

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

TEMA:

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO
PARA LAS MICRO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS “MUNICIPAL DE ATUNTAQUI” E
“INDUSTRIAL ALGODONERA ATUNTAQUI” UBICADAS EN EL CANTÓN DE ANTONIO
ANTE.**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en
Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Nataly Silvana Benavides López

Director:

Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas, Msc

Ibarra, 2021



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	040143942-7	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Benavides López Nataly Silvana	
DIRECCIÓN:		Tulcán	
EMAIL:		nsbenavidesl@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		0990642503	TELÉFONO MÓVIL: 0989422773

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LAS MICRO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS "MUNICIPAL DE ATUNTAQUI" E "INDUSTRIAL ALGODONERA ATUNTAQUI" UBICADAS EN EL CANTÓN DE ANTONIO ANTE.
AUTOR (ES):	Benavides López Nataly Silvana
FECHA: DD/MM/AAAA	14/10/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas, Msc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de octubre de 2021

EL AUTOR:



Firmado electrónicamente por:
NATALY SILVANA
BENAVIDES LOPEZ

.....
Benavides López Nataly Silvana
040143942-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO

Yo, Olger Gilberto Arellano Bastidas en calidad de tutor de la señorita estudiante, Benavides López Nataly Silvana, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA LAS MICRO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS “MUNICIPAL DE ATUNTAQUI” E “INDUSTRIAL ALGODONERA ATUNTAQUI” UBICADAS EN EL CANTÓN DE ANTONIO ANTE”**. Para la obtención del título de Ingeniera en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.



Firmado electrónicamente por:
**OLGER GILBERTO
ARELLANO
BASTIDAS**

.....
Ing. Olger Arellano, MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

CERTIFICADO

Atuntaqui, 06 de Agosto del 2021

A quien interese:

Yo Christian Santiago Terán Silva con C.I. 1002023255 en mi calidad de Gerente General y Representante Legal de la Empresa Pública de Servicios Municipales de Antonio Ante-SERMAA-EP, me permito certificar que la Srta. Nataly Silvana Benavidez López con C.C. 0401439427 presento formalmente los planes de mantenimientos preventivo y correctivo para las Micro Centrales hidroeléctricas Algodonera y Atuntaqui que son administradas por la Empresa Pública de Servicios Municipales de Antonio Ante-SERMAA-EP; además capacito al personal técnico para la aplicación respectiva.

Se expide el presente Certificado, para los fines que la persona interesada lo considere conveniente, excepto para trámites judiciales.

Atentamente,


Ing. Christian Terán Silva
**GERENTE EMPRESA PÚBLICA DE
SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE,
SERMAA - EP.**



DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios por poner en mi camino a las personas indicadas que con su apoyo, estima y motivación me han impulsado a desarrollar y culminar este trabajo.

Con mucho amor dedico esta tesis a mis padres Alberto y Cecilia, a mis hermanas Fernanda, Johana, Juliana y Valentina, quienes me han acompañado durante toda mi trayectoria académica, alentando y aconsejando para seguir adelante y cumplir mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud, valor y perseverancia para cumplir cada uno de mis metas y propósitos durante mi vida universitaria.

A mi familia por siempre apoyar cada uno de mis objetivos y actividades con el fin de formar una gran profesional, a mi gran amigo Marco Ponce por compartir sus conocimientos y acompañarme en situaciones difíciles, por acompañarme en cada etapa de mi vida.

A mi casona universitaria, que me ha permitido expandir diversas opciones de ámbitos laborales, y como no también agradecer por el apoyo entregado a los clubes académicos de la universidad a los cuales pertenezco.

Agradezco a mi director el Ing. Olger Arellano, que me ha inculcado dedicación y constancia en el desarrollo de nuevas experiencias académicas y laborales, cuyo apoyo ha sido indispensable en el asesoramiento de este trabajo, a mis docentes de carrera, cuyo valor profesional y personal son invaluable, quienes transmiten sus conocimientos a cada estudiante mediante múltiples actividades que permiten emular el mundo laboral que nos espera. A nuestra estimada y querida secretaria de carrera, la Lic. Carmita Chamorro que ha demostrado amigablemente empatía por las y los estudiantes de la carrera, al estar pendiente de cada necesidad que se presenta.

CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO	iii
CERTIFICADO EMPRESA SERMAA EP	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
Contextualización	xvi
Planteamiento del problema	xviii
Formulación del problema	xviii
Objetivos	xix
Objetivo general	xix
Objetivos específicos	xix
Alcance	xix
Justificación	xix
CAPÍTULO 1	1
Marco Teórico	1
1.1. Plan de mantenimiento eléctrico	1
1.2. Aspectos importantes para elaborar un plan de mantenimiento	1
1.2.1. Determinación de la frecuencia para llevar a cabo las tareas de mantenimiento	2
1.2.2. Agrupación de las tareas de mantenimiento de forma periódica	2
1.3. Mantenimiento eléctrico	3
1.4. Tipos de mantenimiento	4
1.4.1. Mantenimiento Predictivo	4
1.4.2. Mantenimiento Correctivo	4
1.4.3. Mantenimiento Preventivo	5

1.4.4.	Mantenimiento Overhaul.....	5
1.4.5.	Mantenimiento Rutinario	5
1.4.6.	Mantenimiento Programado.....	5
1.4.7.	Mantenimiento Productivo Total.....	5
1.5.	Gestión del mantenimiento	6
1.5.1.	Etapas de gestión del mantenimiento	6
1.6.	Gestión de equipos.....	8
1.6.1.	Lista de equipos.....	8
1.6.2.	Codificación de equipos.....	8
1.6.3.	Repuestos	9
1.6.4.	Equipos y herramientas	10
1.7.	Centrales hidroeléctricas.....	11
1.8.	Clasificación de las centrales hidroeléctricas de acuerdo con la capacidad instalada	12
1.9.	Clasificación de las centrales hidroeléctricas de acuerdo con la captación de agua.	13
1.9.2.	Centrales de embalse	13
1.9.3.	Centrales de bombeo.....	14
1.10.	Componentes de las micro centrales hidroeléctricas	14
1.10.1.	Obra de captación	14
1.10.2.	Obra de conducción	16
1.10.3.	Edificio de la central o casa de máquinas.....	16
1.11.	Sistema de puesta a tierra en microcentrales hidroeléctricas	19
CAPÍTULO 2.....		21
Desarrollo		21
2.1.	Información general de la Microcentral Hidroeléctrica “Municipal Atuntaqui”.....	21
2.1.1.	Introducción	21
2.1.2.	Estudio de hidrología caudal.....	21
2.1.3.	Plano arquitectónico	21
2.1.4.	Ubicación geográfica	22

