla de visualización del arranque de la mini central. ....	107
<b>Figura 5.7:</b> Sensor de nivel ubicado en el taque de carga. ....	108
<b>Figura 5.8:</b> Pantalla HMI en el tablero de control. ....	108
<b>Figura 5.9:</b> Diagrama del generador MARELLI. ....	109
<b>Figura 5.10:</b> Diagrama de la turbina. ....	110
<b>Figura 5.11:</b> Diagrama del tanque de carga. ....	112
<b>Figura 5.12:</b> Diagrama del regulador de velocidad. ....	112
<b>Figura 5.13:</b> Pantalla de visualización de parada normal de la mini central. ....	114
<b>Figura 5.14:</b> Pantalla de visualización de parada de emergencia de la mini central. ....	116
<b>Figura 5.15:</b> Botón de “PARO EMERGENCIA” en el tablero de control. ....	116
<b>Esquema 5.16:</b> Estados de operación. ....	119
<b>Esquema 6.1:</b> Niveles jerárquicos para el ingreso de información en SISMAC. ....	122
<b>Esquema 6.2:</b> Nivel 1 para el ingreso de información en SISMAC. ....	123
<b>Esquema 6.3:</b> Nivel 2 para el ingreso de información en SISMAC. ....	123
<b>Esquema 6.4:</b> Nivel 3 para el ingreso de información en SISMAC. ....	123
<b>Esquema 6.5:</b> Nivel 4 para el ingreso de información en SISMAC. ....	124
<b>Figura 6.6:</b> Pantalla de ingreso a SISMAC. ....	125
<b>Figura 6.7:</b> Pantalla de SISMAC. ....	125
<b>Figura 6.8:</b> Pantalla de SISMAC. ....	126
<b>Figura 6.9:</b> Pantalla para el ingreso de sistemas de la mini central. ....	126
<b>Figura 6.10:</b> Sistemas de la mini central. ....	127
<b>Figura 6.11:</b> Pantalla para el ingreso de equipos de la unidad de generación. ....	127
<b>Figura 6.12:</b> Equipos de la unidad de generación. ....	127
<b>Figura 6.13:</b> Pantalla para el ingreso de componentes del alternador. ....	128
<b>Figura 6.14:</b> Componentes de alternador de la unidad de generación. ....	128
<b>Figura 6.15:</b> Pantalla para asignar una tarea. ....	129
<b>Figura 6.16:</b> Pantalla para asignar la frecuencia a una tarea. ....	129
<b>Figura 6.17:</b> Tareas y frecuencia asignadas para captación. ....	130
<b>Figura 6.18:</b> Simbología de las normas INEN de seguridad requerida. ....	130
<b>Esquema 6.19:</b> Detalle de la rejilla de captación. ....	133
<b>Figura 6.20:</b> Partes del puente de la captación. ....	134
<b>Figura 6.21:</b> Muros de contención de la captación. ....	134
<b>Figura 6.22:</b> Azud de la captación. ....	135
<b>Figura 6.23:</b> Cimiento de la captación. ....	136
<b>Figura 6.24:</b> Compuerta metálica de captación. ....	137
<b>Figura 6.25:</b> Medidor de potencia de fibra óptica. ....	138
<b>Figura 6.26:</b> Regleta de medición de nivel de agua. ....	139
<b>Figura 6.27:</b> Cerramiento con malla galvanizada. ....	140





<b>Figura 6.28:</b> Detalle de las canales de conducción a cielo abierto.....	144
<b>Figura 6.29:</b> Detalle de los vertederos.....	145
<b>Figura 6.30:</b> Compuertas del desarenador.....	146
<b>Figura 6.31:</b> Detalle del acueducto.....	147
<b>Figura 6.32:</b> Túneles del sistema de conducción de agua.....	148
<b>Figura 6.33:</b> Detalle del tanque de carga.....	151
<b>Figura 6.34:</b> Detalle de la rejilla del tanque de carga.....	152
<b>Figura 6.35:</b> Detalle y ubicación del sensor de nivel del tanque de carga.....	153
<b>Figura 6.36:</b> Recomendaciones del sensor de nivel del tanque de carga.....	154
<b>Figura 6.37:</b> Detalle del rack de comunicaciones del tanque de carga.....	155
<b>Figura 6.38:</b> Detalle del cargador de baterías del tanque de carga.....	156
<b>Figura 6.39:</b> Detalle del cargador de baterías conectado a una PC.....	157
<b>Figura 6.40:</b> Detalle del tablero de control del tanque de carga.....	158
<b>Figura 6.41:</b> Detalle de la compuerta del tanque de carga.....	159
<b>Esquema 6.42:</b> Partes de la tubería de presión.....	164
<b>Esquema 6.43:</b> Partes de la junta de dilatación.....	166
<b>Esquema 6.44:</b> Detalle de la caja de válvulas.....	169
<b>Esquema 6.45:</b> Partes del generador.....	174
<b>Esquema 6.46:</b> Recomendaciones del fabricante del rotor y estator.....	174
<b>Esquema 6.47:</b> Sistema de puesta a tierra del generador.....	175
<b>Figura 6.48:</b> Tarjeta electrónica del regulador automático de tensión.....	176
<b>Esquema 6.49:</b> Diagrama de conexión del regulador automático de tensión.....	177
<b>Figura 6.50:</b> Partes de la unidad de generación.....	179
<b>Figura 6.51:</b> Partes del generador y sistema de rodamiento.....	180
<b>Esquema 6.52:</b> Recomendaciones del fabricante del rotor y estator.....	180
<b>Figura 6.53:</b> Detalle del sensor de vibración.....	182
<b>Esquema 6.54:</b> Detalle del sensor de velocidad.....	183
<b>Figura 6.55:</b> Detalle del rodete.....	187
<b>Figura 6.56:</b> Válvula mariposa.....	188
<b>Figura 6.57:</b> Detalle de la válvula bypass.....	189
<b>Figura 6.58:</b> Junta de desmontaje.....	190
<b>Figura 6.59:</b> Detalle de los inyectores.....	192
<b>Figura 6.60:</b> Detalle de los inyectores.....	192
<b>Figura 6.61:</b> Detalle del desplazamiento del inyector.....	192
<b>Figura 6.62:</b> Detalle de los deflectores.....	193
<b>Figura 6.63:</b> Detalle de los deflectores.....	194
<b>Figura 6.64:</b> Detalle del distribuidor.....	195
<b>Figura 6.65:</b> Detalle de la carcasa y toma de aire.....	196
<b>Figura 6.66:</b> Detalle de la UHP de los Inyectores.....	197
<b>Figura 6.67:</b> Detalle de la UHP de los deflectores.....	197
<b>Figura 6.68:</b> Recomendaciones del sensor de nivel del tanque de carga.....	197
<b>Figura 6.69:</b> Tablero de la turbina.....	198
<b>Figura 6.70:</b> Tablero de la válvula mariposa externa e interna.....	198
<b>Figura 6.71:</b> Partes del gobernador de carga.....	201
<b>Figura 6.72:</b> Esquema de la válvula de enfriamiento.....	204
<b>Esquema 6.73:</b> Partes del transformador de potencia.....	206
<b>Figura 6.74:</b> Termómetros para aceite y devanado.....	209
<b>Ilustración 6.75:</b> Termómetros para aceite y devanado.....	210
<b>Figura 6.76:</b> Partes del puente grúa.....	216
<b>Figura 6.77:</b> Detalle del trole del puente grúa.....	217
<b>Esquema 6.78:</b> Detalle de la ménsula.....	219
<b>Figura 6.79:</b> Parte interna del tablero del generador (TB1).....	224
<b>Figura 6.80:</b> Parte interna del tablero auxiliar AC.....	225
<b>Figura 6.81:</b> Parte interna del tablero auxiliar DC.....	225
<b>Figura 6.82:</b> Tablero de breaker principal.....	227
<b>Figura 6.83:</b> Parte interna del tableros de breaker principal.....	227



**Figura 6.84:** Tablero de puesta tierra..... 228  
**Figura 6.85:** Gabinete de las celdas de media tensión..... 232  
**Figura 6.86:** Relé MICOM P142..... 233  
**Figura 6.87:** Medidor ION 8600..... 235  
**Figura 6.88:** Vía de acceso a la casa de máquinas de la mini central..... 239  
**Figura 6.89:** Vía de acceso al tanque de carga de la mini central..... 240  
**Figura 6.90:** Vía de acceso al tanque de carga de la mini central..... 240  
**Figura 6.91:** Vía de acceso a la captación de la mini central..... 241  
**Figura 6.92:** Recomendaciones para las vías..... 241  
**Esquema 6.93:** Detalle de las partes de la casa de máquinas..... 244  
**Esquema 6.94:** Detalle de las partes de la casa de máquinas..... 245  
**Figura 6.95:** Partes del sistema de servicios auxiliares..... 251  
**Ilustración 6.96:** Detalle del cargador de baterías conectado a una PC..... 252  
**Figura 6.97:** Partes de la pantalla del cargador de baterías..... 253  
**Figura 6.98:** Partes del tablero de transferencia..... 253  
**Figura 6.99:** Detalle del panel de control, y módulo de monitoreo..... 260  
**Figura 6.100:** Detalle del receptor de alarma IP..... 261  
**Figura 6.101:** Detalle de detector lineal de calor y sensor de humo..... 262  
**Figura 6.102:** detalle de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia..... 263  
**Figura 6.103:** Detalle del gabinete clase III..... 263  
**Figura 6.104:** Extintor tipo C y sus instrucciones de uso..... 264  
**Figura 6.105:** Partes de la unidad del sistema hidráulico..... 265  
**Figura 6.106:** Partes de la unidad del sistema hidráulico..... 266  
**Figura 6.107:** Partes de la unidad del sistema hidráulico..... 266



Certifico que el trabajo de titulación “MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MINI – CENTRAL GUALACEO” ha sido desarrollada por los señores estudiantes Guamán García Ángel Jesús con C.I. 0302169925 y Pesantez Lozano Cristian Bolívar con C.I. 0302206354.

Cuenca, 10 de mayo de 2017

Ing. Juan Bautista Sanango Fernández  
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

**Guamán García Ángel Jesús**, autor/a del Trabajo de Titulación “**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MINI – CENTRAL GUALACEO**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **Ingeniero Eléctrico**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 10 de mayo de 2017

**Guamán García Ángel Jesús**

C.I: 0302169925





Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

**Pesantez Lozano Cristian Bolívar**, autor/a del Trabajo de Titulación "**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MINI – CENTRAL GUALACEO**", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **Ingeniero Eléctrico**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 10 de mayo de 2017

**Pesantez Lozano Cristian Bolívar**

C.I: 0302206354



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

Guamán García Ángel Jesús, autor/a del Trabajo de Titulación “**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MINI – CENTRAL GUALACEO**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 10 de mayo de 2017

Guamán García Ángel Jesús

C.I: 0302169925



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

**Pesantez Lozano Cristian Bolívar**, autor/a del Trabajo de Titulación “**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MINI – CENTRAL GUALACEO**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 10 de mayo de 2017

**Pesantez Lozano Cristian Bolívar**

C.I: 0302206354



## AGRADECIMIENTO

Al culminar este proyecto, quiero agradecer a mi director de tesis el Ing. Juan Sanango Fernández también a mi tutor el Ing. Carlos Durán Noritz por brindarme su confianza, apoyo y experiencia para realizar este labor, Y a la colaboración de los ingenieros, Víctor Sarango por ser nuestro guía, Marcelo Gomezcuello, Fabián Carrasco y la Sra. Malena Ávila por su apoyo y amistad.

A la EMPRESA ELECTROGENERADORA ELECAUSTRO S.A. de la mano de su gerente el Ing. Antonio Borrero Vega, para quien hago un afectuoso agradecimiento, por la oportunidad y las facilidades brindadas.

Y a mi compañero de trabajo Cristian Pesantez, por su amistad y humildad.

Ángel Guamán García



## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis seres queridos Manuel, Etelvina, Leonardo, Raúl, Carlos, Vicenta, Ricardo y a mis amigos que me han apoyado en todo momento de mi vida, brindándome su apoyo incondicional, para poder culminar exitosamente con mi carrera universitaria.

Ángel Guamán García



## AGRADECIMIENTO

Primeramente doy gracias a Dios por permitirme cumplir mis metas y darme las fuerzas para salir adelante.

A mis padres en especial a mi madre ya que ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, ha estado a mi lado en los buenos y malos momentos brindándome siempre su apoyo incondicionalmente.

A mis hermanos por los ánimos y su apoyo para continuar adelante.

Al Ing. Juan Sanango Fernández tutor de la presente tesis, por su amistad y ayuda.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. Carlos Durán por brindarnos su, amistad, apoyo, y confianza.

Al Ing. Víctor Sarango, por su ayuda, interés, guía, y colaboración.

A Malena Ávila por su amabilidad, apoyo y colaboración.

A mi compañero Ángel Guamán por su amistad, apoyo y trabajo en equipo que hemos llegado alcanzar este maravilloso logro.

Al Ing. Andrés Ochoa, por su apoyo, amistad, enseñanza y confianza.

Cristian Pesantez Lozano



## DEDICATORIA

Este trabajo de desarrollo técnico, que es producto de nuestro esfuerzo, dedicación y empeño, se lo dedico con mucho cariño a mis padres Bolívar y Rosario, mis hermanos Tnlgo. Fernando Pesantez, Lcda. Jenny Pesantez, Ing. William Pesantez, Jorge Pesantez, por todo su esfuerzo y sacrificio que me han ofrecido para superarme profesionalmente, para que éste logro se haga realidad; y sobre todo a mi esposa Mónica Campoverde y mi hijo Cristian Gabriel que fueron la motivación principal para alcanzar esta meta.

Cristian Pesantez Lozano



## CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES JUSTIFICACIÓN

### 1.1) Antecedentes

La Mini – Central se encuentra ubicada, en la comunidad Luis Cordero a 5km del cantón Gualaceo por la vía a Limón; usa las aguas del río San Francisco para la generación de electricidad. Es de propiedad de la Empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A, fue construida en el año 1968 por el Instituto Ecuatoriano de Electrificación INECEL.

Inicialmente generaba una potencia nominal de 232kW, mediante un grupo de generación, que tras operar 16 años, paraliza su operación aproximadamente por un periodo de 30 años, hasta febrero del 2015; mediante un convenio interinstitucional entre ELECAUSTRO y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable como un plan piloto para impulsar la recuperación de mini centrales en abandono; mientras que ELECAUSTRO, a más de cofinanciar el proyecto, ejecutó todos los procesos para el diseño así como para la construcción necesarios para lograr la recuperación de la Mini Central – Gualaceo, luego de cumplido el proceso está actualmente en operación.

Su salida de operación se produjo por no realizar los mantenimientos adecuados y no se contaba con la tecnología adecuada en lo que se debía disponer de mayor personal para su operación, por lo que no era tan rentable en aquel tiempo en lo cual algunas minicentrales quedaron en abandono.

Con la repotenciación se incrementó la capacidad de generación, entrega actualmente al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. una potencia nominal de 970kW, a través de la conexión al alimentador número 1523 para así, beneficiar directamente a los habitantes del cantón Gualaceo. Genera 7 GWh por año de energía limpia debido a que no origina emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub> u otros residuos contaminantes.

### 1.2) Justificación

Debido a que la minicentral está edificada a orillas del río San Francisco, siendo una hidroeléctrica ya construida se vio la necesidad de nuevamente ponerla en





funcionamiento, aprovechando el recurso hídrico para la producción de energía eléctrica, la energía producida por la minicentral se conecta a la red de media tensión, que cubre la demanda de sectores aledaños como Paute y Gualaceo.

Esta central al igual que las de mayor tamaño requieren planes de operación y mantenimiento, la Mini – Central Gualaceo es incluso más complejo, pues la central no es atendida por personal de operación, sino a través de tele – comando, por tal razón, el tema propuesto tiene la finalidad de elaborar un manual de operación y mantenimiento, en donde se pueda conocer su funcionamiento, sus componentes y tener en claro el proceso de mantenimiento de cada uno de los equipos que tiene esta central.

Este manual de operación y mantenimiento permitirá conocer y determinar la vida útil de los equipos y elementos, de esta manera garantizar un servicio continuo en la producción de energía eléctrica.

### **1.3) Alcance**

En el desarrollo de este proyecto se contempla analizar tanto la operación así como el mantenimiento de la Mini – Central Gualaceo, los cuales son los pilares fundamentales para tener una alta eficiencia y una vida útil prolongada de cada uno de los elementos que conforman la central.

En primera instancia se realizará un análisis del funcionamiento de cada uno de los elementos de la central, como son la parte mecánica, civil, eléctrica y electromecánica. A continuación se presenta los procesos de arranque, operación y parada, para luego elaborar un cronograma de mantenimiento en función de las recomendaciones de los fabricantes, con base en los catálogos de cada uno de los elementos. Dentro de este cronograma se deben tener en cuenta los diferentes tipos de mantenimiento sea: el predictivo, preventivo, en función de estos se ingresa los datos a un programa de sistema de mantenimiento asistido por computador (SISMAC), licencia de propiedad de ELECAUSTRO S.A.

Luego se procede a elaborar un manual para la operación de la central, teniendo en cuenta que es atendida directamente por tele – comando.



#### **1.4) Metodología**

El presente trabajo se basa en un método de investigación bibliográfico a fin de recopilar la información necesaria para entender el funcionamiento de los componentes de la central. Se recurrió a diferentes fuentes como son: los catálogos, que vienen con cada uno de los elementos o equipos que forman parte de la central, así como normas que se utilizan en las diferentes empresas.

Se conoció a través de entrevistas la experiencia adquirida por el personal de mantenimiento de otras centrales que pertenecen a ELECAUSTRO S.A. Durante la recopilación de datos se realizó un análisis para la mini – central, de manera que se tenga en cuenta todos los detalles y no pasen por alto ninguno de ellos. Con todos los datos disponibles se procedió a elaborar un esquema de mantenimiento, el cual luego será ingresado al programa SISMAC.

#### **1.5) Objetivo General**

Desarrollar un manual de Operación y Mantenimiento para la Mini – Central Gualaceo e integrar al software de mantenimiento SISMAC.

#### **1.6) Objetivos específicos**

1. Descripción del funcionamiento de los elementos de la central.
2. Descripción de las secuencias de arranque, operación y parada de la central.
3. Descripción de las distintas señales e indicadores que se deben tomar en cuenta en el arranque, operación y parada de la central.
4. Determinar diversos procesos de contingencia para cada uno de los eventuales disturbios que se puedan presentar.
5. Establecer planes de mantenimiento adecuados para la vida útil de los elementos que sean descritos por el fabricante.
6. Ingresar la información recopilada al software de mantenimiento SISMAC.



En la siguiente Tabla 1.1, se presentan las nomenclaturas y términos empleados en el presente trabajo.

**Tabla 1.1:** Nomenclaturas y términos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Nomenclatura
Non-Driving End	NDE
Driving End	DE
Supervisory Control and Data Acquisition	SCADA
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador	SISMAC
Igualdad, Desigualdad, Seguridad,	IDS
Transformador de Corriente	TC
Transformador de Potencial	TP
Unidad de Presión Hidráulica	UPH
Programador Lógico Controlado	PLC
Unidad de Supervisión de Proyectos	USUP
Mini Centrales Hidráulicas	MCH
Centrales Hidráulicas	CH
Centrales térmicas	TM
Instituto Nacional de Electrificación	INECEL
Electro Generadora del Austro	ELECAUSTRO
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	MEER
Interfaz Hombre Maquina	HMI
Tensión	V
Corriente	I
Unidad de Frecuencia	Hz
Tensión de Corriente Continua	VDC
Tensión de Corriente Alterna	VAC
Bus Serial Universal	USB
Red de Área Local	LAN
Protocolo de Internet	IP
Factor de Potencia	Fp
Regulador Automático de Tensión	AVR
Kilo Voltios	kV
Kilo Amperios	kA
Policloruro de vinilo	PVC



## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se realiza una breve introducción de los diferentes tipos de centrales, sus componentes, formas operativas, rendimiento económico, además de los tipos de mantenimientos.

### **2.1) Centrales hidroeléctricas**

En el campo de las energías renovables la que más atención ha recibido en el transcurso del tiempo han sido las centrales hidroeléctricas, con la finalidad de generar energía eléctrica a un bajo costo, a diferencia de su etapa de construcción que tiene inversiones altas y tiempos largos de construcción.

Una central hidroeléctrica es una instalación que permite aprovechar las masas de agua que circulan por los ríos, la cual es transformada por turbinas en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica por el generador, es un proceso de transformación para el aprovechamiento de energía utilizando recursos autosustentables.

La energía hidráulica tiene un impacto ambiental bajo, debido a que no produce emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) contaminantes, por ello sustituye a los combustibles de origen fósil, nuclear, por lo que estos producen desechos tóxicos, debido a su operación y mantenimiento.

Se busca además tecnologías que permitan obtener energía eléctrica a partir de otros recursos como es el caso de la energía solar, geotérmica, mareomotriz, entre otras; permitiendo de esta manera cambiar el modelo actual de la generación eléctrica.

### **2.2) Clasificación de las centrales hidroeléctricas**

#### **2.2.1) Según el tipo de captación de agua**

##### **2.2.1.1) Centrales de agua fluyente**

Es aquel aprovechamiento en el que se desvía una parte del río y son conducidas mediante ductos o canales, hasta un pequeño reservorio llamado tanque de carga o de presión, para luego trasladar a una tubería de presión hacia la sala de turbinas, posteriormente el agua es devuelta al río, mediante un

canal de descarga. En la Figura 2.1, se observa una representación de una central de agua fluyente.



**Figura 2.1:** Central de agua fluyente.

**Fuente:** <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/8406/FullInformatiuMinicentral.pdf>.

### 2.2.1.2) Centrales de embalse

Es la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales como se ve en la Figura 2.2, la cual almacena una gran cantidad de volumen de agua, esto permite graduar la cantidad de agua que pasa hacia las turbinas, con estos embalses se puede obtener mayor factor de planta en comparación con centrales de agua fluyente. Estas centrales pueden tener su casa de máquinas a pie de presa o alejadas del embalse.



**Figura 2.2:** Presa Lcdo. Daniel Toral Vélez (El Labrado) de propiedad de Electro Generadora del Austro “ELECAUSTRO S.A.”

**Fuente:** Dirección de Producción (ELECAUSTRO S.A.).



### **2.2.1.3) Centrales de bombeo**

Estas corresponden a sistemas de dos embalses, uno superior y otro inferior, en donde se bombea agua al almacenamiento superior en los periodos de menor demanda con energía barata, para dejar caer el agua en los periodos de mayor demanda, el ciclo puede ser horario, diario, mensual, estacional o anual.

### **2.2.1.4) Centrales en canal de riego**

Son aquellas que utilizan el desnivel existente de un canal de riego, mediante la instalación de una tubería forzada, paralela a la conducción en lo cual se conduce el agua hasta la central para realizar el proceso de generación de energía eléctrica, y devolver el agua posteriormente a su curso normal al canal.

## **2.2.2) Según el salto y el caudal**

### **2.2.2.1) Centrales de alta presión**

Para este tipo de centrales se realiza mediante un salto de agua superior a los 200m de altura, los caudales utilizados por cada turbina son de alrededor de 20m<sup>3</sup>/s.

### **2.2.2.2) Centrales de mediana presión**

Para las centrales de mediana presión los saltos de agua que varían entre los 20m y 200m de altura, los caudales utilizados pueden variar alrededor de los 200m<sup>3</sup>/s por turbina.

### **2.2.2.3) Centrales de baja presión**

Para este tipo de centrales con saltos de agua inferiores a 20m de altura, los caudales utilizados pueden variar alrededor de 300m<sup>3</sup>/s por turbina.

## **2.2.3) Según la capacidad instalada**

En la Tabla 2.1, se presenta la clasificación de las centrales de acuerdo a su capacidad de generación.

**Tabla 2.1:** Clasificación de las centrales hidroeléctricas según su capacidad instalada.

**Fuente:** <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/8406/FullInformatiuMinicentral.pdf>.

Clase	Rango de potencia
Pico Hidroeléctrica	Hasta 10kW
Micro Hidroeléctrica	Entre 10 a 100kW
Mini Hidroeléctrica	Entre 100kW a 1MW
Pequeña Hidroeléctrica	Entre 1MW a 10MW
Mediana Hidroeléctrica	Entre 10MW a 100MW
Grande hidroeléctrica	Superior a 100MW

### 2.3) Componentes de una mini central hidroeléctrica

Los elementos de una mini central se muestra en la Figura 2.3 en lo cual se observa: obras de captación o azud, canales de conducción a cielo abierto o cerrado, tanque de carga, tubería de presión, en la casa de máquinas en la que se alojan los equipos tales como: la turbina hidráulica, el alternador eléctrico, la subestación eléctrica de interconexión y canal de descarga, generalmente componen una mini central hidroeléctrica.



**Figura 2.3:** Central hidroeléctrica de embalse.

**Fuente:** [http://dl.idae.es/Publicaciones/10374\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_A2006.pdf](http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Minicentrales_hidroelectricas_A2006.pdf)

A continuación se describe las componentes que conforman una mini central hidroeléctrica.

#### 2.3.1) Instalación de la obra civil

Están conformadas por captación: canal de conducción, desarenador, tanque de carga, tubería de presión, casa de máquinas.

##### 2.3.1.1) Captación

Sirve para desviar parte del caudal del río que será utilizado para la mini central hidroeléctrica.



### 2.3.1.2) Canal de conducción

Sirve para conducir el agua desde la captación hasta la cámara de carga, son revestidos de cemento, tubos de PVC (Policloruro de vinilo), entre otros.

### 2.3.1.3) Desarenador

Evita que las piedras o sedimentos que trae el agua ingresen a la tubería de presión y a la turbina.

### 2.3.1.4) Tanque de carga

Conexión entre el sistema de conducción de agua y la tubería de presión.

### 2.3.1.5) Tubería de presión

Mediante esta tubería se transporta el agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas estas pueden ser construidas en acero, tubos de PVC, o polietileno, de acuerdo a las presiones de transporte.

### 2.3.1.6) Casa de máquinas

Es donde se encuentran instalados los equipos de generación y control, para realizar la conversión de energía mecánica en energía eléctrica para evacuar a través de la subestación. En la Figura 2.4, se observa la casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo.



**Figura 2.4:** Casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo, de propiedad de Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.



## 2.3.2) Turbina – Generador

### 2.3.2.1) Turbina

Es un elemento que transforma la energía cinética en mecánica mediante un flujo de agua a presión, el cual impulsa una serie de palas del rodete que es su componente principal de la turbina<sup>1</sup>.

Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos

#### a) Turbinas de acción

Son aquellas en que el fluido no sufre ningún cambio de presión a través de su paso por el rodete, se caracteriza por tener una presión de agua máxima en la entrada y la salida del rodete.

Para aplicaciones de gran altura, utiliza la energía cinética de un chorro de alta velocidad, entre estas tenemos la turbina Michel – Banki con un rendimiento del 85%, la turbina Pelton con un rendimiento entre 80 – 90%.

Las turbinas Pelton son adecuadas para las caídas de agua de gran altura y para los caudales relativamente pequeños, las instalaciones más habituales es la de eje horizontal como se observa en la Figura 2.5.



**Figura 2.5:** Turbina Pelton de la central Ocaña

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

---

<sup>1</sup> <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>

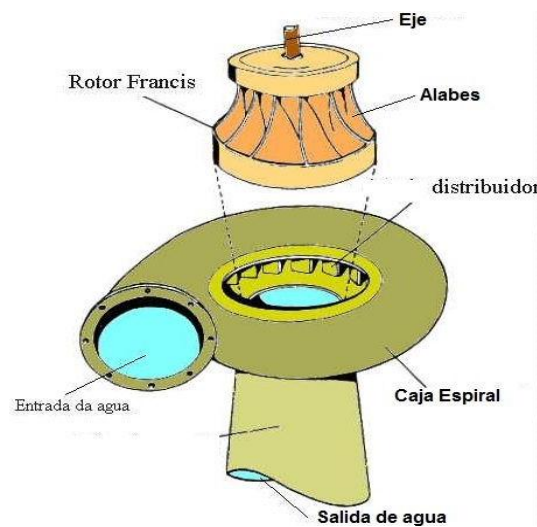
## b) Turbinas de reacción

Son aquellas en el que el fluido sufre un cambio de presión considerable en su paso por el rodete, se utilizan para aplicaciones de baja y media altura, entre estas tenemos las turbinas Kaplan y Francis con rendimientos sugeridos al 90%.

La turbina Kaplan se usa en saltos de pequeña altura con caudales medianos y grandes, se pueden instalar tanto con el eje en posición vertical como horizontal.

Las turbinas Francis pueden ser instaladas con el eje en posición horizontal o vertical pero en general, la disposición más habitual es la de eje vertical.

En el Esquema 2.6, se aprecia las partes de la turbina Francis.



**Esquema 2.6:** Turbina Francis.

**Fuente:** <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>.

### 2.3.2.2) Generador

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica<sup>2</sup>, lo consigue mediante la interacción de dos elementos principales, la parte móvil llamada rotor, y la parte estática que se denomina estator.

Los generadores eléctricos más comunes que se utilizan en las centrales hidroeléctricas son los síncronos las cuales se clasifican en:

<sup>2</sup> <http://generadoreselectricos.info/funcionamiento/>



**a) Generador síncrono de polos salientes**

Estos suelen ser los generadores más empleados en las centrales hidráulicas, debido al alto número de polos (más de 6 polos), esta característica hace que su velocidad de trabajo sea baja; el tamaño depende de la aplicación.

**b) Generador síncrono de rotor cilíndrico**

Estos generadores trabajan a altas velocidades debido a que cuentan con 2 o 4 polos, son utilizados en las centrales térmicas tales como, turbinas a vapor o a gas debido a las velocidades de generación del motor.

**2.4) Subestación de interconexión**

El objetivo es elevar la tensión al nivel de la línea existente con las mínimas pérdidas posibles mediante un transformador, pueden contar con un sistema de refrigeración natural o por circuito cerrado de aceite entre otras.

Es uno de los elementos fundamentales en el subsistema, la transformación puede ser baja/media o media/alta tensión.

Tiene además disyuntores y seccionadores que se emplean para la conexión y desconexión del transformador con la red; los pararrayos actúan como descargadores a tierra de las fallas atmosféricas o dinámicas. Estos equipos hacen posible conectarse a la línea eléctrica de distribución transportando la energía producida a los centros de carga o consumo.

**2.5) Elementos de regulación y control**

La instalación de estos elementos es fundamental ya que se puede regular y controlar el buen funcionamiento de la central, los equipos de control para el caso del generador son: PLC (Controladores Lógicos Programables), AVR (Regulador Automático de Tensión), TC's (Transformadores de Corriente), TP's (Transformadores de Potencia), como otros elementos que son de gran utilidad para la regulación y control.



## 2.6) Tele comando

Permite controlar y operar una central desde un CRC (Centro Remoto de Control), por parte del personal autorizado a través de una conexión alámbrica (cobre, fibra óptica) o inalámbrica (Wireless, Wifi), el caso de la Mini – Central Hidroeléctrica Gualaceo es controlada a través de un mando remoto desde la Central Térmica El Descanso mediante el sistema SCADA con un enlace de fibra óptica.

## 2.7) Ventajas y desventajas de las mini centrales hidroeléctricas

A continuación se describe las ventajas que se presentan en las mini centrales hidroeléctricas que en adelante la llamaremos (MCH):

- No necesitan combustible ya que utilizan la fuerza del agua, que es un recurso renovable.
- No contamina el medio ambiente debido a que no produce gases contaminantes en su funcionamiento.
- Su trabajo es continuo.
- Muchas veces los embalses de las centrales tienen otras utilidades importantes: suministrar agua a las poblaciones próximas, riego, protección contra las inundaciones.
- Tienen costos de operación y mantenimientos bajos.

Las principales desventajas se enumeran las siguientes:

- Tiempos largos de construcción.
- La energía eléctrica está influenciada por las condiciones meteorológicas y puede variar de acuerdo a la estación.
- Los costos de inversión por kilovatio instalado son elevados comparando con otra energía.

## 2.8) Formas operativas

Existen muchas formas de operación de las MCH, a continuación se describen las más importantes considerando la operación de la Mini – Central Gualaceo,



tomando en cuenta la seguridad del personal así como los diferentes elementos que conforman la central.

### 2.8.1) Manual

El control manual se caracteriza por necesitar un operador que debe manipular directamente ya sea un interruptor, pulsar un botón, para que se efectúe cualquier cambio en las condiciones de funcionamiento de la máquina.

El operador inicia el proceso de generación “paso a paso” de forma manual tomando en consideración las condiciones iniciales, realiza ajustes en los equipos como son: válvulas, motores, transductores entre otras.

### 2.8.2) Automático

El sistema opera por sí solo, efectuando los cambios necesarios durante su funcionamiento de acuerdo a las variables que se plantea y se adapta de acuerdo a las circunstancias. Así se reemplaza el operador por dispositivos tecnológicos que operan en el sistema como son: relés, válvulas motorizadas, válvulas solenoides, actuadores, interruptores, motores, etc., el proceso de arranque, parada de la máquina es automática.

La operación de la Mini – Central Gualaceo se realiza de dos formas, asignando desde el selector local instalado en el panel de control del tablero.

**Nivel Automático Local:** Se trasladara el mando al HMI para realizar el proceso de arranque y parada, deshabilitando el control desde la Central Térmica el Descanso.

**Nivel Automático Remoto:** En esta posición se traslada el mando al sistema SCADA, ubicado en la Central Térmica el Descanso, quedando señalizada la posición de automático remoto, el HMI se mantiene habilitado.



## **2.9) Rendimiento económico que representa para la empresa ELECAUSTRO S.A.**

Los costes de operación y mantenimiento de la unidad de generación son bajos, aprovechando al máximo la energía primaria y convirtiéndola en energía eléctrica, por lo que alcanza un alto grado de rendimiento para las generadoras.

En la Mini – Central Gualaceo debido a que cuenta con equipos sofisticados, tecnología avanzada hace que no exista mayor cantidad de personal en operación, por lo que se tiene un rendimiento económico bastante aceptable hacia la empresa generadora como es ELECAUSTRO S.A.

Las empresas generadoras de energía toman medidas específicas para una óptima producción, la operación de los equipos deben ser técnicamente confiables.

## **2.10) Conceptos de generación distribuida**

Son sistemas que se conectan a una red de distribución, en lugares próximos a las cargas con la cual reducen pérdidas al disminuir los flujos de energía en el transporte. Además se caracterizan por ser instalaciones y fuentes de generación eléctrica con una potencia menor en comparación con las grandes centrales como son: centrales de combustibles fósiles o grandes hidroeléctricas en la que tienen un rendimiento energético bajo.

La Agencia Internacional de la energía (IEA, International Energy Agency), en 2002, define como la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directa a la red de distribución, en mediana o baja tensión.

La Mini – Central Gualaceo por estar conectada a la red de distribución y aportar directamente la energía, está considerada como parte de la generación distribuida.



### **2.10.1) Ventajas y desventajas de la generación distribuida en los sistemas de distribución**

Ventajas que se presentan en la generación distribuida:

- En aspectos ambientales reducen el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) debido a que utiliza fuentes de energía renovales.
- Mediante este sistema se disminuyen costos de inversión en transmisión y distribución.
- En momentos de demanda máxima aporta para cubrir los picos de carga en la red de distribución.
- Mientras más cerca este el punto de generación con la red de distribución las pérdidas serán menores reduciendo el flujo de potencia y mejorando el perfil de tensión.

Las desventajas que se presentan en la generación distribuida se mencionan a continuación:

- El costo de inversión es muy alto.
- El sistema de generación distribuida requiere una coordinación de datos más complejos.
- Un exceso de generación puede incrementar las pérdidas en la red de distribución afectando a los flujos de potencia.
- Con la presencia de flujos bidireccionales pueden ocasionar problemas en los transformadores de distribución con cambiadores de TAP.
- La posibilidad de incrementar armónicos.

### **2.10.2) Modalidades de conexión de la generación distribuida**

#### **2.10.2.1) Sistema conectado a red de distribución**

Opera en paralelo con la red de distribución de baja o media tensión, a una frecuencia de  $60Hz$ , como es el caso de la Mini – Central Gualaceo, que está conectado al alimentador número 1523 de la línea de media tensión de  $22kV$ .



### **2.10.2.2) Intercambio de energía con la red**

Un usuario del servicio eléctrico que posea una central de generación distribuida, puede intercambiar la energía con la red, es decir puede aportar o suministrar energía hacia la red cuando tenga la posibilidad de generar y de esta manera evitar la congestión de las horas picos que normalmente se dan por las mañanas, al medio día, o por las noches; en caso de que no tenga la posibilidad de generar de la misma manera recibirá energía de la red de distribución de esta manera habrá un intercambio de energía.

### **2.10.2.3) Micro red, lugares remotos**

Generalmente no se conectan a la red de distribución debido a la distancia, los tendidos de las redes a grandes distancias presentan costos muy elevados y las pérdidas se incrementan, debido a que los grupos de generación a diésel son un constante gasto para estas poblaciones que muchas veces son de bajos recursos.

Las energías renovables no convencionales tales como son: la eólica, solar, la hidráulica a pequeña escala han demostrado ser apropiadas para el servicio a poblaciones rurales formando parte de una micro red, en la que son recursos locales y no necesitan una inversión de combustible fósil.

## **2.11) Mantenimiento**

El propósito del mantenimiento es alargar la vida útil de una instalación, debido a que con el transcurso del tiempo sufren una serie de desgastes.

El objetivo es: “Conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad, al mínimo coste, con el máximo nivel de seguridad para el personal y con una mínima degradación del medio ambiente “. <sup>3</sup>

### **2.11.1) Tipos de mantenimiento**

Los tipos de mantenimientos principales se describen a continuación:

---

<sup>3</sup> “Propuesta para la Gestión de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Ocaña” Gómez Muños Geovanny Patricio y Méndez Peñalosa Gino Fabricio, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana, Pg. 20





- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo

### **2.11.1.1) Mantenimiento Correctivo**

Una vez que se ha producido la falla se procede con la reparación, es decir se repara la máquina cuando ha fallado, estas reparaciones pueden ser de periodos cortos o largos dependiendo del tipo de daño que se ha producido, pueden tener los siguientes inconvenientes:

- Incremento de consumo de repuestos.
- Reduce la vida útil de los componentes de la máquina.
- Falta de repuestos.
- Reparaciones de baja calidad y pocos fiables.

### **2.11.1.2) Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento utiliza rutinas de inspección periódica, la cuales consiste en programar revisiones de los equipos dando su respectiva limpieza y calibración de la forma adecuada lo cual se controla mediante inspecciones visuales, control de la lubricación, control de la corrosión, etc.

El propósito es prevenir cualquier falla que pueda ocurrir durante la operación, por lo que se debe detectar la falla en su fase inicial y corregirlas de manera oportuna.

Mediante lo mencionado anteriormente trae consigo algunas ventajas:

- Disminuye las paradas de operación.
- Alarga la vida útil de las máquinas.
- Incrementa la productividad.

Como desventajas tenemos lo siguiente:

- Puede realizarse reparaciones y sustituciones de elementos que no serían totalmente necesarios.
- Si no realiza un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el coste de mantenimiento sin obtener mejoras.



### 2.11.1.3) Mantenimiento Predictivo

Es una técnica utilizada para pronosticar una falla en un componente de una máquina, de tal forma que se lo pueda reemplazar planificadamente según las recomendaciones de vida útil proporcionadas por el fabricante.

De esta manera se logra que el tiempo muerto del equipo se minimice y la vida útil del equipo se maximice, para lograr esto es necesario utilizar herramientas y técnicas de monitoreo de diversos parámetros físicos, alcanzando niveles de producción óptimo.<sup>4</sup>

A continuación los beneficios que presenta este tipo de mantenimiento:

- Mas continuidad en la operación, si en la primera revisión se detecta algún cambio, se programa otra pequeña pausa para instalarlo, en lo cual se puede mantener una continuidad entre revisiones.
- Más confiable al utilizar aparatos y personal calificado los resultados son más exactos.
- Requiere menos personal.
- Los repuestos duran más tiempo.

Las desventajas que presenta son las siguientes:

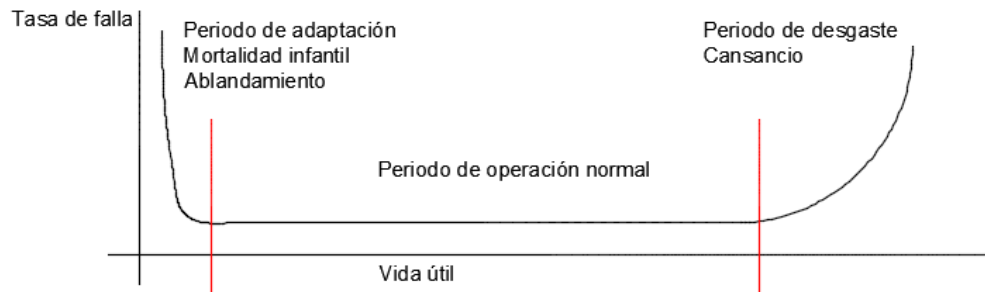
- Requiere equipos especiales y costosos.
- Se necesita personal más calificado.
- Costosa su implementación de mantenimiento.

### 2.12) Ciclo de vida

El ciclo de vida depende de cada funcionamiento de equipo y el mantenimiento, con el paso del tiempo presenta tres estándares de falla que se conoce como curva de bañera o como “Curva del Ciclo de Vida “

---

<sup>4</sup> ELOLA, Luis Navarro, PASTOR, Ana, MUGABURU Jaime, Gestión Integral de Mantenimiento, 1ra edición, 1997



Esquema 2.7: Curva del Ciclo de Vida. <sup>5</sup>

### 2.12.1) Mortalidad infantil

Es debido a los materiales de mala calidad utilizados, la adaptación de los equipos en la fase inicial, falta de conocimiento de los elementos por parte del personal en la que generan fallas en el arranque, operación, entre otras son la causa principal, esta presenta una baja confiabilidad y alta frecuencia de falla en la que se considera mortalidad infantil.

### 2.12.2) Vida útil o periodo de operación normal

Es donde la máquina normalmente opera, en la que consta de materiales adecuados de tecnología eléctrica, electrónica, mecánica, donde los periodos de falla son al azar o aleatorios.

### 2.12.3) Desgaste por envejecimiento

Esto se da debido al desgaste mecánico, eléctrico, electrónico que conforma una fábrica lo cual presenta una disminución de la confiabilidad y un crecimiento de fallas, como los procesos de desgaste, corrosión, que mayormente son irremediables.

<sup>5</sup> "Propuesta para la Gestión de Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Ocaña" Gómez Muños Geovanny Patricio y Méndez Peñaloza Gino Fabricio, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana, Pg. 27

### CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA CIVIL DEL SISTEMA

Desde la captación del río San Francisco, desripiador, vertederos, desarenador, acueducto, canal de conducción, tanque de carga, y la casa de máquinas, se concentra la mayor parte de la obra civil, lo cual se describe a continuación.

#### 3.1) Captación

La captación de la Mini – Central Gualaceo se observar en la Figura 3.1, se encuentra construida en el río San Francisco, a diferencia de las obras de captación con embalse, captan un cierto nivel de agua sin almacenarla, aprovechando de esta forma el caudal del río, el grado de sedimentación debe ser lo menor posible para minimizar los costos de mantenimiento en la operación y proveer algunas medidas de protección ante daños o bloqueos por la entrada de sedimentos.



**Figura 3.1:** Captación de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

##### 3.1.1) Desripiador

Es una cámara que sirve para remover las partículas sólidas como grava y arena que se acarrean con el agua, la construcción de un desripiador es imprescindible en una obra de captación, a fin de evitar que los materiales sólidos que ingresa por la rejilla pase a los canales de conducción y los disminuya su sección, tomando en cuenta que el diámetro de las partículas arrastradas hacia el

desripiador, dependen directamente de la abertura de la rejilla como se puede apreciar en la Figura 3.2.



**Figura 3.2:** Desripiador de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.2) Vertederos

El vertedero hidráulico o aliviadero es una estructura destinada a permitir el paso, libre o controlado del agua en los escurrimientos superficiales, siendo el aliviadero exclusivo para el desagüe.

En la minicentral existen 6 vertederos tipo rectangulares de los cuales 4 tienen compuertas mecánicas de apertura y cierre, que se utilizan para detener la central o para limpiar los residuos sólidos que se encuentran en las canales, a continuación se presenta en la Figura 3.3 los vertederos de la mini central.



**Figura 3.3:** Vertederos de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.3) Compuerta.

Las compuertas de aliviadero, consisten de una placa metálica de cara plana empotrada, son accionadas manualmente por el guardia de turno, a través de un volante metálico; el funcionamiento se realiza mediante un tornillo sin fin.

Este ejemplo se da en la central Gualaceo, lo cual existen compuertas en lugares estratégicos para la operación, para la parada normal y emergencia, se tiene la compuerta denominada C007\_GUAL en el acueducto la cual desvía todo el caudal hacia el río, y evitar daños de los equipos, además en varios vertederos hay compuertas para la limpieza cuando se encuentra con arena, hojas u otros residuos, en la Figura 3.4 se presentan las compuertas ensambladas en las canales de la mini central.



**Figura 3.4:** Compuertas de los vertederos de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Para la apertura/cierre de las compuertas, se debe realizar coordinadamente, debido a que puede presentarse varios inconvenientes, entre ellos, desborde del agua por los vertederos y así caer en terrenos lo cual ocasiona deslaves.

Para seguridad/manipulación de las compuertas, y evitar que personas particulares hagan mal uso de las compuertas, hay cadenas, candados de seguridad para así evitar inconvenientes.



### 3.4) Túneles, Canal

Entre la captación y el tanque de carga hay una distancia de 2,5 km, en el recorrido se presenta tramos con canal a cielo abierto, acueducto y túneles; transportan 710L/s, en la Figura 3.5 se pueden observar los tramos de túneles y canales de conducción de agua.

En la conducción a cielo abierto tiene riesgos, ya que se puede contaminar con facilidad, caer en ellos residuos sólidos, deslizamientos de tierra y la posibilidad de caerse una persona, como también animales que circulen por la zona.



**Figura 3.5:** Canales y túneles de conducción de agua de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.5) Desarenador, Bypass

El desarenador en la mini central tiene una capacidad de 233,75m<sup>3</sup>, lo cual retiene sedimentos que se captan conjuntamente con el agua del río San Francisco, el desarenador es un componente destinado a la remoción de los mencionados sedimentos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de decantación.

Consiste en un ensanchamiento del canal de pretratamiento, en donde la velocidad del agua disminuye lo necesario para permitir la sedimentación de las partículas discretas, pero no lo suficiente para que se presente asentamiento de la materia orgánica como son: hojas o ramas.

La longitud total del desarenador se divide en tres tramos que son: entrada, decantación y salida. Para el funcionamiento correcto del desarenador es



importante distinguir estas longitudes, además de las profundidades de decantación y de recolocación, que sirven para poder retener una cierta cantidad de sedimentos recolectados.

El desarenador debe garantizar el continuo funcionamiento de la mini central, para su limpieza se abren las compuertas de manera sincronizada, mediante el bypass se continúa la conducción del agua para no interrumpir la operación de la mini central, mientras se realiza la limpieza de la arena acumulada. En la Figura 3.6 se puede apreciar el desarenador y el bypass.



**Figura 3.6:** Desarenador de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.6) Acueducto

Es uno de los elementos de la conducción, al ingreso tiene una compuerta como se observa en la Figura 3.7, ya que si se produce un falla durante la operación o parada de emergencia, la compuerta del acueducto es la primera que se debe abrir pues tiene una capacidad de desviar toda el agua de los canales o conductos hacia el río.



**Figura 3.7:** Acueducto de la Mini – Central Gualaceo.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez

### 3.7) Tanque de carga

El tanque de carga de la mini central tiene la capacidad de almacenar  $286,79m^3$ , lo que compensa la variación del caudal durante la fase de operación, tiene la función de enviar el agua por la tubería de presión hacia la casa de máquinas.

Otras funciones es impedir la entrada de material sólido de arrastre y flotante hacia la tubería de presión, es decir, puede actuar como desarenador, además mantiene una altura de agua suficiente para evitar la entrada de aire en la tubería de presión, en la Tabla 3.1, que se presenta a continuación, se presentan las dimensiones del tanque de carga.

**Tabla 3.1:** Dimensiones del tanque de carga.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Valores
Ancho	6,50m
Longitud aproximada	21,30m
Profundidad	3,54m
Volumen aproximado	$286,79m^3$
Rejilla metálica	1mx1m

En la Figura 3.8, se presenta el tanque de carga vacío, donde se visualiza una rejilla tipo malla para retener hojas o material flotante, consta de puentes de acceso del personal para realizar la limpieza de materiales sólidos acumulados.