2.1.5.	Descripción de la Microcentral Municipal Atuntaqui	23
2.2.	Información general de la Microcentral Hidroeléctrica “Industrial Algodonera”	32
2.2.1.	Introducción	32
2.2.2.	Estudio hidrología caudal.....	32
2.2.3.	Plano arquitectónico	33
2.2.4.	Ubicación geográfica	33
2.2.5.	Descripción de la Microcentral Hidroeléctrica “Industrial Algodonera”	34
CAPÍTULO 3.....		46
Desarrollo de los Planes de Mantenimiento		46
3.1.	Gestión de equipos.....	46
3.1.1.	Lista de equipos.....	46
3.1.2.	Nombre y código del equipo	47
3.1.3.	Repuestos	51
3.2.	Planes de mantenimiento.....	55
3.2.1.	Gestión del mantenimiento preventivo	55
3.2.2.	Mantenimiento correctivo.....	64
3.3.	Tabulación de encuesta realizada al personal técnico	70
3.3.1.	Microcentral Municipal Atuntaqui	70
3.3.2.	Microcentral Industrial Algodonera	71
CAPÍTULO 4.....		74
Conclusiones y recomendaciones.....		74
4.1.	Conclusiones	74
4.2.	Recomendaciones	74
BIBLIOGRAFÍA.....		76
ANEXOS.....		79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de centrales de acuerdo con la capacidad.....	12
Tabla 2	Datos de placa generadores 1 y 2.....	26
Tabla 3	Datos técnicos tablero de control	27
Tabla 4	Datos de placa transformador de potencia	29
Tabla 5	Datos técnicos transformador de distribución	30
Tabla 6	Datos de la línea aérea	31
Tabla 7	Datos de placa generador 1	37
Tabla 8	Datos de placa generador 2	38
Tabla 9	Datos de placa generador 3	39
Tabla 10	Datos de placa tableros de control 1 y 2.....	40
Tabla 11	Datos de placa tablero de control 3	41
Tabla 12	Datos de placa transformador de potencia 1	42
Tabla 13	Datos de placa transformador de potencia 2	43
Tabla 14	Datos de placa transformador de potencia 3	44
Tabla 15	Equipos Microcentral Municipal Atuntaqui	46
Tabla 16	Equipos Microcentral Industrial Algodonera.....	47
Tabla 17	Codificación Nivel 1 Industria	47
Tabla 18	Codificación Nivel 2 Categoría de negocio	48
Tabla 19	Codificación Nivel 3 Categoría de Instalación.....	48
Tabla 20	Codificación Nivel 4 Unidad.....	48
Tabla 21	Codificación Nivel 5 Sistema	49
Tabla 22	Codificación Nivel 6 Clase de equipo	49
Tabla 23	Codificación Nivel 7 Subsistema (Sistema de generación).....	49
Tabla 24	Codificación Nivel 7 Subsistema (sistema de transformación).....	50
Tabla 25	Codificación Nivel 7 Subsistema (sistema de distribución)	50
Tabla 26	Codificación Nivel 8 Componente mantenible (Generador y excitatriz).....	50
Tabla 27	Codificación Nivel 8 Componente mantenible (Tableros de control).....	50
Tabla 28	Codificación Nivel 8 Componente mantenible (Transformadores)	51
Tabla 29	Codificación para organizar material en bodega.....	52
Tabla 30	Planificación anual de mantenimientos microcentral Atuntaqui.....	55
Tabla 31	Planificación anual de mantenimientos microcentral Algodonera	55
Tabla 32	Tabulación encuesta operadores microcentral Municipal Atuntaqui	70
Tabla 33	Tabulación encuesta operadores microcentral Industrial Algodonera.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Taxonomía norma ISO 14224	8
Fig. 2 Partes del conmutador y montaje de porta escobillas.....	18
Fig. 3 Plano arquitectónico.....	22
Fig. 4 Ubicación geográfica Microcentral Atuntaqui	22
Fig. 5 Bocatoma.....	23
Fig. 6 Compuerta de limpieza	24
Fig. 7 Desarenador	24
Fig. 8 Canales y túneles de conducción de agua	24
Fig. 9 Cámara de carga	25
Fig. 10 Tubería de presión	25
Fig. 11 Casa de máquinas	26
Fig. 12 Unidad de generación y excitatriz	27
Fig. 13 Tablero de control	28
Fig. 14 Transformador de potencia	30
Fig. 15 Transformador de Distribución	31
Fig. 16 Sistema de puesta a tierra a) Transformador de potencia, b) Transformador de distribución, c) Casa de máquinas	32
Fig. 17 Plano arquitectónico microcentral Industrial Algodonera	33
Fig. 18 Ubicación geográfica Central Algodonera	33
Fig. 19 Bocatoma	34
Fig. 20 Tanque de sedimentación	34
Fig. 21 Canales y túneles de conducción de agua	35
Fig. 22 Cámara de carga	35
Fig. 23 Tubería de presión	36
Fig. 24 Casa de máquinas	36
Fig. 25 Generador unidad 1	37
Fig. 26 Generador unidad 2	38
Fig. 27 Generador unidad 3	39
Fig. 28 Tablero de control 1 y 2.....	40
Fig. 29 Datos de placa tablero de control 3.....	41
Fig. 30 Transformador de potencia unidad de generación 1	42
Fig. 31 Transformador de potencia unidad de generación 2	43
Fig. 32 Transformador de potencia unidad de generación 3	44
Fig. 33 Red de media tensión	45
Fig. 34 Barra de tierra	45
Fig. 35 Diagrama de flujo gestión de repuestos	52

Fig. 36 Ficha recepción de repuestos	53
Fig. 37 Ficha solicitud de repuestos	54
Fig. 38 Diagrama de flujo gestión de mantenimiento preventivo	56
Fig. 39 Ficha técnica del equipo.....	57
Fig. 40 Hoja de vida del equipo	58
Fig. 41 Ficha orden de trabajo	59
Fig. 42 Ficha plan de mantenimiento preventivo	60
Fig. 43 Ficha orden de trabajo con su respectiva información.....	62
Fig. 44 Ficha solicitud de repuestos con su respectiva información	63
Fig. 45 Plan de mantenimiento semestral con su respectiva información.....	64
Fig. 46 Diagrama de flujo mantenimiento correctivo.....	65
Fig. 47 Ficha reporte de averías	66
Fig. 48 Ficha solicitud de materiales	68
Fig. 49 Ficha reporte mantenimiento correctivo.....	69
Fig. 50 Gráfica tabulación de resultados	70
Fig. 51 Gráfica tabulación de resultados	72

ANEXOS

Anexo 1 Plano micro central Algodonera	79
Anexo 2 Plano micro central Algodonera	79
Anexo 3 Cronograma de Actividades microcentral Atuntaqui	80
Anexo 4 Cronograma microcentral Industrial Algodonera	80
Anexo 5 Recepción de repuestos.....	81
Anexo 6 Ficha solicitud de repuestos.....	82
Anexo 7 Ficha técnica de equipos.....	83
Anexo 8 Hoja de vida de equipos.....	84
Anexo 9 Plan de mantenimiento mensual generadores eléctricos.....	84
Anexo 10 Plan de mantenimiento semestral generadores eléctricos.....	85
Anexo 11 Plan de mantenimiento anual generadores eléctricos	85
Anexo 12 Plan de mantenimiento mensual excitatriz generador	86
Anexo 13 Plan de mantenimiento semestral excitatriz generador	87
Anexo 14 Plan de mantenimiento anual excitatriz generador	88
Anexo 15 Plan de mantenimiento trimestral tableros de control	88
Anexo 16 Plan de mantenimiento anual tableros de control.....	89
Anexo 17 Plan de mantenimiento semestral trasformadores.....	90
Anexo 18 Plan de mantenimiento anual trasformadores	90
Anexo 19 Plan de mantenimiento anual de líneas de transmisión.....	91
Anexo 20 Plan de mantenimiento semestral de la puesta a tierra	91
Anexo 21 Plan de mantenimiento anual de la puesta a tierra.....	92
Anexo 22 Reporte de mantenimiento correctivo.....	93
Anexo 23 Encuesta realizada al personal técnico de las microcentrales	94
Anexo 24 Encuesta y capacitación realizada al personal técnico de las microcentral Atuntaqui	94
Anexo 25 Encuesta y capacitación realizada al personal técnico de las microcentral Industrial Algodonera	95

RESUMEN

El presente trabajo detalla la elaboración de planes de mantenimiento preventivo y correctivo para las microcentrales hidroeléctricas “Municipal Atuntaqui” e “Industrial Algodonera” del cantón Antonio Ante. El mismo fue desarrollado en base a la investigación acerca de la importancia del mantenimiento en las empresas productivas, información básica que debe abarcar un plan de mantenimiento y además de como determinar la frecuencia de las tareas a realizar en el cronograma de actividades, posterior a ello se realizó el levantamiento de equipos, información técnica suministrada por fabricantes y de los técnicos operadores, esto permitió diseñar un modelo de gestión para el mantenimiento preventivo y correctivo para las microcentrales.

De acuerdo con lo investigado se procedió a establecer el proceso de gestión de mantenimiento, el mismo que abarca el análisis de la situación actual de los equipos, la jerarquización, el análisis de puntos débiles, diseño de planes de mantenimiento, repuestos, programación anual de actividades de mantenimiento, control de la ejecución del mantenimiento y finalmente realizar el análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos.

Los resultados que se obtuvieron fue el diseño de la documentación para cumplir con la gestión de mantenimiento, entre las que se puede mencionar están las hojas de vida de los equipos, ficha de características técnicas de cada equipo, ordenes de trabajo, ficha de repuestos, ficha de solicitud de repuestos, reportes de averías, cronograma anual de mantenimientos, planes de mantenimiento preventivo y correctivo. De esta manera se pudo constatar que los planes de mantenimiento ayudan a mejorar el sistema de organización de la empresa y prolonga la vida útil de los equipos reduciendo costos de producción y paros no programados.

ABSTRACT

This paper details the elaboration of preventive and corrective maintenance plans for the "Municipal Atuntaqui" and "Industrial Algodonera" micro hydroelectric plants of the Antonio Ante region. It was developed based on research about the importance of maintenance in productive companies, basic information that a maintenance plan should cover and in addition to how to determine the frequency of the tasks to be carried out in the schedule of activities, after that the equipment was raised, technical information supplied by manufacturers and technical operators, this allowed the design of a management model for preventive and corrective maintenance for micro-power plants.

In accordance with the investigation, the maintenance management process was established, which includes the analysis of the current situation of the equipment, the hierarchy, the analysis of weak points, design of maintenance plans, spare parts, annual programming of maintenance activities, control of the execution of the maintenance and finally carry out the analysis of the life cycle and the possible renewal of equipment.

The results obtained were the design of the documentation to comply with the maintenance management, among which we can mention the life sheets of the equipment, the technical characteristics sheet of each equipment, work orders, spare parts sheet, spare parts request form, fault reports, annual maintenance schedule, preventive and corrective maintenance plans. In this way, it was found that maintenance plans help to improve the company's organizational system and extend the useful life of the equipment, reducing production costs and unscheduled stoppages.