**Figura 3.8:** Tanque de carga de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.7.1) Rejilla del tanque de carga

Su principal función es impedir que el material ajeno como hojas, ramas, grava, ingresen a la tubería de presión y cause daños a la generación, en la Figura 3.9, se puede observar la rejilla del tanque de carga.



**Figura 3.9:** Rejilla del tanque de carga de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

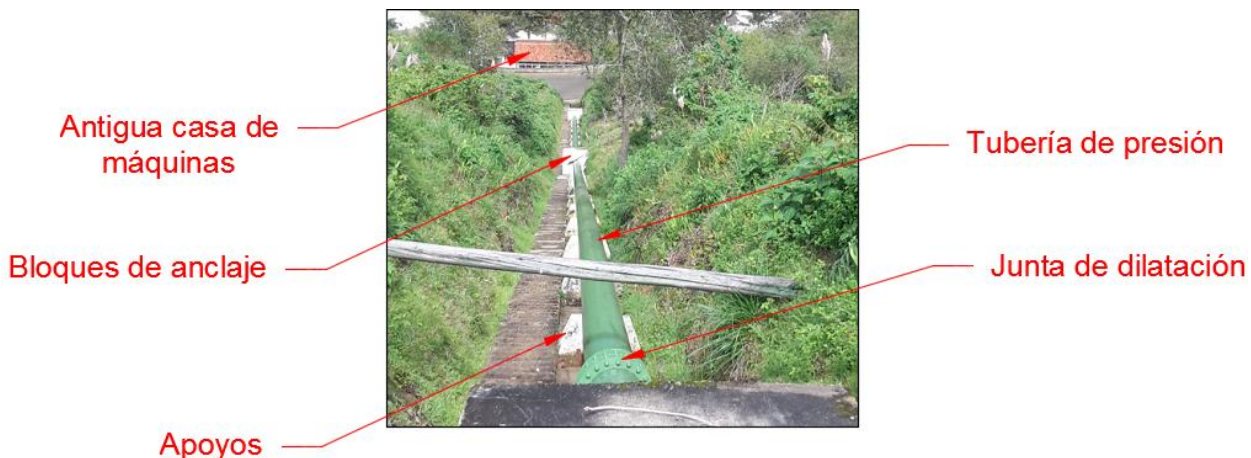
### 3.8) Tubería de presión

Se utiliza para la conducción del agua desde el tanque de carga hasta la turbina para poner en marcha la unidad de generación, la tubería de presión es apoyada en anclajes que la ayudan a soportar la presión generada por el agua.

Tiene una longitud de 544m, va desde la cota 2588,04 hasta 2422,71msnm, medido en el eje de la tubería, es de acero de 20 pulgadas de diámetro, con un espesor de 9,8mm, y tiene 5 juntas de dilatación.



En la Figura 3.10, se presenta una vista de la tubería de presión de la mini central que pasa por la antigua casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo.

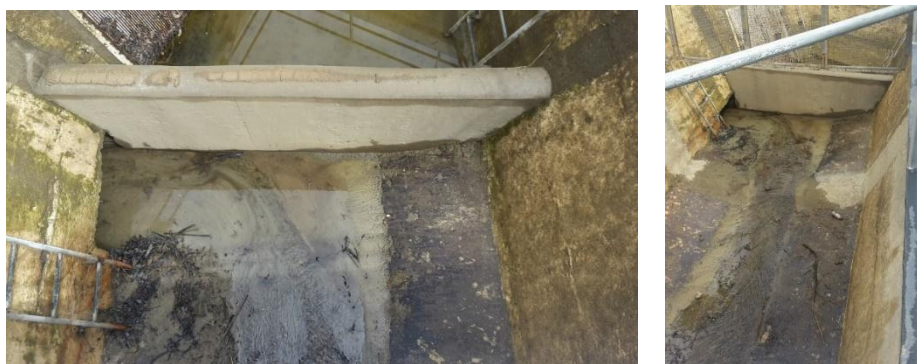


**Figura 3.10:** Tubería de presión de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.9) La rápida o tubería de desfogue

Es un conducto de desfogue que se utiliza para evacuar el agua cuando se realiza la limpieza del tanque de carga, debido a que en el fondo se acumula sedimentos y para evitar que ingresen a la tubería de presión, en la Figura 3.11 se puede apreciar la salida o desfogue hacia la rápida, que no es más que un ducto que se conecta en “Y” con un vertedero cercano al tanque de carga para llevar el exceso de agua al río.



**Figura 3.11:** Ducto o desfogue hacia la rápida.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.10) Casa de Máquinas

La casa de máquinas de la mini central se encuentra a un costado del río San Francisco, como se observa en la Figura 3.12, el exterior de la casa de máquinas y la vía de acceso a unos 400m de la vía principal Gualaceo – Limón, está construido en una superficie de 115m<sup>2</sup>, aloja en el interior la unidad de generación de 970kW con los respectivos sistemas auxiliares, electromecánicos también para el hospedaje y vivienda del guardia de turno.



**Figura 3.12:** Casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 3.11) Vías de acceso

La mini central cuenta con cuatro vías de acceso principales; se puede transitar con un vehículo o motocicleta, el primer acceso es hacia la casa de máquinas; el segundo al tanque de carga; el tercero con dirección al acueducto y la cuarta vía es a la captación del río.



## CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS

En la casa de máquinas de la mini central se concentra la mayoría de los equipos electromecánicos, que se involucran directamente en la producción de energía. Entre estas tenemos: la turbina, el generador, el sistema de excitación, regulador de velocidad, control HMI de la mini central y entre otros elementos que se describe a continuación.

### 4.1) Generador

Se ha implementado un generador sincrónico de polos salientes con potencia nominal de producción de  $970kW$  y  $440V$ , el eje es de tipo vertical, en la Tabla 4.1, se describen las características del generador.

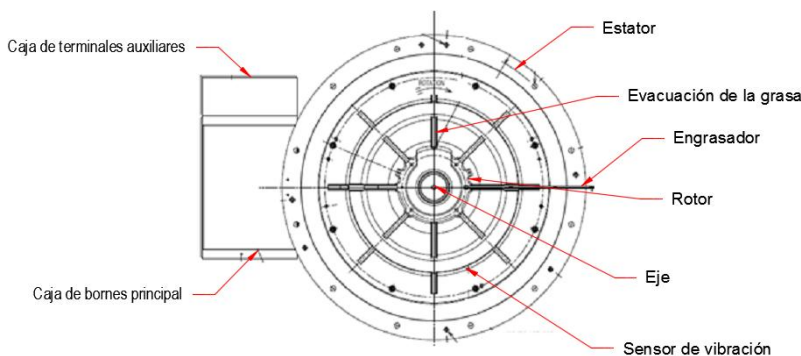
**Tabla 4.1:** Datos característicos del generador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características Técnicas del Generador	
Fabricante	Marelli Generators
Lugar de fabricación	Vicenza – Italia
Modelo	MLT630 SC 8
Resistencia de calentamiento	Tipo B
Clase de aislamiento	Tipo H
Montaje	V10
Temperatura ambiente	20°C
Altitud máxima	2412msnm
Montaje	Vertical, V10 – IM4011
Grado de protección	IP23
Enfriamiento	IC01
Eje	Cilindro
Rodamientos	Lubricados por Grasa, Vida Útil al menos 75000 horas
Número de polos	8
Velocidad nominal	900rpm
Sobrevelocidad	1620 rpm por 5 minutos.
Número de terminales	6
Peso	8100kg
Momento de inercia	177kg*m <sup>2</sup>
Punto neutro del transformador de	3 CT 2000/5A 20VA CI-

corriente	SP10	
Frecuencia	60Hz	
Tensión Nominal	480V	
Factor de potencia	0,8 en retraso	
Corriente nominal	1504A	
Potencia	1250kVA	
Eficiencia fp= 1	4/4	96,40%
	3/4	96%
	2/4	95%
	1/4	91,90%
Eficiencia fp= 0,8	4/4	95,50%
	3/4	95%
	2/4	93,80%
	1/4	90,10%
SCR	0,61	SCR
<b>Reactancias</b>	<b>%</b>	<b>p.u</b>
Sincronía de eje directo (Xd)	183	1,83
Transitorio de eje directo (X'd)	22	0,22
Subtransitorio de eje directo (X''d)	11,8	0,118
Sincronía de eje de cuadratura (Xq)	103	1,03
Transitorio de eje de cuadratura (X'q)	103	1,03
Subtransitorio de eje de cuadratura (X''q)	12,2	0,122
Secuencia negativa	12	0,12
Secuencia cero	6,7	0,067
<b>Constantes de tiempo</b>		
Circuito abierto	T'do	3,16s
Transitorio	T'd	0,379s

En el Esquema 4.1 se puede observar las partes que conforma el generador.



**Esquema 4.1:** Partes del generador de la Mini – Central Gualaceo.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Planos del Generador, edición 2014.



#### 4.1.1) Excitatriz – regulación de tensión del generador

En la excitatriz - regulación de tensión del generador se emplea un dispositivo de control, Marelli Motori MEC100, los modos de operación son las siguientes

- Regulador automático de tensión (modo AVR)
- Regulador de factor de potencia (modo PF)
- Regulador de potencia reactiva (modo VAR)
- Regulador de corriente de excitación (modo FCR)

Los parámetros de estabilidad pueden observar de forma individual mediante el control PID, a continuación se especifica los datos que consta este equipo.

**Tabla 4.2:** Datos de la excitatriz del generador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Parámetros		Datos
Resistencia de campo	Valor mínimo	2Ω
Régimen continuo	Intervalo de corriente	0 - 10A (CC)
	Intervalo de tensión	1 - 60V(CC)
Forzada (10seg)	Intervalo de corriente	2 - 20A(CC)
	Intervalo de tensión	3 - 1200V(CC)
Modo AVR	Presión al tomar carga	± 0,25% con FP nominal y frecuencia del generador constante
	Estabilidad en funcionamiento	± 0,25% con carga y frecuencia del generador constante
	Variación térmica	± 0,50% para una variación de 30°C a partir de la temperatura de ambiente de 10 minutos
	V/Hz: error de tensión	± 2%
	Tiempo de respuesta	< 1 Ciclo
Modo FCR	Presión	± 2%
Modo PF		± 2%
Modo VAR		± 2%
Rastreador de red		± 0,50%

#### 4.1.2) Malla de puesta a tierra

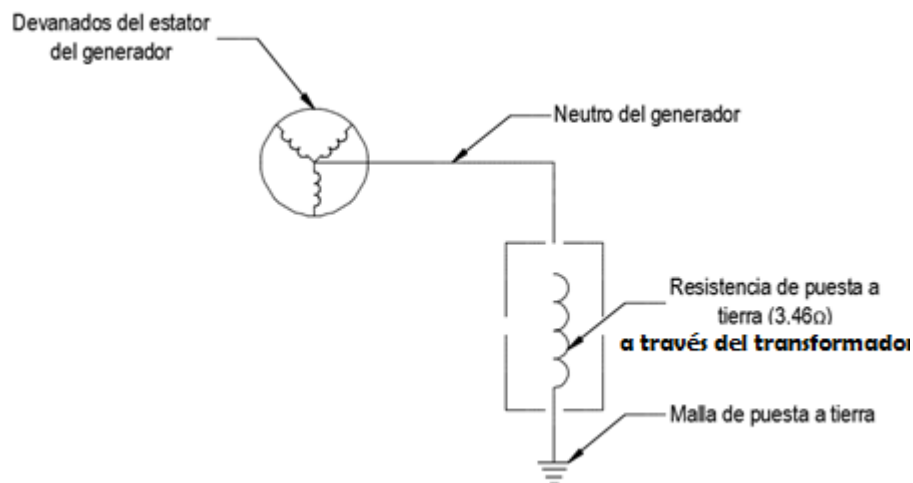
La malla de puesta a tierra brinda seguridad y protección a los equipos, están dimensionados para soportar corrientes de hasta 23kA. En la Tabla 4.3, se describe las características.

**Tabla 4.3:** Datos de la malla de puesta a tierra.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Punto de estudio	Barra de generación 480V.
Corriente de falla monofásica	12kA
Duración de choque eléctrico	0,5s
Temperatura ambiente	18°C
Factor de decremento	1,07664
Detalle del conductor	Copper commercial hard – drawn Calibre 2/0 AWG Conductividad 97% T máx. 1084°C Área 31,8866mm <sup>2</sup>
Detalles de la varilla	Copper - clad Steel Calibre 3/8" Conductividad 20% T máx. 1084°C Área 9,1673 mm <sup>2</sup>

Para el sistema de puesta a tierra del neutro del generador, se ha considerado el sistema de transformador monofásico con resistencia en el secundario. En el Esquema 4.2 se aprecia el diagrama de conexión.



**Esquema 4.2:** Diagrama de conexión del tablero de PT.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

En la Figura 4.3, se aprecia el tablero donde se conecta todos los sistemas de puesta a tierra de servicio de los equipos y las carcasas metálicas de las máquinas.

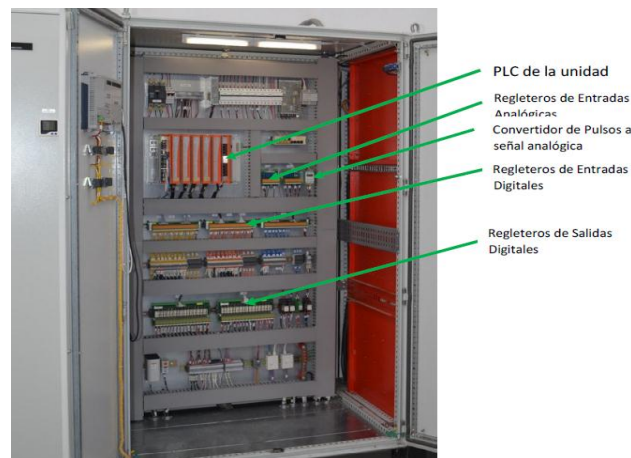


**Figura 4.3:** Tablero de puesta a tierra de la casa de máquinas de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 4.1.3) Tablero de control de generador

El tablero de control es donde se comanda todas las acciones del generador, se encuentran alojados elementos como: PLC, breakers, contactos normalmente abiertos/ cerrados y entre otros elementos destinados a controlar la operación de la unidad. En la Figura 4.4, se muestra la parte interna del tablero de control del generador.

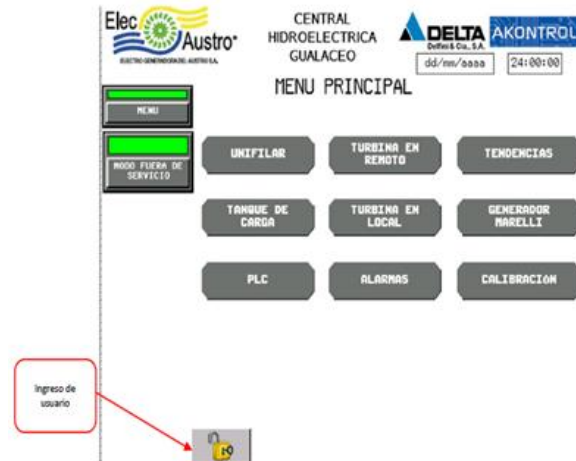


**Figura 4.4:** Tablero de control del generador.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.

### 4.2) Pantalla HMI

La pantalla se encuentra ubicada en el tablero de control del generador, mediante esta pantalla se puede observar, controlar y operar todos los elementos, como se muestra en el Esquema 4.5.



**Esquema 4.5:** Pantalla menú principal. Muestra de contenido.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.

El menú principal se encuentra los perfiles de cada uno de los elementos que se describe a continuación.

#### **4.2.1) Modo Fuera de Servicio**

Este botón inhabilita la señal de precondiciones y no permite que funcione ninguna de las salidas del programa.

#### **4.2.2) Unifilar**

Conduce a la pantalla Unifilar, que se muestran los datos de potencia, voltaje y corrientes entregados a la red. Además muestra algunos datos del generador.

#### **4.2.3) Turbina en remoto**

Muestra los parámetros de funcionamiento de la turbina cuando opera en modo remoto que es controlado mediante el sistema SCADA, también muestra la operación de la turbina (posición, nivel y potencia) o los valores de consigna.

#### **4.2.4) Tendencias**

Muestra gráficamente el comportamiento de la unidad, se observan los valores de voltaje generado, presión y velocidad de la turbina.



#### **4.2.5) Tanque de Carga**

Las variables del tanque de carga se visualizan gráficamente, el nivel del tanque y además se ve numéricamente el valor del nivel y del caudal del canal de acceso, también permite operar la compuerta del canal lo cual se puede visualizar el estado de los breakers eléctricos.

#### **4.2.6) Turbina en Local**

Gráficamente es igual a la pantalla de turbina en remoto, se diferencia de ésta, porque permite cambiar los valores de consigna y además permite el arranque como la parada de la unidad cuando se opera desde la sala de máquinas.

#### **4.2.7) Generador Marelli**

Pantalla que muestra los parámetros mecánicos y eléctricos de la operación del generador Marelli.

#### **4.2.8) PLC**

Este botón conduce a un submenú, el objetivo es mostrar el estado de las entradas, salidas digitales y analógicas del PLC del sistema.

#### **4.2.9) Alarmas**

Muestra un registro de las alarmas presentes en el sistema, la fecha y hora registrada del evento y el estado de las mismas.

#### **4.2.10) Calibración**

Conduce a las pantallas de calibración del sistema, en esta pantalla se muestran los valores de ajuste de tiempos máximos para operación, valores máximos permitidos como valores de ajuste para ecuaciones del programa del PLC, este botón no es visible normalmente lo cual se requiere el ingreso de un usuario y contraseña.

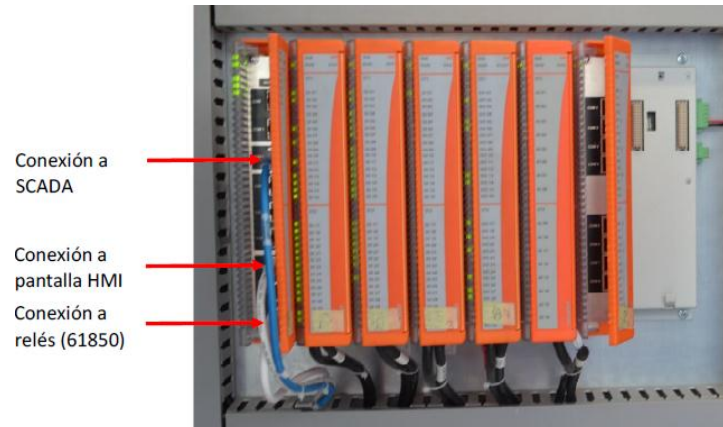
#### 4.2.11) Ingreso de Usuario

Éste botón permite el ingreso del nombre de usuario y contraseña.

El PLC SAITEL DP tiene una unidad central de proceso (CPU) modelo SIM\_CPU866. Éste equipo está basado en un microcontrolador MPC866 de la familia PowerPC, éste procesador integra la mayor parte de las funcionalidades del módulo, entre las que están:

- Arquitectura de 32bits.
- 4+4 kbytes de cache de código y datos.
- Hasta 4 puertos de comunicaciones Fast – Ethernet.

En la Figura 4.6 se presenta la unidad del programador lógico controlado que opera conjuntamente con el HMI.



**Figura 4.6:** Unidad del programador lógico controlado.

*Fuente: Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.*

#### 4.3) Turbina

La turbina es de tipo Pelton de eje vertical de cuatro chorros, con el rodete montado directamente en el eje del generador.

En la Tabla 4.4, se presentan las características principales de la turbina.

**Tabla 4.4:** Detalles de la turbina.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características Técnicas de la Turbina	
Fabricante	DELTA - Delfini & CIA, SA
Tipo de turbina	Pelton
Número de inyectores	4
Caída neta de diseño	164,75m
Caudal máximo de diseño	0,7m <sup>3</sup> /s
Eficiencia a caudal máximo	88,18%
Velocidad	900rpm
Potencia de turbina	970kW
Año de fabricación	2014
Material	Acero ASTM A36
Dimensiones	1,6m de alto
	2,10m diámetro interior de la cámara
	2,474 m de diámetro de brida de anclaje
Masa aproximada	3,8T
Protección interior	Pintura epóxica marina resistente a la abrasión sobre metal blanco según norma SSPC-SP10
Protección exterior	Pintura epóxica marina resistente a la abrasión sobre metal blanco según norma SSPC-SP10. Acabado con pintura de Poliuretano color RAL5017

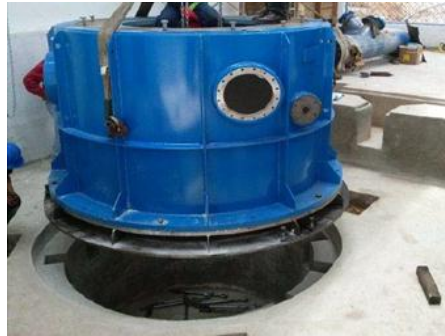


**Figura 4.7:** Turbina Pelton de eje vertical.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 10, edición

En la Figura 4.8, se aprecia el momento en el que se está realizando el montaje e instalación de los equipos de la turbina con la ayuda del puente grúa.





**Figura 4.8:** Carcasa de la turbina.

*Fuente: Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 3, edición*

A continuación se describen los elementos que conforman la turbina.

#### **4.3.1) Carcasa**

La carcasa que cubre al generador como a la turbina es cilíndrica, es el elemento central de la turbina lo cual cumple las siguientes funciones:

- Proporciona la estructura necesaria para la correcta ubicación del generador, los inyectores como el deflector, la cara superior de la carcasa está mecanizada en lo que posee perforaciones roscadas para el centrado como la fijación del generador.
- Proporciona el anclaje de la turbina, la carcasa está empernada a una brida embebida en el hormigón de segunda etapa.
- Permite la entrada de aire al interior de la carcasa para la correcta descarga del agua turbinada, el aire ingresa a la turbina por unas ranuras rectangulares en la parte superior de la carcasa y por una brida con malla en un tubo de 4" de diámetro.

#### **4.3.2) Distribuidor**

Diseñado hidráulicamente para minimizar las pérdidas de la transición entre la entrada al distribuidor y la salida a los 4 inyectores, es de construcción soldada y de unión bridada en dos secciones.

Las características principales del distribuidor se presentan en la Tabla 4.5:

**Tabla 4.5:** Detalles del distribuidor de la turbina.

*Fuente:* Realizado por: Autores.

Características del distribuidor	
Material	Tramos cilíndricos: tubería ASTM A106
Tramos cónicos	Acero ASTM A516-70
Brida de entrada	DN500 PN25
Brida intermedia	ANSI B16,5 Clase 300 16"
Brida de conexión de inyectores	ANSI B16,5 Clase 300 días 8"
Protección interior	Pintura epóxica marina resistente a la abrasión aplicada sobre metal blanco según norma SSPC-SP10
Protección exterior	Pintura epóxica marina resistente a la abrasión aplicada sobre metal blanco según norma SSPC-SP10. Acabado con pintura de Poliuretano color RAL5017
Masa del distribuidor	1545kg

### 4.3.3) Sistema de Deflectores

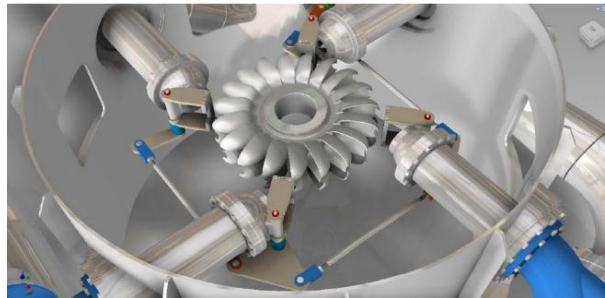
El deflector es el primer dispositivo en actuar al momento de una falla o paro de emergencia, ya que se introduce en medio del chorro de los 4 inyectores que tiene la turbina, para así, desviar el flujo de agua de forma que en vez de dirigirse contra las palas, se sale lateralmente sin producir ningún efecto útil. De esta manera se evita daños en las máquinas y sobrepresiones en la tubería. En la Figura 4.9, se puede observar los deflectores y el mecanismo de accionamiento que actúa sobre los 4 inyectores a la vez.



**Figura 4.9:** Deflectores de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 8,9, edición 2014.

El sistema de accionamiento de los deflectores se realiza mediante un servomotor hidráulico. Este incorpora un resorte interno para que la posición normal del sistema sea de vástago retraído. Una unidad hidráulica es la encargada de proveer la presión suficiente para vencer el resorte y habilitar los chorros. Cada desviador de chorro está montado en el inyector, éstos son accionados por el servomotor del deflector a través de un sistema de varillaje, como se puede apreciar en la Figura 4.10.



**Figura 4.10:** Accionamiento mecánico de los deflectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 8, edición 2014.

En la Tabla 4.6, se presentan las características principales del sistema de deflectores:

**Tabla 4.6:** Detalles principales de los deflectores.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características principales de los deflectores	
Actuador Hidráulico	Lehigh fluid Power Inc.
Modelo	BM-2049-62 3000 psi, 4"Ø, 60mm carrera
Fuerza máxima del resorte	18,459N (posición vástago extendido)
Fuerza mínima del resorte	9,011N (posición vástago retraído).
Desplazamiento del servomotor	0.48L
Materiales	Deflector AISI 304 Varillaje AISI 304L / Bronce SAE 40

#### 4.3.4) Rodete.

Las características de los rodetes de las turbinas se presentan a continuación.

**Tabla 4.7:** Detalles principales de los rodetes de la turbina.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características del rodete	
Material	ASTM A743 grado CA6NM
Número de paletas	19
Diámetro de acción del Chorro (D1)	585mm
Diámetro máximo del Rodete (Da)	762mm
Ancho máximo de paleta (B2)	209.3mm
Masa del Rodete	225kg
Momento de Inercia	12 kg·m <sup>2</sup>
Acople con eje de generador	Acople doble cónico sin chaveta B- Fenner Drives, LOC B121140
Balanceo dinámico	Seguin NORMA ISO 1940/1 “Balance Quality Requirements of Rigid Rotors”

El rodete de la turbina es fundido en una sola pieza, realizado por la empresa GSA en Italia, bajo el proceso de molde cerámico con base en el diseño proporcionado por DELTA - Delfini, en la Figura 4.11, se puede apreciar el rodete.



**Figura 4.11:** Rodete antes de su montaje en la casa de máquinas.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 10, edición 2014.

#### 4.3.5) Tablero de turbina

Contiene en el interior las conexiones de todos los elementos de control de la turbina, consta de regletas de conexión para poder distribuir los circuitos de la mejor manera, el interior del tablero contiene tres grupos de borneras divididos, que se establece de la siguiente manera.

TT1: Conexiones de las señales analógicas de los sensores de posición de los inyectores.

TT2: Conexiones de fuerza de las unidades hidráulicas de los motores y solenoides.

TT3: Conexiones de las señales digitales del nivel de aceite de las unidades hidráulicas y fines de carrera del deflector.



Figura 4.12: Tablero de la turbina.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 11, edición 2014.

A continuación se presentan en la Tabla 4.8, las conexiones de la turbina, la descripción del instrumento y el punto al que llega en el tablero de control y los servicios auxiliares de la central.

**Tabla 4.8:** Conexión del tablero de la turbina (TT1, TT2, TT3).

**Fuente:** Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.).

INSTRUMENTO / DESCRIPCION	BORNERA TT1		TABLERO	TAG
I1, Sensor de posicion Inyector 1 Balluff, BTL7-E570-M0060-Z-32	--- +24VDC ---	1	TB1	TB1 / XAI.1
	--- 0VDC ---	2	TB1	TB1 / XAI.17
	--- señal ---	3	TB1	TB1 / XAI.1
	--- com ---	4	TB1	TB1 / XAI.17
	--- shld ---	5	TB1	GND
I2, Sensor de posicion Inyector 2 Balluff, BTL7-E570-M0060-Z-32	--- +24VDC ---	6	TB1	TB1 / XAI.3
	--- 0VDC ---	7	TB1	TB1 / XAI.19
	--- señal ---	8	TB1	TB1 / XAI.4
	--- com ---	9	TB1	TB1 / XAI.20
	--- shld ---	10	TB1	GND
I3, Sensor de posicion Inyector 3 Balluff, BTL7-E570-M0060-Z-32	--- +24VDC ---	11	TB1	TB1 / XAI.5
	--- 0VDC ---	12	TB1	TB1 / XAI.21
	--- señal ---	13	TB1	TB1 / XAI.6
	--- com ---	14	TB1	TB1 / XAI.22
	--- shld ---	15	TB1	GND
I4, Sensor de posicion Inyector 4 Balluff, BTL7-E570-M0060-Z-32	--- +24VDC ---	16	TB1	TB1 / XAI.7
	--- 0VDC ---	17	TB1	TB1 / XAI.23
	--- señal ---	18	TB1	TB1 / XAI.8
	--- com ---	19	TB1	TB1 / XAI.24
	--- shld ---	20	TB1	GND

INSTRUMENTO / DESCRIPCION	BORNERA TT2		TABLERO	TAG
M1, Motor DC de bomba Inyector 1 THES, Modelo HP, size 10	1		TB2	TB2 / OL2-4
	2		TB2	TB2 / OL2-6
S1, Solenoide NA Inyector 1 Parker, NO, 24 VDC	3		TB2	TB2 / Q13-2
	4		TB2	TB2 / Q13-6
M2, Motor DC de bomba Inyector 2 THES, Modelo HP, size 10	5		TB2	TB2 / OL3-4
	6		TB2	TB2 / OL3-6
S2, Solenoide NA Inyector 2 Parker, NO, 24 VDC	7		TB2	TB2 / Q14-2
	8		TB2	TB2 / Q14-6
M3, Motor DC de bomba Inyector 3 THES, Modelo HP, size 10	9		TB2	TB2 / OL4-4
	10		TB2	TB2 / OL4-6
S3, Solenoide NA Inyector 3 Parker, NO, 24 VDC	11		TB2	TB2 / Q15-2
	12		TB2	TB2 / Q15-6
M4, Motor DC de bomba Inyector 4 THES, Modelo HP, size 10	13		TB2	TB2 / OL5-4
	14		TB2	TB2 / OL5-6
S4, Solenoide NA Inyector 4 Parker, NO, 24 VDC	15		TB2	TB2 / Q16-2
	16		TB2	TB2 / Q16-6
MD, Motor DC de bomba Deflector THES, Modelo HP, size 32	17		TB2	TB2 / OL1-4
	18		TB2	TB2 / OL1-6
SD, Solenoide NA Deflector Parker, NO, 24 VDC	19		TB2	TB2 / Q12-2
	20		TB2	TB2 / Q12-6
INSTRUMENTO / DESCRIPCION	BORNERA TT3		TABLERO	TAG
N1, Switch de nivel de aceite Inyector 1 Omega Engineering, LV-10	1		TB1	TB1 / XDI.81
	2		TB1	TB1 / XDI.82
N2, Switch de nivel de aceite Inyector 2 Omega Engineering, LV-10	3		TB1	TB1 / XDI.83
	4		TB1	TB1 / XDI.84
N3, Switch de nivel de aceite Inyector 3 Omega Engineering, LV-10	5		TB1	TB1 / XDI.85
	6		TB1	TB1 / XDI.86
N4, Switch de nivel de aceite Inyector 4 Omega Engineering, LV-10	7		TB1	TB1 / XDI.87
	8		TB1	TB1 / XDI.88
ND, Switch de nivel de aceite Deflector Omega Engineering, LV-10	9		TB1	TB1 / XDI.71
	10		TB1	TB1 / XDI.72
DEF Abierto, Fin de carrera Deflector Abierto GO Switch 75-14538-A2	11		TB1	TB1 / XDI.67
	12		TB1	TB1 / XDI.68
DEF Cerrado, Fin de carrera Deflector Cerrado GO Switch 75-14538-A2	14		TB1	TB1 / XDI.69
	15		TB1	TB1 / XDI.70

#### 4.4) Inyectores

La turbina tiene 4 inyectores que se activan todos a la vez cuando trabaja al máximo de su potencia, o se pueden activar de 2 en 2 de manera cruzada dependiendo del caudal entrante.

Un actuador hidráulico externo acciona el movimiento de la aguja para la apertura/cierre, lo cual lo realiza con gran velocidad impidiendo que existan fugas de agua.



En la siguiente Tabla 4.9, se tiene las principales características de los inyectores:

**Tabla 4.9:** Principales características de los inyectores.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características de los inyectores	
Diámetro de entrada	8" SCH40 (202mm interior)
Brida de entrada	ANSI B16.5, 8" Clase 300
Diámetro de la tobera	78mm
Recorrido máximo de la aguja	60mm
Servomotor hidráulico	Lehigh Fluid Power Inc.
Modelo	BM-2089-33 3000 psi, 5" día, 60mm carrera
Transductor de posición	Balluff BTL7-E570-M0060-Z-S32
Fuerza máxima del resorte	10,190N (posición abierta)
Fuerza mínima del resorte	5148N (posición cerrada)
Desplazamiento del servomotor	0.81L
Masa	193kg (cada uno), incluye el servomotor hidráulico
Material de la aguja	UDDEHOLM RAMAX HH (Acero inoxidable AISI 420 Bonificado)
Material de la tobera	UDDEHOLM RAMAX HH (Acero inoxidable AISI 420 Bonificado)

En la Figura 4.13, se observa la parte constructiva del interior de un inyector.



**Figura 4.13:** Esquema de un inyector.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 8, edición 2014.

En la Figura 4.14, se presenta dos de los cuatro inyectores que forman parte del sistema de generación.





**Figura 4.14:** Inyectores vistos desde la parte exterior de la unidad de generación.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 7, edición 2014.

En la Figura 4.15, se puede observar la aguja del inyector hacia las aspas de la turbina.



**Figura 4.15:** Inyectores vistos desde la parte interior de la unidad de generación.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 8, edición 2014.

#### **4.5) Sistema de enfriamiento de las resistencias**

Mediante la circulación de agua las resistencias se mantienen dentro de su temperatura adecuada evitando que se sobrecalienten.

El sistema de enfriamiento del tanque de resistencias ingresa a través de dos tuberías PVC de 1", la salida de agua del tanque es mediante un sistema de vertedero y tuberías de 1 ½". El sistema es activado mediante la válvula de enfriamiento que se puede apreciar en la Figura 4.16.

**Tabla 4.10:** Parámetros del sistema de enfriamiento.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Marca	DynaQuip Controls (USA)
Modelo	1 ½", EHS27AJE25H
Actuador	24VDC

**Figura 4.16:** Indicador de posición válvula de enfriamiento.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

#### 4.5.1) Tanque de Resistencias

El tanque de resistencias marca Thomson and Howe Energy System, modelo M5 de acero inoxidable AISI 304L y un nivel de tensión de 480V 3 fases, está instalado junto al gobernador LCX, tal como se aprecia en la Figura 4.17. El tanque está diseñado para conectarse al gobernador de carga LCS y posee tres grupos de resistencias monofásicos para las salidas de los SCRs del gobernador y 8 grupos de resistencias trifásicas conectadas en delta para las salidas de los pasos. Las resistencias del tanque son enfriadas por agua y requiere de 3.5L/s para disipar 300kW.

**Figura 4.17:** Tanque de resistencias con sistema de enfriamiento de agua.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

El tanque tiene contactos de seguridad para cuando se produce elevaciones bruscas de temperatura mediante 2 termómetros, y el nivel del agua posee 2 sensores de nivel, como se observa en la Figura 4.18. Los parámetros del tanque de carga están calibrados para disipar a 50°C.

En una prueba de operación que se realizó a plena carga el tanque de resistencias alcanzó los 37,8°C.



**Figura 4.18:** Termómetro del tanque de resistencias.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 7.Gobernador THES, edición 2014.

#### 4.6) Gobernador de Carga LCX

La central emplea un sistema en el cual el gobernador de la carga LCX (Modelo del Gobernador) ajusta la velocidad hasta igualar la potencia generada con la absorbida por el sistema y la potencia disipada en el tanque de cargas.

$$PG = Pab + Pdis \quad (1)$$

Donde:

*Pg = Potencia Generada*

*Pab = Potencia Absorbida por el Sistema*

*Pdis = Potencia Disipada en el Tanque de Carga*

El gobernador de cargas LCX está específicamente diseñado para controlar micro y mini centrales hidroeléctricas conectadas a la red, como es este el caso. Al combinar la potencia disipada en las resistencias a través de los SCRs con una capacidad de disipación variable entre 0 y 60kW que conforma una parte del gobernador y la otra parte en conexión delta de 8x30kW, se obtiene una capacidad total de disipación de potencia variable entre 0 y 300kW, la velocidad de respuesta del sistema es en milisegundos.

A continuación en la Tabla 4.11 se presentan las características del gobernador de carga:

**Tabla 4.11:** Detalles del gobernador de carga.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

<b>Características del gobernador</b>	
Modelo	LCX – 8 Step
Tipo	Gobernador de carga
Potencia	300kW
Voltaje	480V, 3 fases
Precisión	0,005Hz
Ajuste de la consigna	55 a 65 Hz
Frecuencia nominal	60 Hz
Potencia SCRs	20kW x 3 resistivas
Potencia en pasos	30kW x 8 resistivas
Control	PID, por microprocesador

Las funciones principales del gobernador de carga son:

- Mantener una frecuencia constante para la operación en modo aislado, la frecuencia de generación se mantendrá constante a cualquier variación de potencia entre 0 y 300kW.
- Subir o bajar la frecuencia de generación para igualar a la frecuencia de la red del sistema de distribución. El gobernador LXC tiene contactos para comando remoto desde el PLC de la unidad/relé de sincronismo de la central.
- El rango de ajuste de la frecuencia de la mini central es  $\pm 5Hz$  de la nominal y la tasa de variación es de 0,17Hz/seg. Normalmente el sincronismo es obtenido en menos de 10 segundos, dado que la frecuencia del sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. es muy estable.
- Una vez sincronizada la unidad con la red y al recibir la señal de breaker cerrado, el gobernador aumenta la consigna en 2Hz, de esta manera el microprocesador del gobernador continuará monitoreando la frecuencia de la unidad, pero apaga todas las resistencias.
- En caso de una falla de la unidad, el gobernador dispara instantáneamente la potencia generada en las resistencias, retomando como consigna la

frecuencia al momento de la sincronización, si la potencia es inferior o igual a los  $300kW$ , la velocidad de la unidad no sufrirá variación.

- Si la potencia es superior a los  $300kW$ , las resistencias actuarán como un freno mientras actúan los desviadores de chorros o llamados deflectores para disminuir la sobre velocidad de la unidad de generación.



**Figura 4.19:** Gobernador de carga LCX.

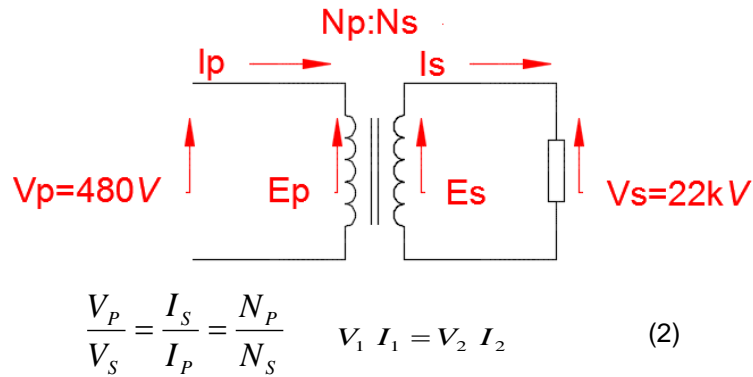
*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 7.Gobernador THES, edición 2014.

#### 4.7) Transformador de Potencia

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un nivel de tensión, en energía alterna diferente a otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética.

El transformador de potencia que se utiliza para conectarse al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A, se encuentra ubicado en la parte exterior de la casa de máquinas, es de marca INATRA. Con una potencia nominal de  $1,25MVA$ , con relación de transformación de  $480V/22kV$ , conexión D-Yn5 (delta –estrella), con neutro en el lado de alta tensión, desfase de  $150^\circ$  entre tensiones homologas del primario y del secundario a 60Hz, con un sistema de enfriamiento de aceite natural y aire natural (ONAN por las siglas en inglés), también posee un tanque acumulador de aceite permitiendo conectar un relé buchholz para proteger de fallas internas al transformador, también tiene un sistema de drenaje para cualquier tipo de líquidos ya sea agua de lluvias o aceite refrigerante del propio transformador.

En el Esquema 4.20, se observa el circuito equivalente del transformador de potencia.



**Esquema 4.20:** Circuito equivalente del transformador.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

En la Figura 4.21, se observa el transformador de elevación de tensión en la mini central que se conecta al alimentador número 1523 para evacuar la energía generada.



**Figura 4.21:** Transformador 1,25.MVA 480V/22KV.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

En la Tabla 4.12, se presentan las partes que conforman el transformador de potencia de la mini central.





**Tabla 4.12:** Partes del transformador de potencia.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Partes del Transformador	
- Núcleo	- Vigas de prensado del núcleo
- Devanado de baja tensión	- Cambiador de derivación bajo carga
- Devanado de alta tensión	- Accionamiento motorizado
- Bobinados de regulación	- Tanque
- Conductores	- Tanque de expansión
- Aislador pasatapas de baja tensión	- Radiadores
- Aislador pasatapas de alta tensión	

#### 4.8) Sistema de control y comunicación

El control y operación de la unidad de generación de la mini central es comandada por el operador del sistema SCADA desde la Central Termoeléctrica El Descanso, lo que implica que hay un alto nivel de automatización.

Dentro de este sistema existen muchos protocolos que se mencionarán, así como medios de comunicación que deben cumplir con los estándares necesarios y confiables para interconectarse al proyecto.

Los protocolos empleados se mencionan a continuación:

- **IEC 61850:** Disponible en las comunicaciones de los IED's con el PLC.
- **IEC 60870-5-104 y ModBus:** Colocados para la interconexión de los elementos internos.
- **Ethernet:** Empleado para conexión de pocos elementos de la central.
- **Fibra Óptica:** Usado para los enlaces largos del PLC.
- **Inter Control Center Protocol (ICCP):** Protocolo que permite enviar desde el centro de control de ELECAUSTRO S.A al centro de control CENACE con todos los datos requeridos para supervisar la correcta operación.

##### 4.8.1) Tablero de control

La función principal del tablero es operar como control y monitor de todas las funciones, cuando se presenta una falla, mediante la lectura como la visualización de los aparatos, equipos de medida y señalización del tablero, el operador puede determinar la naturaleza del evento suscitado lo cual puede proceder a tomar los correctivos que el caso lo requiera.



Los principales componentes de un tablero de control son:

- Aparatos de medición y protección.
- Aparatos de control y mando.
- Luces de señalización.
- Alarmas sonoras.
- Relés de protección.



**Figura 4.22:** Tablero de control.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.

Los aparatos de mando y control constituyen los conectadores, selectores, pulsadores de emergencia, llaves, etc, que permiten que desde el tablero de control local se puedan efectuar todas las operaciones que involucran el arranque y la parada de la mini central, el funcionamiento en condiciones normales o las paradas de emergencia en caso de falla.

#### 4.9) Válvula mariposa o guardia

Una válvula de guardia es un dispositivo para interrumpir un fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa denominada mariposa, que gira sobre un eje. Al disminuir el área de paso, aumenta la pérdida de carga local en la válvula, reduciendo el flujo.

En este caso se utiliza una válvula mariposa, que se va accionando lentamente hasta que se haya igualado las presiones de agua a través del bypass.

**Tabla 4.13:** Información de la válvula mariposa.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Información de la válvula mariposa	
Fabricante	Grupo Energía Italia, Trento - Italia
Diámetro nominal	500mm
Presión nominal	25bar
Tipo	Mariposa
Modelo	DN 0500 / PN25
Origen	Italia

En la Tabla 4.14, se presentan las características de la válvula mariposa

**Tabla 4.14:** Detalles de la válvula mariposa.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características técnicas de la válvula mariposa	
Norma de fabricación	EN 593 – EN 1074
Tipo de Servicio	Válvula de guardia de turbina
Bridada según norma	EN 1092-2 PN25
Distancia entre bridas	350 mm
Apertura por cilindro hidráulico de efecto simple	ISO 6020-2
Cuerpo y disco en fundición esferoidal	GJS 400-15 EN 1563
Asiento del sello en el cuerpo recubierto de	Níquel
Eje en acero inoxidable	1.42021 (X20Cr13)
Elemento del sello sobre el disco	EPDM
Anillo de montaje del sello al disco en acero	S235JR UNI-EN 10025
Bujes auto lubricantes y sin mantenimiento	
Pernos en contacto con el agua en acero Inoxidable A2	
Bujes de soporte y fijación en bronce	
Contrapeso y láminas del actuador construido en acero al carbono S235-275JR UNIEN 10025	
Disposición de doble excentricidad con relación al eje	
Sello elástico, estanqueidad bidireccional, para instalar en cualquier posición	
Sello elastomérico recambiable sin desmontar la válvula de la tubería	
Tiene 2 fines de carrera inductivos para indicación de válvula abierta/cerrada	
Indicador mecánico de posición de válvula abierta/cerrada	
Sistema de bloqueo mecánico de la posición de la válvula	
Cierre por contrapeso en condiciones de máximo flujo permisible	
Sistema de contrapeso montado sobre el cuerpo de la válvula	



**Figura 4.23:** Válvula mariposa de la unidad de generación.

**Fuente:** *Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.*  
En la Tabla 4.15, se presentan las pruebas hidráulicas de la válvula mariposa según la norma EN12266-1.

**Tabla 4.15:** Pruebas hidráulicas de la válvula mariposa.

**Fuente:** *Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Tipo de prueba	Estado
Pruebas del sello	1,1 veces la presión nominal
Pruebas del cuerpo	1,5 veces la presión nominal

#### 4.9.1) Protección de las superficies.

- El cuerpo interno y externo, disco, planchas de acero y cilindro hidráulico, la protección es con pintura epóxica a polvo, de espesor medio de 250 micrones, color AZUL – RAL 5005.
- Las partes móviles, brazo y contrapeso, la protección es con pintura epóxica a polvo, de espesor medio de 200 micrones, color AMARILLO CROMO – RAL 1007.

#### 4.9.2) Sistema de control

El sistema de control está compuesto de una bomba hidráulica operada a 24 VDC, un solenoide de 24VDC, una válvula de regulación de flujo y un interruptor de nivel de aceite. La Figura 4.24, presenta la válvula de guardia.



**Figura 4.24:** Válvula de guardia posición abierta.

**Fuente:** *Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.*

En la Figura 4.25, se presenta la unidad hidráulica de control, que es la encargada de la operación de la válvula mariposa.



**Figura 4.25:** Unidad hidráulica de control de la válvula mariposa.

**Fuente:** *Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Los tiempos de apertura y cierre de la válvula se presentan a continuación en la siguiente Tabla 4.16:

**Tabla 4.16:** Tiempos de apertura y cierre de la válvula.

**Fuente:** *Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Tiempo de apertura	3min:55seg
Tiempo de cierre	1min:5seg al inicio del “amortiguamiento” 2min al cierre total

#### 4.10) Bypass hidráulico

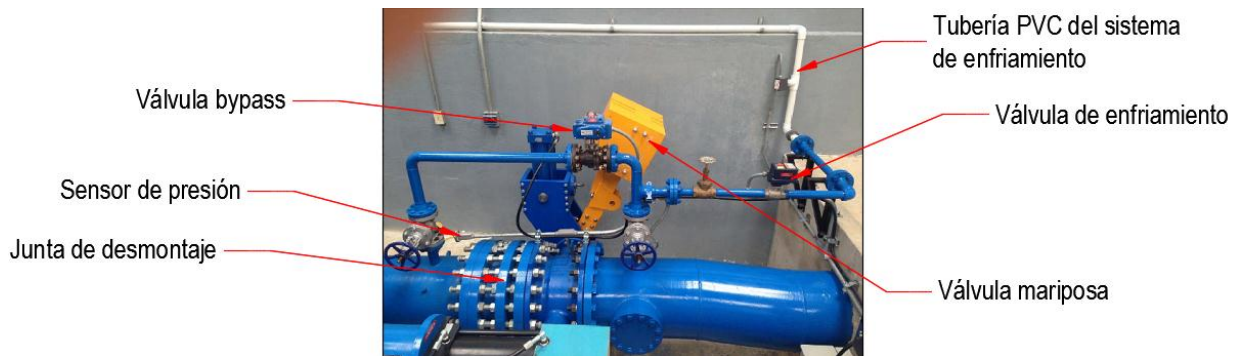
El sistema de Bypass tiene como objetivo igualar las presiones de la tubería y el distribuidor antes de la apertura de la válvula de guardia, el sistema está

compuesto por dos válvulas de compuerta manuales de 2” clase 300 y una válvula mariposa motorizada clase 300, el actuador de la válvula es operado a 24VDC y posee fines de carrera para indicación al sistema de control, la presión de la tubería y del distribuidor es monitoreada por transductores con salida 4-20mA. Los datos de la válvula de bypass se encuentran en la Tabla 4,17:

**Tabla 4.17:** Parámetros del bypass.

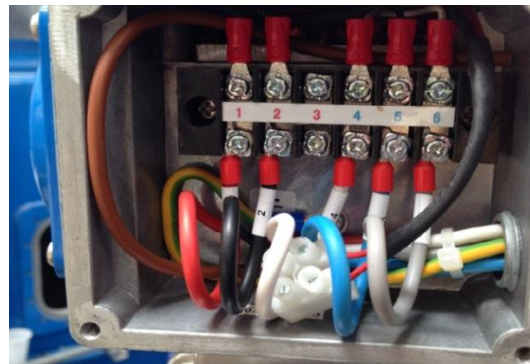
**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Marca	Valtorc International (USA)
Modelo	2”-S195-CS-300FLG-EL-710V-24VDC
Actuador	24VDC



**Figura 4.26:** Sistema bypass de la unidad de generación.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.



**Figura 4.27:** Conexiones del actuador de la válvula motorizada del Bypass.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.