INTRODUCCIÓN

Contextualización

Antes de la “Revolución Industrial” dada en el año 1780, el mantenimiento fue considerado como una acción indispensable para asegurar el buen funcionamiento de equipos y máquinas, las mismas eran atendidas por los propietarios, en esa época se aplicaban técnicas correctivas poco desarrolladas, las cuales eran aplicadas en base al daño que se presentaba o cuando estaba a punto de producirse este. A medida que fue creciendo la complejidad de los equipos, los propietarios necesitaron ayuda de especialistas a quienes se les llamo operadores de maquinaria industrial, este hecho dio lugar a la construcción de talleres eléctricos y mecánicos, siendo estas dos áreas evaluadas como las más importantes en la producción industrial, estos talleres contaban con el personal especializado y herramientas adecuadas para realizar las reparaciones. Estos fueron incorporados dentro de la estructura empresarial separando al personal de producción y mantenimiento (Boero, 2020). Por esta razón, en la actualidad el mantenimiento se vuelve una herramienta fundamental para las empresas ya que les permite elevar los niveles de calidad en producción, reducir costos en la adquisición de nueva maquinaria y mantenerse en rangos superiores dentro de la competitividad con otras empresas (Olarde, 2010).

A partir del siglo XIX, con la Revolución Industrial la generación hidroeléctrica comenzó a cobrar importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía eléctrica. Este hecho se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX por el desarrollo industrial (Ovideo, 2015).

En los últimos años, con la evolución y desarrollo tecnológico de sistemas de generación eléctrica a partir de energías renovables, la energía hidráulica se considera como una fuente inagotable aproximadamente dentro de 20 a 50 años de producción y permite el crecientemente económico (Méndez, 2013). Por ello, las centrales hidroeléctricas han tomado un gran impacto a nivel mundial y especialmente en Latinoamérica donde la mitad de la electricidad que se genera en América Latina proviene de la hidroelectricidad y ha contribuido a que tenga la matriz energética más limpia del mundo convirtiéndose en líder mundial en emisiones bajas en carbono (AIE, 2015).

A nivel nacional la energía hidráulica, cuenta con 29 sistemas hídricos compuestos por 79 cuencas. La vertiente del pacífico está conformada por 22 sistemas hídricos que cubren el 48,07%, equivalente a 123.243 km² de superficie. La vertiente amazónica está conformada por 7 sistemas que cubren el 51,41%, equivalente a 131.802 km² de superficie nacional. El

restante 0,52% de territorio corresponde a la región insular de las Galápagos con 1.325 km² (Chiriboga, 2019). El principal objetivo del desarrollo e implementación de estos proyectos hídricos es la conservación del hábitat, el ambiente y a la reducción de sistemas de generación que emitan sustancias contaminantes.

A inicios de los 90's, en el cantón Antonio Ante con inicio del crecimiento industrial en el área textil, dentro de este periodo se establecieron grandes empresas entre la que destaca la ex fábrica Imbabura, con el objetivo de suplir la demanda generada por esta empresa, se vio la necesidad de incorporar una microcentral hidroeléctrica nombrada "Industrial Algodonera", la cual está situada en la parroquia Atuntaqui vía Imantag alimentada por el río Ambi, siendo una solución para la necesidad presente, posteriormente con el crecimiento de la demanda se incorporó otra microcentral nombrada "Municipal de Atuntaqui" a finales de los 50's.

Desde el 2010 las microcentrales se encuentran a cargo de la Empresa Pública de Servicios Municipales de Antonio Ante, esta empresa establece la ordenanza por la cual se regirá la administración de las microcentrales, dentro de las que se estipula las siguientes reformas:

La Empresa Pública, ejercerá las siguientes atribuciones: a) La administración de las Centrales Hidroeléctricas denominadas "Atuntaqui" y "Industrial Algodonera Atuntaqui" ubicada en el sector del Río Ambi, barrio San José de la parroquia Atuntaqui, Cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura, para la generación, transmisión, distribución, comercialización, importación, exportación de energía eléctrica, para lo cual está facultada a realizar todas las actividades relacionadas con este objetivo; b) Comprar, vender, intercambiar y comercializar energía con las empresas de la distribución, otras empresas de generación, grandes consumidores, exportadores e importadores; c) Comprar, vender y comercializar energía con los usuarios en las áreas que, de acuerdo con la Ley que regula el sector eléctrico, le sean asignados para ejercer la actividad de distribución y comercialización de energía eléctrica...".

La microcentral hidroeléctrica "Municipal de Atuntaqui" está en operación con dos grupos generadores y con una potencia total instalada de 400 kW y la microcentral hidroeléctrica "Industrial Algodonera Atuntaqui" está en operación con tres grupos generadores y con una potencia total instalada de 632 kW, en esta central el Gobierno Municipal de Antonio Ante, el 9 de julio del 2012, obtuvo ante el CONELEC el Registro de Generadores Menores a 1 MW según Oficio No. CONELEC-DE2012-1087-OF.

Planteamiento del problema

Las microcentrales hidroeléctricas “Municipal de Atuntaqui” e “Industrial Algodonera Atuntaqui” se encuentran a cargo de la Empresa Pública de Servicios Municipales de Antonio Ante (SERMAA EP). Dichas plantas están bajo la responsabilidad del personal técnico como los supervisores y operadores, quiénes realizan actividades de operación y mantenimientos oportunos en base a los problemas técnicos que surgen en el sistema de generación.

Se puede mencionar que los principales problemas de las microcentrales son originados debido a los paros no programados los cuales se presentan con mayor frecuencia, dado este hecho las unidades de generación que se encuentran inoperativas representan grandes pérdidas económicas tomando como referencia los valores registrados por la empresa, este valor en los dos últimos años se estima pérdidas aproximadas de \$270.000 dólares en generación eléctrica, sin contar con los gastos adicionales causados por la ejecución del mantenimiento oportuno que se deben realizar para habilitar las unidades de generación. Los equipos más afectados son los generadores como consecuencia de los paros no programados, al presentarse una falla en una de las partes del equipo repercute en las demás partes complementarias, siendo estas los conductores, bobinas, cojinetes, escobillas y entre otros elementos, también se debe tomar en cuenta fallas en tableros de control, turbinas y reguladores de velocidad.

En base a los últimos datos registrados por la empresa, las microcentrales hidroeléctricas obtuvieron un factor de planta inferior al requerido (es necesario alcanzar un factor de planta del 85% para establecer un rendimiento aceptable) encontrándose actualmente en un valor del 21%, dado que en el año 2020 el factor de planta de las dos microcentrales fue de 71%.

Los paros no programados se deben a que las microcentrales no disponen de planes de mantenimiento preventivo mediante los cuales se puedan reducir daños en el sistema de generación al aplicarse una intervención oportuna, el efecto inmediato de no aplicar dicho mantenimiento es la ejecución del correctivo, siendo estos aplicados sin llevar a cabo registros e historiales de los mantenimientos realizados.

Formulación del problema

¿Cómo diseñar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para las microcentrales hidroeléctricas mediante el diagnóstico de funcionamiento actual del sistema de generación?

Objetivos

Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para las Microcentrales Hidroeléctricas “Municipal de Atuntaqui” e “Industrial Algodonera Atuntaqui” con el fin de incrementar la producción del sistema energético y reducir pérdidas, mediante el diagnóstico de funcionamiento actual del sistema de generación.

Objetivos específicos

- Investigar y describir conceptos teóricos de los componentes de las centrales hidroeléctricas y los tipos de mantenimiento en el marco teórico.
- Describir el sistema eléctrico de generación de las microcentrales hidroeléctricas para elaborar los planes de mantenimiento.
- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo y correctivo y evaluar la funcionalidad de los planes de mantenimiento en base a métodos estadísticos con el personal técnico.

Alcance

Para el desarrollo de esta propuesta se elaborará un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, en el cual se diseñarán formatos específicos para realizar registros históricos de mantenimientos ejecutados, programas de mantenimiento preventivo y correctivo (formatos mensuales, semestrales y anuales), ordenes de trabajo e inventarios para repuestos; para ello se efectuarán actividades como el levantamiento de información de las microcentrales hidroeléctricas, diagnóstico de la situación actual de las plantas generadoras y el análisis del factor de planta anual en cada microcentral.

Justificación

El Plan de Desarrollo Nacional, en su objetivo número 5, menciona “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible, de manera redistribuida y solidaria”. Tomando en cuenta este objetivo, las industrias de producción eléctrica contribuyen con un porcentaje económico significativo dentro de país, por lo tanto, es importante destacar que las microcentrales precisan de la implementación de planes de mantenimiento preventivo y correctivo para evitar los problemas especificados en la descripción del problema.

Al elaborar los planes de mantenimiento, nos permite evaluar las diversas soluciones para reducir significativamente las pérdidas económicas de la empresa, siendo el principal objetivo la reducción los paros no programados, reducir costos de reparaciones oportunas e inmediatas y que también contribuyen a mejorar y extender la vida útil de los equipos y maquinarias.

Con forme a lo descrito, los beneficiarios directos es la Empresa SERMAA EP, los operadores y supervisores de las microcentrales. El beneficiario indirecto es el medio ambiente, ya que, se contribuye al uso de energía renovables, reduciendo la producción por medio de combustibles fósiles que generan las centrales térmicas y por consiguiente se reduce las emisiones de CO2 hacia la atmósfera.

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1. Plan de mantenimiento eléctrico

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas agrupados en actividades a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación (García, 2009). Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos, por lo tanto, es necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen la planta.

La información básica que debe abarcar el plan es principalmente:

- Formularios técnicos de equipos que presenten fallas
- Descripción de la tarea a realizar
- Valores de referencia en caso de realizar lectura de parámetros, mediciones y observaciones.

1.2. Aspectos importantes para elaborar un plan de mantenimiento

El especialista en mantenimiento eléctrico Santiago García expone en una de sus obras que existen al menos tres formas de elaborar un plan de mantenimiento, es decir, de determinar el conjunto de tareas preventivas a llevar a cabo en la instalación, las cuales son las siguientes:

- En base a las recomendaciones de los fabricantes
- En base a protocolos genéricos
- En base a un análisis de fallos potenciales.

Para potenciar la elaboración del plan de mantenimiento se pueden usar estas tres formas, desarrollando parcialmente en instrucciones de fabricantes, complementándolo en mayor o menor medida con protocolos genéricos y por último incorporando instrucciones derivadas de los análisis de fallos que puede sufrir la instalación (García, 2018). Dentro de dicho plan intervienen tareas que se determinan de acuerdo con la frecuencia de esta y deben ser agrupadas en fichas diarias, mensuales y anuales dependiendo de la necesidad, basado en los mencionados requisitos del plan de mantenimiento se establece el método de mantenimiento o tipo de mantenimiento.

1.2.1. Determinación de la frecuencia para llevar a cabo las tareas de mantenimiento

Existen tres formas de determinar la frecuencia para llevar a cabo una tarea de mantenimiento:

1.2.1.1. Por métodos estadísticos

Es el método más complejo y no siempre se dispone de datos suficientes para realizar un estudio estadístico adecuado. En este caso se utiliza la distribución de Weibull para fijar el momento más adecuado en que se produce la falla y llevar a cabo una tarea de mantenimiento (García, 2018).

1.2.1.2. Por modelos matemáticos

Se utiliza modelos matemáticos capaces de predecir la duración de una pieza y el momento oportuno de sustituirla antes de que se produzca un posible fallo, es considerado un método complejo debido a que un departamento de mantenimiento no siempre dispone de dichos modelos ni es capaz de desarrollarlo (García, 2018).

1.2.1.3. Basado en la experiencia de los técnicos

La frecuencia se puede fijar en base a la experiencia de los técnicos encargados de elaborar el plan de mantenimiento y el caso en que no exista la aplicación de un plan o registros de mantenimiento de los equipos, se debe ejecutar un proceso adecuado para su elaboración (García, 2018).

1.2.2. Agrupación de las tareas de mantenimiento de forma periódica

La fiabilidad y la disponibilidad de una planta industrial o de un edificio dependen no solo de su diseño y de la calidad de instalación sino también de hacer uso de mejoras técnicas que aseguren extender la vida útil de sus equipos y máquinas. Por esta razón, es necesario fijar periodos de mantenimiento adecuados a la planta, tomando en cuenta principalmente el costo de repuestos (García, 2018) y, además, que la mayor parte de tareas rutinarias que se realizan a lo largo del año son de tipo condicional, estas se basan en inspecciones, verificaciones o pruebas, y solo se actúa si se detecta algún problema. En caso de las paradas anuales y las paradas mayores se realizan tareas sistemáticas que implican desmontajes o sustitución de piezas.

Dentro de la agrupación de tareas se clasifican en:

1.2.2.1. Frecuencia diaria

Son tareas que se realizan fácilmente. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales como son los ruidos y vibraciones extrañas, control visual de fugas, mediciones tales como tomas de datos, control de determinados parámetros y también pequeños trabajos de

limpieza y/o engrase. En general, todas las tareas pueden hacerse con los equipos en marcha. Son la base de un buen mantenimiento preventivo, y permiten en buenas condiciones una planta.

1.2.2.2. Frecuencia mensual

Se realizan tareas mecánicas o eléctricas que no pueden realizarse con periodicidades mayores, entre ellos tenemos desmontajes de equipos y máquinas, paradas de equipos o tomas de datos más laboriosas, desajustes de borneras y conductores, remplazo de algún elemento.

1.2.2.3. Frecuencia trimestral

Esta frecuencia es la más utilizada para establecer la periodicidad en realizar tareas de mantenimiento predictivo. También se emplea para determinados trabajos eléctricos elementales.

1.2.2.4. Frecuencia anual

La frecuencia anual es la más utilizada para trabajos mecánicos, eléctricos y de instrumentación, debido a que se encuentra el equipo en paro por varios días, ideal para realizar cambios y mejoras significativas a una planta, tomando en cuenta que esta acción se debe ejecutar de manera minuciosa y planificada evitando perjudicar la producción y pérdidas económicas. Dicha frecuencia se divide en distribuida donde se ejecutan tareas anuales que puedan realizarse en cualquier momento del año y frecuencia anual parada donde se ejecutan tareas que deben ser realizadas exclusivamente coincidiendo con la parada anual que muchas instalaciones organizan.

1.3. Mantenimiento eléctrico

A través de los años y durante la revolución industrial, el mantenimiento eléctrico se volvió indispensable para asegurar el máximo funcionamiento de los equipos productivos, para ello, se determinaban los índices entre las horas de funcionamiento y la aparición de fallas, esto permitió realizar la reparación antes que se produzcan dicha falla y reducir el deterioro de los equipos (Boero, 2020).

En la actualidad, el mantenimiento se considera como un conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes que permiten prevenir, asegurar y prolongar la vida útil de los equipos, contribuir a mejorar la calidad del equipo y del proceso productivo, mejorar la seguridad del personal, contribuir al medio ambiente y evitar pérdidas económicas en producción (White, 2014), dicho esto, el objetivo del mantenimiento es conseguir un máximo nivel de disponibilidad de las instalaciones productivas, compatible con los niveles de calidad

exigidos, al mínimo costo, con el mayor nivel de seguridad para el personal y con una mínima degradación del medio ambiente (Boero, 2020).

Para conseguir este objetivo, las empresas deben entrenar y capacitar de forma constante a los operadores técnicos de mantenimiento con el fin de poseer los conocimientos necesarios y asegurar el buen funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones dando inicio a la eficiencia y calidad del proceso productivo (Zubiaurre, 2016). Dicho esto, los operadores se encargan de realizar funciones de mantenimiento primarias y secundarias, ente las primarias se realiza principalmente mantener, reparar y revisar los equipos, modificar, instalar, remover equipos defectuosos, desarrollar programas de mantenimiento, seleccionar y capacitar al personal. Las funciones secundarias se basan en asesorar la compra de los nuevos equipos, hacer pedidos de repuestos y herramientas, mantener los equipos de seguridad, sistemas de protección y llevar la contabilidad e inventario de los equipos (García, 2010).

1.4. Tipos de mantenimiento

Una eficiente planificación y organización dentro de una empresa conlleva a que el trabajo e inversión realizada cumpla la finalidad de optimizar procesos técnicos asegurando su continuo funcionamiento. Para lograr este objetivo, se toma en cuenta el ambiente laboral en el que se trabaja y los equipos, máquinas y herramientas a ser utilizadas. Por ello, se deducen condiciones de operatividad como es la probabilidad de funcionamiento, tiempo previsible de degradación y condiciones operativas como son la temperatura, humedad, vibraciones, entre otros factores (Calloni, 2002). De acuerdo con esto, se toman decisiones de cómo se va a mantener dichos equipos, por lo cual, se describe una clasificación basada en un enfoque de metodología o planteamientos, entre ellos existen siete tipos de mantenimiento que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas a cumplirse.

1.4.1. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación antes de producirse el fallo (García A. , 2020). Mediante una planificación se puede adelantar a la falla y realizar una intervención sin sustituir piezas en buen estado constatando previamente a su degradación (Nieto, 2013).

1.4.2. Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas corregir los defectos que se van presentando en los equipos (García, 2010), es un mantenimiento simple e inevitable que consiste en reparar la rotura producida, es aplicable a equipamiento que permite la interrupción operativa en

cualquier momento, sin importar el tiempo de interrupción y sin afectar la seguridad de personal o bienes (Calloni, 2002) .