#### 4.10.1) Sensores de nivel de presión del Bypass

Este tipo de sensores se encarga de medir la presión tanto de la tubería de presión como de los conductos que lleva a la distribución de los inyectores, ya

que cada vez que el conducto rodea la unidad de generación va disminuyendo la sección de dicho conducto.



**Figura 4.28:** Sensores de nivel de presión del bypass.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

#### 4.10.2) Servomotor

El servomotor es un motor asíncrono que controla una válvula proporcional mediante aceite a presión, la función del servomotor es el proceso de apertura o cierre de la válvula.

#### 4.11) Celdas de Media Tensión

El propósito es la conexión/desconexión del conjunto generador - transformador con el alimentador trifásico número 1523. Se ha considerado un disyuntor tipo Metalclad  $24kV$ , que consiste en una unidad compacta que incorpora el interruptor automático de potencia, que operará a  $22kV$  en vacío encapsulado, incluye los TC y TP para protección y medición.

Los interruptores de potencia pueden ser cerrados únicamente si las tensiones en ambos lados del interruptor abierto están en sincronismo, caso contrario se pueden producir perturbaciones en la red y disparo del interruptor o en casos extremos, daños en el generador como el transformador.

El monitoreo del estado del interruptor (abierto/cerrado), se toma de los contactos auxiliares destinados para este propósito. La acción de apertura o cierre se da por medio del relé MICOM 142 de supervisión de sincronismo.





**Figura 4.29:** Celdas de media tensión de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

#### 4.12) Puente grúa

Los requisitos mínimos para el diseño del puente grúa están determinados en función de la capacidad para elevar el elemento más pesado del equipamiento de la casa de máquinas, el accionamiento es manual con una capacidad de 10 toneladas, se instaló sobre las vigas metálicas carrileras longitudinales apoyado en las ménsulas de la estructura de hormigón armado.



**Figura 4.30:** Vista frontal del puente grúa de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 4. Puente grúa, edición 2014.

#### 4.13) Sistema de protecciones

El sistema de protecciones de la central Gualaceo está compuesto por los relés de tipo digital, MICOM P142 para las protecciones de la línea de evacuación, el relé MICOM P345 para las protecciones del generador, comunicaciones con el SCADA mediante el protocolo IEC 61850 y el relé Buchholz con funcionamiento mediante detención de gas para la protección de fallas de aislamiento o internas en el transformador.



#### 4.13.1) Relé MICOM P345

Es un dispositivo multifunción que integra numerosas características de protección, control y comunicación, este ofrece una adecuada protección a generadores grandes (>50MVA), además ofrece la posibilidad de la protección 64 (falla a tierra del rotor).

Este modelo de relé incluye 10 teclas de función para el control integral del esquema o control vía operador y LED`s tricolores (rojo/amarillo/verde).



**Figura 4.31:** Relé de protección P345.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 12. Celdas de comunicación, edición 2014.

#### 4.13.2) Relé MICOM P142

El relé MICOM P142 se lee por medio del protocolo IEC 61850, el CPU convierte estos datos en MODBUS lo que hace posible la lectura desde la pantalla, los datos que se leen en esta pantalla permiten conectarse a cualquier sistema SCADA gracias al amplio protocolo de comunicaciones.

- Tensiones de línea a neutro: Tres tensiones.
- Corriente de línea: Tres corrientes.
- Potencia activa: Valor leído del medidor ION principal.



**Figura 4.32:** Relé de protección.

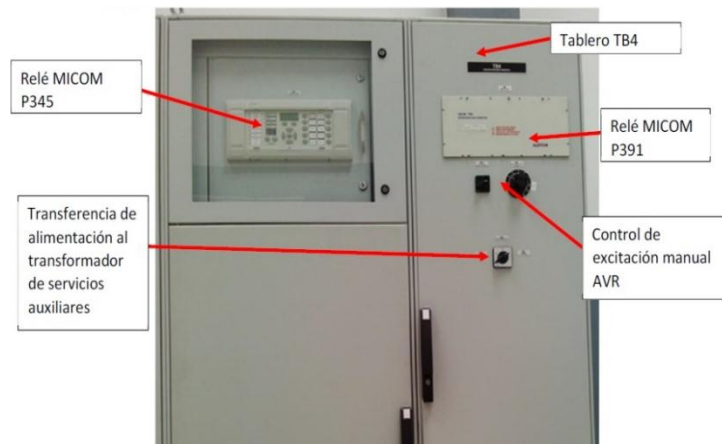
*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 12. Celdas de comunicación, edición 2014.

Los aparatos de medición proveen la información sobre los niveles de tensión, corriente, potencia activa, reactiva, energía, frecuencia, temperatura y tiempo de funcionamiento, que son varios de los parámetros para que se puedan setear los relés de protección.

#### **4.13.3) Tablero de Breaker Principal**

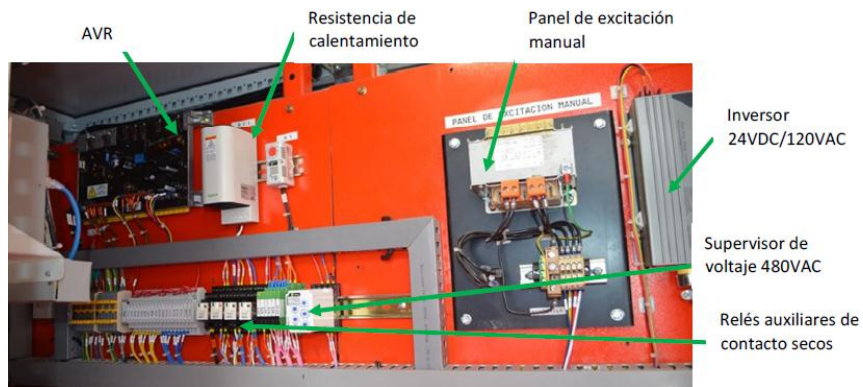
El sistema de control de la turbina DELTA-AKONTROL de la Mini - Central Hidroeléctrica Gualaceo se fundamenta con la operación del tablero de breaker principal, en la cual se centra la excitación del generador, el sincronismo de la unidad y la protecciones eléctricas del generador.

En las Figuras 4.33, 4.34 y 4.35 se destacan los elementos que conforma el tablero TB4:



**Figura 4.33:** Disposición del tablero general de protecciones.

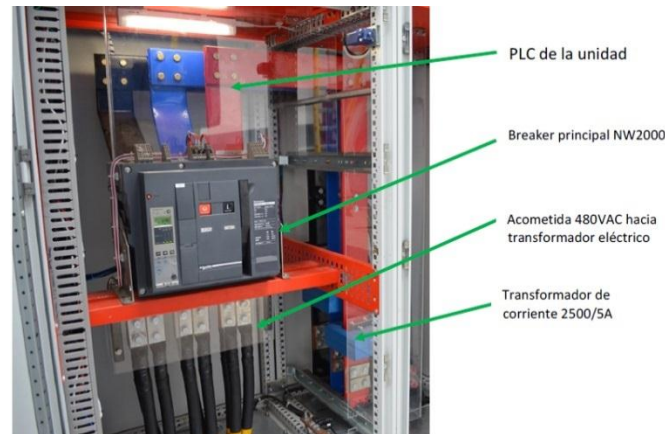
*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.



**Figura 4.34:** Vista del interior del tablero de general de protecciones.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.

El tablero del breaker principal se encarga de alojar el AVR (Regulador Automático de Tensión) de la unidad, lo cual el programa controla la operación del generador, el relé de protección P345 se encarga de la protección eléctrica del generador y el sincronismo de la unidad.



**Figura 4.35:** Interior del tablero de general protección, se detallan los elementos principales.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.

#### 4.14) Regulador de velocidad

Para mantener constante la velocidad de la turbina, dispone de salidas de comando a los servosistemas electro-hidráulicos, de tal manera que garantizan el funcionamiento óptimo de regulación de velocidad y carga de la unidad generadora de la central en todas las condiciones de operación (arranque, parada, en vacío o sin carga, manejo de carga desde cero hasta carga máxima, sincronización para acoplarse en paralelo a la red de distribución).

#### 4.15) Servicios auxiliares

A continuación se describen los elementos que conforman el sistema de servicios auxiliares:

##### 4.15.1) Banco de baterías

Las baterías se encuentran en el nivel de carga nominal por los cargadores, lo cual debe mantenerse bajo estas condiciones para suministrar tensión de corriente continua a los equipos.

La ubicación destinada a las baterías como se observa en la Figura 4.36 debe ser secos, bien ventilados y sin vibraciones que puedan originar desprendimientos excesivos de gases como desgaste prematuro de las placas, la temperatura ambiente debe variar entre los 5 y 25 grados centígrados. La instalación eléctrica deberá ser del tipo anti explosiva.



**Figura 4.36:** Tablero de transferencia y banco de baterías.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 9. Servicios auxiliares, cargador de baterías edición 2014.

#### 4.15.2) Iluminación

La casa de máquinas cuenta con iluminación usando luminarias tipo LED de alto rendimiento para una mejor visualización de los equipos y elementos que conforman la unidad de generación. Además, para emergencias por fallas del sistema o cualquier otro tipo de inconvenientes cuenta con lámparas de emergencia de 5W tipo LED con la respectiva batería de 12VCC y con una duración de hasta 8 horas.

#### 4.15.3) Video vigilancias IP

Tanto el tanque de carga como la casa de máquinas cuentan con video vigilancia IP, que es una tecnología de vigilancia visual sin audio, que combina los beneficios analógicos de los tradicionales CCTV (circuito cerrado y televisión) con las ventajas digitales de las redes de comunicación IP (Internet Protocol), permitiendo la supervisión y vigilancia, ya sea local o remota con imágenes en tiempo real.

#### 4.15.4) Sistema contra incendios

El sistema contra incendios consta de una red matriz de 4", que alimenta el sistema de boquillas (spray) automática previsto para el área del transformador en la subestación, un gabinete contra incendios de la subestación y otro gabinete contra incendios en la sala de máquinas. El sistema se complementa con extinguidor portátil de espuma CO<sub>2</sub> y con un sistema de detección, alarma.

#### 4.15.5) Gabinetes clase III

Están ubicados en el área de la turbina y el área del transformador, son operados manualmente.



**Figura 4.37:** Gabinetes clase III.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios. Pg.4, edición 2014.

Cada gabinete está compuesto en el interior por los siguientes elementos que se mencionan a continuación:

- Válvula angular de 1 ½”.
- Válvula angular de 2 ½”.
- Un brazo porta manguera.
- Manguera de 15mt de ½” + una manguera adicional.
- Pitón tipo chorro – neblina graduable.
- Extintor.

#### 4.15.6) Sistema contra incendios para el transformador.

Está gobernado por una válvula de diluvio de 4”, que puede ser accionada manual o automática desde el sistema de detección, consta de tuberías secas y de boquillas tipo abierto que rodean al transformador.



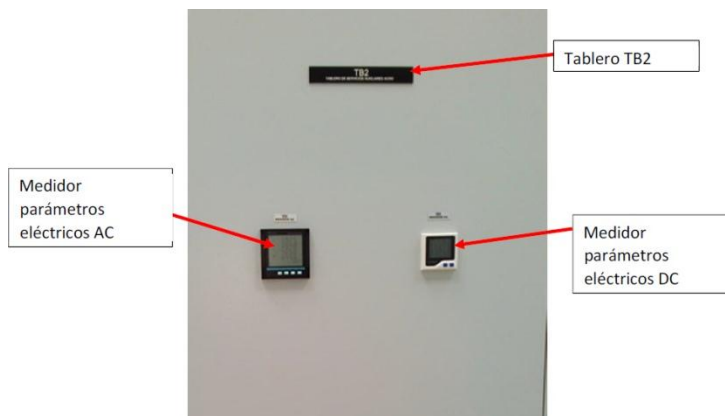
**Figura 4.38:** Válvula de diluvio y boquillas tipo abierto.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios, edición 2014.



#### 4.16) Tablero de servicios auxiliares

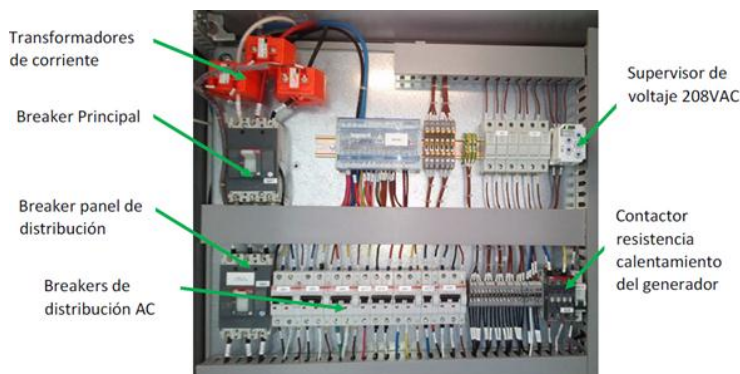
El tablero TB2, llamado tablero de servicios auxiliares AC/DC, es el encargado de la distribución de voltajes DC y AC para la operación de la mini central.



**Figura 4.39:** Tablero de servicios auxiliares.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.).

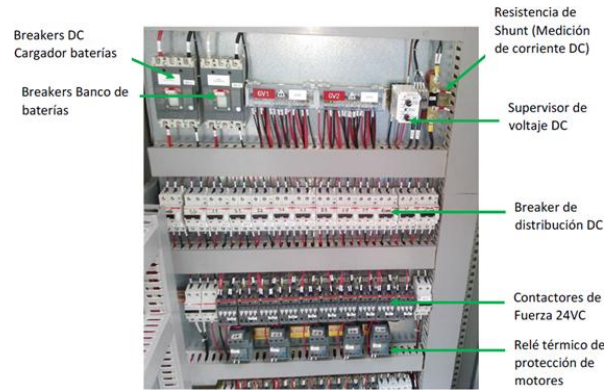
El tablero de servicios auxiliares AC/DC es fundamental para la operación de la central, dado que a través de ésta se distribuye la energía eléctrica hacia los demás tableros y elementos que constituyen la central, de la misma manera este tablero interconecta el cargador de baterías y el banco de baterías.



**Figura 4.40:** Tablero TB2- sección AC.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.).





**Figura 4.41:** Tablero TB2- sección DC.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.).

**Alimentación AC:** Utilizada para alumbrado interno del tablero y para la resistencia anticondensación, de igual manera, permite repartir esta tensión a los diferentes equipos y elementos de corriente alterna.

**Alimentación DC:** El cual proviene de la barra de alimentación DC, esta barra se alimenta de dos fuentes: del banco de baterías y del cargador de baterías constituyéndose en un sistema de alimentación redundante.

#### 4.17) Elementos en el tanque de carga

##### 4.17.1) Sensor de nivel del tanque de carga

El sensor de nivel del tanque de carga es del tipo sumergible y tiene las siguientes características que se muestran en la Tabla 4.18.

**Tabla 4.18:** Partes del transformador de potencia.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características del sensor de nivel del tanque de carga	
Marca	Transducers Direct
Modelo	TDA85
Rango	0-7.5psi
Salida	4-20mA



**Figura 4.42:** Sensor de nivel del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

#### 4.17.2) Sensor de flujo de entrada al tanque

El equipamiento del tanque de carga incluye un sensor de flujo del tipo ultrasónico en el canal de conducción. Los datos principales del sensor de flujo se muestran en la Tabla 4.19.

**Tabla 4.19:** Partes del transformador de potencia.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Características del sensor de flujo del tanque de carga	
Fabricante	Greyline Instruments
Modelo	AVFM 5.0
Alimentación	24VDC
Salida	4 - 20mA

#### 4.17.3) Actuador de la compuerta del tanque de carga

La compuerta del tanque de carga puede ser operada manual o automática, la compuerta aísla el tanque de carga del canal de conducción para operaciones de mantenimiento y casos de emergencia.

Para permitir la operación automática de la compuerta, el actuador tiene un motor reductor que opera a 24VDC.



**Figura 4.43:** Compuerta del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

Los datos principales del actuador son:

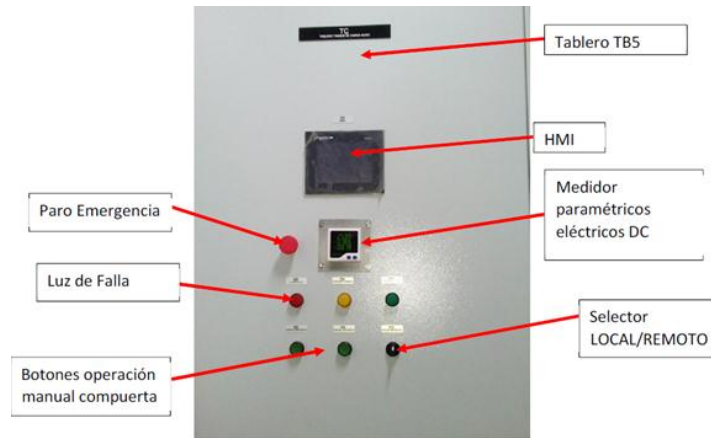
- Moto reductor: DAYTON Electric Mfg, modelo 4ZJ6B, 20rpm, 1/8hp, 24VDC
- Tiempo de apertura y cierre de la compuerta: 4min.
- Corriente: 1.9A en apertura y 1.5A en cierre
- Recorrido de la compuerta: 1210mm

El actuador puede ser operado en modo local desde el tablero, pulsando los botones de apertura y cierre o desde la pantalla táctil del tablero, en modo Remoto el actuador puede ser operado desde la pantalla táctil de la sala de máquinas o desde el sistema SCADA.

#### **4.17.4) Tablero del tanque de carga**

En la Figura 4.44 se observa el sistema de control del tablero del tanque de carga el cual tiene las siguientes funciones:

1. Control y operación de la compuerta.
2. Adquisición y control de la señal de nivel del tanque de carga.
3. Adquisición y control de la señal de caudal que llega al tanque de carga.

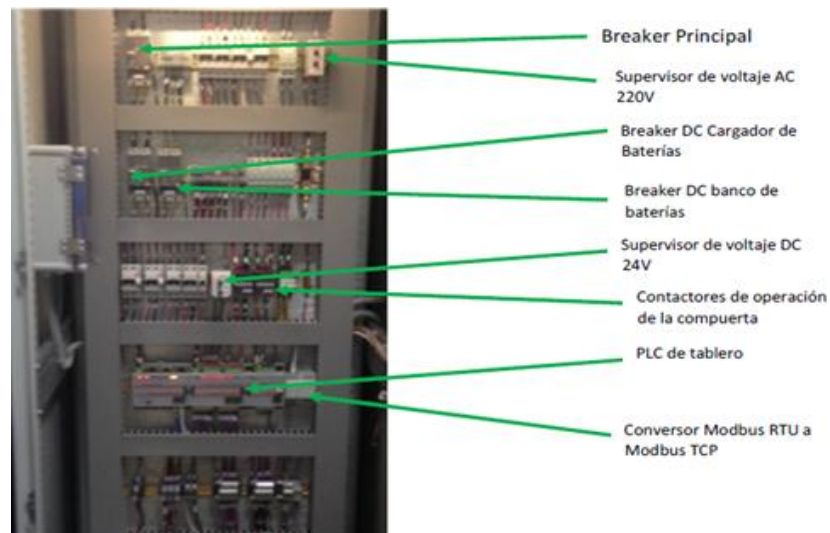


**Figura 4.44:** Tablero TB5 del tanque de carga

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

También se encarga de alojar el PLC, el transductor de caudal y el conversor Modbus RTU a Modbus TCP para la comunicación con el cargador de baterías.

La Figura 4.45, destaca los elementos más importantes del tablero de control del tanque de carga:



**Figura 4.45:** Tablero TB5 del tanque de carga interior.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

#### 4.17.5) Rack de comunicaciones para el tanque de carga

El rack de comunicaciones contiene en el interior los elementos para la transmisión de datos entre el PLC de la unidad (ubicado en la sala de máquinas) y el del tanque de carga; adicionalmente, permite la conexión entre el NVR

(Grabador de Video en Red) de la central y la cámara instalada en el poste del tanque de carga. En la Figura 4.46, se aprecia el rack de comunicaciones del tanque de carga.



**Figura 4.46:** Rack de comunicaciones del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

#### **4.18) Conexión alimentador de 22kV**

Los alimentadores primarios son los encargados de transferir la energía eléctrica desde la subestación de distribución hacia los transformadores, lo cual la distribución a nivel primario se efectúa con niveles de tensión de 22kV.

La subestación de Gualaceo permite interconectar la central con el alimentador número 1523 de la Empresa CENTROSUR, a un nivel de tensión de 22kV para abastecer de suministro eléctrico a las poblaciones de los cantones Gualaceo y Paute.

#### **4.19) Toma de aire**

La toma de aire es importante en la unidad de generación al momento de la salida de agua por los inyectores y debido a la presión que se ejerce, no existe ningún tipo de compresión y se mantiene a presión atmosférica.



**Figura 4.47:** Toma de aire para evitar compresiones de aire.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

#### 4.20) Sensor de presión

Son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica, que se emplea en los equipos para la tubería de presión. Los rangos de medida son muy amplios, desde unas milésimas hasta los miles de bar.

Para cubrir los diferentes rangos de medida, precisión y protección, se dispone de una gran variedad de transductores de presión, fabricados con diferentes tecnologías, que permiten cubrir todas las necesidades. En la Figura 4.48, se observa un sensor de presión, que se encuentra instalado en la central.



**Figura 4.48:** Sensor de presión.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.





## **CAPÍTULO 5: PASOS PARA EL ARRANQUE, PARADA NORMAL, PARADA DE EMERGENCIA DE LA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA GUALACEO**

A continuación se describe los pasos que se deben tomar en cuenta para el correcto funcionamiento de la mini central.

### **5.1) Secuencia de arranque de la máquina**

Para realizar el arranque de la unidad de generación, se toma en consideración las siguientes recomendaciones para evitar inconvenientes.

- Verificación y limpieza del canal, desde la capitación hasta la casa de máquinas.
- Verificación de las condiciones iniciales.
- Arranque de la máquina.

#### **5.1.1) Verificación y limpieza del canal, desde la Capitación hasta la Casa de Máquinas**

Es importante hacer un recorrido para realizar una revisión y limpieza de los material sólidos de acarreo del río desde: la captación, canal de conducción a cielo abierto, túnel, vertederos, desarenador, acueducto, tanque de carga; antes de poner en marcha la unidad de generación, así evacuar los residuos a través de las compuertas situadas en los vertederos para evitar que lleguen a la casa de máquinas.

El recorrido para la revisión y limpieza lo realiza el personal de la DIPRO (Dirección de Producción), limpiar la rejilla de la captación, en el recorrido del sistema de conducción de agua se va retirando residuos sólidos grandes como piedras, troncos, ramas que pueden caer al canal como se puede observar en la Figura 5.1.



Material de acarreo del río

**Figura 5.1:** Residuos sólidos en los canales de conducción.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Una vez retirado los materiales sólidos que no pueden ser arrastrados por el caudal del agua, se cierra la compuerta C001\_GUAL como se observa en la Figura 5.2, el paso de agua en la captación permite que se vaya lavando el canal, de los residuos que pasan por la rejilla.

Se realiza la limpieza del primer tramo del canal, a través de la compuerta C002\_GUAL del vertedero V001\_GUAL que se encuentra a 100m de la captación, se va evacuando el material sólido de acarreo al río, se espera 10 minutos hasta que se haya limpiado el canal, entonces se cierra la compuerta denominada C002\_GUAL y mantenerla en esa posición para el arranque de la mini central.

**Figura 5.2:** Captación y vertedero 1 de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Se continúa con la limpieza del sistema de conducción hasta llegar al desarenador que debe estar limpio, donde se acumula gran cantidad de residuos.

Consta de cuatro compuertas que se observa en la Figura 5.3, las cuales se deben abrir de manera secuencial para evitar el desbordamiento del agua por los

conductos, se detalla en la Tabla 5.1 la secuencia para realizar la limpieza cuando la central no está operando.



**Figura 5.3:** Compuertas del desarenador de la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

**Tabla 5.1:** Secuencia de limpieza cuando la central no está operando.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Secuencia	Compuerta	Estado de compuerta	Tiempo
1	COO3_GUAL	Abierto	10 minutos
	COO5_GUAL	Abierto	
	COO4_GUAL	Cerrado	
	COO6_GUAL	Cerrado	
2	COO4_GUAL	Abierto	10 minutos
	COO6_GUAL	Abierto	
	COO3_GUAL	Cerrado	
	COO5_GUAL	Cerrado	
3	COO4_GUAL	Cerrado	10 minutos
	COO5_GUAL	Cerrado	
	COO6_GUAL	Cerrado	
	COO3_GUAL	Abierto	

En la Tabla 5.2, se detalla la secuencia para realizar la limpieza cuando la central se encuentra operando.

**Tabla 5.2:** Secuencia de limpieza del desarenador con la central en operación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Secuencia	Compuerta	Estado de compuerta	Tiempo
1	COO4_GUAL	Abierto	10 minutos
	COO6_GUAL	Abierto	
	COO5_GUAL	Abierto	
	COO3_GUAL	Cerrado a la mitad	
2	COO4_GUAL	Cerrado	
	COO6_GUAL	Cerrado	
	COO5_GUAL	Cerrado	
	COO3_GUAL	Abierto	

En el acueducto se tiene la compuerta C007\_GUAL, en el momento de la operación de la mini central se produce una falla o parada de emergencia es la primera compuerta que se debe abrir, para desviar el agua hacia el río.

En el momento de la limpieza la compuerta C007\_GUAL debe estar abierta para desechar residuos sólidos, como son hojas, basuras que se encuentran en el canal para evitar que ingrese al acueducto, en la Figura 5.4, se observa la compuerta del acueducto, se espera 10 minutos para cerrar la compuerta, y continuar con el proceso de limpieza de los conductos de agua a través de vertederos que tienen compuertas hasta llegar al tanque de carga.



**Figura 5.4:** Compuerta del acueducto de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

En la Figura 5.5, se observan los residuos de hojas, ramas que son arrastradas por el agua, para ser evacuadas hacia el río por las compuertas de los aliviaderos para así evitar que el material de acarreo menor llegue hasta el tanque de carga.



**Figura 5.5:** Limpieza de los canales de conducción de agua de la Mini – Central Gualaceo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

La función del tanque de carga es mantener una altura de agua suficiente para evitar la entrada de aire en la tubería de presión, además la compuerta del tanque de carga sirve para realizar la limpieza y así evitar que cualquier tipo de material ingrese a la tubería de presión.

### 5.1.2) Verificación de las condiciones iniciales

El operador SCADA debe revisar que se cumplan las condiciones iniciales que se enumeran en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3:** Estado inicial para la operación de la unidad de generación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Estado
Breaker bomba HPU deflector	Ok
Breaker solenoide deflector	Ok
Nivel aceite HPU deflector	Ok
Breaker bomba HPU válvula mariposa	Ok
Breaker solenoide válvula mariposa	Ok
Nivel aceite HPU válvula mariposa	Ok
Breaker bomba HPU inyector 1	Ok
Breaker solenoide inyector 1	Ok
Nivel aceite HPU inyector 1	Ok
Breaker bomba HPU inyector 2	Ok
Breaker solenoide inyector 2	Ok
Nivel aceite HPU inyector 2	Ok
Breaker bomba HPU inyector 3	Ok
Breaker solenoide inyector 3	Ok
Nivel aceite HPU inyector 3	Ok
Breaker bomba HPU inyector 4	Ok
Breaker solenoide inyector 4	Ok



Nivel aceite HPU inyector 4	Ok
Posición inyector 1	Ok
Posición inyector 2	Ok
Posición inyector 3	Ok
Posición inyector 4	Ok
Válvula mariposa	Cerrada
Válvula bypass	Cerrada
Válvula enfriamiento	Cerrada
Mecanismo de deflector	Cerrada
Disparo de AVR	No
Alarma de AVR	No
Voltaje 280VAC	Ok
Relé generador M345	Ok
Relé línea P142	Ok
Breaker bypass	Ok
Breaker alimentación AC cargador	Ok
Breaker alimentación DC cargador	Ok
Falla en cargador de baterías	No
Paro de emergencia	No
Tanque de resistencias	Ok
Transformador	Ok
Nivel de tanque	Ok
Compuerta	Abierta
Interruptor generador	Abierto
Voltaje 480V	Ok

De no darse el cumplimiento de las condiciones iniciales, el operador SCADA debe observar qué tipo de alarma se encuentra activada y solucionar, caso contrario no se puede arrancar la unidad de generación.

Estas condiciones también se puede visualizar en el HMI en la pantalla “HMISTU855 touch panel screen 5” color”, que se encuentra en el tablero de control.

### 5.2) Arranque de la máquina

Una vez que se haya realizado el proceso de limpieza del canal de conducción, y revisado los equipos de la casa de máquinas, siempre y cuando estén cumplidas las condiciones iniciales el operador SCADA debe proceder con el arranque de la unidad de generación.

En la Tabla 5.4, se describen los pasos para el arranque de la unidad de generación de la mini central.



**Tabla 5.4:** Detalle de los pasos para el arranque de la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Arranque de la Unidad de Generación	Paso 1	Permisivos	Flujo tanque resistencia
			Posición válvula enfriamiento
		Ordenes	Abrir válvula enfriamiento
		Conmutaciones	Abrir generador sobretiempo paso 04
		Tiempo duración	30 Segundos
	Paso 2	Permisivos	Presión tubería ok
			Presión distribuidor ok
			Estado de válvulas bypass
		Ordenes	Abrir válvula bypass
		Conmutaciones	Abrir generador sobretiempo paso 04
		Tiempo duración	30 Segundos
	Paso 3	Permisivos	Estado válvula mariposa
		Ordenes	Abrir válvula mariposa
		Conmutaciones	Abrir generador sobretiempo paso 04
		Tiempo duración	300 Segundos
	Paso 4	Permisivos	Estado de válvulas bypass
		Ordenes	Cerrar válvula bypass
		Conmutaciones	Abrir generador sobretiempo paso 04
		Tiempo duración	30 Segundos
	Paso 5	Permisivos	Estado posición deflector
		Ordenes	Arranque bomba deflector
		Conmutaciones	Abrir generador sobretiempo paso 04
		Tiempo duración	150 Segundos
	Paso 6	Permisivos	Posición inyector 1 ok
			Posición inyector 3 ok
		Ordenes	Orden abrir inyector 1
			Orden abrir inyector 3
		Conmutaciones	Abrir generador sobretiempo paso 04
		Tiempo duración	30 Segundos
	Paso 7	Permisivos	Flujo tanque resistencia
Posición válvula enfriamiento			
Presión tubería ok			
Presión distribuidor ok			
Estado de válvulas bypass			
Estado válvula mariposa			
Estado de válvulas bypass			
Estado posición deflector			
Ordenes		Posición inyector 1 ok	
		Posición inyector 3 ok	
		Posición breaker primario transmisión SSAA 480V	
		Guía orden abrir válvula enfriamiento	
		Guía orden abrir válvula bypass	
		Guía orden abrir válvula mariposa	
		Guía orden cerrar válvula bypass	
		Guía orden arranque bomba deflector	
Guía orden abrir inyector 1			
Guía orden abrir inyector 3			
Guía orden arrancar AVR			
Guía permisivo PLC sincronismo al P345			
Conmutaciones	Guía abrir generador sobretiempo Paso 04		
Tiempo duración	300 Segundos		



Figura 5.6: Pantalla de visualización del arranque de la mini central.

*Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Con el paso siete se procede el arranque de la máquina, cumpliendo con todos los requisitos de los permisos, órdenes y conmutaciones.

### 5.3) Operación de la máquina

Una vez que se pone en marcha la unidad de generación de la mini central, se puede operar de tres formas:

- Regulación de nivel de tanque.
- Regulación de caudal de agua.
- Regulación de potencia.

#### 5.3.1) Regulación de nivel de tanque

El valor de operación del nivel del tanque en condiciones normales oscila entre 3.4m y 2.9m, se establece que el nivel de embalse en el tanque de carga no debe ser menor a 2.9m para poder operar, ya que de lo contrario pueden causar daños a la unidad. Es necesario controlar la cantidad de hojas y otros elementos flotantes en el tanque, ya que puede interrumpir la operación del sensor.

En la Figura 5.7 se puede observar el sensor de nivel que se encuentra instalado en el tanque de carga.



**Figura 5.7:** Sensor de nivel ubicado en el taque de carga.  
**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 5.3.2) Regulación de caudal de agua

Mediante esta regulación, al hacer algún ajuste en el caudal, influye de manera inmediata en el cambio de potencia.

### 5.3.3) Regulación de potencia

El operador asigna un valor de potencia, este valor se mantiene constante en la operación como se puede apreciar en la Figura 5.8, del HMI con un valor de potencia de 400kW para este ejemplo.



**Figura 5.8:** Pantalla HMI en el tablero de control.

**Fuente:** Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

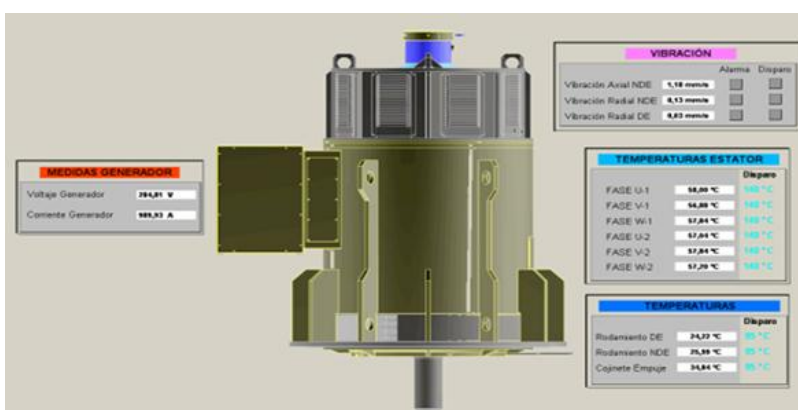
El generador sustenta el principio de mantener constante la carga eléctrica, manteniendo así constante el torque mecánico sobre el eje de la turbina, lo que involucra también un flujo constante de agua.

### 5.4) Estados de operación de la unidad de generación

Se visualiza los estados de operación en el sistema SCADA desde el Descanso.

- Estado de operación GENERADOR MARELLI sistema SCADA.
- Estado de operación turbina sistema SCADA.
- Estado caudal tanque de carga sistema SCADA.
- Estado de operación del regulador de velocidad sistema SCADA.

#### 5.4.1) Estado de operación del generador MARELLI en el sistema SCADA



**Figura 5.9:** Diagrama del generador MARELLI.

**Fuente:** Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

A continuación en la Tabla 5.5 se presentan los valores del generador el instante que se encuentra en operación:

#### Medidas del generador:

**Tabla 5.5:** Parámetros del generador.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Medida
Tensión generador	284,82V
Corriente generador	989,93A

**Vibración:**

**Tabla 5.6:** Parámetros de vibración de la unidad de generación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Tipo de vibración	Parámetro
Vibración axial NDE (Extremo final)	1,18mm/s
Vibración radial DE (Extremo de accionamiento)	1,13 mm/s
Vibración radial NDE	0,03 mm/s

**Temperatura del estator:**

**Tabla 5.7:** Temperaturas del estator.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

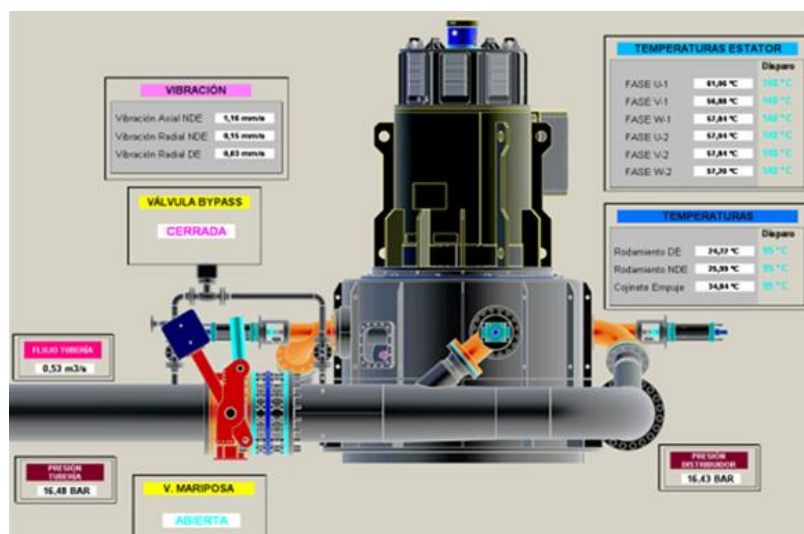
Fase	T. Operación	T. Disparo
Fase U-1.	58,07°C	140°C
Fase V-1.	56,04°C	140°C
Fase W-1.	57,01°C	140°C
Fase U-2.	57,03°C	140°C
Fase V-2.	57,04°C	140°C
Fase W-2	57,03°C	140°C

**Tabla 5.8:** Temperaturas de los rodamientos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Fase	T. Operación	T. Disparo
Rodamiento D.E.	24,22°C	95°C
Rodamiento N.D.E.	25,99°C	95°C
Cojinete en buje.	34,04°C	95°C

**5.4.2) Estado de operación de la turbina en el sistema SCADA**



**Figura 5.10:** Diagrama de la turbina.

*Fuente:* Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

A continuación se presentan los valores y parámetros de la turbina en operación:

**Tabla 5.9:** Parámetros de la turbina.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Estado
Válvula Bypass	Cerrada
Válvula Mariposa	Abierta
Flujo tubería	0,53m <sup>3</sup> /s
Presión tubería	16,48bar

### Vibración:

**Tabla 5.10:** Parámetros de vibración de la unidad de generación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Tipo de Vibración	Parámetro
Vibración axial NDE	1,18mm/s
Vibración radial NDE	1,13 mm/s
Vibración radial DE	0,03 mm/s

### Temperatura estator:

**Tabla 5.11:** Temperaturas del estator.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Fase	T. Operación	T. Disparo
Fase U-1	58,07°C	140°C
Fase V-1	56,04°C	140°C
Fase W-1	57,01°C	140°C
Fase U-2	57,03°C	140°C
Fase V-2	57,04°C	140°C
Fase W-2	57,03°C	140°C

**Tabla 5.12:** Temperaturas de los rodamientos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Fase	T. Operación	T. Disparo
Rodamiento DE	24,22°C	95°C
Rodamiento NDE	25,99°C	95°C
Cojinete en buje	34,04°C	95°C



5.4.3) Estado caudal tanque de carga en el sistema SCADA

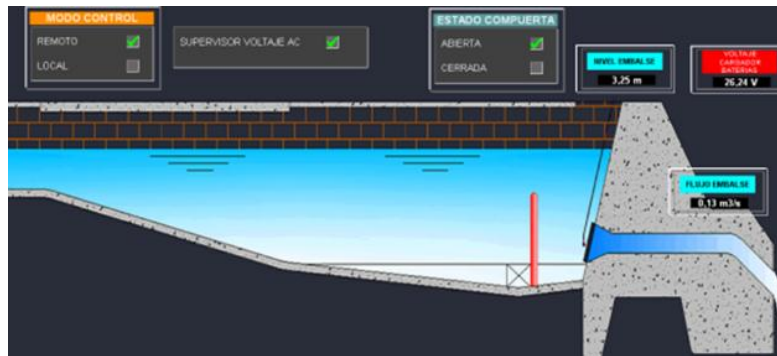


Figura 5.11: Diagrama del tanque de carga.

Fuente: Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

Los valores de tanque de carga en operación son:

Tabla 5.13: Parámetros de la unidad de generación.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Estado
Modo control	Remoto
Compuerta	Abierto
Nivel embalse	3,25m
Tensión cargador de baterías	26,24V

5.4.4) Estado de operación del regulador de velocidad en el sistema SCADA

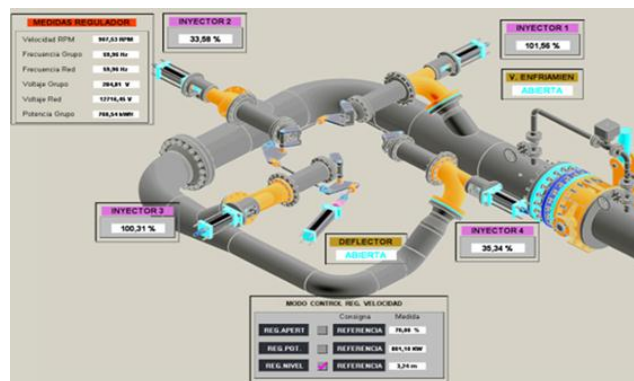


Figura 5.12: Diagrama del regulador de velocidad.

Fuente: Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

En la Tabla 5,14 se presentan los valores de regulación de velocidad en operación:

**Tabla 5.14:** Parámetros de la regulación de velocidad en operación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Parámetro	Valor
Velocidad RPM	987,53RPM
Frecuencia grupo	59,96Hz
Frecuencia red	59,96Hz
Tensión de grupo	284,81V
Tensión de red	12716,45V
Potencia grupo	768,54kW

Inyectores:

**Tabla 5.15:** Porcentaje de apertura de los inyectores.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Valor (%)
Inyector 1	101,56%
Inyector 2	33,58%
Inyector 3	100,31%
Inyector 4	35,34%

**Tabla 5.16:** Parámetros de las unidades de presión hidráulica.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Descripción	Estado
Deflector	Abierto
Válvula de enfriamiento	Abierto

### Modo de Regulación de Velocidad:

**Tabla 5.17:** Modo de regulación de velocidad de la máquina.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Regulación de Velocidad	Consigna	Modificación
Regulación de apertura	Referencia	70,01%
Regulación de potencia	Referencia	201,18kW
Regulación de nivel	Referencia	3,24m

### 5.5) Pasos para la parada normal

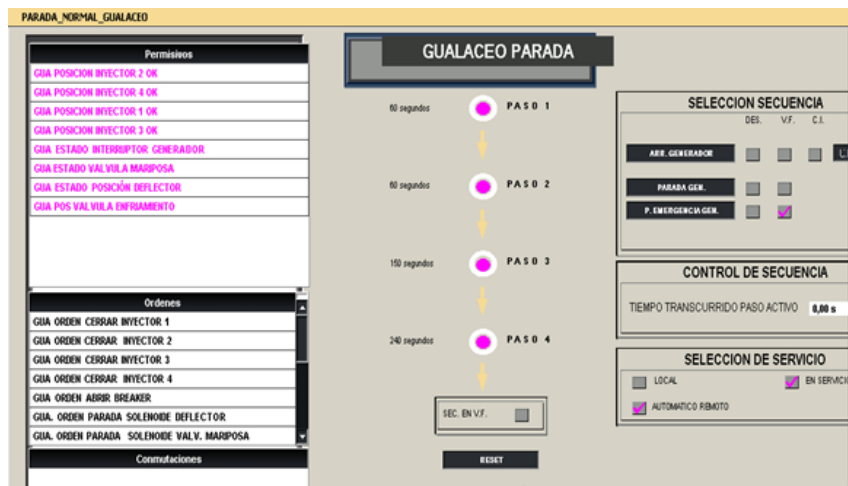
Cuando la unidad de generación se encuentra operando un tiempo, y se necesita arreglar o cambiar algún elemento, ya sea hidráulico, mecánico, eléctricos como también por falta de caudal de agua del río, generalmente se debe detener la máquina para corregir el error o realizar su respectivo mantenimiento, si no es por ningún tipo de daño, simplemente se realiza la limpieza del canal de conducción del agua.

Los pasos a seguir se describen en la siguiente Tabla 5.18:

**Tabla 5.18:** Detalle de los pasos para la parada normal de la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Parada Normal	Paso 1	Permisivos	Posición inyector 2 ok posición inyector 4 ok	
		Ordenes	Cerrar inyector 2 Cerrar inyector 4	
		Conmutaciones	No tiene conmutaciones	
		Tiempo duración	60 Segundos	
	Paso 2	Permisivos	Posición inyector 1 ok Posición inyector 3 ok	
		Ordenes	Cerrar inyector 1 Cerrar inyector 3	
		Conmutaciones	No tiene conmutaciones	
		Tiempo duración	60 Segundos	
	Paso 3	Permisivos	Estado interruptor generador Estado válvula mariposa Estado posición deflector	
		Ordenes	Abrir breaker Parada solenoide deflector Parada solenoide válvula mariposa	
		Conmutaciones	No tiene conmutaciones	
		Tiempo duración	150 Segundos	
		Paso 4	Permisivos	Posición válvula de enfriamiento
			Ordenes	No tiene órdenes
	Conmutaciones		No tiene conmutaciones	
	Tiempo duración		240 Segundos	



**Figura 5.13:** Pantalla de visualización de parada normal de la mini central.

*Fuente:* Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

Una vez que se cumpla con los pasos para la parada normal de la mini central, el operador SCADA debe comunicarse con el guardia de turno para que abra completamente la compuerta C001\_GUALA que se encuentra en la captación y



luego se procede a la apertura de las compuertas de los vertederos para ir evacuando el agua que se queda en el recorrido del canal.

### 5.6) Parada de emergencia

Se realiza cuando ocurre una falla en los elementos que conforma la mini central, existe 3 pasos que se realiza para la parada de emergencia mediante el programa SCADA.

A continuación se presenta las condiciones más comunes para que se realice una parada de emergencia de la mini central.

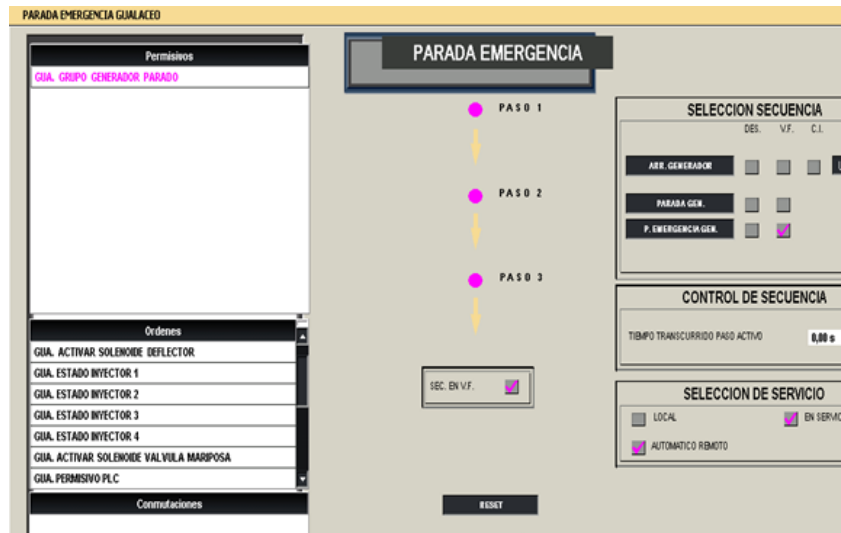
- Bajo nivel de agua en el tanque de carga.
- Bajo flujo de caudal del río.
- Sobrecorriente en la línea de distribución o alimentador.
- Generación de armónicos en las líneas de distribución.
- Sobre frecuencia debido al incremento de la carga.

En la Tabla 5.19 se describe los pasos para la parada de emergencia.

**Tabla 5.19:** Detalle de los pasos para la parada normal de la mini central.

*Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Parada de Emergencia	Paso 1	Permisivos	No tiene permisos
		Ordenes	Activar solenoide deflector
			Estado inyector 1
			Estado inyector 2
			Estado inyector 3
			Guía estado inyector 4
			Activar solenoide válvula mariposa
			Permisivo PLC
	Conmutaciones	No tiene conmutaciones	
	Paso 2	Permisivos	No tiene permisos
		Ordenes	Guía orden subir tensión AVR
		Conmutaciones	No tiene conmutaciones
	Paso 3	Permisivos	Grupo generador parado
Ordenes		No tiene órdenes	
Conmutaciones		No tiene conmutaciones	



**Figura 5.14:** Pantalla de visualización de parada de emergencia de la mini central.  
**Fuente:** Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.

Mientras se cumple el proceso de parada de emergencia, el operador SCADA debe comunicarse inmediatamente con el guardia de turno en la mini central para que realice la apertura de la compuerta C007\_GUAL, ubicada en el acueducto, y así desviar todo el flujo de agua de los canales de conducción; y de allí trasladarse hasta la captación para cerrar la compuerta C001\_GUAL.

También se puede parar la máquina con el personal que se encuentre en la central, en el tablero HMI existe un botón “Paro Emergencia”, que deshabilita la operación.



**Figura 5.15:** Botón de “PARO EMERGENCIA” en el tablero de control.  
**Fuente:** Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.), Sistema SCADA.



### 5.7) Estados de operación

Se tiene dos extremos de operación, la normal en la cual todas las restricciones se cumplen, ya que este equilibrio permite que los componentes del sistema tengan un buen funcionamiento y no disminuir la vida útil, mientras que el otro extremo, es la operación anormal o falla en donde alguna de las restricciones no se cumplen.

Las restricciones que se deben cumplir en cada estado o fase de operación están referidas al balance del consumo y la generación.

La igualdad para las diversas variables que se manejan en la central hidroeléctrica contemplan los valores de frecuencia del sistema y la tensión permitidos dentro de un rango definido.

#### 5.7.1) Restricciones estado de igualdad de valores nominales

En la Tabla 5.20 se presenta los estados de igualdad para la operación de la unidad de generación.

**Tabla 5.20:** Valores iniciales de los equipos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Frecuencia	60Hz
Tensión	480V/22kV
Velocidad de la turbina	900rpm
Presión nominal de la turbina	17bar
Válvula mariposa	25bar
PLC SAITEL DR	24VDC
Interruptor de potencia	630 A
Seccionadores	10A y 25kV
Cargador de baterías	24VDC – 16A (salida)
Banco de baterías	24VDC – 220Ah
Servicios auxiliares de corriente continua	24VDC
Actuador de la compuerta del tanque de carga	24VDC
Unidades hidráulicas	24VDC

La restricción de desigualdad se refiere a que los valores de las variables: de tensión, corrientes, temperatura y presión de los equipos, no deben exceder los niveles permisibles de operación de los equipos del sistema, manteniéndose siempre dentro del rango permitido.

Es fundamental obtener con exactitud y precisión el valor de las variables o señales que se controlan.





### 5.7.2) Restricciones estado de desigualdad

- Nivel de tanque de carga, rango 2,9m y 3,4m.
- Flujo de caudal, rango 0,14m<sup>3</sup>/s mínimo y 7,10 m<sup>3</sup>/s máximo.
- Válvula mariposa tiempo de apertura 3min:55seg y tiempo de cierre 2min.
- El sensor de flujo de caudal de la tubería de presión, opera a un rango de temperatura (-20°C a 60°C).
- Gobernador de carga LCX disipación de potencia variable (0 - 300kW).
- Potencia en la turbina rango (0 – 970 kW).
- Tanque de resistencias temperatura de seguridad (0°C a 50°C).
- Temperaturas estator del generador (0°C a 140°C).
- Sensor de vibración de la máquina (0mm/s a 5 mm/s).

Las restricciones de seguridad están orientadas a que todos los equipos se encuentren en funcionamiento continuo sin ninguna alerta activada, como el caso de las baterías, sensores y entre otros elementos más.

### 5.7.3) Restricciones estado de seguridad

#### 5.7.3.1) En los equipos

- Medición en el sensor de flujo.
- Medición en los sensores de presión.
- Seguridad en el cargador de baterías.
- Seguridad en los equipos de comunicación.
- Seguridad en el sistema video vigilancia.
- Seguridad en los PLC.
- Seguridad en la AC/DC.
- Seguridad en el HMI.
- Seguridad en la fibra óptica.
- Medición en el relés de protección, TC's y TP's
- Seguridad en las celdas de media tensión.
- Seguridad en el tablero de transferencia de servicios auxiliares.

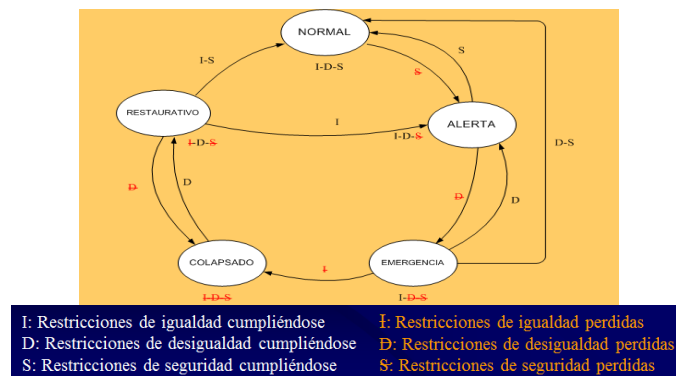
### 5.7.3.2) En el tanque de carga

- Seguridad en el caudal de ingreso al tanque de carga.
- Seguridad en el nivel de agua en el tanque de carga.
- Seguridad en el caudal de ingreso a la tubería de presión.

### 5.7.3.3) En la casa de máquinas

- Seguridad en la posición de los deflectores de los inyectores.
- Seguridad en la sobre velocidad del generador.
- Seguridad en la temperatura en los bobinados de la armadura.
- Seguridad en la tensión, corriente, potencia activa y reactiva.
- Seguridad en la temperatura en tanque de resistencias.

Al pasar de una operación normal hacia la anormal o de emergencia se presentan una serie de estados de operación que describen las posibles situaciones, de operación mostradas en el Esquema 5.16.



**Esquema 5.16:** Estados de operación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 5.7.4) Estado Normal

En el estado operacional normal todas las restricciones cumplen los regímenes de igualdad, desigualdad y seguridad (I-D-S), lo cual indica que la generación es eficiente, por lo que no se tiene ningún equipo soportando sobrecarga.

### 5.7.5) Estado de Alerta

Si la probabilidad de falla aumenta, entonces el estado entra en alerta. En éste todavía se mantienen las condiciones de igualdad y desigualdad (I-D), pero la



seguridad se pierde, es decir que cualquier perturbación podría provocar el paso al siguiente estado o puede ser restaurada nuevamente al sistema de estado normal.

Las causas para llegar a este estado son las siguientes:

- Falla a tierra.
- Falla baterías.
- Falla bajo nivel de tensión DC.
- Límite de corriente.
- Falla en el sistema video vigilancia (no afectan).
- Falla en sistema contra incendios (no afecta).

#### **5.7.6) Estado de Emergencia**

Se cumple las condición de igualdad, pero la de desigualdad y seguridad se pierde, es decir que cualquier perturbación podría provocar el paso al siguiente estado o puede ser restaurada nuevamente al sistema de estado de alerta, habilitándose la condición de desigualdad o al estado normal recuperando las restricciones de desigualdad y seguridad.

Las causas para llegar a este estado son las siguientes:

- Interruptor DC abierto.
- Por baja frecuencia (duración, minutos).
- Sobrecalentamiento por falta de ventilación en la generación.
- Tensiones variantes.
- Incremento de frecuencias de oscilación.
- Fatiga en los materiales.

#### **5.7.7) Estado Extremo o Crítico**

En este estado las condiciones de igualdad, desigualdad y seguridad se pierden, ante tal situación se produce la separación del sistema con la red de distribución y la pérdida de carga en la que no puede ser restaurada al estado de emergencia, pasando directamente al estado restaurativo.

Las causas para llegar a este estado son las siguientes:

- Por sobrecarga.



- Por sobretensión en la red.
- Falla en las barras.
- Sobretensiones de campo.
- Sobrecorriente de campo.
- Sobretensiones de generador.
- Sobrecorriente de generador.
- Pérdida de medición.
- Control avería diodos.
- Sobrevelocidad de la turbina.
- Por caudal cero.
- Válvula mariposa cerrada.
- Presión de la tubería cero
- Falla tanque de resistencias.

#### **5.7.8) Estado Restaurativo o Recuperación**

En este estado se cumple la desigualdad, es decir posiblemente se tenga algún equipo todavía operando dentro de los límites permitidos, del estado restaurativo se puede regresar nuevamente al estado crítico, perdiendo la condición de desigualdad, o puede ser restaurada al estado normal habilitando las condiciones de igualdad y seguridad o restaurada al estado de alarma habilitando la condición de igualdad dependiendo de las circunstancias.

En este estado se debe tener restaurado lo siguiente

- Sobretensión dentro del rango permitido.
- Sobrecorriente dentro del rango permitido.
- Temperaturas dentro del rango permitido.
- Presión de las válvulas dentro del rango permitido.
- Frecuencia dentro del rango permitido.
- Cargador de baterías estado normal.
- Tensión AC y DC normal.
- Limitador de carga normal.
- Límite de corriente normal.

## CAPÍTULO 6: CRONOGRAMA Y PLAN DE MANTENIMIENTO

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas, actividades programadas o rutinas agrupadas, siguiendo un criterio de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes y distribuidores de equipos.

Debido a que la operación de la Mini – Central Gualaceo es por tele comando desde la Central Térmica El Descanso a través del sistema SCADA, se encuentra bajo el cuidado del guardia de turno, que se encarga de realizar varias de las actividades como son: limpieza de rejillas, apertura/cierre de compuertas, o realizar tareas de inspección visual de ciertos equipos, además en la Tabla 6.1 se detalla el personal encargado del mantenimiento preventivo o correctivo de la mini central.

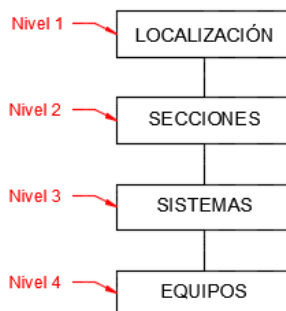
**Tabla 6.1:** Personal encargado del mantenimiento en la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción
GUAL- MCG01	DIPRO – Dirección de Producción
GUAL- MCG02	DICMA – Dirección de Obras Civiles y Medio Ambiente
GUAL- MCG03	DCG – Departamento de Control de Generación

Para la elaboración del manual digital de operación, cronograma y plan de mantenimiento, se implementó un software “Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador” (SISMAC), licencia de propiedad de ELECAUSTRO S.A.

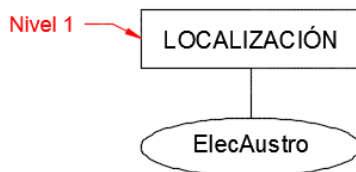
Para el ingreso de información a SISMAC, se lo realiza por niveles jerárquicos, que por políticas de la empresa es de carácter obligatorio llegar por lo menos hasta el nivel 4, como se observan en el Esquema 6.1, la descripción de los niveles.



**Esquema 6.1:** Niveles jerárquicos para el ingreso de información en SISMAC.

*Fuente:* Programa SISMAC.

En el nivel 1 tenemos la localización, indica el nombre de la empresa o entidad en donde se va implementar el SISMAC.



**Esquema 6.2:** Nivel 1 para el ingreso de información en SISMAC.

*Fuente:* Programa SISMAC

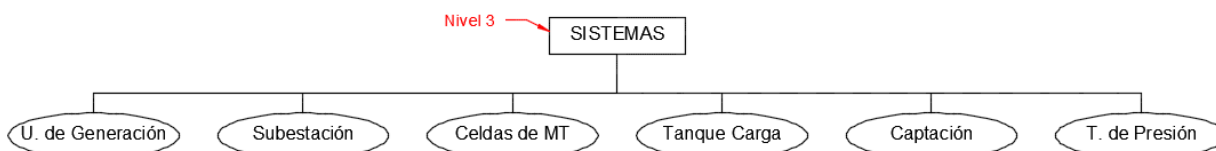
En el nivel 2 de secciones, indica las centrales de propiedad de la empresa.



**Esquema 6.3:** Nivel 2 para el ingreso de información en SISMAC.

*Fuente:* Programa SISMAC.

En el nivel 3 de sistemas, describe todos y cada uno de los elementos que componen a cada central, en este caso para el Esquema 6.4 se toman los elementos de la Mini – Central Gualaceo.

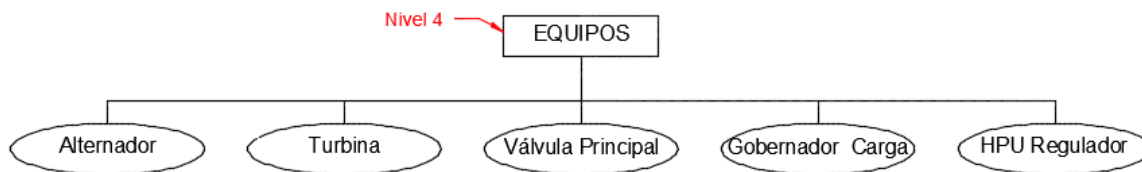


**Esquema 6.4:** Nivel 3 para el ingreso de información en SISMAC.

*Fuente:* Programa SISMAC.

En el nivel 4 de equipos, describe todas y cada una de las partes de los elementos que componen la central, en este caso para el ejemplo de la Figura 6.5 se toma las partes de la unidad de generación de la Mini – Central Gualaceo.





**Esquema 6.5:** Nivel 4 para el ingreso de información en SISMAC.

*Fuente:* Programa SISMAC.

Para ingresar los sistemas y equipos, se hace mediante códigos que se detallan en la Tabla 6.2, de acuerdo con la información recopilada del fabricante.

**Tabla 6.2:** Códigos del plan de mantenimiento de la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción
GUAL_	Gualaceo
CP	Captación
CC	Sistema de conducción de agua
TC	Tanque de carga
TP	Tubería de presión
GN	Generador
TN	Turbina
GC	Gobernador de carga LCX
TF	Transformador de potencia
PG	Puente grúa
TB	Tableros de control
MT	Tablero y celda de media tensión
VA	Vías de acceso
CM	Casa de máquinas
SX	Servicios auxiliares
SC	Sistema contra incendios
01	Secuencia de numeración

Una vez realizado una breve descripción sobre el formato SISMAC se realiza una introducción para el ingreso de información en el programa.

Cuando se instala y se ejecuta el programa se visualiza la pantalla inicial para el ingreso al SISMAC, el cual requiere de un usuario y una contraseña.

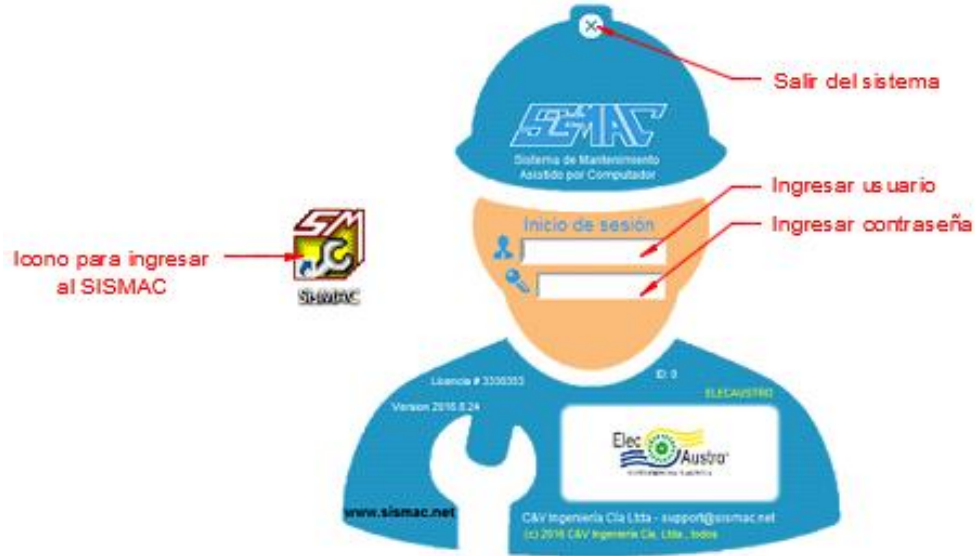


Figura 6.6: Pantalla de ingreso a SISMAC.

Fuente: Programa SISMAC.

Una vez ingresado al programa, se presenta la pantalla que se observa en la Figura 6.7.

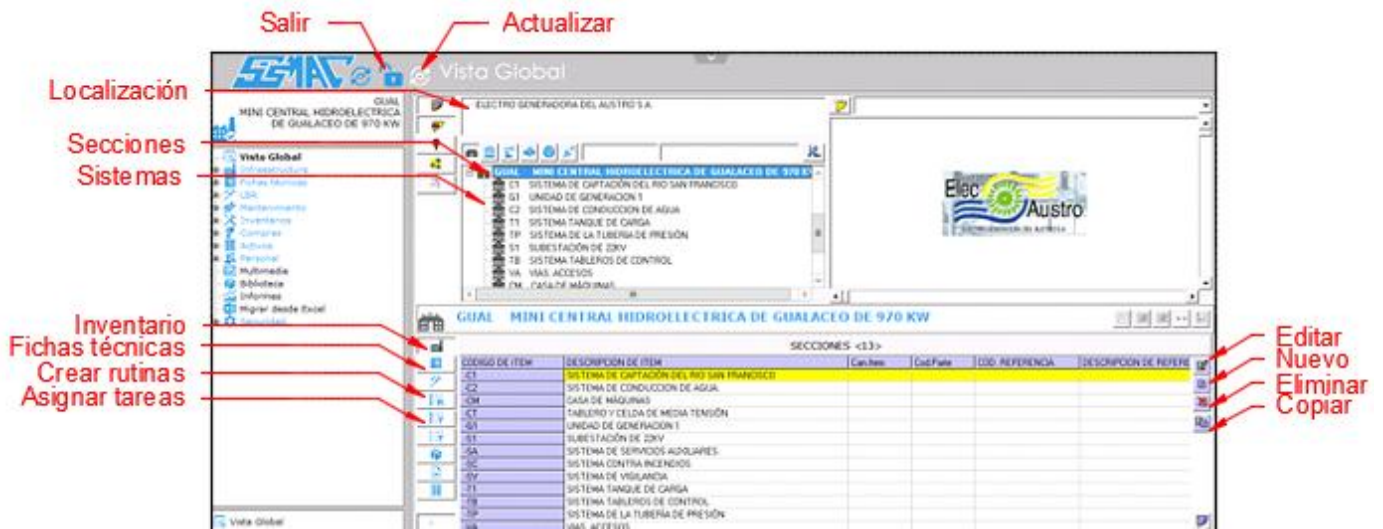


Figura 6.7: Pantalla de SISMAC.

Fuente: Programa SISMAC.

En la Figura 6.8 se presenta la ubicación de los niveles jerárquicos en SISMAC



Figura 6.8: Pantalla de SISMAC.

Fuente: Programa SISMAC.

Para el ingreso de los sistemas se ubica en secciones en este caso en la sección Mini – Central Gualaceo de 970kW y se pulsa el botón nuevo, como se indica en la Figura 6.7, y aparece una nueva ventana, como se observa en la Figura 6.9, y se procede a ingresar la información.

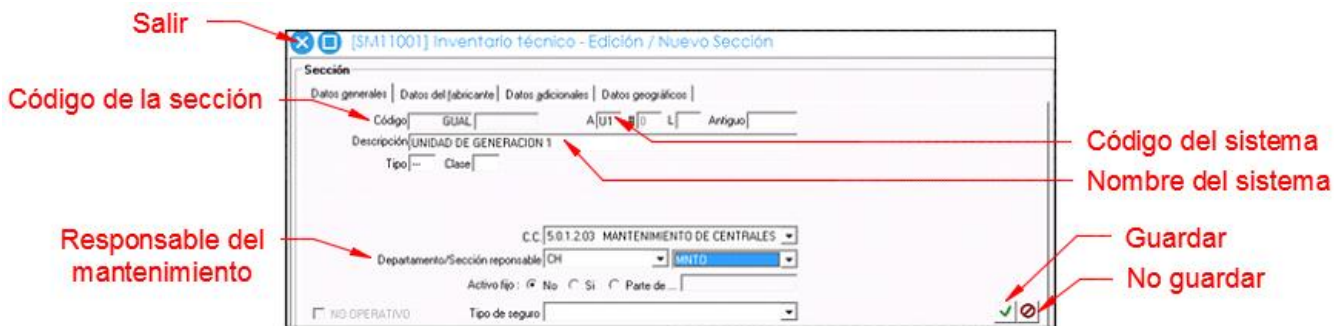


Figura 6.9: Pantalla para el ingreso de sistemas de la mini central.

Fuente: Programa SISMAC.

En la Figura 6.10, se observa ingresado todos los sistemas que conforman la mini central.

**GUAL MINI CENTRAL HIDROELECTRICA DE GUALACEO DE 970 KW**

SECCIONES <13>

CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA
-C1	SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL RIO SAN FRANCISCO			
-C2	SISTEMA DE CONDUCCION DE AGUA			
-CM	CASA DE MÁQUINAS			
-CT	TABLERO Y CELDA DE MEDIA TENSION			
-G1	UNIDAD DE GENERACION 1			
-S1	SUBESTACIÓN DE 22KV			
-SA	SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES			
-SC	SISTEMA CONTRA INCENDIOS			
-SY	SISTEMA DE VIGILANCIA			
-T1	SISTEMA TANQUE DE CARGA			
-TB	SISTEMA TABLEROS DE CONTROL			
-TP	SISTEMA DE LA TUBERÍA DE PRESIÓN			

Figura 6.10: Sistemas de la mini central.

Fuente: Programa SISMAC.

Para ingresar los equipos, se ubica en sistemas, y se pulsa el botón nuevo, como se indica en la Figura 6.7, y aparece una nueva ventana igual a la Figura 6.9, y se ingresa la información, en este caso para la unidad de generación.

Figura 6.11: Pantalla para el ingreso de equipos de la unidad de generación.

Fuente: Programa SISMAC.

En la Figura 6.12 se presentan los equipos de la unidad de generación de la mini central.

**GUAL-G1 UNIDAD DE GENERACION 1**

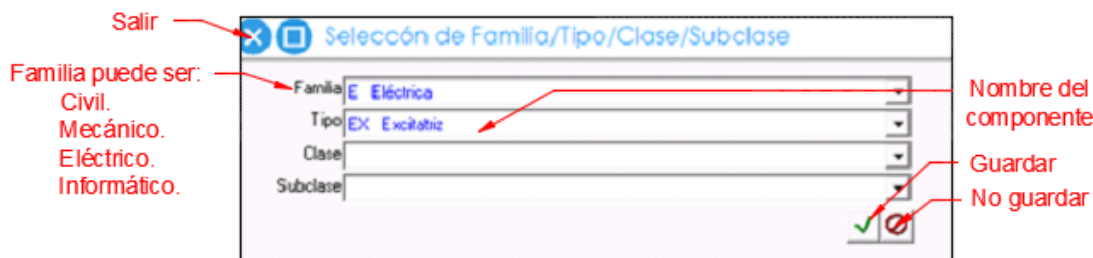
SISTEMAS <5>

CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA
-ALT1	ALTERNADOR			
-GCA	GOBERNADOR DE CARGA LCX			
-HPU1	HPU DEL REGULADOR DE VELOCIDAD			
-TUR1	TURBINA			
-VPR1	VÁLVULA PRINCIPAL			

Figura 6.12: Equipos de la unidad de generación.

Fuente: Programa SISMAC.

Para ingresar los componentes, se ubica en equipos, luego se pulsa el botón nuevo, como se indica en la Figura 6.7, con lo cual aparece una nueva ventana, y se ingresa la información dependiendo del tipo de familia al que pertenece cada componente, como se aprecia en la Figura 6.13.



**Figura 6.13:** Pantalla para el ingreso de componentes del alternador.

*Fuente: Programa SISMAC.*

En la Figura 6.14 se presentan los componentes del alternador que pertenecen a la unidad de generación de la mini central.

GUAL-G1-ALT1 ALTERNADOR					
EQUIPOS <11>					
CODIGO DE ITEM	DESCRIPCION DE ITEM	Can.Item	Cod.Parte	COD. REFERENCIA	
-ECO001	TERMINAL PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO GENERADOR #1				
-ECOC001	CAJA DE CONEXIONES Y TERMINALES #1				
-EEX001	EXCITATRIZ				
-ISE001	SENSOR DE TEMPERATURA TP100 BOBINADO DEL ESTATOR #1				
-ISE002	SENSOR DE VIBRACION RODAMIENTO INFERIOR #2				
-ISE003	SENSOR DE VIBRACION RODAMIENTO SUPERIOR #3				
-ISE004	SENSOR DE VELOCIDAD PARA RUEDA DENTADA #4				
-MCJ001	COJINETE SUPERIOR (NDE)				
-MCJ002	COJINETE INFERIOR (DE)				
-MCJ003	COJINETE DE EMPUJE (E)				
-MCZ001	CARCAZA #1				

**Figura 6.14:** Componentes de alternador de la unidad de generación.

*Fuente: Programa SISMAC.*

Una vez recopilada toda la información asignada para las tareas de mantenimiento y la frecuencia con la que se va a realizar las actividades, se ubica en los componentes de cada equipo entonces presionamos el icono asignar tarea, como se observa en Figura 6.7, luego se pulsa el botón nuevo, con lo que nos despliega una nueva ventana, como se observa en la Figura 6.15.



Figura 6.15: Pantalla para asignar una tarea.

Fuente: Programa SISMAC.

Una vez asignadas las tareas para cada componente o elemento se procede a ingresar la frecuencia pulsando el botón editar, como se observa en la Figura 6.7 y se despliega una nueva ventana, como se observa en la Figura 6.16, donde se puede ingresar la frecuencia ya sea en horas, semanas, días, o dependiendo de los elementos o componentes, se puede ingresar en varias unidades como ejemplo, pueden ser en kilómetros para el caso del cambio de aceite de un vehículo.

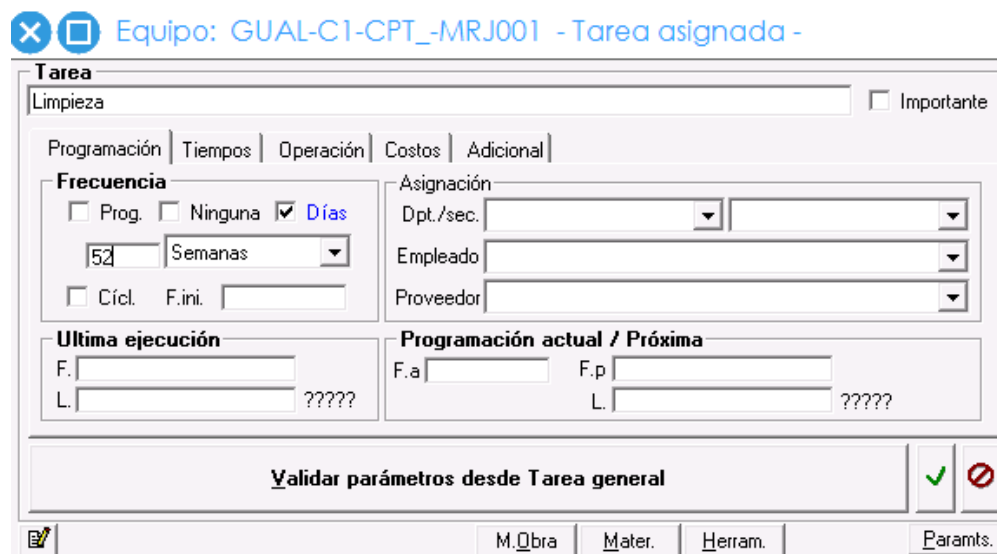


Figura 6.16: Pantalla para asignar la frecuencia a una tarea.

Fuente: Programa SISMAC.



Se tienen las tareas asignadas con la respectiva frecuencia para cada equipo de la mini central, como se observa en la Figura 6.17.

**GUAL-C1 SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL RIO SAN FRANCISCO**

ITEMS <17>			
CODIGO DE ITEM	COD. TAREA	DESCRIPCION DE TAREA	Frec.
-CPT_-CAZ001	T:B001	Inspección del estado del azud	26Sem.
	T:D001	Limpiar o quitar material de acarreo del rio	26Sem.
-CPT_-CMR001	T:B001	Inspección del estado del muro	13Sem.
	T:B002	Inspeccion de existencia de fisuras en el muro	13Sem.
	T:D001	Limpieza de material de deslizamiento sobre el muro	13Sem.
-CPT_-CMR002	T:B001	Inspección del estado del muro	13Sem.
	T:B002	Inspeccion de existencia de fisuras en el muro	13Sem.
	T:D001	Limpieza de material de deslizamiento sobre el muro	13Sem.
-CPT_-CPU001	T:B001	Inspección del estado del puente metalico de captacion	52Sem.
	T:B002	Revisión de ajuste del cable o linea de vida del puente	52Sem.
	T:B002	Revisión de ajuste de apoyos o pasamanos del puente de	52Sem.
-CPT_-CSÑ001	T:B001	Inspección del estado de la regleta de medicion	13Sem.
	T:B002	Tomar mediciones del nivel de agua	1Sem.
	T:D001	Limpieza de la regleta de medicion	52Sem.
-CPT_-MRJ001	T:B001	Inspección del estado	1Sem.
	T:B002	Inspeccion de existencia de fisuras o daños	1Sem.

**Figura 6.17:** Tareas y frecuencia asignadas para captación.

*Fuente: Programa SISMAC.*

La seguridad es primordial en el momento de realizar una tarea se debe precautelar la vida de las personas, por ello se debe tomar en cuenta varios criterios de seguridad y utilizar los equipos de protección personal como ropa adecuada, cascos, chalecos reflectivos, protección visual, protección auricular, guantes, calzado adecuado cuando se realice los mantenimientos respectivos dentro o fuera de la mini central.



**Figura 6.18:** Simbología de las normas INEN de seguridad requerida.

*Fuente: Unidad de Salud y Seguridad Ocupacional.*





Para evitar accidentes en los puestos de trabajo, se debe coordinar las actividades con anterioridad y así prevenir riesgos de incidentes, llevar los equipos, material necesario cuando se realice una inspección o tareas de mantenimiento.

Para elaborar el cronograma de mantenimiento de cada elemento se realiza de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la frecuencia que se ejecuta cada tarea, en la Tabla 6.3, se presenta la nomenclatura del cronograma de actividades de la mini central que se emplea para cada elemento.

**Tabla 6.3:** Detalle del cronograma.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
S	Semestral
A	Anual



## 6.1) Plan de mantenimiento de captación

### Código:

GUAL-CP01.

### Elemento:

Obra civil y mecánica.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general de captación, así conservar en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

### Partes de captación:

**Tabla 6.4:** Partes que conforman la captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.1.1	Rejilla metálica	GUAL-CP01.1
6.1.2	Puente metálico para revisión	GUAL-CP01.2
6.1.3	Muro de contención	GUAL-CP01.3
6.1.4	Azud	GUAL-CP01.4
6.1.5	Losa de hormigón	GUAL-CP01.5
6.1.6	Compuerta metálica	GUAL-CP01.6
6.1.7	Enlace en fibra óptica	GUAL-CP01.7
6.1.8	Equipos de video vigilancia	GUAL-CP01.8
6.1.9	Regleta para medición de nivel de agua	GUAL-CP01.9
6.1.10	Malla metálica para seguridad	GUAL-CP01.10

### 6.1.1) Rejilla metálica (GUAL-CP01.1)

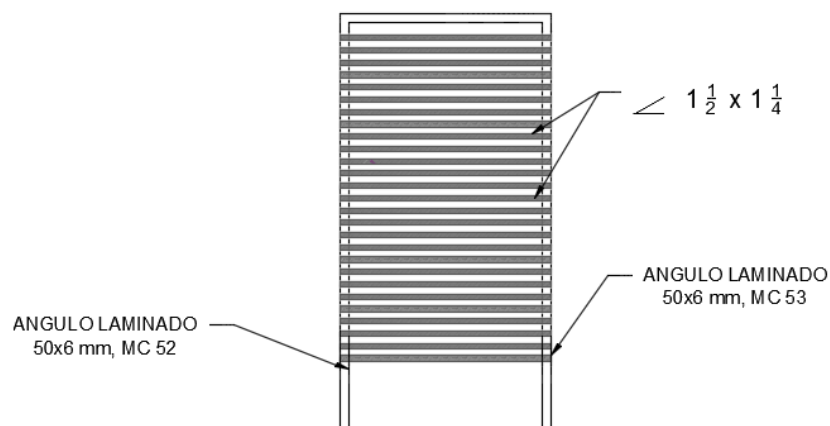
**Tabla 6.5:** Detalle de las actividades de la rejilla metálica.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el material de arrastre acumulado en la rejilla
2	Inspeccionar visualmente el estado de la rejilla
3	Soldar, reparar, reemplazar si existen daños de la rejilla

### 6.1.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con el rastrillo, el material de acarreo del río depositado sobre la superficie de la rejilla.
- ✓ Inspeccionar visualmente la rejilla para conocer el estado y condiciones en las que se encuentra.
- ✓ En caso de daños se procede con el respectivo mantenimiento que puede ser: reparación, soldadura.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Esquema 6.19:** Detalle de la rejilla de captación.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT. Captación, edición 2014.

### 6.1.2) Punteo metálico para revisión (GUAL-CP01.2)

**Tabla 6.6:** Detalle de las actividades del puente metálico.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado del puente
2	Revisar la presencia de fisuras en el puente
3	Examinar si existe desperfecto en los apoyos o pasamanos
4	Pintar, soldar el puente

#### 6.1.2.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente el estado actual del puente.
- ✓ Examinar si existe deterioro como son: fisuras, desgaste en las uniones.
- ✓ Revisar que los pasamanos o apoyos se encuentren en buen estado, correctamente ajustados y firmes.

- ✓ Realizar el pintado, soldadura.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.20:** Partes del puente de la captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.1.3) Muro de contención (GUAL-CP01.3)

**Tabla 6.7:** Detalle de las actividades de los muros de contención.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de los muros
2	Examinar si existe deslizamiento de material
3	Revisar si existe la presencia de fisuras

#### 6.1.3.1) Procedimiento

- ✓ Verificar el estado de los muros de contención, si existe material sólido que se ha deslizado sobre los muros de contención se procede con la limpieza.
- ✓ Revisar si existe la presencia de fisuras, en caso de daños, el grupo de mantenimiento de obras civiles debe proceder a corregir los inconvenientes.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.21:** Muros de contención de la captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.1.1) Azud (GUAL-CP01.4)

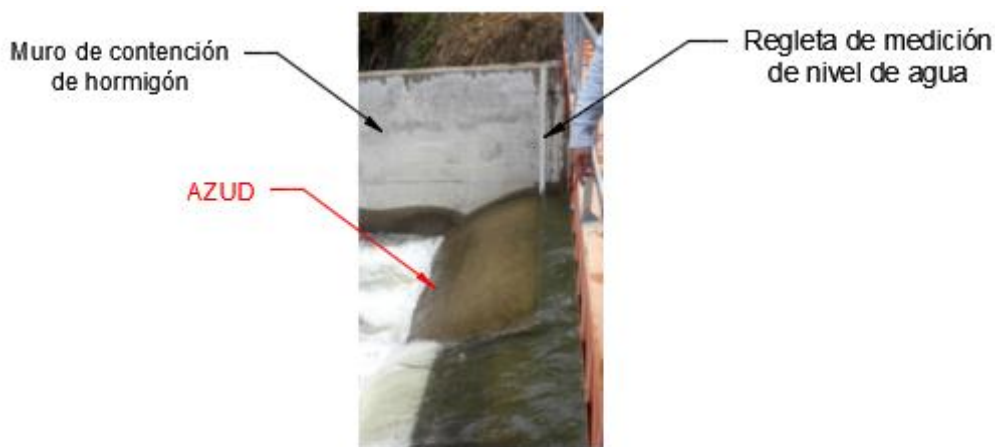
**Tabla 6.8:** Detalle de las actividades del azud.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de la losa del azud
2	Limpiar los escombros o material de acarreo del río

#### 6.1.1.1) Procedimiento

- ✓ Verificar el estado del azud, si existe material de acarreo del río como troncos, ramas, animales muertos, entonces se procede con la limpieza, contando con los respectivos equipos de seguridad.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.22:** Azud de la captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.1.2) Losa de hormigón (GUAL-CP01.5)

**Tabla 6.9:** Detalle de las actividades del cimientado de hormigón.

*Fuente:* Realizado por: Autores

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de la losa del desripiador
2	Limpiar los materiales de acarreo del río
3	Revisar la presencia de agrietamientos en la losa
4	Revisar si existe deterioro del vertedero del desripiador

### 6.1.2.1) Procedimiento

- ✓ Revisar la losa del desripiador, si existe presencia de materiales de acarreo del río, se debe realizar la limpieza y se evacua los materiales a través de la compuerta.
- ✓ Revisar si existe desgastes, daños y fisuras en el vertedero del desripiador.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.23:** Cimiento de la captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.1.3) Compuerta metálica (GUAL-CP01.6)

**Tabla 6.10:** Detalle de las actividades de la compuerta metálica.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar materiales acumulados en la compuerta
2	Inspeccionar visualmente el estado de la compuerta
3	Revisar la presencia de fugas en los sellos “J”
4	Examinar si existe daños del tornillo sin fin
5	Engrasado de la compuerta

#### 6.1.3.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente el estado y condiciones en las que se encuentra la compuerta metálica del desripiador.
- ✓ Realizar la limpieza, engrasado del tornillo sin fin del volante de apertura/cierre de la compuerta.
- ✓ Examinar que no existan fugas de agua en los sellos “J” o por el mal estado de la compuerta.
- ✓ Realizar un pintado de la compuerta.



- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.24:** Compuerta metálica de captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

#### 6.1.4) Enlace de fibra óptica (GUAL-CP01.7)

**Tabla 6.11:** Detalle de las actividades de enlace con fibra óptica.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los equipos de la fibra óptica.
2	Inspeccionar el estado de la chaqueta o aislamiento de la fibra óptica, que el cable de no tenga fisuras, cortes, daños o dobleces
3	Realizar pruebas, mediciones de la fibra óptica

##### 6.1.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar las impurezas, polvos con una franela el cable de fibra óptica, los equipos de conexión como switch y conectores.
- ✓ Realizar una inspección visual de la fibra óptica para evitar daños en el cable, la chaqueta.
- ✓ Realizar mediciones de potencia, de ancho de banda, de retrodispersión, pérdida de inserción punto a punto en la fibra óptica, y medición de los equipos de conexión como son: switch, regulador de tensión.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.25:** Medidor de potencia de fibra óptica.

*Fuente:* FOA Guide to fiber optics premises cabling.

### 6.1.5) Equipos de video vigilancia (GUAL-CP01.8)

**Tabla 6.12:** Detalle de las actividades de los equipos de video vigilancia.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el lente de las cámaras.
2	Inspeccionar visualmente el estado de las cámaras IP
3	Revisar que los cables de conexión no tenga cortes, daños
4	Realizar pruebas de señal con el sistema SCADA

#### 6.1.5.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela las impurezas, polvos del lente de las cámaras para una mejor visualización y comprobar señal e imagen con el operador del sistema SCADA.
- ✓ Inspeccionar visualmente los equipos para evitar daños en el cable, las cámaras y en las conexiones.
- ✓ Realizar mediciones de tensión AC/DC de los equipos.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.1.6) Regleta para medición de nivel de agua (GUAL-CP01.9)

**Tabla 6.13:** Procesos de revisión de la regleta de medición de nivel de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la regleta
2	Inspeccionar visualmente el estado de la regleta de medición
3	Tomar mediciones diarias del nivel de agua

### 6.1.6.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar la regleta de medición de caudal del río, tomando en cuenta los riesgos y utilizando los equipos de protección adecuados como un arnés.
- ✓ Realizar una inspección visual de la regleta para saber el estado actual si existe daños, y llevar un registro diario de la medición del nivel de agua.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.26:** Regleta de medición de nivel de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.1.7) Cerramiento con malla galvanizada (GUAL-CP01.10)

**Tabla 6.14:** Procesos de revisión para cerramiento con malla galvanizada.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de la malla
2	Soldar la partes que presente daños

#### 6.1.7.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual del estado actual de la malla de seguridad.
- ✓ Revisar que no exista cortes en la malla para el acceso de personas particulares.
- ✓ Soldar la malla en caso que exista daños o cortes.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.27:** Cerramiento con malla galvanizada.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.



### 6.1.8) Materiales y equipos

En la Tabla 6.15, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de captación.

**Tabla 6.15:** Materiales y equipos para inspecciones de captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-CP01.1	GUAL-CP01.2	GUAL-CP01.3	GUAL-CP01.4	GUAL-CP01.5	GUAL-CP01.6	GUAL-CP01.7	GUAL-CP01.8	GUAL-CP01.9	GUAL-CP01.10
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaipe						X	X	X		
4		Arena			X							
5		Ripio			X							
6		Graba			X							
7		Piedra			X							
8		Cemento			X							
9		Grasa						X				
10		Cable #12 flexible AWG								X	X	
11	Herramientas y Equipos	Máquina soldadora, electrodos	X	X								X
12		Escoba									X	
13		Rastrillo de limpieza	X			X						
14		Arnés de seguridad	X	X							X	
15		Pala, pico, machete			X	X	X					
16		Badilejo, nivel			X							
17		Carretilla					X					
18		Combo, cincel			X							
19		Juego de llaves		X								
20		Multímetro								X	X	
21		Medidor de potencia de fibra óptica								X		
22		Linternas					X					
23		Pintura, brocha						X				
24		Balde o cubeta						X				

**6.1.9) Cronograma de actividades y personal**

En las siguiente Tabla 6.16, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de captación.

**Tabla 6.16:** Personal encargado del mantenimiento de captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Noviembre				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-CP01.1	Limpiar el material de arrastre acumulado en la rejilla	DIPRO		S				S			Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-CC02 GUAL-TC03 GUAL-TP04
	Inspeccionar visualmente el estado de la rejilla	DIPRO		S				S			
	Soldar, reparar, reemplazar si existen daños de la rejilla	DICMA			A						
GUAL-CP01.2	Inspeccionar visualmente el estado del puente	DIPRO		A							
	Revisar la presencia de fisuras en el puente	DIPRO		A							
	Examinar si existe desperfecto en los apoyos o pasamanos	DIPRO		A							
	Pintar, soldar el puente	DICMA			A						
GUAL-CP01.3	Inspeccionar visualmente el estado de los muros	DIPRO		S				S			
	Examinar si existe deslizamiento de material	DIPRO		S				S			
	Revisar si existe la presencia de fisuras	DIPRO		A							
GUAL-CP01.4	Inspeccionar visualmente el estado del azud	DIPRO		S				S			
	Limpiar, quitar los escombros o material de acarreo del río	DIPRO		A							
GUAL-CP01.5	Inspeccionar visualmente el estado de la losa del desrripador	DIPRO		S				S			
	Limpiar los materiales de acarreo del río	DIPRO		S				S			
	Revisar la presencia de agrietamientos en la losa	DIPRO		A							
	Revisar si existe deterioro del vertedero del desrripador	DIPRO		A							
GUAL-CP01.6	Limpiar materiales acumulados en la compuerta	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de la compuerta	DIPRO		A							
	Revisar la presencia de fugas en los sellos "J"	DIPRO		S				S			
	Examinar si existe daños del tornillo sin fin	DIPRO		A							
	Engrasado de la compuerta	DIPRO		S				S			
GUAL-CP01.7	Limpiar los equipos de la fibra óptica.	DGC			A						
	Inspeccionar el estado de la chaqueta o aislamiento de la fibra óptica, que el cable de no tenga fisuras, cortes, daños o dobleces	DCG			A						
	Realizar pruebas, mediciones de la fibra óptica	DCG			A						
GUAL-CP01.8	Limpiar el lente de las cámaras.	DCG			A						
	Inspeccionar visualmente el estado de las cámaras IP	DCG			A						
	Revisar que los cables de conexión no tenga cortes, daños	DCG			A						
	Realizar pruebas de señal con el sistema SCADA	DCG			A						
GUAL-CP01.9	Limpiar la regleta	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de la regleta de medición	DIPRO		S				S			
	Tomar mediciones diarias del nivel de agua	DIPRO		S				S			
GUAL-CP01.10	Inspeccionar visualmente el estado de la malla	DIPRO		S				S			
	Soldar la partes que presente daños	DICMA			S				S		

## 6.2) Plan de mantenimiento del sistema de conducción de agua

### Código:

GUAL-CC02.

### Elemento:

Obra civil: Sistema de conducción de agua.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del sistema de conducción de agua desde la captación hasta el tanque de carga, con el fin de mejorar el rendimiento, así conservar el sistema en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

Las partes del sistema de conducción de agua se presentan en la Tabla 6.17.

**Tabla 6.17:** Partes del sistema de conducción de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.2.1	Canal a cielo abierto	GUAL-CC02.1
6.2.2	Vertederos	GUAL-CC02.2
6.2.3	Desarenador	GUAL-CC02.3
6.2.4	Acueducto	GUAL-CC02.4
6.2.5	Túneles	GUAL-CC02.5

### 6.2.1) Canal a cielo abierto (GUAL-CC02.1)

**Tabla 6.18:** Actividades de las canales de conducción a cielo abierto.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el material acumulado
2	Inspeccionar visualmente el estado de las paredes y solera
3	Inspeccionar visualmente si existen deslizamientos de terrenos

#### 6.2.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar los materiales ajenos de acarreo del río o deslizamiento que ingresan en el canal de conducción de agua.



- ✓ Verificar el estado en las que se encuentra el canal de conducción de agua, si existe la presencia de grietas, en los alrededores a unos tres metros si existe filtraciones de agua.
- ✓ En caso de que exista algún deterioro, ruptura y desgaste, el grupo de mantenimiento de obras civiles debe proceder a corregir los daños.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.28:** Detalle de las canales de conducción a cielo abierto.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.2.2) Vertederos (GUAL-CC02.2)

**Tabla 6.19:** Detalle de las actividades de los vertederos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el material acumulado en los vertederos
2	Inspeccionar visualmente el estado de los vertederos

#### 6.2.2.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar los materiales de acarreo del río acumulados en los vertederos, se deja correr el agua mediante la apertura de la compuerta con una secuencia de 3 veces durante 5 minutos.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra los vertederos de agua, para así, evitar desbordes de agua y prevenir deslizamientos del terreno y daños de los vertederos.
- ✓ En caso de daño, el grupo de mantenimiento de obras civiles debe proceder con el respectivo mantenimiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.29:** Detalle de los vertederos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.2.3) Desarenador (GUAL-CC02.3)

**Tabla 6.20:** Detalle de las actividades del desarenador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar material acumulado en la losa del desarenador
2	Inspeccionar visualmente el estado del desarenador, si existen fisuras o daños

#### 6.2.3.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar los materiales ajenos de acarreo del río, o deslizamiento que ingresen en el desarenador.
- ✓ Realizar la limpieza de arena acumulada en la losa del desarenador, mediante la apertura en secuencia de las compuertas.
- ✓ Verificar el estado en que se encuentra el desarenador, para así, evitar desbordes de agua con el fin de prevenir deslizamientos de terreno y daños.
- ✓ En caso de que existan daños en el desarenador, el grupo de mantenimiento de obras civiles debe proceder con el respectivo mantenimiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

En la tabla 6.21, se presenta la secuencia de apertura de las compuertas del desarenador para la limpieza de los sedimentos acumulados en la losa del desarenador cuando la central se encuentra operando.

**Tabla 6.21:** Secuencia de limpieza con la central en operación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Secuencia	Compuerta	Estado de compuerta	Tiempo
1	COO4_GUAL	Abierto	10 minutos
	COO6_GUAL	Abierto	
	COO5_GUAL	Abierto	
	COO3_GUAL	Cerrado a la mitad	
2	COO4_GUAL	Cerrado	
	COO6_GUAL	Cerrado	
	COO5_GUAL	Cerrado	
	COO3_GUAL	Abierto	



**Figura 6.30:** Compuertas del desarenador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

#### 6.2.4) Acueducto (GUAL-CC02.4)

**Tabla 6.22:** Detalle de las actividades del acueducto.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar material acumulado en la losa del ingreso al acueducto
2	Inspeccionar visualmente el estado del acueducto, si existen fisuras o daños
3	Inspeccionar visualmente de los cables de acero o tensores de soporte del acueducto
4	Medir el espesor de la tubería mediante el uso de un micrómetro

##### 6.2.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar los materiales de acarreo del río acumulados en el acueducto mediante la apertura de la compuerta.
- ✓ Verificar el estado en que se encuentra el acueducto, para evitar desbordes de agua y prevenir deslizamientos de terreno.