1.4.3. Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento está basado en prever los fallos y desgastes de los equipos de forma periódica, se realizan acciones de manera proactiva para prevenir dichas averías (Cabello, 2019). Consiste en tener un programa de acción por falta de fiabilidad ocasional para un equipo determinado y en la oportunidad de detención, es aplicable para componentes que exigen larga vida útil (Calloni, 2002).

1.4.4. Mantenimiento Overhaul

Es el conjunto de tareas cuya finalidad es revisar los equipos a intervalos programados antes que se haya producido el fallo o cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido considerablemente (Diez, 2019). Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas tareas se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste, esto permite asegurar con gran probabilidad un tiempo extenso de buen funcionamiento (Casas, 2019).

1.4.5. Mantenimiento Rutinario

Es un tipo de mantenimiento basado en actividades periódicas con el propósito de mantener la limpieza, lubricación, calibración y/o sustitución de complementos usando piezas del mismo tamaño y tipo, de modo que no suponen cambios en el funcionamiento del sistema. El personal que lo practica no requiere de mucha especialización técnica, pero informa novedades de cualquier tipo (Calloni, 2002).

1.4.6. Mantenimiento Programado

Es el conjunto de tareas de mantenimiento que tienen por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las revisiones e intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Con estas intervenciones se pretende asegurar el buen funcionamiento por un tiempo prolongado y que la máquina no tenga que ser detenida en momento que se la requiere en producción. En las intervenciones se debe sustituir o reparar los elementos de baja fiabilidad. Para implantar este sistema de mantenimiento es necesario un estudio detallado de los equipos para poder fijar la frecuencia de las intervenciones. (Boero, 2020)

1.4.7. Mantenimiento Productivo Total

Este mantenimiento es más reciente que los anteriores, se basa en la implicación de todo el personal en el mantenimiento de diferentes maneras de acuerdo con las funciones que a cada persona le corresponde (Nieto, 2013). Se considera como estrategia, ya que ayuda a

crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos (Gómez, 2018).

1.5. Gestión del mantenimiento

La gestión integral de mantenimiento se considera como uno de los aspectos estratégicos que debe definir la alta dirección, ya que influye en el desarrollo de la empresa, por medio de una serie de objetivos prioritarios y responsabilidades cuyo objetivo es lograr competitividad organizacional (Méndez, 2011).

1.5.1. Etapas de gestión del mantenimiento

Según el estudio de Pablo Viveros y sus colaboradores proponen siete etapas para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento en una organización, de las cuales se describen a continuación:

Etapas 1: Análisis de la situación actual.

Se realiza en organizaciones o plantas que disponen de métodos más o menos definidos de gestión o en casos donde no se cuente con ningún método o procedimiento destinado a mantenimiento (Ponce, 2016).

La gestión del mantenimiento debe conseguir alinear todas las actividades de mantenimiento con la estrategia definida a nivel estratégico, táctico y operativo. La elaboración de la estrategia debe ir de acuerdo con los objetivos. Las acciones a nivel táctico determinarán la correcta asignación de los recursos (habilidades, materiales, equipos de pruebas y medida, etc.) y las acciones a nivel operativo deben asegurar que las tareas de mantenimiento se llevan a cabo adecuadamente por los técnicos seleccionados (Viveros, 2013).

Etapas 2: Jerarquización de equipos

En esta etapa se realiza una discretización de los activos fijos basados en su criticidad, es decir, se realiza una jerarquización de los activos físicos de la planta en función de su criticidad (equipos críticos, semicríticos y no críticos) de acuerdo al impacto en el sistema productivo global y seguridad del sistema (Ponce, 2016).

Este análisis permite generar una estructura para la toma de decisiones acertadas y efectivas definiendo las prioridades de los sistemas o equipos según el parámetro del valor conocido como criticidad que es proporcional al riesgo.

Etapa 3: Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto

En esta etapa se realiza una inspección técnica-visual a detalle de todos los equipos clasificados como críticos para la planta. Los equipos semicríticos serán inspeccionados ligeramente, con un menor nivel de detalle mientras que a los activos no críticos no será estrictamente necesario asignarles recursos de inspección dado que su impacto en el sistema, en caso de falla, no es significativo y, por tanto, a los equipos no críticos se les permitirá operar hasta que tenga lugar la falla (Viveros, 2013).

Etapa 4. Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios

El diseño de los planes de mantenimiento consiste en la programación de tareas y actividades que permita optimizar la asignación de recursos, así como minimizar el impacto en la producción. Para esto es importante conocer las funciones de los equipos en su contexto operacional y cuáles serían sus posibles fallas, de ser el caso se analizan la raíz de las fallas identificadas y finalmente se evalúa las consecuencias de cada falla (Ponce, 2016).

Etapa 5. Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos

En esta etapa se debe realizar una programación detallada de todas las tareas y actividades de mantenimiento, considerando para ello las necesidades de producción en la escala temporal y el coste durante la ejecución de las tareas. La programación de las actividades de mantenimiento pretende optimizar la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como minimizar el impacto en la producción. La programación del mantenimiento debe efectuarse a corto (< 1 año), medio (1-5 años) y largo plazo (> 5 años) (Viveros, 2013).

Etapa 6. Evaluación y control de la ejecución del mantenimiento

La ejecución de las actividades de mantenimiento debe ser evaluada y controladas por la organización. El control de la ejecución permite realimentar y optimizar el diseño de los planes de mantenimiento mejorando de este modo su eficacia y eficiencia (Viveros, 2013).

Etapa 7. Análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos

Mediante un análisis de costo de ciclo de vida se determina el costo de un activo durante su vida útil. El análisis de un activo típico podría incluir costos de planificación, investigación y desarrollo, producción, operación, mantenimiento y retirada del equipo.

Los costos de adquisición del equipo incluyen investigación, diseño, prueba, producción y construcción, sin embargo, el análisis de costos de ciclo de vida depende de valores derivados de la fiabilidad como es el análisis de la tasa de fallas, costo de las piezas de

recambio, de los tiempos de reparación, de los costos de los componentes, entre otros, esto permite a la gerencia desarrollar predicciones con mayor precisión (Viveros, 2013).

1.6. Gestión de equipos

El trabajo previo que se debe realizar antes de elaborar el plan y ejecución del mantenimiento es estudiar cada uno de los equipos que constituye la planta y la función dentro de la misma, esto con el propósito de elaborar un inventario de equipos y materiales para posteriormente tener acceso a los repuestos indicados (García , 2010). A continuación, se describe los pasos necesarios para su gestión.

1.6.1. Lista de equipos

Para elaborar una lista de equipos se recomienda hacerlo en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes. Para facilitar este trabajo se debe identificar la jerarquía o áreas funcionales de la planta (García , 2010).

1.6.2. Codificación de equipos

Una vez realizada la lista de equipos se procede a identificar cada uno de ellos con un código único, esto facilitara su localización, su referencia en ordenes de trabajo, en planos, en registros históricos de fallos e intervenciones y control de costos.

Existen normas que permiten realizar esta labor de manera eficiente como es la aplicación de la norma ISO 14224, dicha norma define la taxonomía como la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos genéricos basada en sus características comunes y la subdivisión de equipos (Campos, 2018). En la Fig.1 se observa la taxonomía para codificar equipos.

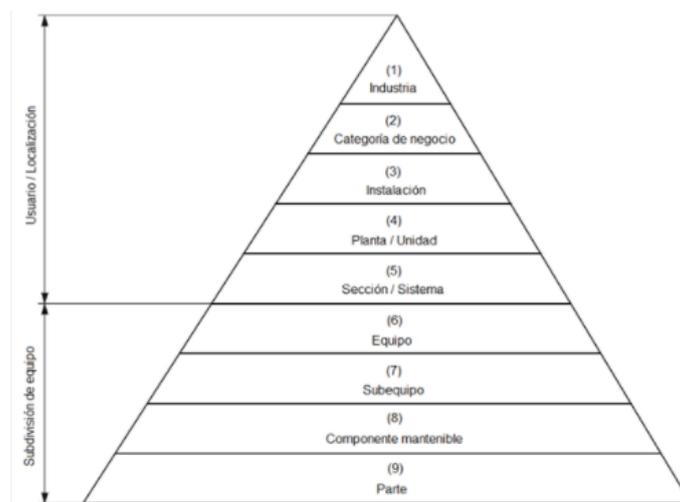


Fig. 1 Taxonomía norma ISO 14224
Fuente: (Campos, 2018)

1.6.3. Repuestos

El propósito del departamento de mantenimiento es garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos, disminuyendo los tiempos de parada por falla y hasta los de parada por mantenimiento planificado permitiendo una mayor disponibilidad de equipos y máquinas, por ello es necesario mantener un stock de repuestos (Méndez, 2011).