- ✓ Inspeccionar los cables de acero de soporte, anclajes apretar los grilletes de sujeción de los cables, para esta actividad se debe contar mínimo con dos personas con los respectivos equipos de seguridad.
- ✓ Medir con el micrómetro el espesor de la pintura del cuerpo de la tubería tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante que no debe ser menor a  $18\mu m$ .
- ✓ Revisar si existen fugas en las juntas elastoméricas, en la cual se procede con el cambio de los sellos.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.31:** Detalle del acueducto.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.2.5) Túnel (GUAL-CC02.5)

**Tabla 6.23:** Detalle de las actividades de los túneles.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar material acumulado en el ingreso de los túneles
2	Inspeccionar visualmente el estado de los túneles, si existen fisuras o daños en los túneles

#### 6.2.5.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar los materiales de acarreo del río, o de deslizamiento que se acumulen al ingreso de los túneles, ya que no debe existir agua para facilitar la limpieza a través de las ventanas o tapas de hormigón.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra los túneles, para evitar desbordes de agua y prevenir deslizamientos de terreno.
- ✓ En caso de que exista daño el grupo de mantenimiento de obras civiles debe proceder a corregir las averías, lo que implica parar la mini central.

- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.32:** Túneles del sistema de conducción de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

### 6.2.6) Materiales y equipos

En la Tabla 6.24, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del sistema de conducción de agua.

**Tabla 6.24:** Materiales y equipos para inspecciones del sistema de conducción de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

ITEM		Descripción	GUAL-CC02.1	GUAL-CC02.2	GUAL-CC02.3	GUAL-CC02.4	GUAL-CC02.5
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaípe		X			
4		Arena	X	X	X		
5		Ripio	X	X	X		
6		Graba	X	X	X		
7		Piedra	X	X	X		
8		Agua					
9		Cemento	X	X	X		
10	Herramientas y Equipos	Pala, pico, machete	X	X	X	X	X
11		Badilejo, nivel	X	X	X		
12		Combo, cincel	X	X			
13		Carretilla	X	X	X		
14		Juego de llaves ajustables				X	
15		Micrómetro				X	
16		Arnés de seguridad				X	
17	Grasa		X				

### 6.2.7) Cronograma de actividades y personal

En tabla 6.25, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento del sistema de conducción de agua.

**Tabla 6.25:** Personal encargado del mantenimiento del sistema de conducción de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Noviembre				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-CC02.1	Limpiar el material acumulado	DIPRO		S				S			Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-CP01 GUAL-TC03 GUAL-TP04
	Inspeccionar visualmente el estado de las canales de conducción.	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente si existen deslizamientos de terrenos	DIPRO		S				S			
GUAL-CC02.2	Limpiar el material acumulado en los vertederos	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de los vertederos	DIPRO		S				S			
GUAL-CC02.3	Limpiar material acumulado en la losa del desarenador	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado del desarenador, si existen fisuras o daños	DIPRO		S				S			
GUAL-CC02.4	Limpiar material acumulado en la losa del ingreso al acueducto	DIRPO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado del acueducto, si existen fisuras o daños	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente de los cables de acero o tensores de soporte del acueducto	DIPRO		S				S			
	Realizar una medición del espesor de la tubería mediante el uso de un micrómetro	DIPRO		S				S			
GUAL-CC02.5	Limpiar material acumulado en el ingreso de los túneles	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de los túneles, si existen fisuras o daños en los túneles	DIPRO		S				S			





### 6.3) Plan de mantenimiento del tanque de carga

**Código:**

GUAL-TC03.

**Elemento:**

Obra civil, mecánica y sistema de comunicación.

**Objetivo:**

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general del tanque de carga, y mantener en condiciones adecuadas de operación como de funcionamiento.

**Partes del tanque de carga**

**Tabla 6.26:** Partes del tanque de carga.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.3.1	Tanque de carga	GUAL-TC03.1
6.3.2	Compuerta metálica del tanque de carga	GUAL-TC03.2
6.3.3	Rejilla del tanque de carga	GUAL-TC03.3
6.3.4	Sensor de nivel	GUAL-TC03.4
6.3.5	Puente de seguridad y limpieza	GUAL-TC03.5
6.3.6	Rack de comunicaciones	GUAL-TC03.6
6.3.7	Cargador de baterías	GUAL-TC03.7
6.3.8	Tablero de control del tanque de carga	GUAL-TC03.8
6.3.9	Servomotor, y compuerta metálica	GUAL-TC03.9
6.3.10	Escalerilla de acceso al canal	GUAL-TC03.10
6.3.11	Rápida	GUAL-TC03.11

#### 6.3.1) Tanque de carga (GUAL-TC03.1)

**Tabla 6.27:** Partes del tanque de carga.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar material acumulado en el tanque
2	Inspeccionar visualmente el estado del tanque, si existen fisuras, daños o fugas de agua



### 6.3.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar los materiales ajenos como: ramas, troncos, arena piedra, que se depositan en el tanque.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra el tanque como: fisuras, grietas, fugas de agua contando con la luz natural.
- ✓ En caso de que exista algún daño como grietas, fisuras en la losa, paredes del tanque proceder a corregir y hacer el respectivo mantenimiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.33:** Detalle del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

### 6.3.2) Compuerta metálica del tanque de carga (GUAL-CP03.2)

**Tabla 6.28:** Detalle de las actividades de la compuerta metálica.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar materiales acumulados en la compuerta
2	Inspeccionar visualmente la compuerta
3	Revisar la presencia de fugas en los sellos “J”
4	Revisar si existe deterioro o desgastes en el tornillo sin fin y volante

#### 6.3.2.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente la compuerta metálica que conforma el tanque, contando con la luz natural.
- ✓ Realizar la limpieza, engrasado de los engranajes del tornillo sin fin del volante de apertura/cierre de la compuerta.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado actual de la compuerta si existe o no deterioro debido a materiales ajenos de gran magnitud.

- ✓ Revisar que no existan fugas de agua por mal estado de la compuerta.
- ✓ Realizar un pintado de la compuerta.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.3.3) Rejilla metálica del tanque de carga (GUAL-TC03.3)

**Tabla 6.29:** Detalle de las actividades de la rejilla del tanque de carga.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar material acumulado en la rejilla
2	Inspeccionar visualmente el estado de la rejilla, si existen fisuras o daños de la rejilla

#### 6.3.3.1) Procedimiento

- ✓ Vaciar el tanque de carga para verificar el estado y condiciones en las que se encuentra la rejilla.
- ✓ Limpiar con el rastrillo de limpieza los materiales ajenos de acarreo del sistema de conducción, o de deslizamiento que caen en el tanque y se acumulan en la rejilla para evitar que ingresen a la tubería de presión.
- ✓ En caso de que exista algún daño en la rejilla, se procede a corregir los daños y hacer el respectivo mantenimiento.
- ✓ Verificar que la rejilla no se encuentre tapada en la operación, esto se lo puede ver en el sistema SCADA en la cual la carga bajaría y el nivel de agua en el tanque subiría por lo que se procede con la limpieza.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.34:** Detalle de la rejilla del tanque de carga.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

### 6.3.4) Sensor de nivel del tanque de carga (GUAL-TC03.4)

**Tabla 6.30:** Detalle de las actividades del sensor de nivel del tanque de carga.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Vaciar el tanque de carga
2	Limpiar sensor
3	Inspeccionar visualmente el estado del sensor
4	Realizar pruebas de continuidad, señal, tensión 24VDC del sensor

#### 6.3.4.1) Procedimiento

- ✓ Vaciar el tanque de carga para realizar el respectivo mantenimiento del sensor de nivel de agua.
- ✓ Limpiar con una franela el sensor, para retirar impurezas que se han acumulado en el sensor y realizar el apriete, soldadura, sujeción correspondiente.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra el sensor de nivel de agua, se procede con mediciones de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA), con el multímetro y comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.




**Figura 6.35:** Detalle y ubicación del sensor de nivel del tanque de carga.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

### 6.3.4.2) Recomendaciones del fabricante

**Atención**

 Operar el tanque de carga a un nivel por debajo de los 2,90m ocasiona inestabilidad en las lecturas del sensor de nivel y posibles daños a contactores y motores de las unidades hidráulicas de los inyectores. En estos niveles la descarga de agua del canal en forma de cascada ocasiona olas.

Es necesario controlar la cantidad de hojas y otros elementos flotantes en el tanque ya que estos pueden obstruir la operación adecuada del sensor.

**Figura 6.36:** Recomendaciones del sensor de nivel del tanque de carga.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, seccion3. Tanque de carga. Pg. 7, edición 2014.

### 6.3.5) Puente de seguridad y limpieza (GUAL-TC03.4)

**Tabla 6.31:** Detalle de las actividades el puente de seguridad y limpieza.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado del puente de seguridad y limpieza del tanque de carga
2	Inspeccionar visualmente si existen daños en los pasamanos del puente
3	Realizar un pintado completo del puente en caso de ser necesario

#### 6.3.5.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente el estado actual, las condiciones en las que se encuentra el puente de seguridad, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna.
- ✓ En caso de que exista algún daño o puntos de suelda en mal estado, el grupo de mantenimiento de la dirección de producción debe proceder a corregir los daños.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.3.6) Rack de comunicaciones (GUAL-TC03.5)

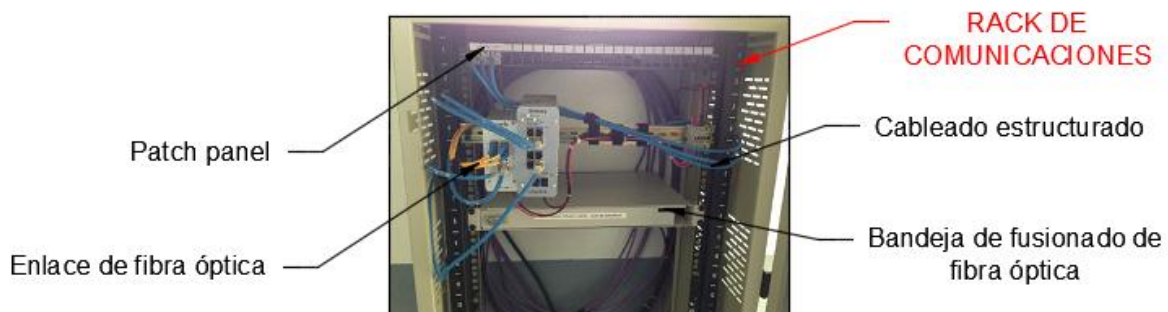
**Tabla 6.32:** Detalle de las actividades del rack de comunicaciones.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los cables y equipos del rack de comunicaciones
2	Inspeccionar visualmente el estado de los cables y equipos del rack de comunicaciones, si existen daños, cortes, en los cables
3	Comprobar el correcto funcionamiento de los cables y equipos del rack de comunicaciones

#### 6.3.6.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela los cables y equipos que conforman el rack de comunicaciones del tanque de carga.
- ✓ Verificar el estado, condiciones en las que se encuentran los equipos que conforman el rack de comunicaciones, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna
- ✓ Proceder con el apriete, ajuste, bornes de los cables que conforma el rack de comunicaciones como también mediciones de tensión.
- ✓ Realizar pruebas de fibra óptica entre el tanque de carga y la casa de máquinas.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.37:** Detalle del rack de comunicaciones del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

### 6.3.7) Cargador y banco de baterías del tanque de carga (GUAL-TC03.6)

**Tabla 6.33:** Detalle de las actividades del cargador de baterías.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el cargador y el banco de baterías.
2	Realizar mediciones del cargador y banco de baterías
3	Comprobar continuidad entre el cargador y el banco de baterías

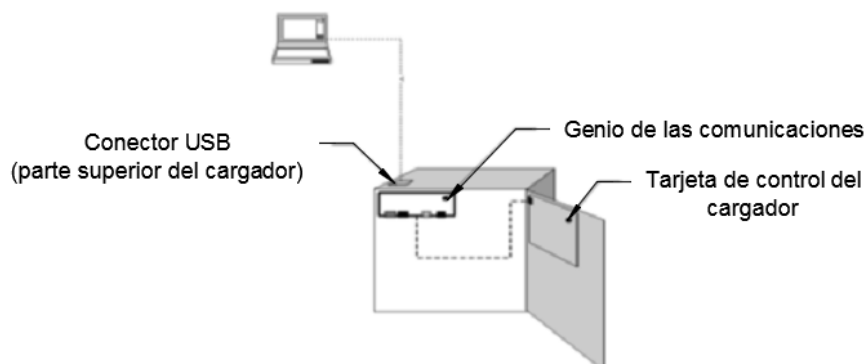
#### 6.3.7.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el cargador y el banco de baterías contando con la luz natural.
- ✓ Realizar mediciones de tensión/corriente, el cargador debe mantenerse en el nivel de carga nominal con los valores de corriente (5A en AC, 25A en DC) y de tensión (240V en AC, 48V en DC) mientras que la batería con capacidad de 220 Ah con valores de tensión de (24V en VDC).
- ✓ Verificar que el cargador como la batería debe mantenerse a una temperatura ambiente entre los 5°C y 25°C, el área seca libre de humedad.
- ✓ Para obtener resultados del cargador de baterías este se conecta mediante el cable de interfaz USB 2.0 a una PC en la cual se baja los parámetros del cargador como se observa en la Figura 6.39.
- ✓ Probar continuidad de los cables de conexión del cargador de baterías del tanque de carga para el correcto funcionamiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.38:** Detalle del cargador de baterías del tanque de carga.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.



**Figura 6.39:** Detalle del cargador de baterías conectado a una PC.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 9. Servicios auxiliares, edición 2014.

### 6.3.8) Tablero de control del tanque de carga (GUAL-TC03.7)

**Tabla 6.34:** Detalle de las actividades del tablero de control del tanque de carga.

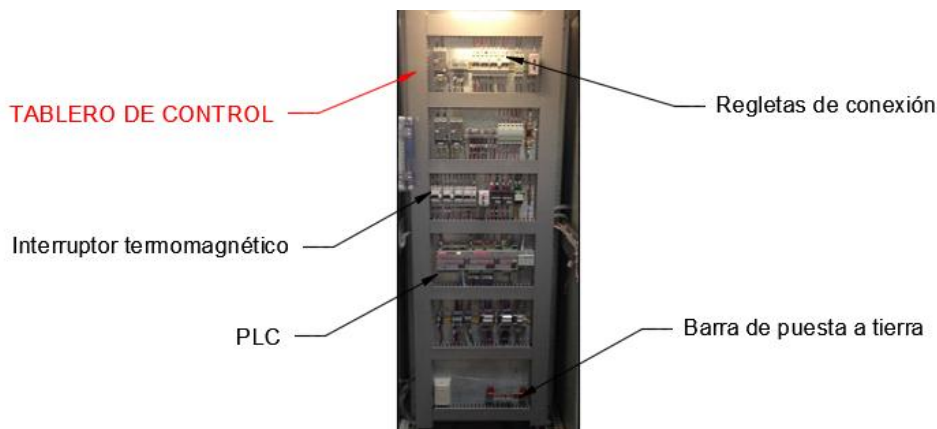
**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los equipos del tablero de control.
2	Inspeccionar visualmente el estado de los cables y equipos del tablero de control, si existen daños, cortes
3	Reajuste o cambio de terminales de los cables
4	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico de control del tanque de carga
5	Realizar mediciones y pruebas del tablero de control

#### 6.3.8.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela las impurezas y polvo que se acumula en los cables y equipos que conforman el tablero de control del tanque de carga.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los equipos que conforman el tablero de control, contando con la luz natural, y llevar una linterna
- ✓ Realizar mediciones de tensión, corriente AC/ DC y señal con el sistema SCADA de los distintos equipos que conforman el tablero de control para el correcto funcionamiento.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero con el sistema de puesta a tierra de servicio de la caseta de control del tanque de carga.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.





**Figura 6.40:** Detalle del tablero de control del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

### 6.3.9) Servomotor actuador y compuerta metálica (GUAL-TC03.8)

**Tabla 6.35:** Detalle de las actividades del servomotor y compuerta metálica.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el servomotor y sus conexiones
2	Inspeccionar visualmente el estado del servomotor, sus conexiones, y el estado de la compuerta metálica
3	Inspeccionar visualmente si existen daños en los cables y equipos del servomotor
4	Reajuste o cambio de terminales de los cables
5	Realizar mediciones del servomotor

#### 6.3.9.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela las impurezas y polvo, las partes del servomotor para el accionamiento de la compuerta metálica del tanque de carga.
- ✓ Proceder con el apriete, ajuste de los bornes de los cables que conforma el servomotor contando con la luz natural y llevar una linterna.
- ✓ Realizar mediciones de tensión, corriente AC/DC y señal de los distintos equipos que conforman el servomotor para el correcto funcionamiento.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra la compuerta metálica de la rápida.
- ✓ Engrasar el tornillo sin fin del volante de apertura/cierre de la rápida subiendo y bajando la compuerta.

- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.41:** Detalle de la compuerta del tanque de carga.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3. Tanque de carga, edición 2014.

### 6.3.10) Escalerilla de acceso al canal (GUAL-TC03.9)

**Tabla 6.36:** Detalle de las actividades de la escalerilla de acceso al canal.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de la escalerilla de acceso al canal
2	Soldar los anclajes de la escalerilla de acceso al canal

#### 6.3.10.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual del estado de los peldaños, anclajes o agarres de la escalerilla, contando con la luz natural diurna.
- ✓ En caso que existan daños de los peldaños se procederá a soldar.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.3.11) La rápida o tubería de desfogue de agua (GUAL-TC03.10)

**Tabla 6.37:** Detalle de las actividades de la escalerilla de acceso al canal.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de los muros de concreto de la rápida
2	Realizar la limpieza de materiales acumulados en la rápida

#### 6.3.11.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una pala los materiales ajenos como, arena, troncos, piedra, contando con la luz natural y llevar una linterna.



- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran la tubería de desfogue, revisar que no existan fugas de agua que pueden producir deslizamientos de terreno.
- ✓ En caso de daños o fugas de agua en la rápida, se procede con el respectivo mantenimiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



### 6.3.12) Materiales y equipos

En la Tabla 6.38, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del tanque de carga.

**Tabla 6.38:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-TC03.1	GUAL-TC03.2	GUAL-TC03.3	GUAL-TC03.4	GUAL-TC03.5	GUAL-TC03.6	GUAL-TC03.7	GUAL-TC03.8	GUAL-TC03.9	GUAL-TC03.10	
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Material de Construcción	Franela, guaípe		X	X		X	X	X	X			
4		Arena	X									X	
5		Ripio	X									X	
6		Graba	X									X	
7		Piedra	X									X	
8		Pintura, brochas											
9		Cemento	X										X
10		Grasa		X							X		
11		Cinta auto fundente			X								
12		Cable #12 Flexible AWG			X								
13	Herramientas y Equipos	Soldadora, Electrodo		X		X					X		
14		Pala, Pico, Machete	X										X
15		Badilejo, Nivel											X
16		Combo, Cincel	X										X
17		Juego de llaves											
18		Multímetro			X		X	X	X				
19		Pintura, brocas		X									
20		Rastrillo de limpieza	X										
21		Arnés de seguridad	X	X		X						X	
22		Aspiradora					X	X	X	X			
23		Herramientas electricista			X		X	X	X	X			

### 6.3.13) Cronograma de actividades y personal

En la Tabla 6.39, se tiene el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de la tubería de presión.

**Tabla 6.39:** Personal encargado del mantenimiento del tanque de carga.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	JUNIO				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	
GUAL-TC03.1	Limpiar material acumulado en el tanque	DIPRO		A			Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-CP01 GUAL-CC02 GUAL-TP04
	Inspeccionar visualmente el estado del tanque, si existen fisuras, daños o fugas de agua	DIPRO		A			
GUAL-TC03.2	Limpiar materiales acumulados en la compuerta	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente la compuerta	DIPRO		A			
	Revisar la presencia de fugas en los sellos "J"	DIPRO		A			
	Revisar si existe deterioro o desgastes en la cremallera y volante	DIPRO		A			
GUAL-TC03.3	Limpiar material acumulado en la rejilla	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente el estado de la rejilla, si existen fisuras o daños de la rejilla	DIPRO		A			
GUAL-TC03.4	Vaciar el tanque de carga	DIPRO		A			
	Limpiar sensor	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente el estado del sensor	DIPRO		A			
	Realizar pruebas de continuidad, señal, tensión 24VDC del sensor	DIPRO		A			
GUAL-TC03.5	Inspeccionar visualmente el estado del puente de seguridad y limpieza del tanque de carga	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente si existen daños en los pasamanos del puente	DIPRO		A			
	Realizar un pintado completo del puente en caso de ser necesario	DCG			A		
GUAL-TC03.6	Limpiar los cables y equipos del rack de comunicaciones	DCG			A		
	Inspeccionar visualmente el estado de los cables y equipos del rack de comunicaciones, si existen daños, cortes, en los cables	DCG			A		
	Comprobar el correcto funcionamiento de los cables y equipos del rack de comunicaciones	DCG			A		
GUAL-TC03.7	Limpiar el cargador y el banco de baterías.	DCG			A		
	Realizar mediciones del cargador y banco de baterías	DCG			A		
	Comprobar continuidad entre el cargador y el banco de baterías	DCG			A		
GUAL-TC03.8	Limpiar los equipos del tablero de control.	DCG			A		
	Inspeccionar visualmente el estado de los cables y equipos del tablero de control, si existen daños, cortes	DCG			A		
	Reajuste o cambio de terminales de los cables	DCG			A		
	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico de control del tanque de carga	DCG			A		
	Realizar mediciones y pruebas del tablero de control	DCG			A		
GUAL-TC03.9	Limpiar el servomotor y sus conexiones	DCG			A		
	Inspeccionar visualmente el estado del servomotor, sus conexiones, y el estado de la compuerta metálica	DCG			A		
	Inspeccionar visualmente si existen daños en los cables y equipos del servomotor	DCG			A		
	Reajuste o cambio de terminales de los cables	DCG			A		
	Realizar mediciones del servomotor	DCG			A		
GUAL-TC03.10	Inspeccionar visualmente el estado de la escalerilla de acceso al canal	DIPRO		A			
	Soldar los anclajes de la escalerilla de acceso al canal	DICMA			A		
GUAL-TC03.11	Inspeccionar visualmente el estado de los muros de concreto de la rápida	DIPRO		A			
	Realizar la limpieza de materiales ajenos de la rápida	DIPRO		A			



#### 6.4) Plan de mantenimiento de la tubería de presión

**Código:**

GUAL-TP04.

**Elemento:**

Obra civil y mecánica.

**Objetivo:**

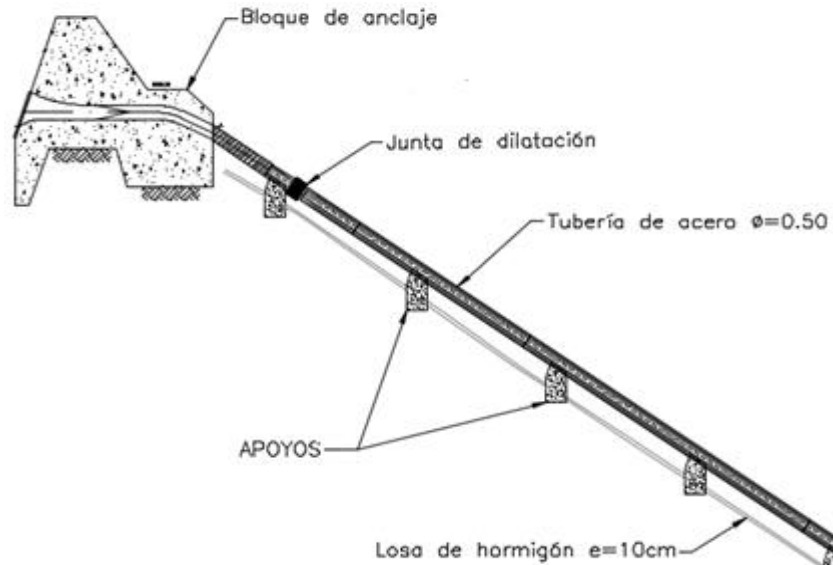
Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general de la tubería de presión, conservando el elemento en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

#### Partes de la tubería de presión

**Tabla 6.40:** Detalle de las partes de la tubería de presión.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.4.1	Cuerpo de la tubería de acero	GUAL-TP04.1
6.4.2	Bloque de anclaje 14 elementos	GUAL-TP04.2
6.4.3	Junta de dilatación 5 elementos	GUAL-TP04.3
6.4.4	Pista de hormigón.	GUAL-TP04.4
6.4.5	Apoyos de concreto 25 elementos	GUAL-TP04.5
6.4.6	Sensor de flujo de caudal	GUAL-TP04.6
6.4.7	Soldadura de tubería	GUAL-TP04.7
6.4.8	Caja de válvulas	GUAL-TP04.8
6.4.9	Grada y cuneta de drenaje	GUAL-TP04.9



**Esquema 6.42:** Partes de la tubería de presión.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT, tubería de presión, edición 2014.

### 6.4.1) Cuerpo de la tubería de acero (GUAL-TP04.1)

**Tabla 6.41:** Detalle de las actividades del cuerpo de la tubería.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la parte húmeda o afectada de la tubería de presión
2	Inspeccionar visualmente fugas y fisuras a lo largo de la tubería
3	Revisar los puntos de suelda de la tubería
4	Inspeccionar visualmente el estado de la pintura, soldadura de la tubería de presión
5	Realizar una medición del espesor de la tubería

#### 6.4.1.1) Procedimiento

- ✓ Verificar visualmente la tubería de presión, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Realizar una medición del espesor de la tubería mediante el uso de un micrómetro y definir el espesor de pintura interior, exterior en la que el espesor total es de  $27\mu m$  considerar que se tiene por recomendación del fabricante una tolerancia de desgaste de  $18\mu m$  de la pintura exterior.



- ✓ Llenar con agua un recipiente de un galón, disolver detergente, vaciar sobre las uniones, entre juntas o soldas de la tubería y verificar si existen fugas, en caso de daños, el grupo de mantenimiento de la dirección de producción debe proceder con el respectivo mantenimiento.
- ✓ Realizar el mantenimiento de la tubería en caso de que exista fuga, cuando no exista circulación de agua, el cambio de los sellos se efectúa dependiendo del estado que se encuentra.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.4.2) Bloque de anclaje (GUAL-TP04.2)

**Tabla 6.42:** Detalle de las actividades de los bloques de anclaje.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado del hormigón de los bloques de anclaje
2	Revisar fisuras en cada bloque de anclaje
3	Mantenimiento de bloque de anclaje

##### 6.4.2.1) Procedimiento

- ✓ Verificar visualmente los bloques, contando con la luz natural diurna para comprobar si existe deterioro, fisuras o desgaste.
- ✓ En caso de que exista algún deterioro o daño en los bloques de anclaje en la base, el grupo de mantenimiento de obras civiles debe proceder a la reparación y arreglo de las fallas.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.4.3) Junta de dilatación (GUAL-TP04.3)

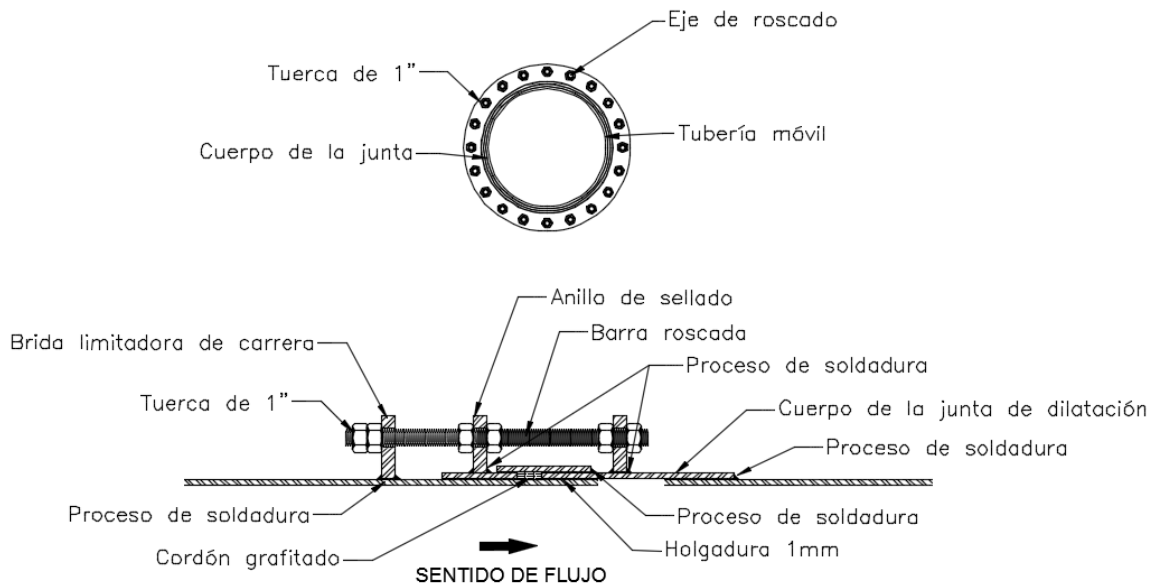
**Tabla 6.43:** Detalle de las actividades de las juntas de dilatación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente los elementos que conforman la junta de dilatación
2	Realizar el torqueado de los pernos de las juntas

### 6.4.3.1) Procedimiento

- ✓ Verificar visualmente las partes de junta de dilatación como son: sellos, pernos, cordón grafitado, brida limitadora de carrera, soldadura, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Proceder el torqueo de los pernos en lo cual se debe realizar en cruz "X" dando el mismo torque en cada punto de apriete.
- ✓ Realizar el mantenimiento de la junta en caso de que exista fuga, preferible hacer cuando no exista circulación de agua, el cambio de los sellos se efectúa dependiendo del estado que se encuentren.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Esquema 6.43:** Partes de la junta de dilatación.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT, tubería de presión, edición 2014.

### 6.4.4) Pista de hormigón (GUAL-TP04.4)

**Tabla 6.44:** Detalle de las actividades de la pista de hormigón.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspección visual del estado de la pista de hormigón
2	Limpieza o retiro de materiales ajenos en caso de presentarse alguno

#### 6.4.4.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la verificación de la pista de hormigón, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Si existe materiales ajenos se procede con la limpieza, lo cual puede realizar el guardia.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.4.5) Apoyos de concreto (GUAL-TP04.5)

**Tabla 6.45:** Detalle de las actividades de los apoyos de concreto.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de los apoyos de concreto
2	Revisar la presencia de desgastes, daños, o fisuras en los apoyos de concreto
3	Realizar mantenimiento de los apoyos de concreto

#### 6.4.5.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la verificación de los apoyos de concreto, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Verificar el espesor del neopreno que se encuentra entre los apoyos y la tubería de acero.
- ✓ En caso de que exista algún deterioro en la base, se procede a realizar el mantenimiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.4.6) Sensor de flujo de caudal (GUAL-TP04.6)

**Tabla 6.46:** Detalle de las actividades del sensor de flujo de caudal.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC
2	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en la sala de control la presencia o no de señales de on-off

#### 6.4.6.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el sensor, para retirar impurezas que se han acumulado en el sensor y realizar el apriete, soldadura, sujeción correspondiente.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra el sensor de nivel de agua, se procede con mediciones de tensión  $24VDC$ , niveles de corriente ( $4 - 20mA$ ), con el multímetro y comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.4.7) Caja de válvulas (GUAL-TP04.8)

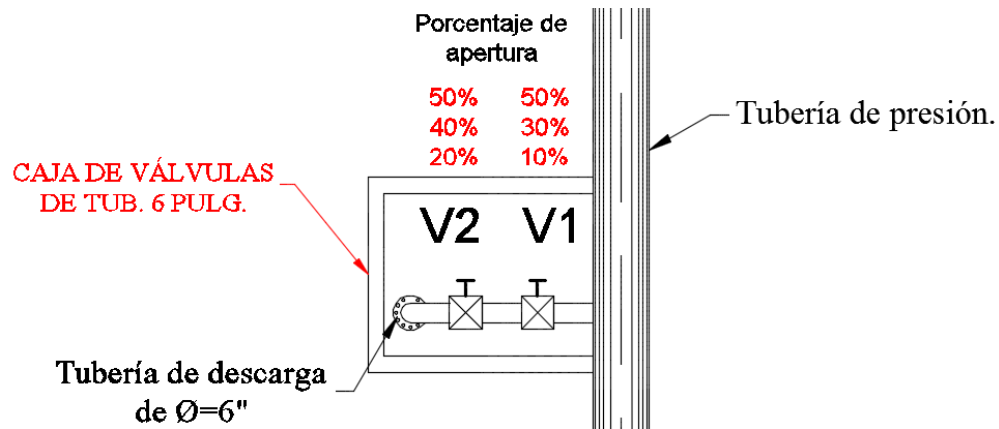
**Tabla 6.47:** Detalle de las actividades de la caja de válvulas.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de válvulas
2	Realizar el mantenimiento de la caja de válvulas

#### 6.4.7.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la superficie de las válvulas
- ✓ Efectuar cada 6 meses la apertura de las válvulas, en la cual se abre de manera secuencial, un 10 % V1 como se observa en la Esquema 6.44 luego un 20% V2, hasta que se igualen las presiones, de esta forma drenando las impurezas; y para el cierre de las válvulas se cierra completamente V2, luego V1.
- ✓ Apretar o cambio de sellos, bridas, tornillos, en especial V2 debido a que sufre mayor esfuerzo el momento del cierre.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



Esquema 6.44: Detalle de la caja de válvulas.

Fuente: Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT, tubería de presión, edición 2014.

### 6.4.8) Grada y cuneta de drenaje (GUAL-TP04.9)

Tabla 6.48: Detalle de las actividades de gradas y cunetas de drenaje.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de hormigón de grada, y cuneta de drenaje
2	Retirar material de acarreo

#### 6.4.8.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la verificación de la grada y la cuneta de drenaje, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Si existe escombros se procede con la limpieza, lo puede realizar el guardia.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



### 6.4.9) Materiales y equipos

En la Tabla 6.49, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de la tubería de presión.

**Tabla 6.49:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento.

*Fuente:* Realizado por: Autores.

Ítem		Descripción	GUAL-TP04.1	GUAL-TP04.2	GUAL-TP04.3	GUAL-TP04.4	GUAL-TP04.5	GUAL-TP04.6	GUAL-TP04.7	GUAL-TP04.8	GUAL-TP04.9
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaipe	X		X			X	X	X	
4		Arena		X		X	X				X
5		Ripio		X		X	X				X
6		Graba									X
7		Piedra									
8		Agua		X		X	X		X		X
9		Cemento		X		X	X				X
10		Cable #12 flexible AWG						X			
11		Grasa								X	
12		Jabón							X		
13		Balde o Cubeta		X		X	X		X		
14	Herramientas y Equipos	Soldadora, electrodos	X						X		
15		Micrómetro	X								
16		Pala, pico, machete		X		X	X				X
17		Badilejo, nivel		X		X	X				X
18		Combo, cincel		X		X	X				X
19		Juego de llaves								X	
20		Torquímetro			X					X	
21		Multímetro						X			



**6.4.10) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.50, se tiene el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de la tubería de presión.

**Tabla 6.50:** personal encargado del mantenimiento de la tubería de presión.

*Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Código	Tareas	Personal	Julio				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	
GUAL-TP04.1	Limpiar la parte húmeda o afectada de la tubería de presión	DIPRO	A				Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-CP01 GUAL-CC02 GUAL-TC03
	Inspeccionar visualmente fugas y fisuras a lo largo de la tubería	DIPRO	A				
	Revisar los puntos de suelda de la tubería	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente el estado de la pintura, soldadura de la tubería de presión	DICMA		A			
	Realizar una medición del espesor de la tubería	DICMA		A			
GUAL-TP04.2	Inspeccionar visualmente el estado del hormigón de los bloques de anclaje	DIPRO	A				
	Revisar fisuras en cada bloque de anclaje	DIPRO	A				
	Mantenimiento de bloque de anclaje	DIPRO	A				
GUAL-TP04.3	Inspeccionar visualmente los elementos que conforman la junta de dilatación	DIPRO	A				
	Realizar el torqueado de los pernos de las juntas	DIPRO	A				
GUAL-TP04.4	Inspección visual del estado de la pista de hormigón	DIPRO	A				
	Limpieza o retiro de materiales ajenos en caso de presentarse alguno	DIPRO	A				
GUAL-TP04.5	Inspeccionar visualmente el estado de los apoyos de concreto	DIPRO	A				
	Revisar la presencia de desgastes, daños, o fisuras en los apoyos de concreto	DIPRO	A				
	Realizar mantenimiento de los apoyos de concreto	DIPRO	A				
GUAL-TP04.6	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC	DCG		A			
	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en la sala de control la presencia o no de señales de on-off	DCG		A			
GUAL-TP04.7	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de válvulas	DIPRO	A				
	Realizar el mantenimiento de la caja de válvulas	DIPRO	A				
GUAL-TP04.8	Inspeccionar visualmente el estado de hormigón de grada, y cuneta de drenaje	DIPRO	A				
	Retirar materiales ajenos	DIPRO	A				





## 6.5) Plan de mantenimiento del alternador

### Código:

GUAL-GN05.

### Elemento:

Sistema eléctrico: Alternador.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo de la unidad de generación de la central, para así conservar el elemento en condiciones adecuadas de operación como su funcionamiento.

### Partes del alternador

**Tabla 6.51:** Detalle de las partes del generador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.5.1	Rotor - Estator	GUAL-GN05.1
6.5.2	Control y protección	GUAL-GN05.2
	Relé de protección del generador MICOM P345	
	Terminales de puesta a tierra del neutro del generador	
6.5.3	Regulador automático de tensión (AVR)	GUAL-GN05.3
6.5.4	Excitatriz	GUAL-GN05.4
6.5.5	Caja de conexiones y terminales	GUAL-GN05.5
6.5.6	Sistema de Rodamiento	GUAL-GN05.6
	Cojinete de empuje (axial) E	
	Cojinete opuesto al de accionamiento (radial) NDE	
	Cojinete final (radial) DE	
6.5.7	Sistema de enfriamiento, carcasa	GUAL-GN05.7
	Ranuras de ventilación	
	Carcasa	
6.5.8	Sensores de temperatura TP100 en cada fase del bobinado principal del estator 2 elementos	GUAL-GN05.8
6.5.9	Sensores de vibración montados en el rodamiento inferior, superior 3 elementos	GUAL-GN05.9
6.5.10	Rueda dentada con sensor de velocidad 1 elemento	GUAL-GN05.10

Para realizar el mantenimiento se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Inyectores totalmente cerrados.
- ✓ Seccionadores totalmente abiertos.



- ✓ Válvula mariposa cerrada con su respectivo enclavamiento mecánico.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra.

### 6.5.1) Rotor – Estator (GUAL-GN05.1)

**Tabla 6.52:** Detalle de las actividades del rotor – estator.

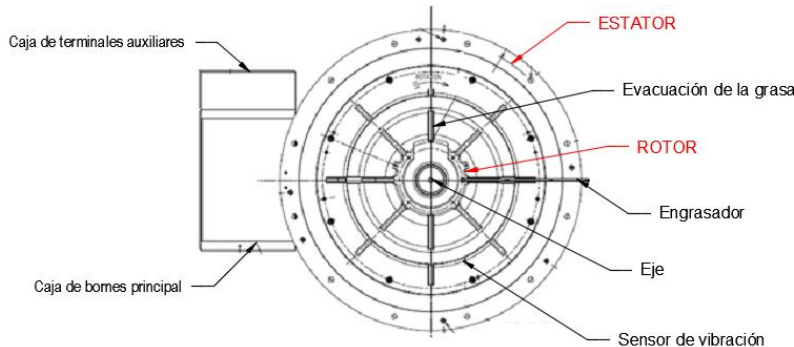
*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los devanados
2	Inspeccionar visualmente los devanados que conforman la parte del rotor y estator
3	Realizar prueba de resistencia de aislamiento
4	Verificar y medir la temperatura dentro del rango permitido
5	Secar y retirar impurezas

#### 6.5.1.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la inspección y el mantenimiento, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna.
- ✓ Luego de que se retire la carcasa de la máquina con las herramientas necesarias se procede con la inspección de los devanados y aislamiento.
- ✓ La prueba de resistencia del aislamiento del estator se realiza con el medidor de resistencia de aislamiento S1-1052 con valor de 0kV hasta 10kV de MEGGER.
- ✓ La prueba de resistencia del aislamiento del rotor se realiza con el medidor de resistencia de aislamiento MIT410 con valor de 0kV hasta 1kV de MEGGER.
- ✓ Las temperaturas de los cojinetes, bobinado del estator y el aire refrigerante se deben verificar cuando la máquina sincrónica está en funcionamiento estos valores deben mantenerse dentro de un rango de 0°C hasta 64°C.
- ✓ Retirar el polvo, aceite u otros materiales que pudiesen causar pérdida de aislamiento de las mismas utilizando franelas y/o también aspiradora.
- ✓ Si se presenta condiciones extremas de suciedad se deberá utilizar un solvente para que el mantenimiento sea correcto.
- ✓ Una vez terminado el proceso anterior se debe secar, ya sea con un paño o con aire comprimido cuidadosamente, sin lastimar las bobinas.

- ✓ Si se presenta un deterioro de la resina que cubre a las bobinas, ya sea por la limpieza u otro procedimiento, se debe retocar las partes afectadas con el material adecuado ya que ningún tramo debe estar descubierta de resina.
- ✓ El engrasado de los cojinetes de debe realizar cada 8000 horas de funcionamiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Esquema 6.45:** Partes del generador.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Planos del Generador, edición 2014.

### 6.5.1.2) Recomendaciones del fabricante

<p><b>PELIGRO</b></p> <p> La mayoría de los solventes actualmente usados son altamente tóxicos y/o inflamables. Los solventes no deben ser aplicados en las partes rectas de las bobinas de los generadores de alta tensión, ya que pueden afectar la protección contra el efecto corona</p>	<p><b>ATENCIÓN</b></p> <p> Antes de poner nuevamente el generador en operación, en caso que el mismo haya permanecido por algún tiempo fuera de operación, es imprescindible medir la resistencia de aislamiento de las bobinas y asegúrese que los valores medidos atiendan los especificados</p>
--	--

**Esquema 6.46:** Recomendaciones del fabricante del rotor y estator.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, edición 2014.

### 6.5.2) Control y protección (GUAL-GN05.2)

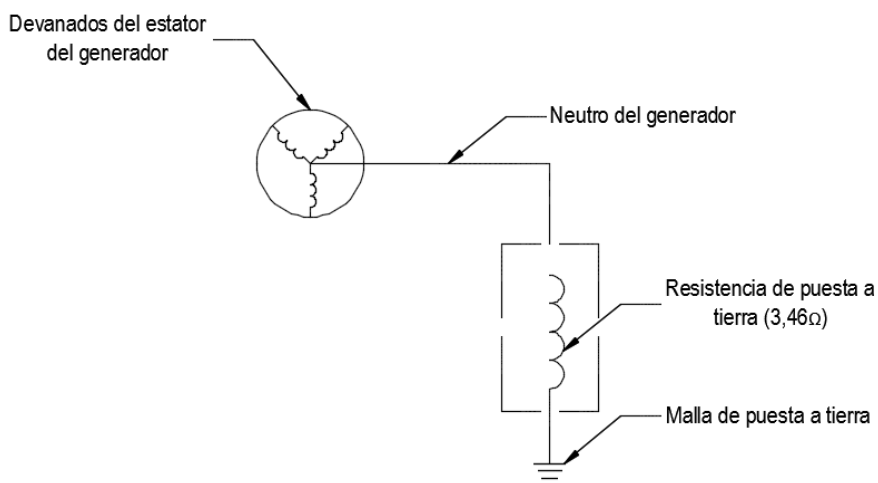
**Tabla 6.53:** Detalle de las actividades del equipamiento de control y protección.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el relé MICOM P345 de protección del generador
2	Realizar una limpieza, apriete de la puesta a tierra del neutro del generador
3	Inspeccionar visualmente el relé MICOM P345 de protección del generador y puesta a tierra del neutro
4	Verificar la puesta a tierra del neutro del generador

### 6.5.2.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente el relé y puesta a tierra, contando con la luz natural.
- ✓ Limpiar con una franela el relé.
- ✓ Realizar el apriete correspondiente en los bornes de la puesta a tierra con el neutro del generador.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Esquema 6.47:** Sistema de puesta a tierra del generador.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 8.Puesta a tierra, edición 2014.

### 6.5.3) Regulador automático de tensión (AVR) (GUAL-GN05.3)

**Tabla 6.54:** Detalle de las actividades del regulador automático de tensión.

*Fuente: Realizado por: Autores.*

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los transformadores de protección TC'S y TP'S que se relaciona con el AVR
2	Inspeccionar visualmente el regulador automático de tensión (AVR)

#### 6.5.3.1) Procedimiento

- ✓ Realizar el mantenimiento del regulador automático de tensión, contando con la luz natural.
- ✓ Limpiar con una franela cada transformador que conforma al generador.

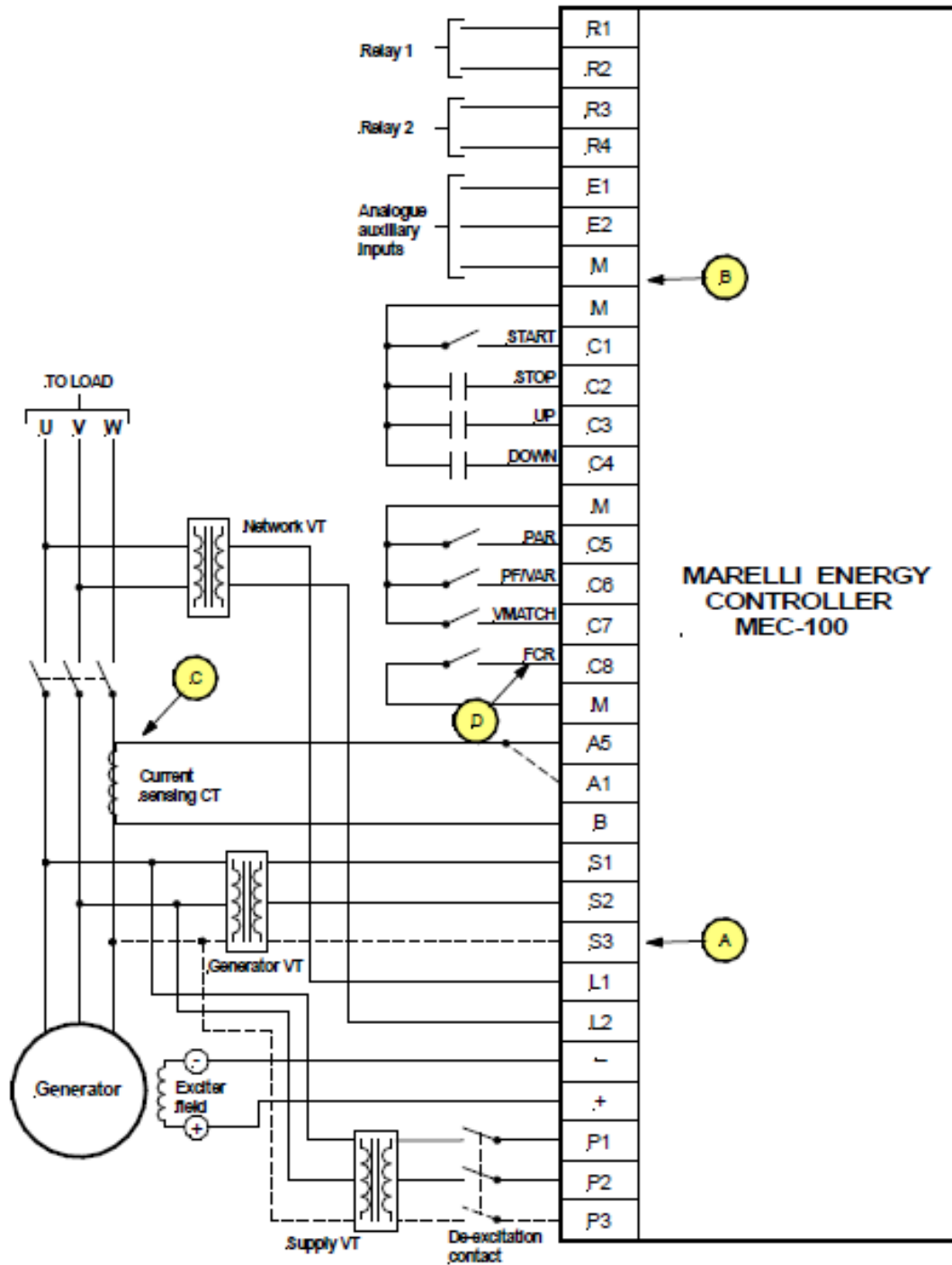
- ✓ Comprobar que las relaciones de transformación en los transformadores de protección TC's y TP`s tengan una relación de  $40/5$  A y  $22/\sqrt{3}$  kV /  $110/\sqrt{3}$  V, se mantengan dentro del rango establecido.
- ✓ Medir con un multímetro y comprobar que la señal sea la correcta en el AVR con valores de tensión 24VDC.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

Tarjeta que conforma el AVR.



**Figura 6.48:** Tarjeta electrónica del regulador automático de tensión.

**Fuente:** Manual Delta D, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, AVR MEC100 edición 2014.



**Esquema 6.49:** Diagrama de conexión del regulador automático de tensión.

*Fuente:* Manual Delta D., DOSSIER-GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, AVR MEC100 edición 2014.

#### 6.5.4) Sistema de excitación excitatriz (GUAL-GN05.4)

**Tabla 6.55:** Detalle de las actividades del regulador automático de tensión.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los elementos que conforman el sistema
2	Comprobar que las tensiones y corrientes de campo estén dentro del rango establecido

##### 6.5.4.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección completa del estado actual de la excitatriz del generador, contando con la luz natural.
- ✓ Ejecutar mediciones de tensión y corriente de campo utilizando el multímetro, aplicando tensión de 24VDC.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.5.5) Caja de conexiones y terminales (GUAL-GN05.5)

**Tabla 6.56:** Detalle de las actividades de caja de conexiones y terminales.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la caja de conexiones
2	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de conexiones y terminales
3	Revisar la conexión de los terminales
4	Realizar un mantenimiento de la caja de conexiones y terminales

##### 6.5.5.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la verificación de la caja de conexiones y terminales.
- ✓ Con una franela, desarmadores se procede a limpiar y torquear los elementos que conforman la caja de conexiones.
- ✓ Ejecutar mediciones de tensión y continuidad en las conexiones utilizando el multímetro.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.





**Figura 6.50:** Partes de la unidad de generación.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1.Turbina DELTA, edición 2014.

### 6.5.6) Sistema de rodamiento (GUAL-GN05.6)

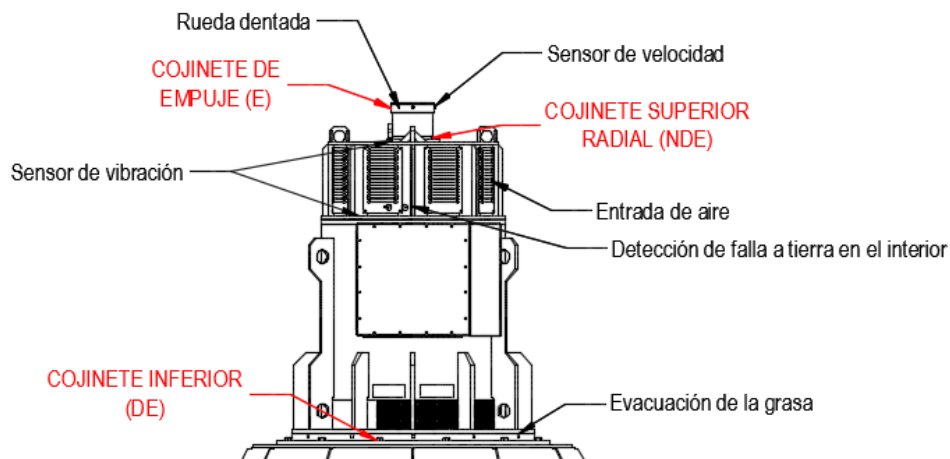
**Tabla 6.57:** Detalle de las actividades del sistema de rodamientos.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los rodamientos y cojinetes
2	Inspeccionar visualmente los rodamientos y cojinetes
3	Realizar el reengrase de los cojinetes

#### 6.5.6.1) Procedimiento


- ✓ Limpiar con una franela cualquier residuo de aceite de los rodamientos y cojinetes.
- ✓ Se comprueba que el cojinete de empuje (E) esté en buen estado en la que las vibraciones no deben sobrepasarse el valor de 5mm/s, y se procede con el reengrase.
- ✓ Se comprueba que el cojinete superior radial (NDE) esté en buen estado en la que las vibraciones no deben sobrepasarse el valor de 5mm/s, y se procede con el reengrase.
- ✓ Se comprueba que los cojinete inferior (DE) esté en buen estado en la que las vibraciones no deben sobrepasarse el valor de 5mm/s, y se procede con el reengrase.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.51:** Partes del generador y sistema de rodamiento.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, sistema de rodamiento, edición 2014.

### 6.5.6.2) Recomendaciones del fabricante

 **Nota:** La mezcla de grasas de diversas marcas reduce la calidad por lo tanto evitar la mezcla a menos que haya verificado la compatibilidad de las mismas; una lubricación excesiva puede causar un recalentamiento del cojinete.

**Esquema 6.52:** Recomendaciones del fabricante del rotor y estator.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, edición 2014.

### 6.5.7) Sistema de enfriamiento y carcasa (GUAL-GN05.7)

**Tabla 6.58** Detalle de las actividades del sistema de enfriamiento.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar las ranuras de ventilación y carcasa
2	Inspeccionar visualmente el desgaste, corrosión de la carcasa y ranuras de ventilación
3	Realizar el pintado, torqueado y soldadura correspondiente de la carcasa y ranuras de ventilación



**6.5.7.1) Procedimiento**

- ✓ Realizar el proceso de mantenimiento, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna.
- ✓ Limpiar con una franela toda la carcasa y las ranuras de ventilación que conforma el generador.
- ✓ Se comprueba si existe desgaste, corrosión, roturas en la carcasa y las ranuras de ventilación.
- ✓ Realizar el torquedo necesario de los pernos que conforma la carcasa.
- ✓ Se procede con el pintado externo de la carcasa y ranuras de ventilación utilizando pintura epóxica marina de acuerdo a la norma SSPC-SP10 grados de preparación.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

**6.5.8) Sensores de temperatura GN100 del estator (GUAL-GN05.8)**

**Tabla 6.59:** Detalle de las actividades del sensor de temperatura.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los elementos que conforman el sensor de temperatura
2	Inspeccionar visualmente el estado del sensor de temperatura
3	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC
4	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de on-off

**6.5.8.1) Procedimiento**

- ✓ Limpiar con una franela la superficie del sensor de temperatura contando con la luz natural.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en la que se encuentra el sensor de temperatura, contando con las herramientas adecuadas.
- ✓ Realizar la medición de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA), utilizando el multímetro.
- ✓ Comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.5.9) Sensores de vibración en los rodamientos (GUAL-GN05.9)

**Tabla 6.60:** Detalle de las actividades de los sensores de vibración.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los elementos que conforman el sensor de vibración
2	Inspeccionar visualmente el estado de vibración
3	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC
4	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de on-off

#### 6.5.9.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la superficie los sensores de vibración contando con la luz natural.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en la que se encuentra los sensores de vibración, contando con las herramientas adecuadas.
- ✓ Realizar la medición de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA), utilizando el multímetro.
- ✓ Comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

SENSOR DE VIBRACIÓN



**Figura 6.53:** Detalle del sensor de vibración.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, edición 2014.

### 6.5.10) Rueda dentada con sensor de velocidad (GUAL-GN05.9)

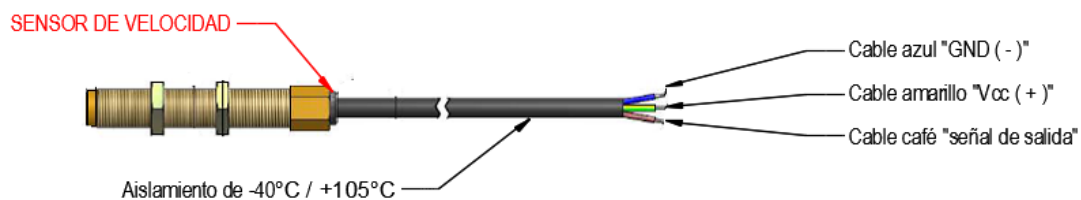
**Tabla 6.61:** Detalle de las actividades del sistema de engranajes.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los elementos que conforman el sensor de velocidad
2	Inspeccionar visualmente el estado de la rueda dentada y sensor de velocidad
3	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC
4	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de on-off

### 6.5.10.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la superficie del sensor de velocidad contando con la luz natural.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en la que se encuentra el sensor de velocidad, contando con las herramientas adecuadas.
- ✓ Realizar la medición de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA), utilizando el multímetro.
- ✓ Comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Esquema 6.54:** Detalle del sensor de velocidad.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 5. Generador Marelli, edición 2014.



### 6.5.11) Materiales y equipos

En la Tabla 6.62, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del generador.

**Tabla 6.62:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento del generador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-GN05.1	GUAL-GN05.2	GUAL-GN05.3	GUAL-GN05.4	GUAL-GN05.5	GUAL-GN05.6	GUAL-GN05.7	GUAL-GN05.8	GUAL-GN05.9	GUAL-GN05.10
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaipe	X	X	X	X	X	X		X	X	X
4		Pintura							X			
5		Cables de conexión								X	X	X
6		Grasa						X				
7	Herramientas y Equipos	Torquímetro	X	X				X				
8		Herramientas electricista	X	X	X	X	X			X	X	X
9		Solventes y resina epóxica	X									
10		Juego de llaves		X								
11		Multímetro		X	X	X	X	X		X	X	X
12		Medidor de resistencia de aislamiento de 10kV MEGGER	X									
13		Medidor de resistencia de aislamiento de 1kV MEGGER	X									
14		Brochas suaves	X	X								
15		Aspiradora industrial puntas plásticas	X	X	X	X	X		X			
16		Compresor de aire	X	X	X	X		X	X			X

**6.5.12) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.63, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento del generador.

**Tabla 6.63:** Personal encargado del mantenimiento del generador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	
GUAL-GN05.1	Limpiar los devanados	DIPRO		A			Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-TN06 GUAL-GC07 GUAL-TB10
	Inspeccionar visualmente los devanados que conforman la parte del rotor y estator	DIPRO		A			
	Realizar prueba de resistencia de aislamiento	DIPRO		A			
	Verificar y medir la temperatura dentro del rango permitido	DIPRO		A			
	Secar y retirar impurezas	DIPRO		A			
GUAL-GN05.2	Limpiar el relé MICOM P345 de protección del generador	DCG		A			
	Realizar una limpieza de la puesta a tierra del neutro del generador	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente el relé MICOM P345 de protección del generador y puesta a tierra del neutro	DCG		A			
	Verificar la puesta a tierra del neutro del generador	DIPRO		A			
GUAL-GN05.3	Limpiar los transformadores de protección TC's y TP's que se relaciona con el AVR	DCG		A			
	Inspeccionar visualmente el regulador automático de tensión (AVR)	DCG DIPRO		A			
GUAL-GN05.4	Limpiar los elementos que conforman el sistema	DCG		A			
	Comprobar que las tensiones y corrientes de campo estén dentro del rango establecido	DCG		A			
GUAL-GN05.5	Limpiar la caja de conexiones	DCG		A			
	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de conexiones y terminales	DCG		A			
	Revisar la conexión de los terminales	DCG		A			
GUAL-GN05.6	Realizar un mantenimiento de la caja de conexiones y terminales	DCG		A			
	Limpiar los rodamientos y cojinetes	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente los rodamientos y cojinetes	DIPRO		A			
GUAL-GN05.7	Realizar el reengrase de los cojinetes	DIPRO		A			
	Limpiar las ranuras de ventilación y carcasa	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente el desgaste, corrosión de la carcasa y ranuras de ventilación	DIPRO		A			
GUAL-GN05.8	Realizar el pintado, torquedo y soldadura correspondiente de la carcasa y ranuras de ventilación	DIPRO		A			
	Limpiar los elementos que conforman el sensor de temperatura	DCG		A			
	Inspeccionar visualmente el estado del sensor de temperatura	DCG		A			
	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC	DCG		A			
GUAL-GN05.9	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de on-off	DCG		A			
	Limpiar los elementos que conforman el sensor de vibración	DCG		A			
	Inspeccionar visualmente el estado de vibración	DIPRO		A			
	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC	DCG		A			
GUAL-GN05.10	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de on-off	DCG		A			
	Limpiar los elementos que conforman el sensor de velocidad	DCG		A			
	Inspeccionar visualmente el estado de la rueda dentada y sensor de velocidad	DIPRO		A			
	Verificar que la conexión eléctrica del sensor esté dentro del rango de 24VDC	DCG		A			
GUAL-GN05.10	Comprobar funcionamiento, observando y coordinando con el operador en sala de control la presencia o no de señales de on-off	DCG		A			





## 6.6) Plan de mantenimiento de la turbina

### Código:

GUAL- TN06.

### Elementos:

Sistema eléctrico, mecánico: Turbina.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo de la turbina Pelton de la mini central, conservando en condiciones de operación y funcionamiento el equipo.

### Partes de la turbina

**Tabla 6.64:** Partes que conforman la Turbina Pelton.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.6.1	Rodete	GUAL-TN06.1
6.6.2	Válvula mariposa	GUAL-TN06.2
6.6.3	Válvula bypass	GUAL-TN06.3
6.6.4	Junta de desmontaje	GUAL-TN06.4
6.6.5	Inyectores 4 elementos	GUAL-TN06.5
6.6.6	Deflectores 4 elementos	GUAL-TN06.6
6.6.7	Distribuidor	GUAL-TN06.7
6.6.8	Carcasa y toma de aire	GUAL-TN06.8
6.6.9	Unidad de presión hidráulica de control de válvulas, inyectores y deflectores	GUAL-TN06.9
6.6.10	Caja de conexiones y terminales de los elementos	GUAL-TN06.10

### 6.6.1) Rodete (GUAL-TN06.1)

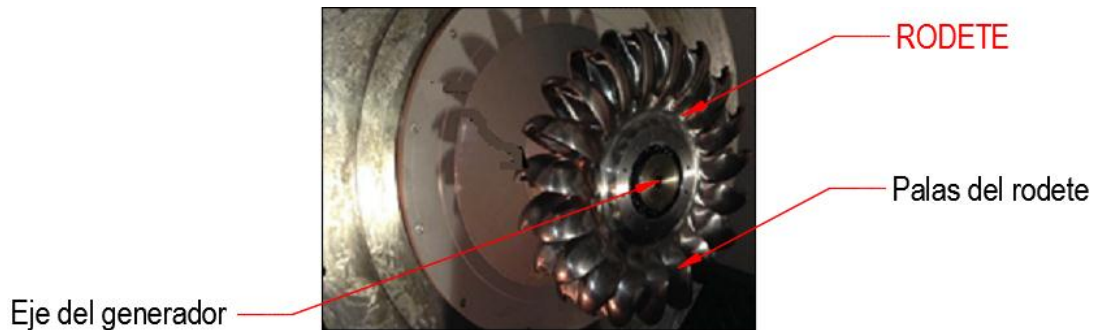
**Tabla 6.65:** Detalle de las actividades del Rodete.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el rodete de la turbina
2	Verificar el desgaste del rodete
3	Realizar el apriete de pernos que conforma el rodete

### 6.6.1.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente el rodete contando con la luz natural y llevar una linterna.
- ✓ Se procede con la revisión de los fillos y las concavidades del rodete con una plantilla de muestra entregada por el proveedor para conocer si existe desgaste o roturas.
- ✓ Realizar el apriete de los pernos de sujeción en forma de “X” tratando de dar el mismo torque en cada punto de apriete.
- ✓ Se debe verificar las palas del rodete cada 1000 horas de funcionamiento.
- ✓ En caso de daño del rodete, realizar un pedido de un nuevo equipo al proveedor.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.55:** Detalle del rodete.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 10, edición 2014.

### 6.6.2) Válvula mariposa (GUAL-TN06.2)

**Tabla 6.66:** Detalle de las actividades de la válvula mariposa.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar toda la válvula mariposa
2	Inspeccionar visualmente los sellos, bridas de la válvula mariposa
3	Realizar el pintado, torquedo, soldadura correspondiente de la válvula

#### 6.6.2.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela todos los elementos que conforman la válvula mariposa.

- ✓ Realizar el torquedo de los elementos los cuales son: sensor de presión, empaques, pernos, entre otros elementos.
- ✓ Se procede con el engrasado del eje de la parte móvil de la válvula que conforma el contrapeso.
- ✓ En caso de que exista fugas, proceder al apriete de los pernos de sujeción en forma de “X” tratando de dar el mismo torque en cada punto, y de ser necesario cambiar las bridas o empaques en caso de que estén deterioradas.
- ✓ Llenar con agua un recipiente de un galón, disolver detergente, luego proceder a vaciar sobre las uniones y verificar si existen o no fugas, se procede con la soldadura de la válvula en caso de que sea necesario.
- ✓ Realizar la medición de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA) de los dos transductores de presión que miden la apertura de abierto/cerrado que conforma la válvula mariposa, con el multímetro y comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.56:** Válvula mariposa.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.

### 6.6.3) Válvula Bypass (GUAL-TN06.3)

**Tabla 6.67:** Detalle de las actividades de la válvula bypass.

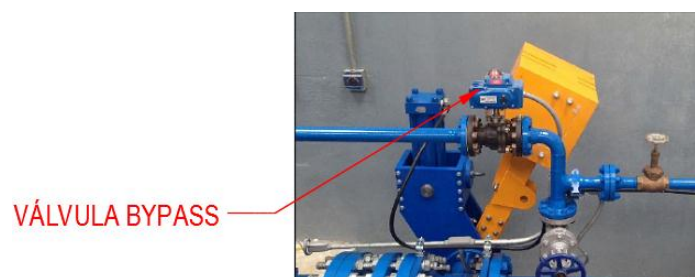
**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la válvula bypass
2	Inspeccionar visualmente los sellos, bridas de la válvula bypass
3	Realizar el, torquedo, soldadura, que conforman la válvula

### 6.6.3.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela los elementos que conforman la válvula bypass.
- ✓ Realizar el torqueado los elementos como son: sensores de presión, entre otros elementos.
- ✓ En caso de que exista fugas, proceder al apriete de los pernos de sujeción en forma de “X” tratando de dar el mismo torque en cada punto de apriete, y de ser necesario cambiar las bridas o empaques en caso de que presente desgaste.
- ✓ Llenar con agua un recipiente de un galón, disolver detergente, luego proceder a vaciar sobre las uniones o soldadas de la tubería que conforma la válvula bypass y verificar si existen fugas, se procede con la soldadura de la válvula en caso de que sea necesario.
- ✓ Realizar la medición de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA) de los dos transductores de presión que sirven para medir las presiones del distribuidor como de la tubería de presión que conforma a la válvula bypass, con el multímetro, y comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

La válvula de enfriamiento se encuentra especificado en el gobernador de carga THES.



**Figura 6.57:** Detalle de la válvula bypass.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.

### 6.6.4) Junta de desmontaje (GUAL-TN06.4)

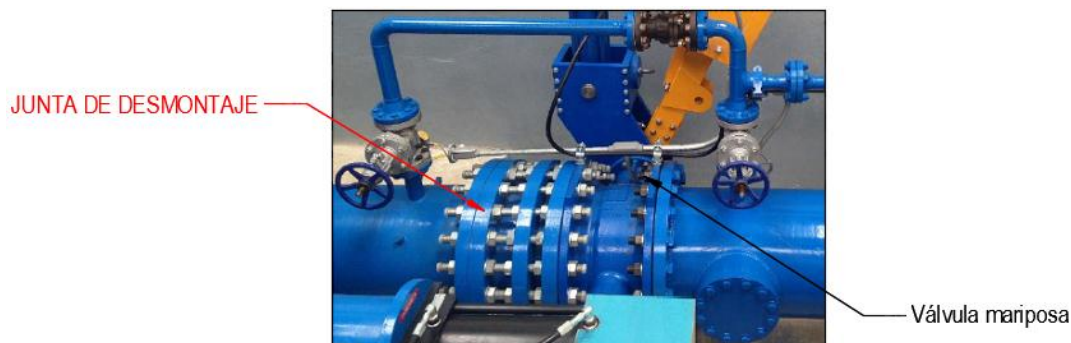
**Tabla 6.68:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpieza de todos los elementos que conforma la junta de desmontaje
2	Inspeccionar visualmente la junta de desmontaje
3	Realizar el ajuste correspondiente de la junta de desmontaje

#### 6.6.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela todos los elementos que conforman la junta de desmontaje.
- ✓ Realizar el torquedo de los elementos como son: empaques, bridas, sellos, pernos, entre otros.
- ✓ Se procede con el engrasado de las partes mecánicas de la junta de desmontaje.
- ✓ En caso de que exista fugas, proceder al apriete de los pernos de sujeción en forma de “X” tratando de dar el mismo torque en cada punto de apriete, y de ser necesario cambiar las bridas o empaques.
- ✓ El apriete de la junta de desmontaje se lo debe realizar cada seis meses, después de un vaciado de la tubería de presión.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.58:** Junta de desmontaje.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 2. Válvula de guardia, edición 2014.

### 6.6.5) Inyectores 4 elementos (GUAL-TN06.5)

**Tabla 6.69:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente los elementos de los inyectores que conforman la turbina
2	Revisar si existe desgaste y corrosión, fugas de agua en los inyectores
3	Verificar el estado del actuador hidráulico
4	Verificar el estado del transductor de posición

#### 6.6.5.1) Procedimiento

- ✓ Inspeccionar visualmente los elementos de los inyectores como son: tuercas, agujas, empaques, toberas, sellos, contando con la luz natural.
- ✓ Comprobar que no exista desgaste en las agujas y toberas de los inyectores.
- ✓ Verificar fugas de aceite como fugas de agua en el sello del eje de los inyectores.
- ✓ Verificar que entre la aguja y el eje del inyector no exista fugas de agua y que se encuentre en su posición adecuada.
- ✓ Comprobar que las agujas con respecto a los deflectores se encuentren en su respectiva posición, se lo realiza con los datos de diseño establecidos en los planos As Built Gualaceo.
- ✓ Proceder con la limpieza y verificar el estado en el que se encuentra el actuador hidráulico, **que se describe en el punto 1.9 del Capítulo 6, unidad de presión hidráulica de control de válvulas.**
- ✓ Limpiar y verificar el estado en que se encuentra el transductor de posición, realizar la medición de tensión 24VDC, niveles de corriente (4 – 20mA) con el multímetro y comprobar la señal mediante el sistema SCADA.
- ✓ Realizar el apriete de pernos de montaje, sellos "J" y de la tobera con las herramientas necesarias.
- ✓ En caso de que exista fugas de agua entre la aguja y el eje del inyector se procede a sellar utilizando Loctite 243.

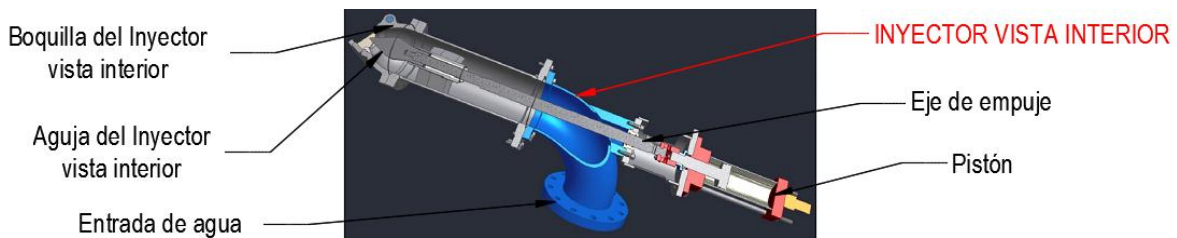


- ✓ Realizar el apriete de los pernos de sujeción entre la carcasa y los inyectores.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



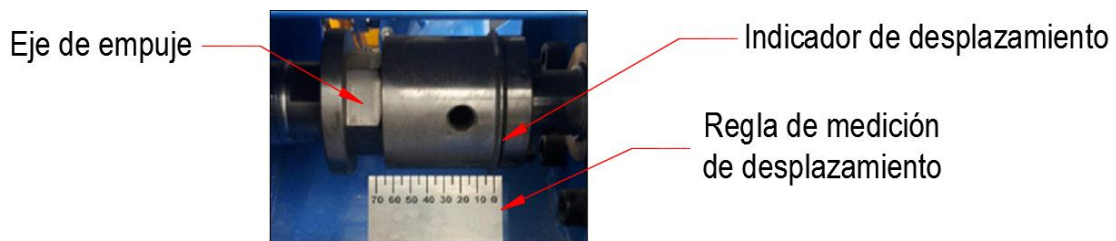
**Figura 6.59:** Detalle de los inyectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 7, edición 2014.



**Figura 6.60:** Detalle de los inyectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER-GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 8, edición 2014.



**Figura 6.61:** Detalle del desplazamiento del inyector.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 10, edición 2014.



### 6.6.6) Deflectores 4 elementos (GUAL-TN06.6)

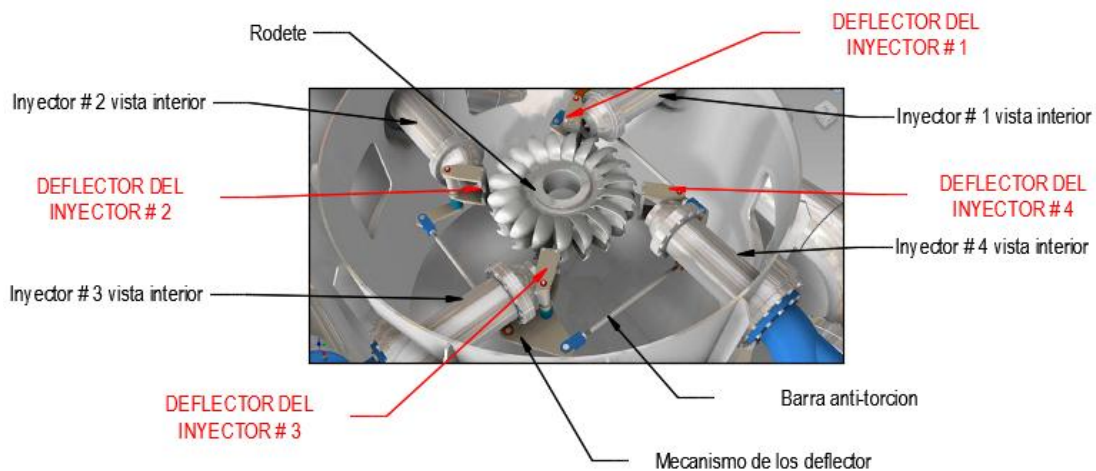
**Tabla 6.70:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente los deflectores que conforman
2	Revisar si existe desgaste y corrosión en los deflectores
3	Verificar el servomotor que conforma el deflector

#### 6.6.6.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela todos los elementos que conforman los 4 deflectores.
- ✓ Realizar el ajuste de los elementos que conforma los deflectores como son: pernos, pivote inferior, chaveta, barra antitorsión, cojinete autolubricado, muñones, etc.
- ✓ Comprobar que no exista desgaste o rotura en las barras antitorsión de los deflectores.
- ✓ Limpiar el servomotor relacionado con el deflector y se comprueba la señal de tensión de 24VDC.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.62:** Detalle de los deflectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 8, edición 2014.



**Figura 6.63:** Detalle de los deflectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 9, edición 2014.

### 6.6.7) Distribuidor (GUAL-TN06.7)

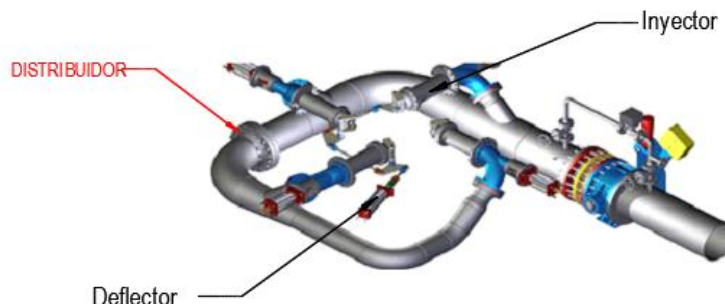
**Tabla 6.71:** Detalle de las actividades de la junta de desmontaje.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar todo el distribuidor y los elementos que lo conforman
2	Inspeccionar visualmente todo el distribuidor
3	Verificar si existen desgastes, fugas y corrosión en el distribuidor
4	Realizar el pintado, torquedo, soldadura correspondiente del distribuidor

#### 6.6.7.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el distribuidor contando con la luz natural.
- ✓ Inspeccionar visualmente los elementos como son: tuercas, empaques, tornillos.
- ✓ Llenar con agua un recipiente de un galón, disolver detergente, luego proceder a vaciar sobre las uniones o soldaduras de la tubería del distribuidor y verificar si existen o no fugas, se procede con la soldadura del distribuidor en caso de que sea necesario.
- ✓ Realizar el apriete necesario de los pernos del distribuidor.
- ✓ Medir el espesor de la pintura de la válvula, como recomendación del fabricante la muestra no debe ser menor a 18µm, se procede con el pintado externo de la válvula en caso de que no se cumpla con las especificaciones establecidas.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.64:** Detalle del distribuidor.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 6, edición 2014.

### 6.6.8) Carcaza y toma de aire (GUAL-TN06.8)

**Tabla 6.72:** Detalle de mantenimiento para la carcaza y toma de aire.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la carcaza de la turbina
2	Revisar que el tubo de aspiración de aire de la carcaza se encuentra libre de obstrucciones
3	Verificar el estado de la carcaza; que no exista corrosión
4	Realizar el pintado y soldadura correspondiente de la carcaza

#### 6.6.8.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la parte externa e interna de la carcaza.
- ✓ Se inspecciona visualmente la carcaza y se verifica el estado en que se encuentra.
- ✓ Llenar con agua un recipiente de un galón, disolver detergente, luego proceder a vaciar sobre las uniones o soldaduras de la carcaza y verificar si existen o no fugas, se procede con la soldadura de la carcaza en caso de que sea necesario.
- ✓ Medir el espesor de la pintura de la carcaza, como recomendación del fabricante la muestra no debe ser menor a 18µm, se procede con el pintado externo de la carcaza en caso de que no se cumpla con las especificaciones.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.65:** Detalle de la carcasa y toma de aire.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA. Pg. 3, edición 2014.

### 6.6.9) Unidad de presión hidráulica (UPH) de control de inyectores y deflectores (GUAL-TN06.9)

**Tabla 6.73:** Detalle de mantenimiento para la unidad hidráulica.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar las UPH que conforman la turbina
2	Inspeccionar visualmente todas las unidades de presión que conforma la turbina
3	Verificar UPH de los inyectores 4 elementos
4	Verificar UPH del deflector
5	Verificar UPH de la válvula de guardia

#### 6.6.9.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la parte externa de las UPH.
- ✓ Revisar las agujas de los manómetros que deben estar dentro del rango permitido de (0 – 1000psi).
- ✓ Verificar que la válvula del solenoide, esté con un rango de tensión de 24VDC.
- ✓ Verificar que los servomotores hidráulicos de los inyectores no deben sobrepasarse un rango de presión de 3000psi.
- ✓ Verificar que en el servomotor hidráulico del deflector no deben sobrepasarse una presión de 3000psi.
- ✓ Mediante pruebas de viscosidad se verifica que no exista limallas en el aceite, caso contrario de procederá con el cambio del mismo.
- ✓ Se recomienda cambiar el aceite en un periodo de 12 a 14 meses.

- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.66:** Detalle de la UHP de los Inyectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA, edición 2014



**Figura 6.67:** Detalle de la UHP de los deflectores.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA, edición 2014.

### 6.6.9.2) Recomendaciones del fabricante

**Nota:**

Se recomienda usar aceite hidráulico de transmisión automática (Valvoline ATF Dextron II).

Las válvulas de alivio de las unidades hidráulicas se encuentran calibradas en la fábrica para una presión máxima de 800psi.

**Figura 6.68:** Recomendaciones del sensor de nivel del tanque de carga.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 1. Turbina DELTA, edición 2014

Caja de conexiones y terminales de los elementos (GUAL-TN06.10)

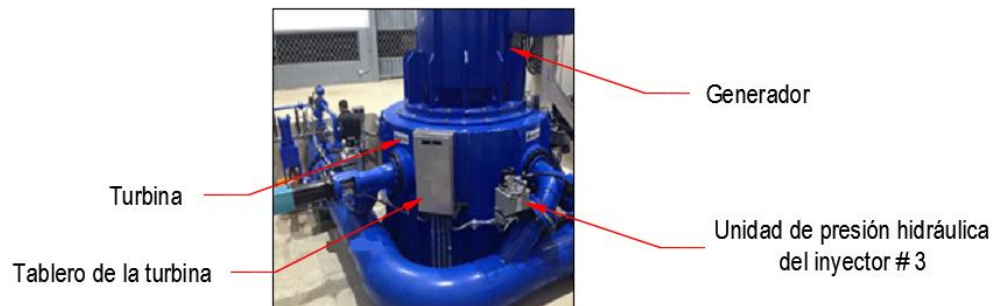
**Tabla 6.74:** Detalle de las actividades para el estator y el rotor.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
6.6.10.1	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de conexiones y terminales
6.6.10.2	Limpiar la caja de conexiones
6.6.10.3	Revisar la conexión de los terminales
6.6.10.4	Realizar un mantenimiento de la caja de conexiones y terminales

### 6.6.9.3) Procedimiento

- ✓ Se debe realizar la verificación de la caja de conexiones y terminales contando con la luz natural.
- ✓ Con una franela, desarmadores se procede a limpiar y apretar la caja de conexiones.
- ✓ Realizar mediciones de tensión y continuidad en las conexiones de la caja mediante el multímetro.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.69:** Tablero de la turbina.

**Fuente:** Unidad de Supervisión de Proyectos (ELECAUSTRO S.A.).



**Figura 6.70:** Tablero de la válvula mariposa externa e interna.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 7.Gobernador THES, edición 2014.





### 6.6.10) Materiales y equipos

En la Tabla 6.75, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de la turbina.

**Tabla 6.75:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento de captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-TN06.1	GUAL-TN06.2	GUAL-TN06.3	GUAL-TN06.4	GUAL-TN06.5	GUAL-TN06.6	GUAL-TN06.7	GUAL-TN06.8	GUAL-TN06.9	GUAL-CP06.10	
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3	Material de Construcción	Franela, guaípe	X	X	X	X	X	X	X			X	
4		Precintos o amarras plásticas									X		
5		Juegos de pernos y tuercas de repuestos	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
6		Loctite 243	X	X	X	X	X	X	X				
7		Empaques		X	X	X	X	X	X				
8		Grasa	X	X	X	X	X	X	X	X			
9		Cable para conexiones											X
10		Pintura epóxica marina, brochas		X	X	X	X	X	X	X			
11		Pintura poliuretano color RAL5017							X	X			
12		Herramientas y Equipos	Soldadora, Electrodo							X	X		
13	Micrómetro												
14	Juego de llaves		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
15	Multímetro												X
16	Carro porta rodete		X										
17	Herramientas de electricista												X
18	Maquina hidráulica para desmontaje		X										
19	Torquímetro	X	X	X	X	X	X	X	X		X		





**6.6.11) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.76, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de la turbina.

**Tabla 6.76:** Personal encargado del mantenimiento del generador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	
GUAL-TN06.1	Inspeccionar visualmente el rodete de la turbina	DIPRO		A			Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-GN05 GUAL-GC07 GUAL-TB10
	Verificar el desgaste del rodete	DIPRO		A			
	Realizar el apriete de pernos que conforma el rodete	DIPRO		A			
GUAL-TN06.2	Limpiar toda la válvula mariposa	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente los sellos, bridas de la válvula mariposa	DIPRO		A			
	Realizar el pintado, torqueado, soldadura correspondiente de la válvula	DIPRO		A			
GUAL-TN06.3	Limpiar la válvula bypass	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente los sellos, bridas de la válvula bypass	DIPRO		A			
	Realizar el, torqueado, soldadura que conforman la válvula	DIPRO		A			
GUAL-TN06.4	Limpieza de todos los elementos que conforma la junta de desmontaje	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente la junta de desmontaje	DIPRO		A			
	Realizar el ajuste correspondiente de la junta de desmontaje	DIPRO		A			
GUAL-TN06.5	Inspeccionar visualmente los elementos de los inyectores que conforman la turbina	DIPRO		A			
	Revisar si existe desgaste y corrosión, fugas de agua en los inyectores	DIPRO		A			
	Verificar el estado del actuador hidráulico	DIPRO		A			
GUAL-TN06.6	Verificar el estado del transductor de posición	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente los deflectores que conforman	DIPRO		A			
	Revisar si existe desgaste y corrosión en los deflectores	DIPRO		A			
GUAL-TN06.7	Verificar el servomotor que conforma el deflector	DIPRO		A			
	Limpiar todo el distribuidor y los elementos que lo conforman	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente todo el distribuidor	DIPRO		A			
GUAL-TN06.8	Verificar si existen desgastes, fugas y corrosión del distribuidor	DIPRO		A			
	Realizar el pintado, torqueado, soldadura correspondiente del distribuidor	DIPRO		A			
	Limpiar la carcasa de la turbina	DIPRO		A			
GUAL-TN06.9	Verificar que el tubo de aspiración de aire de la carcasa se encuentra libre de obstrucciones	DIPRO		A			
	Verificar el estado de la carcasa que no exista corrosión	DIPRO		A			
	Realizar el pintado, soldadura correspondiente de la carcasa	DIPRO		A			
GUAL-TN06.10	Limpiar las UPH que conforman la turbina	DIPRO		A			
	Inspeccionar visual de todas las unidades de presión que conforma la turbina	DIPRO		A			
	Verificar UPH de los inyectores 4 elementos	DIPRO		A			
	Verificar UPH del deflector	DIPRO		A			
GUAL-TN06.11	Verificar UPH de la válvula de guardia	DIPRO		A			
	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de conexiones y terminales	DIPRO		A			
	Limpiar la caja de conexiones	DIPRO		A			
	Revisar la conexión de los terminales	DIPRO		A			
GUAL-TN06.12	Realizar un mantenimiento de la caja de conexiones y terminales	DIPRO		A			

## 6.7) Plan de mantenimiento del gobernador de carga LCX

### Código:

GUAL-GC07.

### Elemento:

Sistema eléctrico: Gobernador de carga.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del gobernador de carga LCX, de la unidad de generación de la central.

### Partes que conforman el gobernador de carga

**Tabla 6.77:** Detalle de las partes del gobernador de carga.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.7.1	Tablero del gobernador LCX	GUAL-GC07.1
6.7.2	Tanque de resistencias	GUAL-GC07.2
6.7.3	Sistema de enfriamiento PVC	GUAL-GC07.3
6.7.4	Válvula hidráulica de enfriamiento	GUAL-GC07.4



**Figura 6.71:** Partes del gobernador de carga.

**Fuente:** Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 7.Gobernador THES, edición 2014.

### 6.7.1) Tablero del gobernador LCX (GUAL-GC07.1)

**Tabla 6.78:** Detalle de las partes del gobernador de carga.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el tablero del gobernador
2	Inspeccionar visualmente el tablero del gobernador LCX
3	Realizar torqueado de los contactos, bornes del gobernador
4	Elaborar informe y registro fotográfico

#### 6.7.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el polvo e impurezas que se encuentre en el tablero.
- ✓ Realizar el torqueado de los bornes y contactos del tablero.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.7.2) Tanque de resistencias (GUAL-GC07.2)

**Tabla 6.79:** Detalle de las actividades del tanque de resistencias.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el tanque de resistencias
2	Inspeccionar visualmente el tanque de resistencias
3	Llenar con agua el tanque de resistencias
4	Elaborar informe y registro fotográfico

#### 6.7.2.1) Procedimiento

- ✓ Proceder con el secado del tanque de resistencias.
- ✓ Limpiar todos los cimientos que estén almacenados en el tanque.
- ✓ Realizar mediciones de las resistencias utilizando un multímetro en la que debe mantenerse el valor de potencia disipada de 300kV.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.7.3) Sistema de enfriamiento PVC (GUAL-GC07.3)

Tabla 6.80: Detalle de las actividades del sistema de enfriamiento PVS.

*Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la tubería PVC
2	Inspeccionar visualmente el sistema de enfriamiento
3	Elaborar informe y registro fotográfico

#### 6.7.3.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual del estado de la tubería como: fugas, roturas.
- ✓ Proceder con el mantenimiento en caso de presentar un mal estado.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.7.4) Válvula hidráulica de enfriamiento (GUAL-GC07.4)

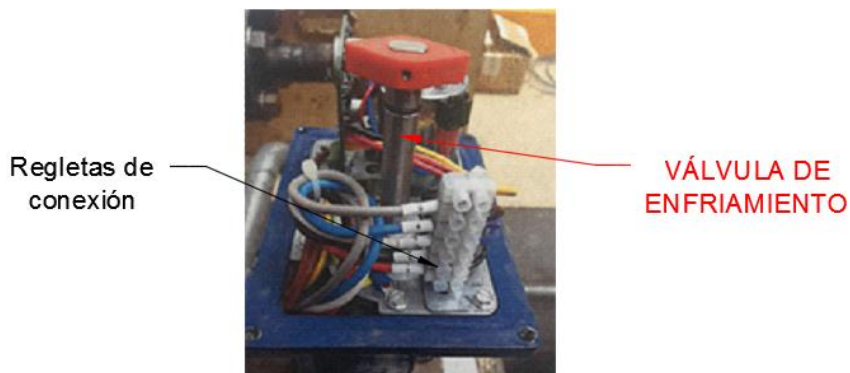
Tabla 6.81: Detalle de las actividades de la válvula hidráulica de enfriamiento.

*Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la válvula de enfriamiento
2	Inspeccionar visualmente la válvula de enfriamiento
3	Realizar mediciones y comprobación de señal
4	Elaborar informe y registro fotográfico

#### 6.7.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar las impurezas de la válvula de enfriamiento utilizando una aspiradora y una franela.
- ✓ Realizar una inspección visual del estado de la válvula y del sistema hidráulico de enfriamiento que conforma el tanque de resistencias.
- ✓ Realizar mediciones de tensión AC y continuidad de los conductores.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.72:** Esquema de la válvula de enfriamiento.

*Fuente:* Manual Delta Delfini, DOSSIER- GUALACEO, sección 7.Gobernador THES, edición 2014.

### 6.7.5) Materiales y equipos

En la Tabla 6.82, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del gobernador de carga LCX.

**Tabla 6.82:** Materiales y equipos para la inspecciones del gobernador de carga LCX.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-GN07.1	GUAL-GN07.2	GUAL-GN07.3	GUAL-GN07.4
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaipe	X	X	X	X
4		Brochas	X			
5	Herramientas y Equipos	Herramienta de electricista	X			X
6		Cepillo de acero		X		
7		Aspiradora	X		X	
8		Multímetro	X	X		X
9		Linterna				



**6.7.6) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.83, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento del gobernador de carga LCX.

**Tabla 6.83:** Personal encargado del mantenimiento del gobernador de carga LCX.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio								Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-GC07.1	Limpiar el tablero del gobernador	DIPRO		A							Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-GN05 GUALTN06 GUAL-TB10
	Inspeccionar visualmente el tablero del gobernador LCX	DIPRO		S				S			
	Realizar torqueado de los contactos, bornes del gobernador	DIPRO		A							
GUAL-GC07.2	Limpiar el tanque de resistencias	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el tanque de resistencias	DIPRO		S				S			
	Llenar con agua el tanque de resistencias	DIPRO		S				S			
GUAL-GC07.3	Limpiar la tubería PVC	DIPRO		A							
	Inspeccionar visualmente el sistema de enfriamiento	DIPRO		A							
GUAL-GC07.4	Limpiar la válvula de enfriamiento	DIPRO		A							
	Inspeccionar visualmente la válvula de enfriamiento	DIPRO		A							
	Realizar mediciones y comprobación de señal	DIPRO		A							

### 6.8) Plan de mantenimiento del transformador de potencia

**Código:**

GUAL- TF08.

**Elemento:**

Sistema eléctrico de potencia: Transformador.

**Objetivo:**

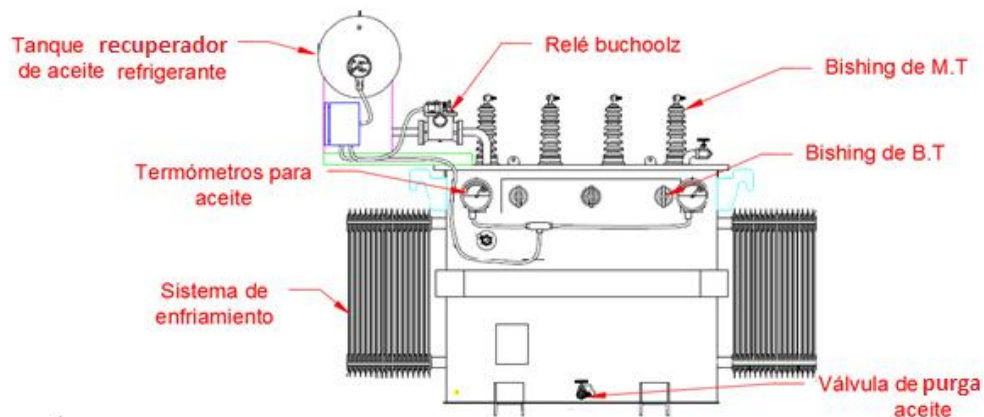
Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del transformador de potencia.

#### Partes del transformador

**Tabla 6.84:** Partes que conforman el transformador.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

ITEM	PARTES	CÓDIGO
6.8.1	Sistema de enfriamiento	GUAL-TF08.1
6.8.2	Termómetros para aceite y devanado	GUAL-TF08.2
6.8.3	Relé Buchholz.	GUAL-TF08.3
6.8.4	Tanque recuperador o de expansión refrigerante de aceite	GUAL-TF08.4
6.8.5	Bushings de BT y MT	GUAL-TF08.5
6.8.6	Seccionadores	GUAL-TF08.6
6.8.7	Pararrayos	GUAL-TF08.7
6.8.8	Caja de conexiones y terminales del transformador	GUAL-TF08.8



**Esquema 6.73:** Partes del transformador de potencia.

*Fuente:* Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 6.Transformador y equipos de patio, edición 2014.





Para realizar el mantenimiento de todos los elementos que conforma el transformador se debe considerar lo siguiente:

- Cuando el transformador se encuentre en funcionamiento no se debe tocar la cubierta.
- No aplicar tensión o carga al transformador cuando el nivel del aceite aislante es nulo o no esté dentro de su rango establecido.
- No realizar operaciones de filtrado o vaciado cuando el transformador este energizado.
- Desenergizar desde el tablero de control antes de realizar una inspección o reparación.

### 6.8.1) Sistema de enfriamiento y carcasa (GUAL-TF08.1)

**Tabla 6.85:** Detalle de las actividades del sistema de enfriamiento y carcasa.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la carcasa y los radiadores de ventilación que conforma el transformador
2	Inspeccionar visualmente el desgaste, corrosión de la carcasa y radiadores de ventilación del transformador
3	Realizar el pintado, torqueado y soldadura correspondiente de la carcasa y radiadores de ventilación

#### 6.8.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la carcasa del transformador contando con la luz natural.
- ✓ Inspeccionar visualmente la carcasa y verificar el estado en que se encuentra.
- ✓ Comprobar que no exista roturas, fuga de aceite en las cabeceras del radiador y en las partes soldadas del panel.
- ✓ Realizar el torqueado necesario de los pernos que conforma la carcasa.
- ✓ Proceder con la soldadura si se presenta roturas en la carcasa y radiador de ventilación.
- ✓ Verificar visualmente el color de la silica gel del respirador, si el cambio de color del gel sobrepasa 2/3 del respirador, es necesario remplazar por uno



nuevo. Para un cambio de silica gel se debe dejar secar en la que pierda toda la humedad y luego se retira.

- ✓ Comprobar que la válvula de purga de aceite se encuentre cerrada y no exista fuga de aceite caso contrario se procura con el cambio de empaque de la válvula.
- ✓ Proceder con el pintado externo de la carcasa y radiador en caso de que sea necesario.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.8.2) Termómetros para aceite y devanado (GUAL-TF08.2)

Tabla 6.86: Detalle de las actividades de los termómetros de aceite y devanado.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpia los termómetros de aceite y devanado
2	Inspeccionar visualmente el estado de los termómetros
3	Realizar el ajuste correspondiente de los termómetros

#### 6.8.2.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela los termómetros.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado en el que se encuentra el termómetro, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Cuando esté en funcionamiento el transformador, verificar que el termómetro de aceite no presente daños, ya que debe actuar la alarma a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$  y el de disparo a una temperatura de  $120^{\circ}\text{C}$ , caso contrario se procederá con la correcta calibración.
- ✓ Cuando esté en funcionamiento el transformador, se verifica que el termómetro de devanado no presente daños, ya que debe actuar la alarma a una temperatura de  $95^{\circ}\text{C}$  y el de disparo a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$ , caso contrario se procederá con su correcta calibración.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.74:** Termómetros para aceite y devanado.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 6. Transformador y equipos de patio, edición 2014.