1.6.3.1. Clasificación de los repuestos

Los repuestos deben ser agrupados en función de:

a. Responsabilidad dentro del equipo

Se divide en 6 categorías:

- **Piezas sometidas a desgaste.** - Son aquellos elementos que unen piezas fijas y móviles, también son aquellas partes que están en contacto con fluidos, como cojinetes, casquillos, entre otros.
- **Consumibles.** – Son aquellos elementos de duración inferior a un año (8 000 horas de uso), son de bajo costo y fácil sustitución. Su falla y la falta de atención puede provocar graves averías, tales como filtros, lubricantes de todo tipo, discos de ruptura, material de limpieza, consumibles de taller, escobillas de motores.
- **Elementos de regulación y mando mecánico.** – Son elementos que controlan los procesos y funcionamiento de las instalaciones, entre ellos tenemos válvulas, cigüeñales, muelles, etc.
- **Piezas móviles.** – Son elementos destinados a transmitir movimiento como engranajes, correas, ejes, reductores, etc.
- **Componentes electrónicos.** – Su falla habitual es por calentamiento, cortocircuito o sobretensión, se producen al someter al equipo a condiciones diferentes para los que fue diseñados.
- **Piezas estructurales.** – Son elementos que difícilmente fallan al estar trabajando por muy debajo de sus capacidades como los bastidores, soportes, etc.

b. Necesidad de stock en la planta

Se divide en 3 categorías:

- **Repuesto A.** – Piezas que es necesario mantener en stock en planta.
- **Repuesto B.** – Piezas que es necesario tener localizadas con proveedor y plazo de entrega.
- **Repuesto C.** – Piezas que no es necesario proveer, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta.

1.6.4. Equipos y herramientas

Es necesario el uso de instrumentos eléctricos de medición ya que con ellos se miden e indican magnitudes eléctricas, como corriente, carga, potencial y energía, o las características eléctricas de los circuitos, como la resistencia, la capacidad, la capacitancia y la inductancia. Además, que permiten localizar las causas de una operación defectuosa en aparatos eléctricos ya que en algunos equipos no es posible apreciar su funcionamiento en una forma visual, como en el caso de un transformador eléctrico (FLUKE, 2021). La información que suministran los instrumentos de medición eléctrica se da normalmente en una unidad eléctrica estándar: ohmios, voltios, amperios, culombios, henrios, faradios, vatios o julios.

Las herramientas y equipos de medición para el mantenimiento de las microcentrales se enfoca en los generadores eléctricos, excitatriz, tableros de control y transformadores siendo los principales (FLUKE, 2021):

- **Medidor de aislamiento**

Se utiliza en los motores y generadores eléctricos para saber la calidad del aislante. Hay dos o tres modelos. Los de 200, los de 500 los de 1000 voltios. Es decir, generan ese voltaje para aplicarlo entre una fase y tierra o carcasa, también se debe medir entre las fases para baja tensión.

Al conectarse entre fase y masa debe dar valores mínimos de 1000 ohm*V aproximadamente, es decir para un motor de 440 voltios debe tener un mínimo de 440.000 ohm de aislamiento. Si se encuentra el nivel de aislamiento bajo el valor mínimo, se procede a desarmar, limpiar, hornear tu bobinado y finalmente rebarnizar, para posteriormente volver a realizar la medición. Si la medición se aproxima a cero, es una de las posibles fallas del bobinado y esté presente una fuga a masa.

- **Pinza amperimétrica**

Es un instrumento de medición de corriente eléctrica que permite medirla sin abrir el circuito. Cuentan con un gancho que permite atrapar al conductor donde se requiere medir la corriente. Mostrándose el valor de la medición en un display, para una medición correcta solo se debe medir un conductor a la vez.

- **Multímetro**

Es un aparato que permite efectuar mediciones de los parámetros eléctricos más importantes de un circuito eléctrico, tales como corriente (A), voltaje (V) o resistencia (ohmios), frecuencia (Hz), temperatura (°C), continuidad, entre otros.

- **Cámaras termográficas**

Es un equipo de alta prioridad en mantenimiento, también llamada cámara térmica y cámara de infrarrojos, es un dispositivo que recoge la radiación infrarroja emitida por los cuerpos y, a partir de ella, es capaz de generar una imagen térmica del objeto a medir.

- **Medidores de tierra**

Se utiliza para medir la resistencia de la conexión a tierra de una instalación, es una medición muy importante pues una conexión defectuosa puede exponernos a una descarga eléctrica peligrosa.

- **Analizador de red**

Son equipos multifunción, se realizan mediciones de potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia, consumo, tensiones y corrientes en el punto que se requiere controlar. En referencia al análisis de calidad de la energía, estos equipos ofrecen medidas de armónicos, interarmónicos, flicker, huecos de tensión, transitorios, desequilibrios entre fases.

- **Medidor de vibraciones**

Es una herramienta que permite comprobar de forma rápida las vibraciones en piezas, máquinas o instalaciones. Este medidor de vibraciones indica en pantalla los valores de aceleración, velocidad y desplazamiento.

1.7. Centrales hidroeléctricas

Las primeras centrales de generación de energía eléctrica fueron hidroeléctricas de baja potencia con generadores de corriente continua que posteriormente se incrementó la potencia y la capacidad de transmisión al utilizar generadores de corriente alterna, al tener altos resultados económicos, estas se interconectaron entre si formando un solo sistema de transmisión nacional, sin embargo, dicho monopolio tuvo ineficiencia técnicas y económicas, razón por la cual el estado dejó de vender el servicio y cambio a un esquema de un mercado regulado en donde la generación con fuentes renovables se consideró importante frente a la generación con combustibles fósiles (Ortiz, 2011).

En estos últimos años la generación hidroeléctrica ha representado una de las más grandes fuentes renovables a nivel mundial, cuya potencia instalada supera los 1.000 GW y la producción en 2014 alcanzó los 1.437 TWh, que suponían el 14% de la producción mundial de electricidad según los datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE), según las

previsiones de la AIE, la energía hidroeléctrica seguirá creciendo a un ritmo importante hasta doblar su potencia actual y superar los 2.000 GW de potencia instalada en 2050.

Las centrales hidroeléctricas aportan un porcentaje significativo a la producción de energía en el Ecuador, cumpliendo un papel fundamental en el desarrollo y crecimiento del país, esto se debe a la flexibilidad de operación, adaptación a las variaciones de demanda y a la reducción de daño ambiental.

Una central hidroeléctrica está compuesta por el conjunto de equipos electromecánicos necesarios para convertir la energía potencial hídrica a energía eléctrica, su tiempo de acción es a todas horas, la energía eléctrica disponible es proporcional a la altura del caudal de agua y depende del sistema de generación instalada (Fernández, 2012).

1.8. Clasificación de las centrales hidroeléctricas de acuerdo con la capacidad instalada

Para el aprovechamiento de los recursos hídricos, con propósitos de generación eléctrica, se debe tener en cuenta la demanda eléctrica y su proyección en el tiempo, programando su crecimiento, las necesidades económicas y el desarrollo de cada país, así como el mercado eléctrico planificado, ya sea para consumo propio o para exportación. Por lo tanto, el análisis costo beneficio en la expansión debe estar muy bien sustentado en cuanto a la inversión en proyectos hidroeléctricos de acuerdo con la demanda que se necesita abastecer, en la tabla 1 se muestra la capacidad de generación en Ecuador (CONELEC, 2013) .

*Tabla 1
Tipos de centrales de acuerdo con la capacidad*

CENTRAL HIDROELÉCTRICAS	CAPACIDAD
Grandes	Mayor a 50 MW
Medianas	Mayor a 10 MW hasta 50 MW
Pequeñas	Desde 1 MW hasta 10 MW
Mini	Mayor a 100 kW menor a 1000 kW
Micro	Desde 5 kW hasta 100 kW
Pico	Menores a 5 kW

Fuente: Norma GPE INEN 59:2012 GUIA DE PRÁCTICA ECUATORIANA

1.9. Clasificación de las centrales hidroeléctricas de acuerdo con la captación de agua.

Las centrales hidroeléctricas se dividen en tres categorías, según el tipo de sistema que se utilice, a continuación, se describen las siguientes:

1.9.1. Centrales de agua fluyente

Se utiliza la velocidad del caudal natural de un río situado en dos niveles diferentes. El agua se transporta a través de un túnel de derivación sin la ayuda de tuberías forzadas y llega hasta las turbinas. La potencia de la central depende principalmente de la velocidad del agua que pasa de un nivel a otro (López, 2018).

Dependiendo del emplazamiento donde se sitúe la central será necesaria la construcción de todos o sólo algunos de los siguientes elementos:

- Azud
- Toma
- Canal de derivación
- Cámara de carga
- Tubería forzada
- Edificio central y equipamiento electromecánico
- Canal de descarga
- Subestación y línea eléctrica

La característica común a todas las centrales de agua fluyente es que dependen directamente de la hidrología, ya que no tienen capacidad de regulación del caudal turbinado y éste es muy variable. Estas centrales cuentan con un salto útil prácticamente constante y su potencia depende directamente del caudal que pasa por el río (Castro, 2006).