### 6.8.3) Relé buchholz (GUAL-TF08.3)

**Tabla 6.87:** Detalle de las actividades del relé buchholz.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el relé buchholz
2	Inspeccionar visualmente el estado del relé
3	Comprobar la señal mediante multímetro
4	Realizar el ajuste correspondiente del relé

#### 6.8.3.1) Procedimiento

- ✓ Con una franela se procede a limpiar todos los elementos que conforman el relé buchholz.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado del relé, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Comprobar la señal de tensión de entrada y salida utilizando el multímetro.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.8.4) Tanque recuperador de aceite refrigerante (GUAL-TF08.4)

**Tabla 6.88:** Detalle de las actividades del tanque cilíndrico refrigerante de aceite.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Realizar el vaciado del tanque refrigerante
2	Inspeccionar visualmente el estado del tanque
3	Realizar el pintado, soldadura correspondiente al tanque refrigerante de aceite
4	Realizar el filtrado de aceite al tanque refrigerante

#### 6.8.4.1) Procedimiento

- ✓ Inspecciona visualmente el elemento comprobando que no existan fugas de aceite, abolladuras y rayaduras en el tanque.
- ✓ Proceder con la evacuación del aceite del tanque, preferiblemente realizar en el día, si existe rotura se procede primero con la soldadura del tanque y luego con el pintado externo del tanque.
- ✓ Proceder con el llenado de aceite, éste debe estar aproximadamente a 10cm por debajo del borde del tanque, el aceite en el tanque debe mantenerse con un volumen de 995 litros cuando se encuentra desenergizado.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.8.4.2) Recomendaciones del fabricante

**NOTA:**

En caso que el aceite refrigerante entre en contacto con los ojos con, lavar con abundante agua y posteriormente utilizar una solución oftalmológica.

**Ilustración 6.75:** Termómetros para aceite y devanado.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 6.Transformador, edición 2014.

#### 6.8.5) Bushings de BT y MT (GUAL-TP08.5)

**Tabla 6.89:** Detalle de mantenimiento de los bushings de BT y MT.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los bushings de BT y MT
2	Inspeccionar el estado de los bushings
3	Realizar el apriete correspondiente en los bornes

#### 6.8.5.1) Procedimiento

- ✓ Con una franela se procede a limpiar los bushings de bajo y medio voltaje.
- ✓ Comprobar que no exista roturas en los bushings del transformador.
- ✓ Realizar el apriete correspondiente de los bornes relacionados con los bushings.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



### 6.8.6) Seccionadores (GUAL-TF08.6)

Para realizar el mantenimiento correspondiente de los seccionadores se debe considerar lo siguiente:

- Desenergizar ambos extremos tanto en el alimentador número 1523 como la desconexión del tablero del transformador de potencia para evitar accidentes mortales.
- Conectar el puente a tierra de las 3 fases.

**Tabla 6.90:** objetivos de mantenimiento para los seccionadores.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar todos los elementos que conforman el seccionador
2	Inspeccionar el estado del seccionador
3	Verificar si existe desgaste y corrosión en el seccionador
4	Realizar el apriete, engrasado de los elementos que conforman el seccionador

#### 6.8.6.1) Procedimiento

- ✓ Con una franela y jabón líquido en un galón de agua se procede a limpiar la superficie de los elementos que conforman los seccionadores de ser necesario utilizar un cepillo de cerdas suaves.
- ✓ Inspeccionar visualmente los elementos del seccionador comprobando que no existan roturas, desgastes y corrosión de los elementos del seccionador, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna.
- ✓ Proceder con el engrasado de los elementos de la parte móvil del seccionador.
- ✓ Proceder con el apriete correspondiente de pernos de los seccionadores.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.8.6.2) Recomendaciones del fabricante

El equipo debe ser instalado, operado y mantenido por personas calificadas que tengan conocimientos en la instalación, operación y mantenimiento de equipos de distribución aérea de energía eléctrica.

Una persona calificada es aquella que está capacitado y competente en:



- Las habilidades y técnicas necesarias para distinguir las partes vivas expuestas de los equipos eléctricos.
- Las habilidades y técnicas necesarias para determinar las distancias de acercamiento adecuado correspondiente a las tensiones a las que estará expuesto.
- El uso adecuado de las técnicas especiales de precaución, equipo de protección personal, materiales aislantes y de blindaje, y herramientas aisladas para trabajar cerca de partes energizadas expuestas de equipos eléctricos.

### 6.8.7) Pararrayos (GUAL-TF08.7)

- Para realizar el mantenimiento correspondiente de los pararrayos se debe considerar lo siguiente:
- Desenergizar ambos extremos tanto en el alimentador número 1523 como la desconexión del tablero del transformador de potencia para evitar accidentes mortales.
- Conectar el puente a tierra de las 3 fases.

**Tabla 6.91:** Detalle de las actividades para los pararrayos.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los pararrayos
2	Inspeccionar el estado del pararrayo
3	Verificar si existe desgaste y corrosión en el pararrayo

#### 6.8.7.1) Procedimiento

- ✓ Con una franela se procede a limpiar los elementos del pararrayo.
- ✓ Comprobar que no exista desgaste y corrosión en el pararrayo.
- ✓ Realizar el apriete necesario de los pernos de sujeción de los pararrayos.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



### 6.8.8) Caja de conexiones y terminales del transformador (GUAL-TF08.10)

**Tabla 6.92:** Detalle de las actividades para la caja de conexiones y terminales.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la caja de conexiones
2	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de conexiones y terminales
3	Realizar el ajuste correspondiente de la caja de conexiones y terminales

#### 6.8.8.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la caja de conexiones y terminales del transformador de potencia.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado de la conexión, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Realizar el ajuste correspondiente de la caja de conexiones y terminales, con las respectivas herramientas.
- ✓ Ejecutar mediciones de tensión AC y continuidad en las conexiones de la caja y terminales utilizando el multímetro.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



### 6.8.9) Materiales y equipos

En la Tabla 6.93, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del transformador de potencia.

**Tabla 6.93:** Materiales y equipos para la inspección del transformador de potencia.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-TF08.1	GUAL-TF08.2	GUAL-TF08.3	GUAL-TF08.4	GUAL-TF08.5	GUAL-TF08.6	GUAL-TF08.7	GUAL-TF08.8
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaípe	X	X	X	X	X	X	X	X
4		Pintura	X			X				
5		Pernos y tuercas de repuesto	X						X	
6		Brochas				X				
7		Aceite refrigerante				X				
8		Grasa						X	X	
9		Cable #12 Flexible AWG								
10	Herramientas y Equipos	Soldadora, electrodos	X			X				
11		Torquímetro	X							
12		Herramientas de electricista								X
13		Combo, Cíncel								
14		Juego de llaves	X	X	X		X	X		
15		Multímetro			X					
16	Balde o Cubeta									

**6.8.10) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.94, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento del transformador de potencia.

**Tabla 6.94:** Cronograma de mantenimiento del transformador de potencia.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Noviembre				Observaciones	
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
GUAL-TF08.1	Limpiar la carcasa y los radiadores de ventilación que conforma el transformador	DIPRO		A								Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-CT11
	Inspeccionar visualmente el desgaste, corrosión de la carcasa y radiadores de ventilación del transformador	DIPRO		A								
	Realizar el pintado, torquedo y soldadura correspondiente de la carcasa y radiadores de ventilación	DIPRO		A								
GUAL-TF08.2	Limpiar los termómetros de aceite y devanado	DIPRO		A								
	Inspeccionar visualmente el estado de los termómetros	DIPRO		A								
	Realizar el ajuste correspondiente de los termómetros	DIPRO		A								
GUAL-TF08.3	Realizar el vaciado del tanque refrigerante	DIPRO		A								
	Inspeccionar visualmente el estado del tanque	DIPRO		A								
	Realizar el pintado, soldadura correspondiente al tanque refrigerante de aceite	DIPRO		A								
	Realizar el filtrado de aceite al tanque refrigerante	DIPRO		A								
GUAL-TF08.4	Limpiar los bushings de BT y MT	DIPRO		A								
	Inspeccionar el estado de los bushings	DIPRO		A								
	Realizar el apriete correspondiente en los bornes	DIPRO		A								
GUAL-TF08.5	Limpiar todos los elementos que conforman el seccionador	DIPRO		A								
	Inspeccionar el estado del seccionador	DIPRO		A								
	Verificar si existe desgaste y corrosión en el seccionador	DIPRO		A								
	Realizar el apriete, engrasado de los elementos que conforman el seccionador	DIPRO		A								
GUAL-TF08.6	Limpiar los pararrayos	DIPRO		A								
	Inspeccionar el estado del pararrayo	DIPRO		A								
	Verificar si existe desgaste y corrosión en el pararrayo	DIPRO		A								
GUAL-TF08.7	Limpiar la caja de conexiones	DIPRO		A								
	Inspeccionar visualmente el estado de la caja de conexiones y terminales	DIPRO		A								
	Realizar el ajuste correspondiente de la caja de conexiones y terminales	DIPRO		A								

## 6.9) Plan de mantenimiento del puente grúa

### Código:

GUAL-PG09.

### Elemento:

Obra civil y mecánica: Puente grúa.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general del puente grúa, conservando el elemento en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

### Partes que componen el puente grúa

A continuación se describen las partes del puente grúa de la casa de máquinas de la mini central.

**Tabla 6.95:** Partes que conforman el puente grúa.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.9.1	Tecla manual	GUAL-PG09.1
6.9.2	Trole	GUAL-PG09.2
6.9.3	Viga	GUAL-PG09.3
6.9.4	Riel	GUAL-PG09.4
6.9.5	Ménsula	GUAL-PG09.5



**Figura 6.76:** Partes del puente grúa.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 4. Puente grúa, edición 2014.

### 6.9.1) Tecla manual (GUAL-PG09.1)

**Tabla 6.96:** Detalle de las actividades del tecla manual.

*Fuente:* Realizado por: Autores.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar polvos e impurezas de los engranajes del tecla
2	Inspeccionar visualmente el estado del tecla
3	Inspeccionar visualmente si existen daños
4	Revisar si no existe corrosión en las partes metálicas

### 6.9.1.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza con un compresor para retirar polvos e impurezas de los engranes de la cadena del tecla.
- ✓ Inspeccionar visualmente el tecla manual, como es la cadena de gancho de sujeción para conocer el estado actual.
- ✓ Engrasar los engranajes del tecla.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.9.2) Trole (GUAL-PG09.2)

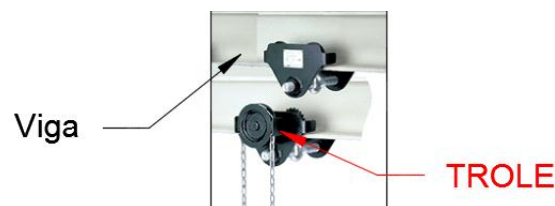
**Tabla 6.97:** Detalle de las actividades del trole.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar impurezas de los engranajes y engrasar
2	Inspeccionar visualmente el estado del trole
3	Revisar si no existe corrosión en las partes metálicas
4	Revisar si existen daños en los engranes, polipasto, agarres del trole

### 6.9.2.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza con un compresor para retirar polvos e impurezas de los engranes, polipasto del trole.
- ✓ Inspeccionar visualmente el trole y sus partes como son: la cadena y polipasto para conocer el estado.
- ✓ Engrasar los engranajes del trole.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.77:** Detalle del trole del puente grúa.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 4. Puente grúa, edición 2014.

### 6.9.3) Viga (GUAL-PG09.3)

**Tabla 6.98:** Detalle de las actividades de la viga.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar impurezas de la viga
2	Inspeccionar visualmente el estado de la viga
3	Revisar si existen daños, fisuras a lo largo de la viga
4	Revisar si no existe corrosión en la viga

#### 6.9.3.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar el polvo e impurezas con una franela y aspiradora.
- ✓ Realizar una inspección visual de la viga para conocer el estado actual de la misma, para detectar si existen fisuras o corrosión, en caso de ser necesario realizar la limpieza y un pintado completo de la viga.
- ✓ Proceder con nuevos puntos de soldadura de la viga para reforzar las uniones y soportes.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.9.4) Riel (GUAL-PG09.4)

**Tabla 6.99:** Detalle de las actividades de la riel.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar impurezas de los rieles o guías del puente grúa
2	Inspeccionar visualmente el estado de los rieles
3	Revisar si no existe corrosión en las partes metálicas
4	Revisar si existen daños en los rieles

#### 6.9.4.1) Procedimiento

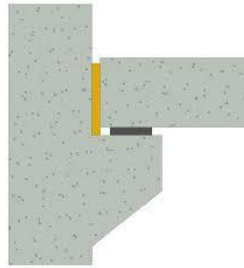
- ✓ Limpiar con una franela los rieles para retirar polvos e impurezas.
- ✓ Realizar una inspección visual de los rieles para conocer el estado actual de la misma, para detectar fisuras o corrosión.
- ✓ En caso de ser necesario, proceder a pintar los rieles para evitar la corrosión.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.9.5) Ménsula (GUAL-PG09.5)

**Tabla 6.100:** Detalle de las actividades de la ménsula.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar material ajeno acumulado en la ménsula
2	Inspeccionar visualmente el estado las ménsulas o apoyos de las rieles
3	Revisar si existen daños o fisuras en los apoyos y anclajes de las rieles
4	Revisar y corregir en caso de daño de los apoyos de concreto



**Esquema 6.78:** Detalle de la ménsula.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 4. Puente grúa, edición 2014.

#### 6.9.5.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual de los apoyos o ménsula para conocer el estado actual de la misma y que no exista fisuras, daños en los soportes de concreto.
- ✓ En caso de que se presente algún daño se procederá con la reparación.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

**6.9.6) Materiales y equipos**

En la Tabla 6.101, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del puente grúa.

**Tabla 6.101:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento del puente grúa.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-PG09.1	GUAL-PG09.2	GUAL-PG09.3	GUAL-PG09.4	GUAL-PG09.5
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaipe	X	X	X	X	
4		Arena					X
5		Agua					X
6		Grasa	X	X		X	
7		Cemento					X
8	Herramientas y Equipos	Máquinas soldadora, electrodos			X	X	
9		Arnés de seguridad	X	X	X	X	
10		Pala, pico, machete					X
11		Badilejo, nivel					X
12		Combo, cincel					X
13		Juego de llaves, hexagonales	X	X			X
14		Equipo de medición pruebas de ultrasonido.			X		
15		Compresor de aire	X	X	X	X	



**6.9.7) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.102, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento del puente grúa.

**Tabla 6.102:** Personal encargado del mantenimiento del puente grúa.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Agosto				Enero				Observaciones	
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
GUAL-PG09.1	Limpiar polvos e impurezas de los engranajes del tecele	DIPRO			A							
	Inspeccionar visualmente el estado del tecele	DIPRO			A							
	Inspeccionar visualmente si existen daños	DIPRO			A							
	Revisar si no existe corrosión en las partes metálica	DIPRO			A							
GUAL-PG09.2	Limpiar impurezas de los engranajes del trole.	DIPRO			A							
	Inspeccionar visualmente el estado del trole.	DIPRO			A							
	Revisar si no existe corrosión en las partes metálicas.	DIPRO			A							
	Revisar si existen daños en los engranes, polipasto, agarres del trole	DIPRO			A							
GUAL-PG09.3	Limpiar impurezas de la viga	DIPRO			A							
	Inspeccionar visualmente el estado del de la viga	DIPRO			A							
	Revisar si existen daños, fisuras a lo largo de la viga	DIPRO			A							
	Revisar si no existe corrosión en la viga	DIPRO			A							
GUAL-PG09.4	Limpiar impurezas de los rieles o guías del puente grúa	DIPRO			A							
	Inspeccionar visualmente el estado de las rieles	DIPRO			A							
	Revisar si no existe corrosión en las partes metálicas	DIPRO			A							
	Revisar si existen daños en las rieles	DIPRO			A							
GUAL-PG09.5	Limpiar material ajeno acumulado en la ménsula	DIPRO			A							
	Inspeccionar visualmente el estado las ménsulas o apoyos de las rieles	DIPRO			A							
	Revisar si existen daños o fisuras en los apoyos y anclajes de las rieles	DIPRO			A							
	Revisar y corregir en caso de daño de los apoyos de concreto	DIPRO			A							

## 6.10) Plan de mantenimiento de los tableros de control

### Código:

GUAL-TB10.

### Elemento:

Sistema eléctrico: Tableros de Control.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo de los tableros de control que conforman la unidad de generación de la central.

En la Tabla 6.103 se presentan las partes que conforman los tableros de control.

**Tabla 6.103:** Detalle de las partes de los tableros de control.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.10.1	Tablero de control del generador (TB1)	GUAL-TB10.1
	PLC	
	HMI	
6.10.2	Tablero de servicios auxiliares AC/DC (TB2)	GUAL-TB10.2
6.10.3	Tablero breaker principal (TB4)	GUAL-TB10.3
6.10.4	Tablero puesta a tierra de servicio (TPT)	GUAL-TB10.4

### 6.10.1) Tablero de control del generador (TB1) (GUAL-TB10.1)

**Tabla 6.104:** Detalle de las actividades del tablero de control del generador.

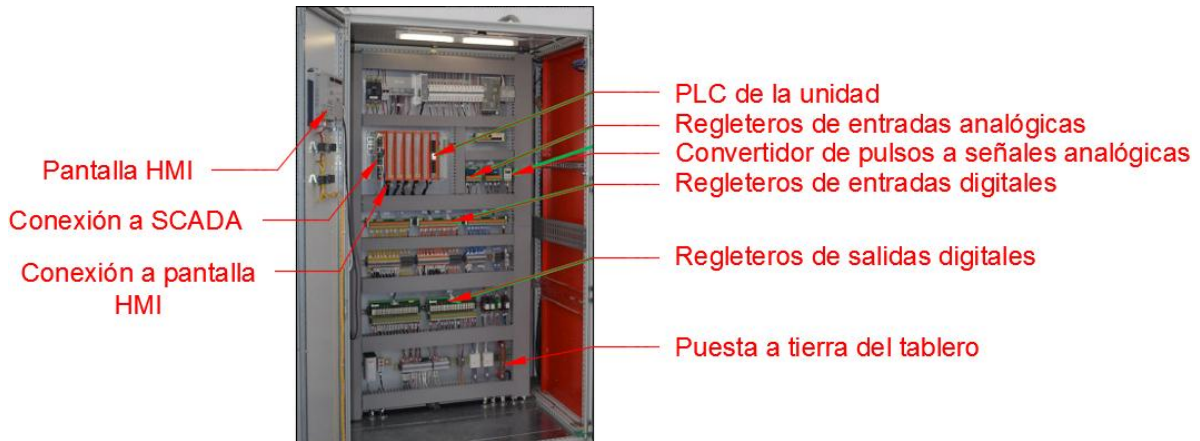
*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los cables y equipos que conforman el tablero
2	Inspeccionar visualmente si existen daños en los cables y equipos que conforma el tablero
3	Inspeccionar visualmente el estado actual del HMI
4	Realizar mediciones de tensión AC/DC
5	Realizar el ajuste y apriete de los cables y equipos que conforman el tablero
6	Comprobar la señal del HMI con el sistema SCADA.
7	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico del generador
8	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos.
9	Comprobar el funcionamiento de los servidores, y la lógica de su software



### 6.10.1.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la inspección y el mantenimiento, contando con la luz natural.
- ✓ Para acceder a la parte interna del tablero se debe contar con la llave de acceso, mediante esta llave se abrirá la puerta del tablero. En caso de realizar un cambio de los elementos del tablero se procederá con la parada de la mini central, abriendo los seccionadores de la red y los breakers del tablero.
- ✓ Limpiar con una franela y una aspiradora con puntas plásticas las impurezas, polvo que se acumula en los cables e equipos que conforman el tablero de control del generador.
- ✓ Realizar mediciones de tensión y continuidad AC/DC, 120V/12VDC, utilizando el multímetro.
- ✓ Proceder con el ajuste y apriete correspondiente de las borneras de conexión de los equipos que conforma el tablero del generador, que se aflojan debido al calentamiento de los cables terminales.
- ✓ Comprobar la señal de entrada y salida del HMI relacionadas con el sistema SCADA, los valores que se reflejan en la pantalla del HMI deben ser los mismos valores vistos por el operador SCADA.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas.
- ✓ Inyectar señales de tensión a las borneras de control del tablero para verificar la operación de los enclavamientos y de los equipos de fuerza.
- ✓ Comprobar el estado de funcionamiento y operatividad de los servidores. sus respectivos componentes como son: ventiladores, reguladores de tensión, etc.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.79:** Parte interna del tablero del generador (TB1).

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.

### 6.10.2) Tablero de servicios auxiliares AC/DC (TB2) (GUAL-TB10.2)

**Tabla 6.105:** Detalle de las actividades del tablero de servicios auxiliares.

**Fuente:** Realizado por: Autores.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los cables y equipos que conforman el tablero de servicios auxiliares
2	Realizar una inspección visual del estado de los cables y equipos que conforman el tablero AC/DC
3	Realizar mediciones de tensión AC/DC
4	Realizar el ajuste y apriete de los cables y equipos que conforman el tablero
5	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico de servicios auxiliares
6	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos.
7	Comprobar el funcionamiento de los servidores, y la lógica de su software

#### 6.10.2.1) Procedimiento

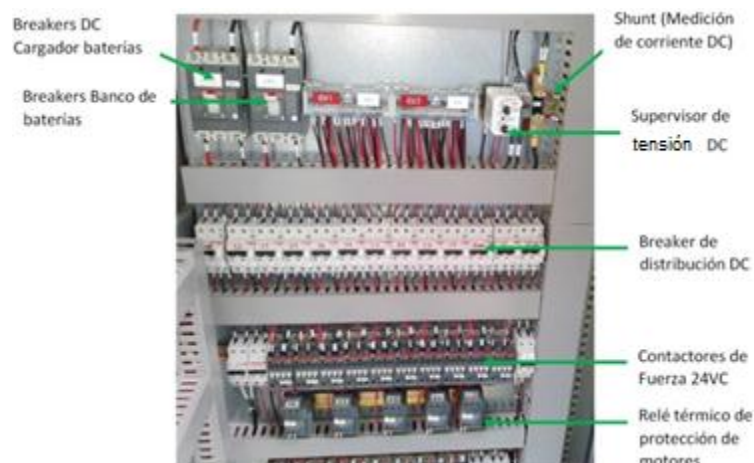
- ✓ Realizar la inspección y el mantenimiento, contando con la luz natural, llevar una linterna.
- ✓ Limpiar con una franela y una aspiradora con puntas plásticas las impurezas y polvo que se acumula en los cables e equipos que conforman el tablero de servicios auxiliares.
- ✓ Realizar mediciones de tensión y continuidad AC/DC, 120V/12VDC utilizando el multímetro.
- ✓ Proceder con el ajuste correspondiente de las borneras de conexión de los equipos que conforma el tablero AC.

- ✓ Se procede con el ajuste correspondiente de los bornes de los regleteros y equipos que conforma el tablero DC.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas.
- ✓ Inyectar señales de tensión a las borneras de control del tablero para verificar la operación de los enclavamientos de los equipos de fuerza.
- ✓ Comprobar el estado de funcionamiento y operatividad de los servidores y sus respectivos componentes tales como son: ventiladores, reguladores de tensión, etc.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.80:** Parte interna del tablero auxiliar AC.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.).



**Figura 6.81:** Parte interna del tablero auxiliar DC.

**Fuente:** Manual, DOSSIER - GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.

### 6.10.3) Tablero breaker principal (TB4) (GUAL-TB10.3)

**Tabla 6.106:** Detalle de las actividades del tablero breaker principal.

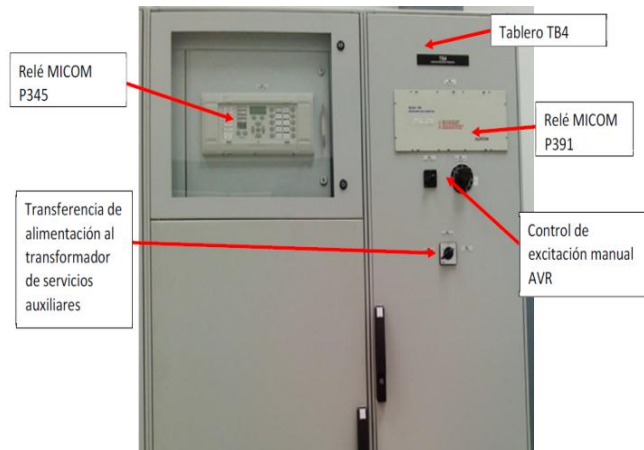
*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los cables y equipos que conforman el tablero del breaker principal
2	Realizar una inspección visual del estado de los cables y equipos que conforman el tablero del breaker principal
3	Realizar mediciones de tensión AC/DC
4	Realizar el ajuste y apriete de los cables y equipos que conforman el tablero
5	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico del breaker principal
6	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos
7	Comprobar el funcionamiento de los servidores y la lógica de su software

#### 6.10.3.1) Procedimiento

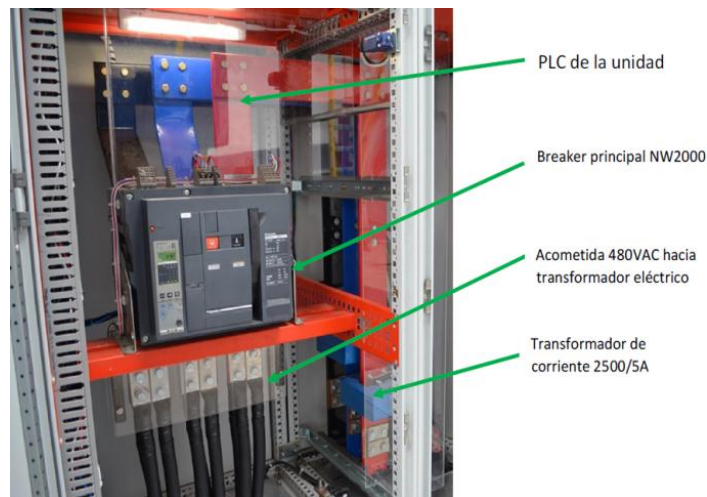
- ✓ Realizar la inspección y el mantenimiento, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Mediante la llave se abre la puerta del tablero de breaker principal, de esta manera se puede acceder a la parte interna del tablero.
- ✓ Limpiar con una franela y una aspiradora con puntas plásticas las impurezas y polvo que se acumula en los cables y equipos que conforman el tablero del breaker principal, evitando que se desconecte algún cable.
- ✓ Realizar mediciones de tensión y continuidad AC/DC, 120V/12VDC utilizando el multímetro.
- ✓ Proceder con el ajuste correspondiente de las borneras de conexión de los equipos que conforma el breaker principal.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas.
- ✓ Inyectar señales de tensión a las borneras de control del tablero para verificar la operación de los enclavamientos y de los equipos de fuerza.
- ✓ Comprobar el estado de funcionamiento y operatividad de los servidores y sus respectivos componentes como son: ventiladores, reguladores de tensión, etc.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.





**Figura 6.82:** Tablero de breaker principal.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tableros de control, edición 2014.



**Figura 6.83:** Parte interna del tableros de breaker principal.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 11. Tablero de control, edición 2014.

#### 6.10.4) Tablero puesta a tierra (TPT) (GUAL-TB10.4)

**Tabla 6.107:** Detalle de las actividades del tablero de puesta a tierra.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los elementos que conforman el tablero de puesta a tierra
2	Inspeccionar visualmente el estado del tablero de puesta tierra
3	Realizar el ajuste y apriete de las borneras de conexión de los cables que conforman el tablero
4	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico de puesta a tierra
5	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos



#### 6.10.4.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la inspección y el mantenimiento, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Limpiar con una franela las impurezas y polvo que se acumula en los cables y conexiones que conforman el tablero de puesta a tierra.
- ✓ Se procede con el ajuste y apriete correspondiente de los bornes de los cables que conforma el tablero.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas.
- ✓ Inyectar señales de tensión a las borneras de control del tablero para verificar la operación de los enclavamientos y de los equipos de fuerza.
- ✓ Realizar un registro fotográfico o esquema y elaborar un informe de las actividades ejecutadas.



**Figura 6.84:** Tablero de puesta tierra.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 8, Tablero de puesta a tierra, edición 2014.

### 6.10.5) Materiales y equipos

En la Tabla 6.108, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de los tableros de control.

**Tabla 6.108:** Materiales y equipos para inspecciones, mantenimiento de los tableros de control.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-TB10.1	GUAL-TB10.2	GUAL-TB10.3	GUAL-TB10.4
1	<b>Material Oficina</b>	Cámara fotográfica	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X
3	<b>Material de Construcción</b>	Franela, guaípe	X	X	X	X
4		Pintura				
5		Cables de conexión	X	X	X	x
6		Grasa				
7	<b>Herramientas y Equipos</b>	Torquímetro				
8		Herramientas electricista	X	X	X	X
9		Solventes y resina epóxica				
10		Juego de llaves	X	X	X	X
11		Multímetro	X	X	X	X
12		Brochas suaves	X	X	X	X
13		Aspiradora industrial puntas plásticas	X	X	X	X
14		Compresor de aire	X	X	X	X

**6.10.6) Cronograma de actividades y personal**

En la siguiente Tabla 6.109, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de los tableros de control.

**Tabla 6.109:** Personal encargado del mantenimiento de los tableros de control.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Noviembre				Observaciones	
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
GUAL-TB10.1	Limpiar los cables y equipos que conforman el tablero	DCG		A								Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-GN05 GUAL-TN06 GUAL-GC07
	Inspeccionar visualmente si existen daños en los cables y equipos que conforma el tablero	DCG		A								
	Inspeccionar visualmente el estado actual del HMI	DCG		A								
	Realizar mediciones de tensión AC/DC	DCG		A								
	Realizar el ajuste y apriete de los cables y equipos que conforman el tablero	DCG		A								
	Comprobar la señal del HMI con el sistema SCADA.	DCG		A								
	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico del generador	DCG		A								
	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos.	DCG		A								
	Comprobar el funcionamiento de los servidores, y la lógica de su software	DCG		A								
GUAL-TB10.2	Limpiar los cables y equipos que conforman el tablero de servicios auxiliares	DCG		A								
	Realizar una inspección visual del estado de los cables y equipos que conforman el tablero AC/DC	DCG		A								
	Realizar mediciones de tensión AC/DC	DCG		A								
	Realizar el ajuste y apriete de los cables y equipos que conforman el tablero	DCG		A								
	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico de servicios auxiliare	DCG		A								
	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos.	DCG		A								
GUAL-TB10.3	Comprobar el funcionamiento de los servidores, y la lógica de su software	DCG		A								
	Limpiar los cables y equipos que conforman el tablero del breaker principal	DCG		A								
	Realizar una inspección visual del estado de los cables y equipos que conforman el tablero del breaker principal	DCG		A								
	Realizar mediciones de tensión AC/DC	DCG		A								
	Realizar el ajuste y apriete de los cables y equipos que conforman el tablero	DCG		A								
	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico del breaker principal	DCG		A								
	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos	DCG		A								
GUAL-TB10.4	Comprobar el funcionamiento de los servidores, y la lógica de su software	DCG		A								
	Limpiar los elementos que conforman el tablero de puesta a tierra	DCG		A								
	Inspeccionar visualmente el estado del tablero de puesta tierra	DCG		A								
	Realizar el ajuste y apriete de las bornas de conexión de los cables que conforman el tablero	DCG		A								
	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero metálico de puesta a tierra	DCG		A								
	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos	DCG		A								

## 6.11) Plan de mantenimiento del tablero y celda de media tensión

### Código:

GUAL-CT11.

### Elemento:

Sistema eléctrico: Tablero y celda de media tensión (MT).

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo de las celdas de media tensión (Schneider Electric), de la unidad de generación de la central.

Partes del tablero y celda de media tensión.

**Tabla 6.110:** Detalle de las partes de las celdas de MT.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.11.1	Gabinete de la celda de MT	GUAL-CT11.1
6.11.2	Equipamiento de control y protección	GUAL-CT11.2
	Relé de protección MICOM P142 (-FA1)	
	Puesta a tierra de las celdas de MT	
6.11.3	Transformadores de medición	GUAL-CT11.3
	TC's	
	TP's	
6.11.4	Disyuntor automático (-QA6)	GUAL-CT11.4
6.11.5	Medidor ION 8600, 2 elementos	GUAL-CT11.5

Para realizar el mantenimiento se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Abrir el interruptor automático.
- ✓ Cortar la alimentación de los circuitos auxiliares y el circuito principal.

### 6.11.1) Gabinete de las celdas de media tensión (GUAL-CT11.1)

**Tabla 6.111:** Detalle de las actividades del gabinete de las celdas de MT.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el gabinete de MT
2	Inspeccionar visualmente el estado del gabinete de MT
3	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero o gabinete metálico de las celdas de media tensión

### 6.11.1.1) Procedimiento

- ✓ Desenergizar ambos extremos tanto del el alimentador número 1523 como la conexión del tablero del gabinete de la celda de media tensión.
- ✓ Limpiar con una franela la parte externa e interna del gabinete de la celda de media tensión, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna.
- ✓ Inspeccionar el gabinete de la celda de media tensión no tenga abolladuras, rallones y que el estado de la pintura se encuentre en óptimas condiciones.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas.
- ✓ Elaborar un informe de las actividades ejecutadas.



**Figura 6.85:** Gabinete de las celdas de media tensión.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 12. Celdas de comunicación, edición 2014.

### 6.11.2) Equipamiento de control y protección (GUAL-CT11.2)

**Tabla 6.112:** Detalle de las actividades del equipamiento de control y protección.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el relé de protección MICOM P142
2	Limpiar la conexión de puesta la tierra de la celda de MT
3	Inspeccionar visualmente el estado del relé de protección y puesta a tierra
4	Realizar el ajuste correspondiente de la puesta a tierra de la celda de MT
5	Revisar la calibración correspondiente del relé de protección de la celda de MT
6	Realizar el seteo y comprobación en el sistema SCADA del relé de protección

### 6.11.2.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela y con una aspiradora con puntas plásticas el relé, evitando de que se desconecte algún cable. Realizar el mantenimiento del Relé y puesta a tierra, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Verificar el equipo, debe ser seteado mediante las teclas de operación para visualizar que las lecturas estén correctas.
- ✓ Medir con un multímetro y comprobar que la señal sea la correcta en el relé MICOM P142 de protección.
- ✓ Comprobar que la puesta a tierra del neutro de las celdas de media tensión esté correctamente conectado y verificar si la soldadura entre varilla y el conductor de cobre se encuentran en perfectas condiciones.
- ✓ Elaborar un informe de las actividades ejecutadas.



Figura 6.86: Relé MICOM P142.

*Fuente: Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 12. Celdas de comunicación, edición 2014.*

### 6.11.3) Transformadores TC`s y TP`s (GUAL-CT11.3)

**Tabla 6.113:** Detalle de las actividades de los transformadores de medición.

*Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.*

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los transformadores TC`s y TP`s
2	Inspeccionar visualmente el estado de los transformadores
3	Realizar medición, calibración a los transformadores

### 6.11.3.1) Procedimiento

- ✓ Realizar el mantenimiento de los transformadores, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Limpiar con una franela cada transformador que conforma la celda de media tensión.
- ✓ Comprobar que la relación de transformación en los transformadores TC's y TP's se mantengan dentro del rango de (40/5A) y (22000/110V) utilizando los respectivos equipos de medición.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.11.4) Disyuntor automático (GUAL-CT11.4)

**Tabla 6.114:** Detalle de las actividades del disyuntor automático.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el disyuntor automático
2	Inspeccionar visualmente el estado que se encuentra el disyuntor
3	Realizar el ajuste, apriete correspondiente del disyuntor
4	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos

#### 6.11.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela y con una aspiradora con puntas plásticas el disyuntor automático, contando con la luz natural diurna, y llevar una linterna.
- ✓ Inspeccionar visualmente que no exista desgaste, corrosión, fisuras y daños en los contactos del disyuntor.
- ✓ Para el respectivo mantenimiento, extraer el disyuntor de la bandeja de apoyo deslizante y realizar el apriete necesario de los pernos de la bornera de conexión del disyuntor.
- ✓ Inyectar señales de tensión a las borneras de control del tablero para verificar la operación de los enclavamientos y de los equipos de fuerza.
- ✓ Elaborar un informe de las actividades ejecutadas.



### 6.11.5) Medidor ION 8600, 2 elementos (GUAL-CT11.5)

Tabla 6.115: Detalle de las actividades del medidor ION 8600.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los medidores de energía
2	Inspeccionar visualmente el estado de los medidores de energía
3	Comprobar su respectiva conexión y medición

#### 6.11.5.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela los medidores de energía que se encuentran en el gabinete, contando con la luz natural diurna.
- ✓ Realizar mediciones de tensión (110V/220V en AC), y continuidad en los medidores de energía utilizando el multímetro.
- ✓ Verificar que el equipo esté seteado mediante las teclas de operación para visualizar las lecturas.
- ✓ Realizar un registro fotográfico o esquema. Elaborar un informe de las actividades ejecutadas.



Figura 6.87: Medidor ION 8600.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 12. Celdas de comunicación, edición 2014.

**6.11.6) Materiales y equipos**

En la Tabla 6.116, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de las celdas de media tensión.

**Tabla 6.116:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento de las celdas de MT.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-TC11.1	GUAL-TC11.2	GUAL-TC11.3	GUAL-TC11.4	GUAL-TC11.5
1	<b>Material Oficina</b>	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X
3	<b>Material de Construcción</b>	Franela, guaipe	X	X	X	X	X
4		Pintura					
5		Cables de conexión					
6		Grasa					
7	<b>Herramientas y Equipos</b>	Torquímetro	X			X	
8		Herramientas electricista	X	X	X	X	X
9		Solventes y resina epóxica					
10		Juego de llaves	X	X			
11		Multímetro		X	X	X	X
12		Brochas suaves	X	X	X	X	
13		Aspiradora industrial puntas plásticas	X	X	X	X	X
14		Compresor de aire	X	X	X	X	

**6.11.7) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.117, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de las celdas de media tensión.

**Tabla 6.117:** Personal encargado del mantenimiento de las celdas de MT.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Junio				Noviembre				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-CT11.1	Limpiar el gabinete de MT	DIPRO		A							Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-TF08
	Inspeccionar visualmente el estado del gabinete de MT	DIPRO		A							
	Revisar la conexión de puesta a tierra en el tablero o gabinete metálico de las celdas de media tensión	DIPRO		A							
GUAL-CT11.2	Limpiar el relé de protección MICOM P142	DCG		A							
	Limpiar la conexión de puesta la tierra de la celda de MT	DIPRO		A							
	Inspeccionar visualmente el estado del relé de protección y puesta a tierra	DCG		A							
	Realizar el ajuste correspondiente de la puesta a tierra de la celda de MT	DIPRO		A							
	Revisar la calibración correspondiente del relé de protección de la celda de MT	DIPRO		A							
GUAL-CT11.3	Realizar el seteo y comprobación en el sistema SCADA del relé de protección	DCG		A							
	Limpiar los transformadores TC's y TP's	DCG		A							
	Inspeccionar visualmente el estado de los transformadores	DIPRO		A							
GUAL-CT11.4	Realizar medición, calibración a los transformadores	DCG		A							
	Limpiar el disyuntor automático	DIPRO		A							
	Inspeccionar visualmente el estado que se encuentra el disyuntor	DIPRO		A							
	Realizar el ajuste, apriete correspondiente del disyuntor	DCG		A							
GUAL-CT11.5	Realizar pruebas de operación de los enclavamientos	DIPRO		A							
	Limpiar los medidores de energía	DIPRO		A							
	Inspeccionar visualmente el estado de los medidores de energía	DIPRO		A							
	Comprobar su respectiva conexión y medición	DCG		A							

## 6.12) Plan de mantenimiento de las vías

### Código:

GUAL-VA12.

### Elemento:

Obra civil: Vías y accesos.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general de las vías, accesos a la casa de máquinas, tanque de carga, acueducto y la captación para mejorar el ingreso a los lugares mencionados con mayor facilidad en menor tiempo.

Vías de acceso a la “Mini – Central Gualaceo”.

**Tabla 6.118:** Vías de acceso a la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.12.1	Acceso a la casa de máquinas	GUAL-VA12.1
6.12.2	Acceso al tanque de carga	GUAL-VA12.2
6.12.3	Acceso al acueducto	GUAL-VA12.3
6.12.4	Acceso a captación	GUAL-VA12.4

### 6.12.1) Acceso a la casa de máquinas (GUAL-VA12.1)

**Tabla 6.119:** Detalle de las actividades de la vía de acceso a la casa de máquinas.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos
2	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso
3	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos

#### 6.12.1.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza y recolección de basura con el equipo caminero, en caso de deslizamiento de terreno retirar materiales ajenos para el fácil y rápido acceso.

- ✓ Inspeccionar visualmente las cunetas y bordillos, así como el desbordamiento de vertientes de agua y agrietamientos de la vía o las obras de arte.
- ✓ Colocar señales de tránsito, de prevención de riesgos como señalización de distancias para mayor seguridad y ubicación de las zonas.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.88:** Vía de acceso a la casa de máquinas de la mini central.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT. Casa de máquinas, edición 2014.

### 6.12.2) Acceso al tanque de carga (GUAL-VA12.2)

**Tabla 6.120:** Detalle de las actividades de la vía de acceso al tanque de carga.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos
2	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso
3	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos

#### 6.12.2.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza y recolección de basura con equipo caminero, en caso de deslizamiento de terreno, retirar materiales ajenos para el fácil y rápido acceso.
- ✓ Inspeccionar visualmente las cunetas y bordillos, así como el desbordamiento de vertientes de agua y agrietamientos de la vía o las obras de arte.
- ✓ Colocar señales de tránsito, de prevención de riesgos como señalización de distancias para mayor seguridad y ubicación de las zonas.

- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.89:** Vía de acceso al tanque de carga de la mini central.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3.Tanque de carga. Pg. 1, edición 2014.

### 6.12.3) Acceso al acueducto (GUAL-VA12.3)

**Tabla 6.121:** Detalle de las actividades de la vía de acceso al acueducto.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos
2	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso
3	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos

#### 6.12.3.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza y recolección de basura, en caso de deslizamiento de terreno, retirar materiales ajenos para el fácil y rápido acceso.
- ✓ Inspeccionar visualmente las cunetas y bordillos, así como el desbordamiento de vertientes de agua y agrietamientos de la vía o las obras de arte.
- ✓ Colocar señales de tránsito, de prevención de riesgos como señalización de distancias para mayor seguridad.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.90:** Vía de acceso al tanque de carga de la mini central.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 3.Acueducto. Pg. 1, edición 2014.



#### 6.12.4) Acceso a captación (GUAL-VA12.4)

**Tabla 6.122:** Detalle de las actividades de la vía de acceso a captación.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos
2	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso
3	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos

##### 6.12.4.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza y recolección de basura con el equipo caminero, en caso de deslizamiento de terreno, retirar materiales ajenos para el fácil y rápido acceso.
- ✓ Inspeccionar visualmente las cunetas y bordillos, así como el desbordamiento de vertientes de agua y agrietamientos de la vía o las obras de arte.
- ✓ Colocar señales de tránsito, de prevención de riesgos como señalización de distancias para mayor seguridad.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.91:** Vía de acceso a la captación de la mini central.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 6.Captacion Pg. 4, edición 2014.

##### 6.12.4.2) Recomendaciones.

**Nota:** Lo más recomendable sería colocar asfalto o pavimento en las vías de acceso para una mejor eficiencia, comodidad al momento de ingresar, para una actuación inmediata en caso de emergencias.

**Figura 6.92:** Recomendaciones para las vías.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.



### 6.12.5) Materiales y equipos

En la Tabla 6.123, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del puente grúa.

**Tabla 6.123:** Materiales y equipos para inspecciones y mantenimiento de las vías de acceso.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-VA12.1	GUAL-VA12.2	GUAL-VA12.3	GUAL-VA12.4
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Fundas plásticas grandes	X	X	X	X
4		Guantes	X	X	X	X
5		Protección respiratoria	X	X	X	X
6		Agua				
7	Herramientas y Equipos	Escobas	X	X	X	X
8		Recogedor	X	X	X	X
9		Palas	X	X	X	X
10		Picos	X	X	X	X
11		Machete	X	X	X	X

### 6.12.6) Cronograma de actividades y personal

En la siguiente Tabla 6.124, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de las vías de acceso de la mini central.

**Tabla 6.124:** Personal encargado del mantenimiento de las vías de acceso a la mini central.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Mayo				Noviembre				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-VA12.1	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos	DIPRO			S				S		Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-CM13
	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos	DIPRO			S			S			
GUAL-VA12.2	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos	DIPRO			S			S			
GUAL-VA12.3	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos	DIPRO			S			S			
GUAL-VA12.4	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de la vía de ingreso	DIPRO			S			S			
	Inspeccionar visualmente el estado de las cunetas o canales, bordillos de los accesos	DIPRO			S			S			



### 6.13) Plan de mantenimiento de la casa de máquinas

**Código:**

GUAL-CM13.

**Elemento:**

Obra civil: Estructura de la casa de máquinas.

**Objetivo:**

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general de la estructura de la casa de máquinas conservando la superestructura e infraestructura en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

Partes de la casa de máquinas de la “Mini – Central Gualaceo”.

**Tabla 6.125:** Partes que conforma la casa de máquinas.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.13.1	Infraestructuras y áreas de actividades	GUAL-CM13.1
	Área de la unidad de generación	
	Área de los tableros de control	
	Área de tablero y celda de MT	
	Área de subestación	
	Área del gobernador de carga	
	Área alojamiento del guardia	
	Áreas y espacios verdes	
	Área de estacionamiento	
6.13.2	Cubierta de policarbonato	GUAL-CM13.2
6.13.3	Muro de contención	GUAL-CM13.3
6.13.4	Cerramiento con malla galvanizada	GUAL-CM13.4
6.13.5	Veredas	GUAL-CM13.5
6.13.6	Puerta corrediza	GUAL-CM13.6
6.13.7	Pasamanos con tubo de 2”	GUAL-CM13.7
6.13.8	Desfogue de agua	GUAL-CM13.8

### 6.13.1) Infraestructura y áreas de actividades (GUAL-CM13.1)

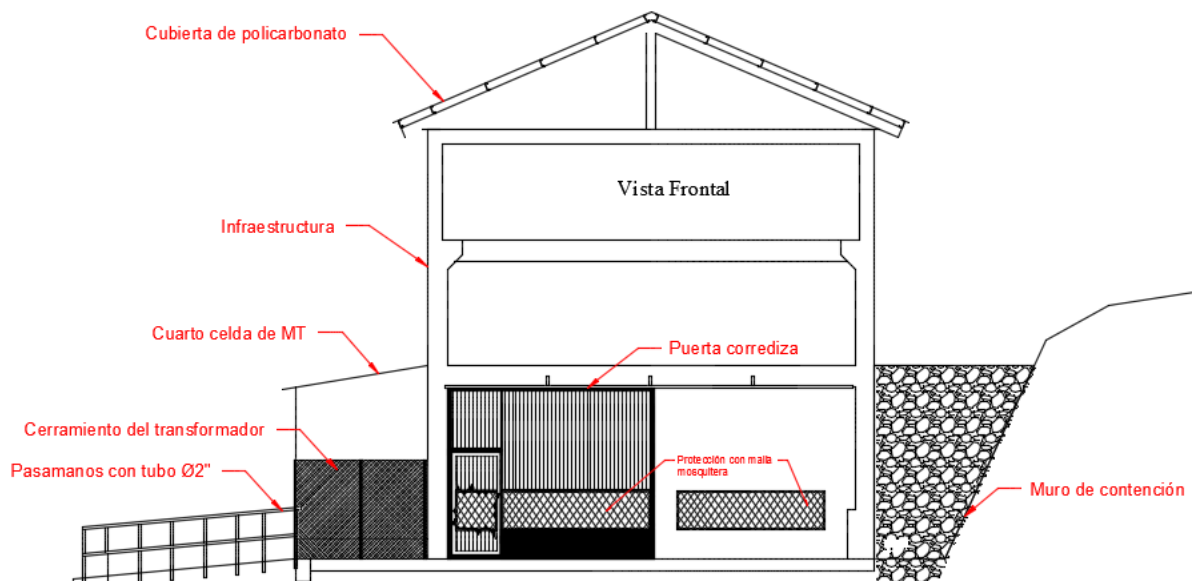
Tabla 6.126: Detalle de las actividades de la infraestructura de la casa de máquinas.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar las áreas de trabajo
2	Inspeccionar visualmente el estado de las infraestructuras y superestructura
3	Pintar las infraestructuras y áreas de trabajo

#### 6.13.1.1) Procedimiento

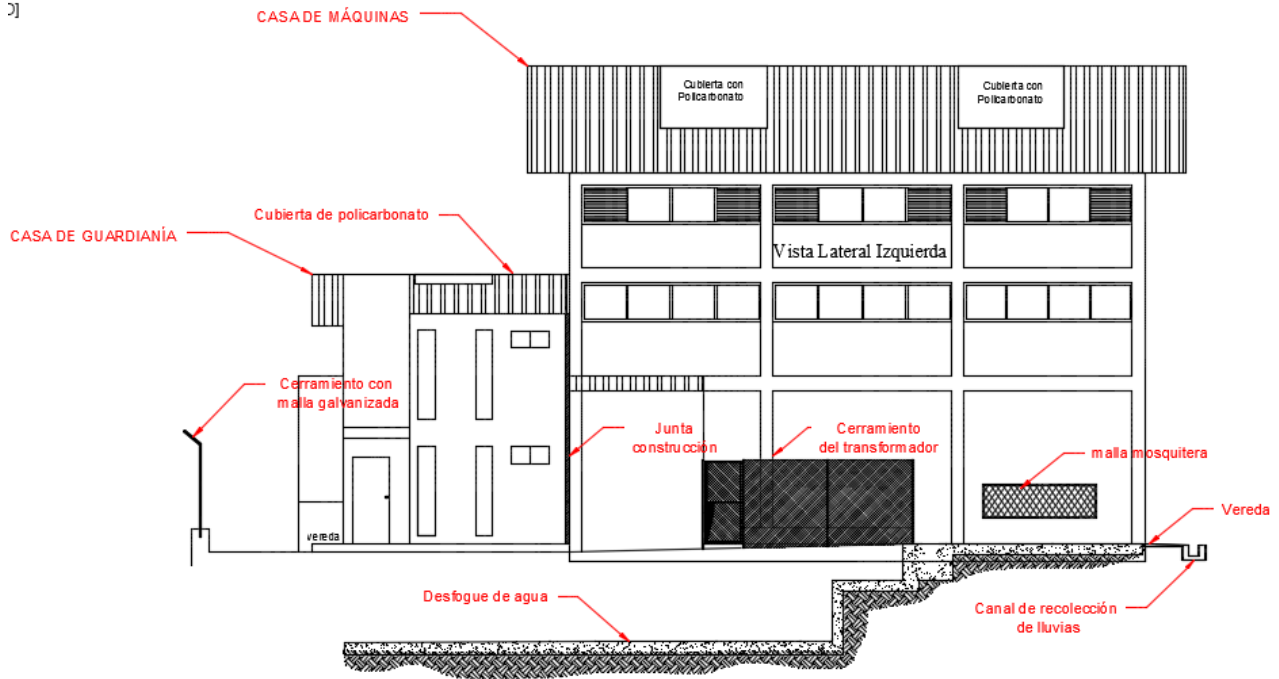
- ✓ Realizar la limpieza y recolección de basura de las áreas de trabajo, descanso, alojamiento del guardia, cocina, comedor y baños de la casa de guardianía.
- ✓ Inspeccionar visualmente las infraestructuras, columnas, vigas, ventanas y puertas de las diferentes áreas de actividades que conforman la casa de máquinas, que no exista fisuras, grietas, pintura, humedad, corrosión, etc.
- ✓ En caso de daños de la superestructura notificar de manera inmediata al grupo de mantenimiento de obras civiles (DICMA) para que proceda con la reparación y restauración de las partes afectadas.
- ✓ En caso que existan desgastes de pintura, manchas o daños por humedad, realizar la limpieza y pintado de las áreas afectadas.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



Esquema 6.93: Detalle de las partes de la casa de máquinas.

Fuente: Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT. Casa de máquinas, edición 2014.

2]



**Esquema 6.94:** Detalle de las partes de la casa de máquinas.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección AS BUILT. Casa de máquinas, edición 2014.

### 6.13.2) Cubierta de policarbonato (GUAL-CM13.2)

**Tabla 6.127:** Detalle de las actividades de la cubierta de policarbonato.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la cubierta de policarbonato
2	Inspeccionar visualmente el estado de la cubierta de policarbonato
3	Inspeccionar visualmente el estado de las vigas de la cubierta
4	Realizar la soldadura de la viga

#### 6.13.2.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza y recolección de basura, depositadas en la cubierta de policarbonato de la casa de máquinas.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado de las vigas de soporte de la cubierta de policarbonato, revisar si existe la presencia de manchas producidas por los rayos ultra violeta, fisuras, desgastes, filtraciones de agua, humedad, o cualquier tipo de daño.
- ✓ En caso de roturas de las juntas o soldas en las vigas de soporte y sujeción de la cubierta de policarbonato, proceder con la respectiva soldadura y pintado.

- ✓ En caso de roturas o manchas considerables producidas por radiación ultra violeta en la cubierta, proceder con el respectivo cambio.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.3) Muro de contención. (GUAL-CM13.3)

**Tabla 6.128:** Detalle de las actividades de los muros de contención.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar materiales ajenos acumulados en el muro
2	Inspeccionar visualmente el estado del muro
3	Realizar la reparación del muro de contención

#### 6.13.3.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza de materiales ajenos acumulados en el muro de contención.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado que se encuentra la infraestructura del muro de contención como son: fisuras, rupturas, filtraciones, crecimiento de vegetación y deslizamiento de terreno.
- ✓ En caso de presentar daños en la superestructura, notificar de manera inmediata al grupo de mantenimiento de obras civiles y medio ambiente (DICMA) para que proceda con la reparación de los daños.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.4) Cerramiento con malla galvanizada (GUAL-CM13.4)

**Tabla 6.129:** Detalle de las actividades de la malla galvanizada.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez..

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de las mallas
2	Realizar soldaduras en partes que presenten daños

#### 6.13.4.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual y verificación de la malla de seguridad para saber el estado actual para evitar que exista daños, roturas, desgastes y corrosión.
- ✓ Revisar que no exista rupturas en la malla para que facilite el acceso a personas particulares.

- ✓ En caso que exista daños o cortes de la malla, proceder a soldar.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.5) Veredas (GUAL-CM13.5)

**Tabla 6.130:** Detalle de las actividades de las veredas.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Realizar una limpieza y recolección de basuras
2	Inspeccionar visualmente el estado de las veredas
3	Realizar el mantenimiento de las veredas

#### 6.13.5.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza de materiales ajenos acumulados en las veredas.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado en que se encuentra la infraestructura de las veredas como son: fisuras, rupturas, humedad y crecimiento de vegetación.
- ✓ En caso de presentar daños la infraestructura notificar de manera inmediata al grupo de mantenimiento de obras civiles y medio ambiente (DICMA) para que proceda con la reparación.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.6) Puertas (GUAL-CM13.6)

**Tabla 6.131:** Detalle de las actividades de la puerta corrediza.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la puerta corrediza
2	Inspeccionar visualmente el estado de la puerta
3	Realizar el engrasado, pintado, soldadura de la puerta corrediza

#### 6.13.6.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual del estado de la puerta corrediza, y puertas en el interior de la casa de máquinas como son: daños de las chapas, desgastes de pintura, corrosión de las bisagras o rieles, revisar que no exista forzado o mal uso de las puertas, contando con la luz natural diurna.
- ✓ En caso de presentar roturas, proceder con la respectiva soldadura.

- ✓ En caso de desgastes de pintura o manchas, realizar un pintado de las áreas afectadas.
- ✓ Se procede con el engrasado de las partes móviles de la puerta corrediza y los rieles que lo conforma.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.7) Pasamanos con tubo de 2” (GUAL-CM13.7)

**Tabla 6.132:** Detalle de las actividades de los pasamanos.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Inspeccionar visualmente el estado de los pasamanos
2	Realizar la respectiva soldadura
3	Realizar el respectivo pintado

#### 6.13.7.1) Procedimiento

- ✓ Realizar una inspección visual del estado de los pasamanos como son: fisuras en la soldadura, rupturas, contando con la luz natural diurna.
- ✓ En caso de rupturas en los pasamanos, proceder con su respectiva soldadura y restauración de la zona afectada.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.8) Desfogue de agua (GUAL-CM13.8)

**Tabla 6.133:** Detalle de las actividades del desfogue de agua.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos
2	Inspeccionar visualmente el estado del desfogue de agua
3	Realizar el mantenimiento del desfogue de agua.

#### 6.13.8.1) Procedimiento

- ✓ Realizar la limpieza de materiales ajenos acumulados en el desfogue de agua de la casa de máquinas.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado en que se encuentra la infraestructura del desfogue de agua como son: fisuras, rupturas, filtraciones de agua, crecimiento y acumulación de vegetación.



- ✓ En caso de presentar daños la infraestructura, notificar de manera inmediata al grupo de mantenimiento de obras civiles (DICMA) para que proceda con la reparación.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.13.9) Materiales y equipos

En la Tabla 6.134, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de la casa de máquinas.

**Tabla 6.134:** Materiales y equipos para el mantenimiento de la casa de máquinas.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-CM13.1	GUAL-CM13.2	GUAL-CM13.3	GUAL-CM13.4	GUAL-CM13.5	GUAL-CM13.6	GUAL-CM13.7	GUAL-CM13.8
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Franela, guaipe	X	X		X		X	X	
4		Arena	X		X		X			X
5		Ripio	X		X		X			X
6		Graba	X		X		X			X
7		Piedra	X		X		X			X
8		Agua	X		X		X			X
9		Pintura	X	X		X		X	X	
10		Cemento	X		X		X			X
11		Herramientas y Equipos	Pala, pico, machete	X		X		X		
12	Badilejo, nivel		X		X		X			X
13	Combo, cincel		X		X		X			X
14	Carretilla		X		X		X			X
15	Juego de llaves ajustables			X		X		X	X	
16	Micrómetro									
17	Soldadora, electrodos			X		X		X	X	
18	Arnés de seguridad			X						
19	Grasa							X		

**6.13.10) Cronograma de actividades y personal**

En la siguiente Tabla 6.135, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de la casa de máquinas.

**Tabla 6.135:** Personal encargado del mantenimiento de la casa de máquinas.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Mayo				Noviembre				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-CM13.1	Limpiar la infraestructura y áreas de trabajo	DIPRO			S				S		Realizar las tareas conjuntamente con: GUAL-VA12
	Inspeccionar visualmente el estado de las infraestructuras	DIPRO			S				S		
	Pintar las infraestructuras y áreas de trabajo	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.2	Limpiar la cubierta de policarbonato	DIPRO			S				S		
	Inspeccionar visualmente el estado de la cubierta de policarbonato	DIPRO			S				S		
	Inspeccionar visualmente el estado de las vigas de la cubierta	DIPRO			S				S		
	Realizar la soldadura de la viga	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.3	Limpiar materiales ajenos acumulados en el muro	DIPRO			S				S		
	Inspeccionar visualmente el estado del muro	DIPRO			S				S		
	Realizar la reparación del muro de contención	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.4	Inspeccionar visualmente el estado de las mallas	DIPRO			S				S		
	Realizar soldaduras en partes que presenten daños	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.5	Realizar una limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos	DIPRO			S				S		
	Inspeccionar visualmente el estado de las veredas	DIPRO			S				S		
	Realizar el mantenimiento de las veredas	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.6	Limpiar la puerta corrediza	DIPRO			S				S		
	Inspeccionar visualmente el estado de la puerta	DIPRO			S				S		
	Realizar el engrasado, pintado, soldadura de la puerta corrediza	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.7	Inspeccionar visualmente el estado de los pasamanos	DIPRO			S				S		
	Realizar la respectiva soldadura	DIPRO			S				S		
	Realizar el respectivo pintado	DIPRO			S				S		
GUAL-CM13.8	Limpieza y recolección de basuras y materiales ajenos	DIPRO			S				S		
	Inspeccionar visualmente el estado del desfogue de agua	DIPRO			S				S		
	Realizar el mantenimiento del desfogue de agua.	DIPRO			S				S		

### 6.14) Plan de mantenimiento del sistema de servicios auxiliares

**Código:**

GUAL-SX14.

**Elemento:**

Sistema eléctrico: Sistema de servicios auxiliares.

**Objetivo:**

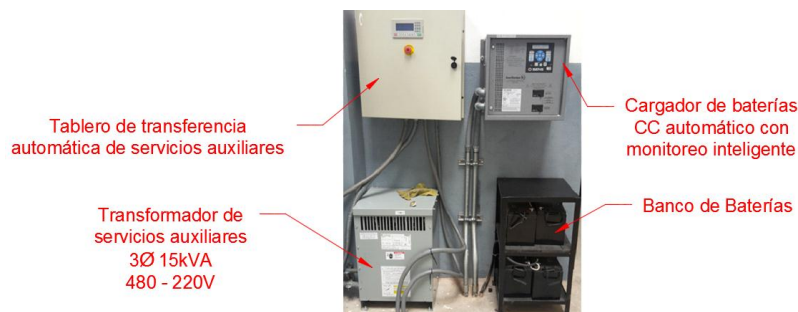
Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general de los servicios auxiliares de la Mini – Central, conservando el sistema en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

#### Partes del sistema de servicios auxiliares de la mini central:

**Tabla 6.136:** Partes que conforman el sistema de servicios auxiliares.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.14.1	Cargador de baterías	GUAL-SX14.1
6.14.2	Banco de baterías	GUAL-SX14.2
6.14.3	Tablero de transferencia automática de SA	GUAL-SX14.3
6.14.4	Transformador de servicios auxiliares	GUAL-SX14.4
6.14.5	Circuitos de iluminación de emergencia	GUAL-SX14.5
6.14.6	Circuitos de iluminación normal	GUAL-SX14.6
6.14.7	Circuitos de fuerza	GUAL-SX14.7
6.14.8	Sistema de video vigilancia	GUAL-SX14.8



**Figura 6.95:** Partes del sistema de servicios auxiliares.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 9. Servicios auxiliares, cargador de baterías, edición 2014.

### 6.14.1) Cargador y banco de baterías de la casa de máquinas (GUAL-SX14.1)

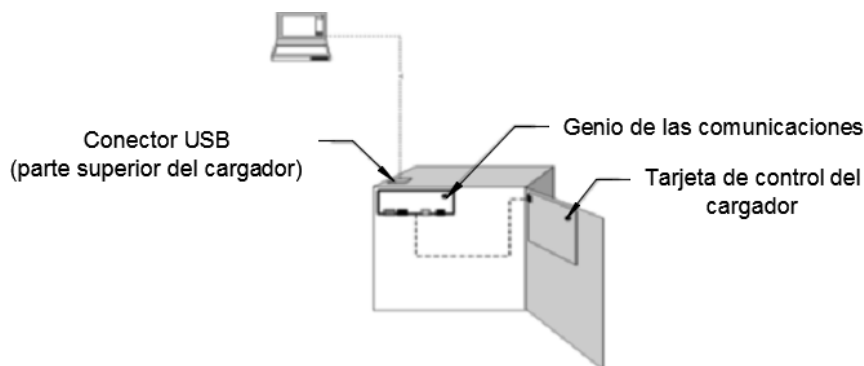
**Tabla 6.137:** Detalle de las actividades del cargador de baterías.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el cargador y el banco de baterías
2	Realizar mediciones del cargador y banco de baterías
3	Inspeccionar visualmente el estado de los equipos del cargador de baterías

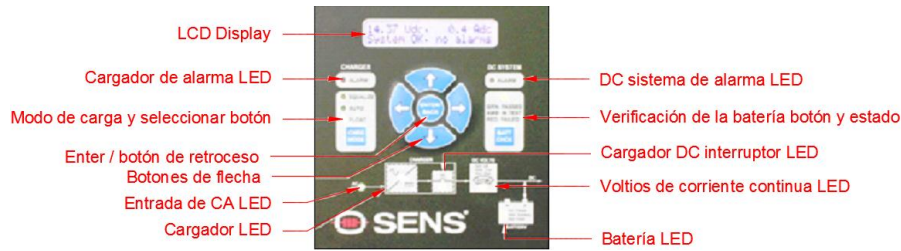
#### 6.14.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el cargador y el banco de baterías contando con la luz natural.
- ✓ Realizar mediciones de tensión/corriente, el cargador debe mantenerse en el nivel de carga nominal con los valores de corriente (5A en AC, 25A en DC) y de tensión (240V en AC, 48V en DC) mientras que la batería con capacidad de 220 Ah con valores de tensión de (24V en DC).
- ✓ Verificar tanto el cargador como las 4 baterías deben mantenerse a una temperatura ambiente entre los 5 y 25 grados centígrados, el área seca libre de humedad.
- ✓ Para obtener el estado del cargador de baterías este se conecta mediante el cable de interfaz USB 2.0 a una PC en la cual se baja los parámetros del cargador como se observa en la Figura 6.95.
- ✓ Probar continuidad de los cables de conexión del cargador de baterías del tanque de carga para el correcto funcionamiento.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Ilustración 6.96:** Detalle del cargador de baterías conectado a una PC.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 9. Servicios auxiliares, edición 2014.



**Figura 6.97:** Partes de la pantalla del cargador de baterías.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 9. Servicios auxiliares, cargador de baterías edición 2014.

### 6.14.2) Tablero de transferencia automática de S.V. (GUAL-SX14.3)

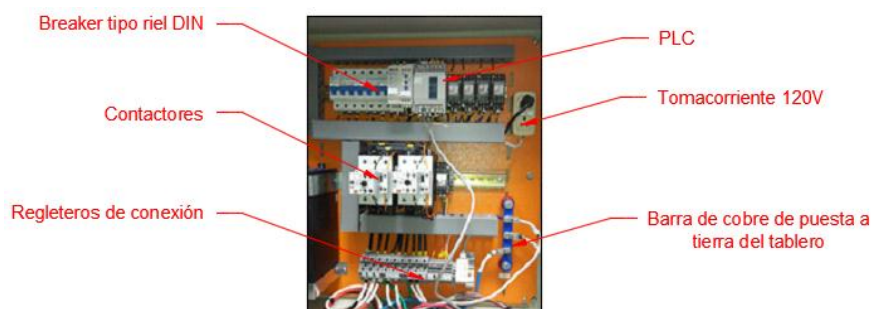
**Tabla 6.138:** Detalle de las actividades del tablero de transferencia automática.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los elementos que conforman el tablero de transferencia automática de servicios auxiliares
2	Inspeccionar visualmente el estado de los elementos que conforman el tablero
3	Realizar mediciones y pruebas de los elementos que conforman el tablero

#### 6.14.2.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la aspiradora de puntas plástica y con una franela las partes y elementos que conforman el tablero de transferencia automática.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran las partes y elementos que conforman el tablero de transferencia automática.
- ✓ Realizar mediciones de tensión (110V/220V), señal del PLC con el sistema SCADA, revisión y ajuste de las borneras de conexión para el correcto funcionamiento.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del tablero de transferencia con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.98:** Partes del tablero de transferencia.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 9. Servicios auxiliares, edición 2014.

### 6.14.3) Transformador de servicios auxiliares (GUAL-SX14.4)

**Tabla 6.139:** Detalle de las actividades transformador de servicios auxiliares.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el transformador de servicios auxiliares
2	Inspeccionar visualmente el estado del transformador de servicios auxiliares
3	Realizar mediciones y pruebas del transformador de servicios auxiliares
4	Revisar la conexión de puesta a tierra del transformador de SA

#### 6.14.3.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con un compresor de aire los elementos que conforman el transformador de servicios auxiliares.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los elementos que conforman el transformador de servicios auxiliares.
- ✓ Realizar mediciones de tensión (480/220V) de ingreso y salida del transformador de servicios auxiliares.
- ✓ Probar continuidad del cableado del transformador de servicios auxiliares, revisar que no existan desgastes del aislamiento de los conductores.
- ✓ Revisar las conexiones de puesta a tierra del transformador de servicios auxiliares con el sistema de puesta a tierra de servicio de la casa de máquinas
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.14.4) Circuitos de iluminación de emergencia (GUAL-SX14.5)

**Tabla 6.140:** Detalle de las actividades de los circuitos de iluminación de emergencia.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los circuitos de iluminación de emergencia y sus elementos
2	Inspeccionar visualmente el estado de los circuitos de iluminación de emergencia y sus elementos
3	Realizar mediciones y pruebas de operación de los circuitos de iluminación de emergencia y sus elementos

#### 6.14.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la aspiradora de puntas plástica y franela los elementos que conforman los circuitos de iluminación de emergencia.

- ✓ Verificar el estado en el que se encuentran los elementos que conforman los circuitos de iluminación de emergencia como son: luminarias y baterías, revisar que no exista desgastes del aislamiento de los conductores.
- ✓ En caso de realizar un cableado nuevo, evitar empalmes en el sistema de conducción del cableado en el interior de la tubería EMT.
- ✓ Probar continuidad del cableado de los circuitos de iluminación de emergencia.
- ✓ Hacer simulaciones de operación de: encendido/apagado, comprobación del estado y funcionamiento de las lámparas de emergencia.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

#### 6.14.5) Circuitos de iluminación normal (GUAL-SX14.6)

**Tabla 6.141:** Detalle de las actividades de los circuitos de iluminación normal.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los circuitos de iluminación y sus elementos
2	Inspeccionar visualmente el estado de los circuitos de iluminación normal y sus elementos
3	Realizar mediciones y pruebas de operación de los circuitos de iluminación normal y sus elementos

##### 6.14.5.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la aspiradora de puntas plásticas y franela los elementos que conforman los circuitos de iluminación normal.
- ✓ Verificar el estado en las que se encuentran los elementos que conforman los circuitos de iluminación normal como son: luminarias, lámpara para exterior e interruptores, revisar que no existan desgastes del aislamiento de los conductores de los circuitos, empalmes en el sistema de conducción del cableado por ser tubería EMT.
- ✓ Probar continuidad del cableado de los circuitos de iluminación.
- ✓ Realizar simulaciones de operación de: encendido, apagado y comprobación del estado como el funcionamiento de las lámparas
- ✓ Elaborar informe de las actividades realizadas.



### 6.14.6) Circuitos de fuerza (GUAL-SX14.7)

**Tabla 6.142:** Detalle de las actividades de los circuitos de fuerza.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los circuitos de fuerza
2	Inspeccionar visualmente el estado de los circuitos de fuerza
3	Realizar mediciones y pruebas de los circuitos de fuerza y sus elementos
4	Comprobar conexiones de puesta a tierra

#### 6.14.6.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la aspiradora de puntas plásticas y franela los elementos que conforman los circuitos de fuerza.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los elementos que conforman los circuitos de fuerza como son: tomacorrientes, revisar que no existan desgastes del aislamiento de los conductores.
- ✓ Probar continuidad del cableado de los circuitos de fuerza.
- ✓ Hacer simulaciones de operación de los tomacorrientes de 110V/220V.
- ✓ Comprobar las conexiones de puesta a tierra de cada uno de los tomacorrientes monofásicos y bifásicos.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.14.7) Sistema de video vigilancia (GUAL-SX14.8)

**Tabla 6.143:** Detalle de las actividades del sistema de video vigilancia.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los equipos del sistema de video vigilancia
2	Inspeccionar visualmente el estado de los equipos del sistema de video vigilancia
3	Realizar mediciones y pruebas de los equipos del sistema de video vigilancia

#### 6.14.7.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la aspiradora de puntas plástica y franela los elementos que conforman el sistema de video vigilancia, retirar impurezas como polvo de los lentes de las cámaras.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los elementos que conforman el sistema de video vigilancia.
- ✓ Revisar que no exista distorsión de la imagen.

- ✓ Realizar mediciones de tensión (110V en AC), en caso de daños de las cámaras, DVR.
- ✓ Probar continuidad del cableado estructurado de los circuitos de fuerza, revisar que no existan desgastes del aislamiento de los conductores, comprobar señal con el sistema SCADA.
- ✓ Realizar simulaciones de operación, visualización de imagen y señal en tiempo real en la pantalla de control de monitoreo.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.

### 6.14.8) Materiales y equipos

En la Tabla 6.144, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento de los servicios auxiliares.

**Tabla 6.144:** Materiales y equipos para la inspección de los servicios auxiliares.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-SX14.1	GUAL-SX14.2	GUAL-SX14.3	GUAL-SX14.4	GUAL-SX14.5	GUAL-SX14.6	GUAL-SX14.7	GUAL-SX14.8
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Fundas plásticas grandes								
4		Guantes	X	X	X	X	X	X	X	X
5		Protección respiratoria								
6		Compresor de aire	X		X	X	X	X	X	X
7	Herramientas y Equipos	Franela	X	X	X	X	X	X	X	X
8		Multímetro	X	X	X	X	X	X	X	X
9		Herramientas de electricista	X	X	X	X	X	X	X	X
10		Cepillo de acero		X						
11		Cable flexible THHN #12					X	X	X	

**6.14.9) Cronograma de actividades y personal**

En la siguiente Tabla 6.145, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de los servicios auxiliares.

**Tabla 6.145:** Personal encargado del mantenimiento de los servicios auxiliares.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Mayo				Noviembre				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-SX14.1	Limpiar el cargador y el banco de baterías	DIPRO				A					
	Realizar mediciones del cargador y banco de baterías	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado de los equipos del cargador de baterías	DIPRO				A					
GUAL-SX14.2	Limpiar los elementos que conforman el tablero de transferencia automática de servicios auxiliares	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado de los elementos que conforman el tablero	DIPRO				A					
	Realizar mediciones y pruebas de los elementos que conforman el tablero	DCG				A					
GUAL-SX14.3	Limpiar el transformador de servicios auxiliares	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado del transformador de servicios auxiliares	DIPRO				A					
	Realizar mediciones y pruebas del transformador de servicios auxiliares	DCG				A					
	Revisar la conexión de puesta a tierra del transformador de SA	DIPRO				A					
GUAL-SX14.4	Limpiar los circuitos de iluminación de emergencia y sus elementos	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado de los circuitos de iluminación de emergencia y sus elementos	DIPRO				A					
	Realizar mediciones y pruebas de operación de los circuitos de iluminación de emergencia y sus elementos	DIPRO				A					
GUAL-SX14.5	Limpiar los circuitos de iluminación y sus elementos	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado de los circuitos de iluminación normal y sus elementos	DIPRO				A					
	Realizar mediciones y pruebas de operación de los circuitos de iluminación normal y sus elementos	DIPRO				A					
GUAL-SX14.6	Limpiar los circuitos de fuerza	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado de los circuitos de fuerza	DIPRO				A					
	Realizar mediciones y pruebas de los circuitos de fuerza y sus elementos	DIPRO				A					
	Comprobar conexiones de puesta a tierra	DIPRO				A					
GUAL-SX14.7	Limpiar los equipos del sistema de video vigilancia	DIPRO				A					
	Inspeccionar visualmente el estado de los equipos del sistema de video vigilancia	DIPRO				A					
	Realizar mediciones y pruebas de los equipos del sistema de video vigilancia	DIPRO				A					

## 6.15) Plan de mantenimiento del sistema contra incendios

### Código:

GUAL-SC15.

### Elemento:

Sistema eléctrico – hidráulico: Sistema contra incendios.

### Objetivo:

Realizar un análisis de acciones y recomendaciones para el mantenimiento preventivo del estado general del sistema contra incendios de la Mini – Central, conservando el sistema en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento.

Partes del sistema contra incendios de la mini central.

**Tabla 6.146:** Partes que conforman el sistema contra incendios.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Partes	Código
6.15.1	Panel de control, y módulo de monitoreo MMF-300(A) (Type H)	GUAL-SC15.1
6.15.2	Receptor de alarma IP	GUAL-SC15.2
6.15.3	Detector lineal de calor, sensor de humo	GUAL-SC15.3
6.15.4	Luz estroboscópica, y pulsador de emergencia	GUAL-SC15.4
6.15.5	Gabinete clase III	GUAL-SC15.5
6.15.6	Extintores	GUAL-SC15.6
6.15.7	Unidades del sistema hidráulico	GUAL-SC15.7

### 6.15.1) Panel de control, y módulo de monitoreo (GUAL-SC15.1)

**Tabla 6.147:** Detalle de las actividades del panel de control, y módulo de monitoreo.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los cables y equipos del panel de control, y módulo de monitoreo
2	Inspeccionar visualmente el estado de los cables y equipos del panel de control, y módulo de monitoreo
3	Realizar mediciones y pruebas del panel de control, y módulo de monitoreo
4	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento

### 6.15.1.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la franela los cables/equipos que conforman el panel de control y módulo de monitoreo.
- ✓ Verificar el estado en el que se encuentran los equipos que conforman el panel de control como el módulo de monitoreo, que no exista recalentamiento de los equipos y desconexión de los conductores.
- ✓ Probar continuidad de los cables de conexión el panel de control y módulo de monitoreo, realizar mediciones de tensión (120V en AC, 12V en DC).
- ✓ Realizar simulaciones de pruebas de operación, funcionamiento de la central y de los equipos de monitoreo, verificar la señal en el sistema SCADA.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.99:** Detalle del panel de control, y módulo de monitoreo.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios, edición 2014.

### 6.15.2) Receptor de alarma IP (GUAL-SC15.2)

**Tabla 6.148:** Detalle de las actividades del receptor de alarma IP.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el receptor de alarma IP
2	Inspeccionar visualmente el estado del receptor de alarma IP
3	Realizar mediciones y pruebas del receptor de alarma IP
4	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento

#### 6.15.2.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el receptor de alarma IP, evitando desconectar los cables del equipo.

- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran el receptor de alarma IP.
- ✓ Realizar mediciones de tensión (120V en AC), verificar la conexión a internet, hacer pruebas de continuidad de fibra óptica.
- ✓ Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento del receptor de señal de alarma IP, verificar señal en el sistema SCADA
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.100:** Detalle del receptor de alarma IP.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios, edición 2014.

### 6.15.3) Detector lineal de calor, sensor de humo (GUAL-SC15.3)

**Tabla 6.149:** Detalle de las actividades del detector lineal de calor y sensor de humo.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar el detector lineal de calor y de los sensores de humo
2	Inspeccionar visualmente el estado del detector lineal de calor y de los sensores de humo
3	Realizar mediciones y pruebas del detector lineal de calor y de los sensores de humo
4	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento

#### 6.15.3.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela el detector lineal de calor y los sensores de humo.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran el detector lineal de calor como también los sensores de humo.
- ✓ Realizar mediciones de tensión (120V en AC), comprobar señal en el sistema SCADA, revisión y ajuste de las borneras de conexión, probar continuidad de los conductores para el correcto funcionamiento.
- ✓ Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento de los detectores de calor, humo.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.101:** Detalle de detector lineal de calor y sensor de humo.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios, edición 2014.

### 6.15.4) Luz estroboscópica, pulsador de emergencia (GUAL-SC15.4)

**Tabla 6.150:** Detalle de las actividades de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia
2	Inspeccionar visualmente el estado de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia
3	Realizar mediciones y pruebas de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia
4	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento

#### 6.15.4.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela la luz estroboscópica y el pulsador de emergencia.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentra la luz estroboscópica como el pulsador de emergencia, revisar que no exista rupturas del detector lineal de calor.
- ✓ Realizar mediciones de tensión (120V), probar continuidad de los conductores de conexión, realizar pruebas de visualización de la luz estroboscópica para que se encuentre en óptimas condiciones.
- ✓ Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento de los actuadores de emergencia, encendido/apagado de la luz estroboscópica.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.





**Figura 6.102:** detalle de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios, edición 2014.

### 6.15.5) Gabinete clase III (GUAL-SC15.5)

**Tabla 6.151:** Detalle de las actividades de los gabinetes clase III.

**Fuente:** Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los gabinetes clase III
2	Inspeccionar visualmente el estado de los gabinetes clase III
3	Realizar simulación de pruebas de los gabinetes clase III
4	Elaborar informe y registro fotográfico

#### 6.15.5.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con la franela y compresor de aire los elementos que conforman los gabinetes clase III.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los elementos que conforman los gabinetes clase III.
- ✓ Realizar pruebas de las válvulas de apertura/cierre de emergencia de los gabinetes clase III, en caso de daños reemplazar.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.103:** Detalle del gabinete clase III.

**Fuente:** Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios. Pg.4, edición 2014.

### 6.15.6) Extintor tipo C (GUAL-SC15.6)

Tabla 6.152: Detalle de las actividades de los extintores tipo C.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar los extintores tipo C
2	Inspeccionar visualmente el estado de los extintores tipo C
3	Realizar pruebas extintores tipo C
4	Elaborar informe y registro fotográfico

#### 6.15.6.1) Procedimiento

- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los extintores tipo C, si no es necesario el llenado de los extintores o reemplazo del contenido (polvo seco).
- ✓ Realizar pruebas y comprobación del correcto funcionamiento de los extintores.
- ✓ Programar capacitaciones para el personal que labora en la mini central del manejo de los extintores
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



Figura 6.104: Extintor tipo C y sus instrucciones de uso.

Fuente: Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios, edición 2014.

### 6.15.7) Unidades del sistema hidráulico (GUAL-SC15.7)

Tabla 6.153: Detalle de las actividades de las unidades del sistema hidráulico.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Descripción de la actividad
1	Limpiar las unidades del sistema hidráulico
2	Inspeccionar visualmente el estado de la unidad del sistema hidráulico
3	Realizar mediciones y pruebas de la unidad del sistema hidráulico
4	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento

A continuación se describen las partes de la unidad del sistema hidráulico.

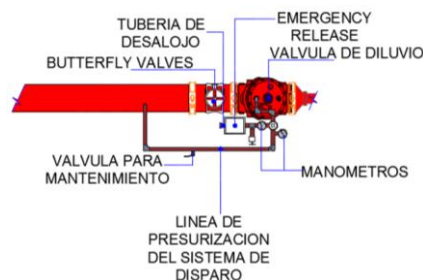
**Tabla 6.154:** Detalle de las partes de las unidades del sistema hidráulico.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem	Descripción
1	Válvula de diluvio Ø 4"
2	Válvula reguladora de presión Ø 4" de 125 PSI
3	Válvula de compuerta Ø 4"
4	Válvula de control seccional
5	Válvula de manguera
6	Válvula de seguridad
7	Válvula de control principal
8	Válvula para mantenimiento
9	Tubería SCI Ø 4" (Soporte, unión universal)
10	Tubería de desalojo
11	Válvula mariposa, manómetros
12	Colector tubería seca
13	Colector tubería húmeda
14	Boca de incendios equipada
15	Rociador abierto
16	Piton tipo chorro – neblina graduable
17	Línea de presurización del sistema de disparo

### 6.15.7.1) Procedimiento

- ✓ Limpiar con una franela, con agua y jabón los elementos que conforman la unidad del sistema hidráulico.
- ✓ Verificar el estado y condiciones en las que se encuentran los elementos que conforman la unidad del sistema hidráulico.
- ✓ Realizar pruebas y mediciones de los manómetros.
- ✓ En caso de existir fugas de agua, revisar los empaques de las uniones como las válvulas y ajustar o reemplazar.
- ✓ Proceder con el engrasado de las válvulas para evitar que se oxiden y así evitar inconvenientes de apertura/cierre de las mismas.
- ✓ Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento de la unidad del sistema hidráulico, realizar la circulación de agua comprobando así el funcionamiento de los aspersores.
- ✓ Elaborar informe y registro fotográfico de las actividades realizadas.



**Figura 6.105:** Partes de la unidad del sistema hidráulico.

*Fuente:* Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios. Pg.5, edición 2014.

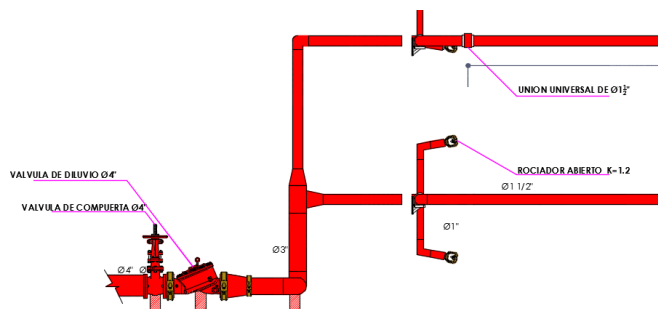


Figura 6.106: Partes de la unidad del sistema hidráulico.

Fuente: Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios. Pg.5, edición 2014.

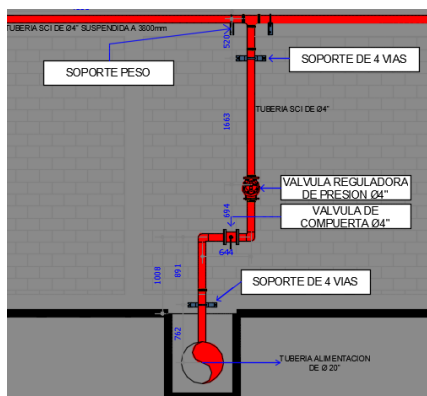


Figura 6.107: Partes de la unidad del sistema hidráulico.

Fuente: Manual, DOSSIER- GUALACEO, sección 10. Sistema contra incendios. Pg.5, edición 2014

### 6.15.8) Materiales y equipos

En la Tabla 6.155, se presentan los materiales, herramientas y equipos para la inspección y mantenimiento del sistema contra incendios

Tabla 6.155: Materiales, equipos para inspecciones del sistema contra incendios.

Fuente: Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Ítem		Descripción	GUAL-SC15.1	GUAL-SC15.2	GUAL-SC15.3	GUAL-SC15.4	GUAL-SC15.5	GUAL-SC15.6	GUAL-SC15.7
1	Material Oficina	Cámara fotográfica	X	X	X	X	X	X	X
2		Hojas de reporte	X	X	X	X	X	X	X
3	Material de Construcción	Fundas plásticas grandes							
4		Grasa							X
5		Jabón					X		X
6		Agua					X		X
7	Herramientas y Equipos	Franela	X	X	X	X		X	X
8		Multímetro	X	X	X	X			
9		Herramientas de electricista	X	X	X	X			
10		Juego de llaves ajustables					X	X	X
11		Medidor de potencia de fibra óptica		X					
12		Cable multípar CAT 3				X			
13		Cable anti fuego 2x16AWG			X	X			
14		Cable flexible THHN #12	X						

**6.15.9) Cronograma de actividades y personal**

En la Tabla 6.156, se presenta el cronograma de actividades, y el personal responsable del mantenimiento de las vías de acceso de la Mini – Central.

**Tabla 6.156:** Personal encargado del mantenimiento del sistema contra incendios.

*Fuente:* Realizado por Ángel Guamán y Cristian Pesantez.

Código	Tareas	Personal	Mayo				Junio				Observaciones
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
GUAL-SC15.1	Limpiar los cables y equipos del panel de control, y módulo de monitoreo	DCG		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de los cables y equipos del panel de control, y módulo de monitoreo	DCG		S				S			
	Realizar mediciones y pruebas del panel de control, y módulo de monitoreo	DCG		S				S			
	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento	DCG		S				S			
GUAL-SC15.2	Limpiar el receptor de alarma IP	DCG		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado del receptor de alarma IP	DCG		S				S			
	Realizar mediciones y pruebas del receptor de alarma IP	DCG		S				S			
	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento	DCG		S				S			
GUAL-SC15.3	Limpiar el detector lineal de calor y de los sensores de humo	DCG		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado del detector lineal de calor y de los sensores de humo	DCG		S				S			
	Realizar mediciones y pruebas del detector lineal de calor y de los sensores de humo	DCG		S				S			
	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento	DCG		S				S			
GUAL-SC15.4	Limpiar la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia	DCG		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia	DCG		S				S			
	Realizar mediciones y pruebas de la luz estroboscópica, y pulsador de emergencia	DCG		S				S			
	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento	DCG		S				S			
GUAL-SC15.5	Limpiar los gabinetes clase III	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de los gabinetes clase III	DIPRO		S				S			
	Realizar simulación de pruebas de los gabinetes clase III	DIPRO		S				S			
GUAL-SC15.6	Limpiar los extintores tipo C	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de los extintores tipo C	DIPRO		S				S			
	Realizar pruebas extintores tipo C	DIPRO		S				S			
GUAL-SC15.7	Limpiar las unidades del sistema hidráulico	DIPRO		S				S			
	Inspeccionar visualmente el estado de las Unidades del sistema hidráulico	DIPRO		S				S			
	Realizar mediciones y pruebas de las Unidades del sistema hidráulico	DIPRO		S				S			
	Realizar simulaciones de pruebas de operación y funcionamiento	DIPRO		S				S			



## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1) Conclusiones

Luego de haber desarrollado el presente trabajo en conjunto con la Unidad de Supervisión de Proyectos y el personal de la Central Termoeléctrica el Descanso, que son los encargados de la operación y funcionamiento de la mini central, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Una vez que se ha recopilado toda la información, indispensable de la mini central suministrada por los fabricantes, se ha logrado mejorar los métodos para la elaboración de tareas, ordenes de trabajo para realizar el mantenimiento de la mini central y de esa manera mejorar el funcionamiento para conservar en condiciones adecuadas la operación de todos los componentes que encontramos desde la captación hasta la casa de máquinas.
2. Con este trabajo se espera que los operadores tengan precaución cuando se realizan las órdenes de trabajo o tareas, partiendo de una coordinación y planificación, tomando en cuenta que siempre debe prevalecer la seguridad de las personas.
3. Un adecuado cronograma y plan de mantenimiento, constituye un medio eficaz para garantizar que cuando se produzca una falla sea reparada o ejecutada de manera controlada, de tal manera que no produzca daños graves a los equipos o lesiones al personal de mantenimiento.
4. Una buena estructuración en el plan mantenimiento puede reducir costos de operación y mantenimiento siendo un beneficio para la institución.
5. El mantenimiento preventivo es rentable y éste es aplicable en las centrales hidroeléctricas que corresponden a la empresa



ELECAUSTRO S.A., ya que mediante esta hay una reducción de los costos de producción en la que mantiene la vida útil de los activos físicos de la central hidroeléctrica por la correcta planificación y operación de los equipos como de los elementos, adquiriendo un alto nivel en la producción y distribución energética.

6. Con la planificación de mantenimiento de cada subsistema de la Mini Central hidroeléctrica Gualaceo, basándose en el programa del Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador SISMAC, realizando una codificación de todos los equipos en la que se elabora varias tareas y rutinas de acuerdo al periodo de mantenimiento que se realiza en base a las recomendaciones del fabricante, por lo que es un programa ideal para manejar el mantenimiento de la mini central Gualaceo.

## **7.2) Recomendaciones**

Al finalizar este proyecto se ha visto conveniente hacer las siguientes recomendaciones, las cuales serán de beneficio para institución.

1. Para realizar cualquier tipo de actividad o proceso en la mini central, sea el caso para la puesta en marcha de la unidad de generación, se debe tener mucho cuidado ya que si se realiza mal cualquiera de los pasos, procesos o secuencias, o si no se verifica que las condiciones iniciales estén correctas se podría tener daños severos en las máquinas.
2. Cuando se presentan fallas o una parada de emergencia lo primero es mantener la calma, abrir las compuertas de emergencia para evacuar el agua, y así parar la unidad de generación para evitar más daños, tratar de localizar de manera inmediata la falla y proceder con su respectivo mantenimiento.





3. Se recomienda al personal de trabajo, tener mayor seguridad en la hora de realizar algún mantenimiento que conforma la mini central, para evitar daños severos.
  
4. Es recomendable realizar una inspección periódica de los elementos y equipos que conforman la mini central, realizar reportes fotográficos para poder identificar de mejor forma el lugar de la falla en caso de que exista.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20879/1/tesis.pdf>.
- [2] <https://blogdesireysara.wordpress.com/2008/05/27/las-ventajas-y-las-desventajas-de-las-centrales-hidroelectricas/>
- [3] <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/8406/FullInformatiuMinicentral.pdf>.
- [4] <http://www.suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=7092>
- [5] propuesta para la gestión de mantenimiento de la central hidroeléctrica Ocaña” Gómez Muños Geovanny Patricio, Méndez Peñaloza Gino Fabricio, departamento ingeniería eléctrica, Universidad Politécnica Salesiana, Pg. 20.
- [6] [http://dl.idae.es/Publicaciones/1034\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_A2006.pdf](http://dl.idae.es/Publicaciones/1034_Minicentrales_hidroelectricas_A2006.pdf)
- [7] Schneider Electric, MICOM P342, P343, P344. Relés de protección para generadores, Manual Técnico.
- [8] ELECAUSTRO, Boletines de información; Rehabilitación Proyecto Minicentral Hidroeléctrica Gualaceo.
- [9] <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>
- [10] <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>
- [11] ELOLA, Luis Navarro, PASTOR, Ana, MUGABURU Jaime, Gestión Integral de Mantenimiento, 1ra edición, 1997

**ANEXOS**

**Anexo 1:** Referencia de dimensiones, ubicación y detalles se encuentran en los planos As-Build de SIPETROL que se detallan a continuación:

**Tabla 8.1:** Código de los planos de captación

*Fuente:* Planos AS Build Captación.

Ítem	Código
1	CAP – 001 – 1
2	CAP – 001 – 2
3	CAP – 001 – 3
4	CAP – 001 – 4
5	CAP – 001 – 5

**Tabla 8.2:** Código de los planos del sistema de conducción de agua

*Fuente:* Planos AS Build Conducción.

Ítem	Código
1	HID – 002
2	HID – 003
3	HID – 004
4	HID – 025
5	HID – 040

**Tabla 8.3:** Código de los planos del tanque de carga

*Fuente:* Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 3, Planos del tanque de carga, edición 2014.

Ítem	Código
1	TP – 10 – 508
2	TP – 10 – 509

**Tabla 8.4:** Código de los planos de la tubería de presión.

*Fuente:* Planos AS Build Tub Presión.

Ítem	Código
1	EST-100(1)
2	EST-100(2)
3	EST-100(3)
4	EST-100(4)

**Tabla 8.5:** Código de los planos del alternador.

*Fuente:* Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 5, Planos del generador, edición 2014.

Ítem	Código
1	406-HID-005
2	406-HID-006
3	406-HID-007
4	406-HID-008
5	406-HID-009

**Tabla 8.6:** Código de los planos de la turbina.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 1, Planos de la turbina DELTA, edición 2014.

Ítem	Código
1	TP -10 – 100 Rev. 03
2	TP -10 – 105 Rev 01
3	TP -10 – 106 Rev 01
4	TP -10 – 107 Rev 02
5	TP -10 – 200 Rev 03
6	TP -10 – 300 Rev 03
7	TP -10 – 314 Rev 01
8	TP -10 – 315 Rev 01
9	TP -10 – 316 Rev 01
10	TP -10 – 320 Rev 01
11	TP -10 – 400 Rev 03
12	TP -10 – 502 Rev 01
13	TP -10 – 503 Rev 01
14	TP -10 – 504 Rev 01
15	TP -10 – 505 Rev 01
16	TP -10 – 505 Rev 00

**Tabla 8.7:** Código de los planos del gobernador de carga.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 7, Planos gobernador THES, edición 2014.

Ítem	Código
1	GAH1818-356
2	GAH1818-357
3	GAH1818-358
4	GAH1818-094

**Tabla 8.8:** Código de los planos del transformador.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 6, Planos del transformador, edición 2014.

Ítem	Código
1	Planos “As Built”
2	Dimensiones As. – Built No. 01efc125036919
3	Diagrama de conexiones del tablero de control
4	Esquema conexiones - TP-10-E-003 Rev00

**Tabla 8.9:** Código de los planos del puente grúa.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 4, Planos del puente grúa, edición 2014.

Ítem	Código
1	TP – 100 – 700 – R
2	Trole YALE HTG 10000kg
3	Tecele Yalelift-360 10000kg

**Tabla 8.10:** Código de los planos de los tableros de control.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 11, Planos de los tableros de control, edición 2014.

Ítem	Código
1	AKDELGUA001
2	AKDELGUA002
3	AKDELGUA003
4	AKDELGUA004
5	AKDELGUA005
6	AKDELGUA006
7	AKDELGUA007
8	AKDELGUA008
9	AKDELGUA009
10	AKDELGUA010
11	AKDELGUA011
12	AKDELGUA012

**Tabla 8.11:** Código de los planos de los tablero y celda de media tensión.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 12, Planos de los tablero y celda de media tensión, edición 2014.

Ítem	Código
1	P-1042142987.01 - PLANOS v.C

**Tabla 8.12:** Código de los planos las vías de acceso.

**Fuente:** PLANOS AS BUILT VIAS 2014.

Ítem	Código
1	AS BUILT VIA CAPTACION
2	AS BUILT VIA CASA DE MÁQUINAS
3	AS BUILT VIA TANQUE DE CARGA

**Tabla 8.13:** Código de los planos la casa de máquinas.

**Fuente:** PLANOS AS BUILT VIAS 2014.

Ítem	Código
1	AS BUILT VIA CASA DE MÁQUINAS
2	AS BUILT CASA MAQUINAS ESTRUCTURALES
3	AS BUILT GUARDIANIA

**Tabla 8.14:** Código de los planos del sistema de servicios auxiliares.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 9, Planos del sistema de servicios auxiliares, edición 2014.

Ítem	Código
1	GUA-ETP-10-IE-001
2	GUA-ETP-10-IE-002
3	GUA-ETP-10-IE-003
	GUA-ETP-10-IE-004



**Tabla 8.15:** Código de los planos del sistema contra incendios.

**Fuente:** Planos, DOSSIER- GUALACEO, sección 10, Planos del sistema contra incendios, edición 2014.

Ítem	Código
1	PROYECTO MINICENTRAL GUALACEO SCI 001 – 002
2	PROYECTO MINICENTRAL GUALACEO SCI 003 – 004
3	PROYECTO MINICENTRAL GUALACEO SCI 005 – 006