1.9.2. Centrales de embalse

Se utiliza un embalse aguas arriba construido en el cauce del río para almacenar las aportaciones de este. La característica principal de este tipo de instalaciones es que cuentan con la capacidad de regulación de los caudales de salida del agua, que será turbinada en los momentos que se precise. Esta capacidad de controlar el volumen de producción se emplea para proporcionar energía durante las horas punta de consumo (Castro, 2006).

Las obras e instalaciones necesarias para construir una minicentral al pie de una presa que ya existe son:

- Adaptación o construcción de las conducciones de la presa a la minicentral.
- Toma de agua con compuerta y reja.

- Tubería forzada hasta la central.
- Edificio central y equipamiento electromecánico.
- Subestación y línea eléctrica

1.9.3. Centrales de bombeo

La captación de agua está construida de tal manera que forma dos embalses situados a diferente nivel, uno al pie de la central y el otro a una altura superior, que puede ser natural o artificial. Durante las horas o momentos de menor demanda de energía, el agua se bombea desde el embalse inferior hasta el embalse superior mediante una estación de bombeo (López, 2018).

Las obras que hay que realizar en estos tipos de centrales son las siguientes:

- Toma en el canal, con un embalse superior.
- Conjunto de tuberías forzadas.
- Chimenea de equilibrio.
- Tubería forzada
- Embalse inferior o contra embalse
- Central de máquinas de generación
- Subestación y línea eléctrica.

1.10. Componentes de las micro centrales hidroeléctricas

La obra civil engloba las infraestructuras e instalaciones necesarias para derivar, conducir y restituir el agua turbinada, así como para albergar los equipos electromecánicos y el sistema eléctrico general y de control.

La construcción de una mini o micro central hidroeléctrica son muy reducidos en comparación con las grandes centrales hidroeléctricas (Castro, 2006), por ello la obra civil se compone de las siguientes partes y elementos:

1.10.1. Obra de captación

1.10.1.1. Bocatoma, azudes y presas

La obra que se lleva a cabo para provocar una retención en el cauce de un río puede ser de tres tipos:

- **Bocatoma.** - Su función es regular y captar el caudal de agua, para la producción de energía, ya sea mecánica o eléctrica. Las bocatomas permiten tomar el agua de los ríos y conducirla aprovechando la fuerza de la gravedad ((SG-SICA), 2014).
- **Azud.** - Muro transversal al curso del río, de poca altura, que provoca un remanso de agua sin producir una elevación notable del nivel. Su objetivo es desviar parte

del caudal del río hacia la toma de la central. Aquella parte que no es derivada vierte por el aliviadero y sigue su curso normal por el río (Castro, 2006).

- **Presa.** - En este caso el muro que retiene el agua tiene una altura considerable y provoca una elevación notoria del nivel del río mediante la creación de un embalse. En función del tamaño de éste se podrán regular las aportaciones.

1.10.1.2. Aliviaderos, compuertas y válvulas

Todas las centrales hidroeléctricas disponen de dispositivos que permiten el paso del agua desde el embalse hasta el cauce del río, aguas abajo, para evitar el peligro que podrían ocasionar las avenidas. Éstas pueden provocar una subida del nivel del agua en el embalse que sobrepase el máximo permitido. Por este motivo es necesario poder evacuar el agua sobrante sin necesidad de que pase por la central. Las compuertas y válvulas son aquellos elementos que permiten regular y controlar los niveles del embalse (Castro, 2006).

1.10.1.3. Toma de agua

Es el área de la obra donde se recoge el agua requerida para el accionar de las turbinas. Posee unas rejillas metálicas que impiden que los troncos, ramas y demás desechos. puedan llegar a los álabes y producir desperfectos. Las torres de toma son estructuras colocadas hacia el interior del embalse cuya función es tomar el agua. (EPEC, 2018)

1.10.1.4. Canal de conducción

Según el tipo de mini o mico central que se desee construir, se necesita una red mayor o menor de conducciones. Las instalaciones situadas a pie de presa no tienen cámara de carga, es el propio embalse; al contrario que las centrales en derivación donde el agua tiene que hacer un recorrido más largo inicia desde la toma a la cámara de carga y después hasta la turbina (EPEC, 2018).

El primer tramo que recorre el agua se realiza a través de canales, túneles o tuberías. En el segundo tramo hasta la turbina, se utilizan siempre tuberías. Los canales que transportan el agua de la toma a la cámara de carga pueden realizarse a cielo abierto, enterrados o en conducción a presión (Castro, 2006).

1.10.1.5. Desarenador

El agua captada del río a través de la bocatoma, azud o presa es conducida por el canal de conducción, transporta pequeñas partículas de materia sólida en suspensión compuestas de materiales abrasivos, como arena, que ocasionan el rápido desgaste de los álabes de la turbina y también el material de la tubería de presión por efecto de la fricción ((SG-SICA), 2014).

1.10.1.6. Cámara de carga

La cámara de carga es un depósito localizado al final del canal del cual arranca la tubería forzada. En algunos casos se utiliza como depósito final de regulación, tiene solo capacidad para suministrar el volumen necesario para el arranque de la turbina sin intermitencias (Castro, 2006). La cámara de carga cumple funciones de amortiguación para evitar sobrepresiones en la conducción forzada ((SG-SICA), 2014)

1.10.2. Obra de conducción

En la obra de conducción del recurso hídrico se realiza la construcción civil de:

Tubería forzada o de presión

Es la tubería que se encarga de llevar el agua desde la cámara de carga hasta la turbina. Debe estar preparada para soportar la presión que produce la columna de agua, además de la sobrepresión que provoca el golpe de ariete en caso de parada brusca de la mini o micro central (Castro, 2006).

Los principales componentes de una tubería de presión son los siguientes:

- Alojamiento de compuerta
- Venteo
- Apoyos
- Uniones
- Anclajes
- Válvula de purga

1.10.3. Edificio de la central o casa de máquinas

La ubicación del edificio debe analizarse detenidamente, considerando los estudios topográficos, geológicos, geotécnicos, y la accesibilidad al mismo. Independientemente del lugar donde se ubique, el edificio contará con las conducciones necesarias para que el agua llegue hasta la turbina con las menores pérdidas de carga posibles. Además, hay que realizar el desagüe hacia el canal de descarga (Castro, 2006). Dentro de la casa de máquinas se encuentra los equipos electromecánicos tales como:

1.10.3.1. Elementos de cierre y regulación

En caso de parada de la central es imprescindible la existencia de dispositivos que aislen la turbina u otros órganos de funcionamiento (Castro, 2006). Dichos equipos son los siguientes:

- **Ataguías.** - Se emplean para cerrar el acceso de agua a la toma cuando es necesario realizar una limpieza de la instalación o reparaciones en las conducciones.
- **Compuertas.** - En las centrales de pequeño salto se suelen emplear las compuertas verticales, que cortan el paso del agua a la minicentral, donde se encuentra la turbina.
- **Válvulas.** - Pueden ser de compuerta, de mariposa o esférica. Las válvulas ofrecen una mayor fiabilidad que las compuertas, pero producen mayores pérdidas de carga y se utilizan principalmente en centrales donde el salto es considerable.

1.10.3.2. Equipamiento electromecánico

Los equipos instalados dentro de este punto son:

- **Turbinas.** – La turbina hidráulica es el elemento clave para la generación, aprovecha la energía cinética y potencial que contiene el agua, transformándola en un movimiento de rotación, que transferido mediante un eje al generador produce energía eléctrica (Castro, 2006).
- **Regulador de velocidad.** - Existen reguladores de velocidad mecánicos y electrónicos. Los equipos mecánicos no tienen la capacidad de regular con precisión ya que su funcionamiento se basa en el proceso de carga y descarga de agua mediante una aguja inyectora. Los reguladores de velocidad de tecnología electrónica permiten alcanzar una gran precisión en la regulación (Carrera, 2017).

1.10.3.3. Generadores eléctricos

Son los de mayor aplicación en las mini y micro centrales hidroeléctricas. Pueden ser de ejes horizontales o verticales. Es una máquina que transforma la energía mecánica de rotación de la turbina en energía eléctrica. El generador basa su funcionamiento en la inducción electromagnética. El generador está compuesto de dos partes fundamentales: rotor o inductor móvil, su función es generar un campo magnético variable al girar arrastrado por la turbina y el estátor o inducido fijo genera la corriente eléctrica aprovechable (Castro, 2006).

1.10.3.4. Excitatriz

Los grupos electrógenos usan sistemas de excitación a base de pequeños generadores de corriente directa acoplados directamente al eje del generador, este sistema de corriente directa en realidad genera corriente alterna y la rectifica por medio de un conmutador sobre el que se deslizan las escobillas (Kosow, 2020) .

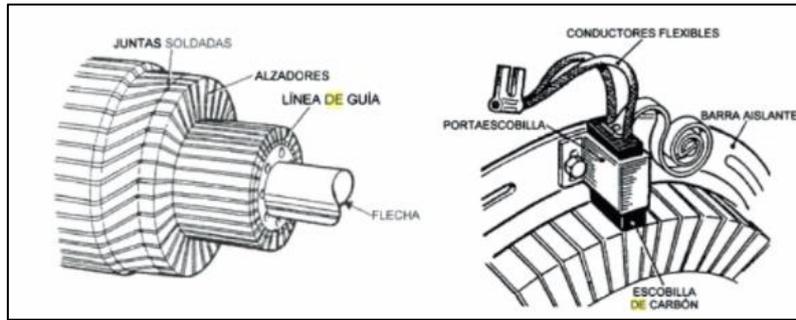


Fig. 2 Partes del conmutador y montaje de porta escobillas
Fuente: (Kosow, 2020)

1.10.3.5. Elementos de regulación y tableros de control

En el tablero de control se encuentran los instrumentos de control y protección como: voltímetro, amperímetro, medidor de frecuencia y medidor de potencia y energía, relés y anunciadores ((SG-SICA), 2014).

Los principales equipos de control, sistemas de supervisión y mando para una minicentral hidroeléctrica son (Castro, 2006):

Para el control de la turbina:

- Regulador de velocidad en instalaciones con grupos síncronos.
- Reguladores de nivel para centrales con grupos asíncronos conectados a la red.
- Regulador de potencia generada para centrales en red aislada.
- Regulador de caudal turbinado.

Para el control del generador:

- Regulador de voltaje para grupos síncronos.
- Equipo de sincronización, cuando existen grupos síncronos funcionando conectados a la red.

Protecciones del sistema mecánico

- Embalsamiento de turbina y generador.
- Temperatura de eje y cojinetes.
- Nivel de circulación del fluido de refrigeración.
- Temperatura de aceite del multiplicador de velocidad.
- Nivel mínimo hidráulico.
- Desconexión de la bomba del aceite de regulación.

Protecciones del sistema eléctrico del generador y transformador

- Intensidad máxima.
- Retorno de potencia (máxima admitida 5% de la nominal).
- Calentamiento del generador y/o del transformador.
- Derivación en el estátor.
- Producción de gases en el transformador (Buchholz).
- Nivel de tensión (entre el 85 y el 100% de la tensión nominal).
- Nivel de frecuencia 60Hz.

Protecciones de la línea de media tensión

- Derivación de una fase de tierra.
- Cortocircuito o inversión de fases.
- Sobreintensidad.
- Red de tierra, para limitar la tensión con respecto al terreno.

1.10.3.6. Equipamiento general y línea

Los equipos eléctricos necesarios para el sistema de transmisión son:

- Disyuntores y seccionadores, que se emplean para la conexión y desconexión a la red.
- Transformadores de medida, tanto de tensión como de intensidad, que facilitan los valores instantáneos de estas magnitudes en diversas partes de la instalación.
- Transformadores de equipos auxiliares, que suministran la tensión adecuada para el correcto funcionamiento de los equipos.
- Pararrayos o autoválvulas, que actúan como descargadores a tierra de las sobreintensidades que se producen.

1.11. Sistema de puesta a tierra en microcentrales hidroeléctricas

Los sistemas de puesta a tierra constituyen un camino de circulación para las corrientes de falla a tierra, ya que se diseñan con el fin de conectar con el punto común de la conexión en estrella de los generadores. Su diseño varía de acuerdo con el tamaño de la instalación, a la criticidad y complejidad de esta (Cordeiro, 2016).

La aplicación de un sistema de puesta a tierra en microcentrales hidroeléctricas debe estar integrado en los diseños y análisis de construcción e implementación de las obras, principalmente en el edificio de máquinas. La instalación está formada por varios sistemas eléctricos, en cada uno de ellos se pueden presentar distintas fallas, pero solo algunas de

estas implican dispersar corrientes por el sistema de puesta a tierra (Moreno, 2007), entre las fallas más frecuentes se encuentran las siguientes:

- En sistemas de 13.8 kV de generación, se producen corrientes de falla a tierra en cualquier punto con conexión directa al neutro a través de los caminos metálicos.
- Sistema de alta tensión (138 o 230 kV) formado por una o dos líneas.
- Corriente de cortocircuito que deben ser dispersadas a tierra.

Los aspectos a considerar para la puesta a tierra son dos, resistencias y las tensiones de paso y contacto, estos dependen directamente de la resistividad del terreno. En el valor de la resistividad uno de los parámetros relevantes es la geología del suelo el que permite determinar un modelo de cálculo (Moreno, 2007).

CAPÍTULO 2

Desarrollo

2.1. Información general de la Microcentral Hidroeléctrica “Municipal Atuntaqui”

2.1.1. Introducción

La microcentral hidroeléctrica es clasificada como autoproductora, cuya capacidad instalada es de 400 kW con un factor de potencia de 0.8, esta central cubre la demanda de entidades públicas como el Municipio de Antonio Ante, la empresa pública de servicios municipales SERMAA EP, entre otras, en pocas ocasiones la energía sobrante es vendida a empresa distribuidora EMERLNORTE S.A.

Esta central está constituida por dos unidades de generación, cada una con una capacidad de 200 kW, lo que corresponde a una producción de energía sin interrupciones de 3.5 MWh/año.

Las precipitaciones de lluvia se presentan con mayor intensidad en dos intervalos de tiempo durante el año siendo la mayor la que se encuentra comprendida entre febrero y mayo, con un máximo en abril, la otra se presenta entre octubre y diciembre.

2.1.2. Estudio de hidrología caudal

La fuente hídrica del proyecto es en el río Ambi, afluente principal del río Mira. La cuenca hidrográfica del río Ambi hasta el sitio de captación cuenta con una cota aproximada de 2 265 msnm y tiene un área de 414,75 km². Dando como resultado un estudio de caudal para la microcentral cuyo valor es de 3.08 m³/s, el cual satisface los requerimientos de las turbinas Francis existentes que se encuentra en 1m³/s para tener un rendimiento del 90%. (SERMAA, s.f)

2.1.3. Plano arquitectónico

En la figura 3 se muestra el plano arquitectónico de la microcentral “Municipal Atuntaqui”, se detalla las obras de captación, conducción y casa de máquinas que corresponde a su diseño. Para apreciar mejor su diseño ver el Anexo 1.

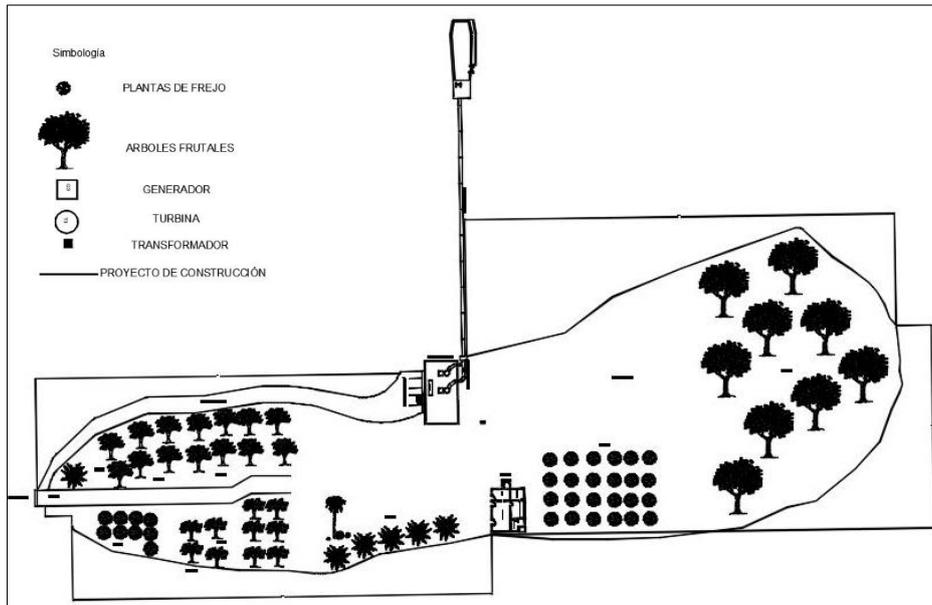


Fig. 3 Plano arquitectónico
Fuente: Propia del autor, 2021

2.1.4. Ubicación geográfica

La Micro Central Hidroeléctrica Municipal de Atuntaqui, ubicada en el sector denominado Ontañón junto al río Ambi, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura. El camino de acceso a la Central se deriva del camino que va desde Atuntaqui hacia Imantag, a la altura del km 1 a mano izquierda, cruzando la quebrada de Ontañón. Es un camino de tercer orden de 4 m de ancho, lastrado y de una longitud de 3 km hasta llegar a la Casa de Máquinas.

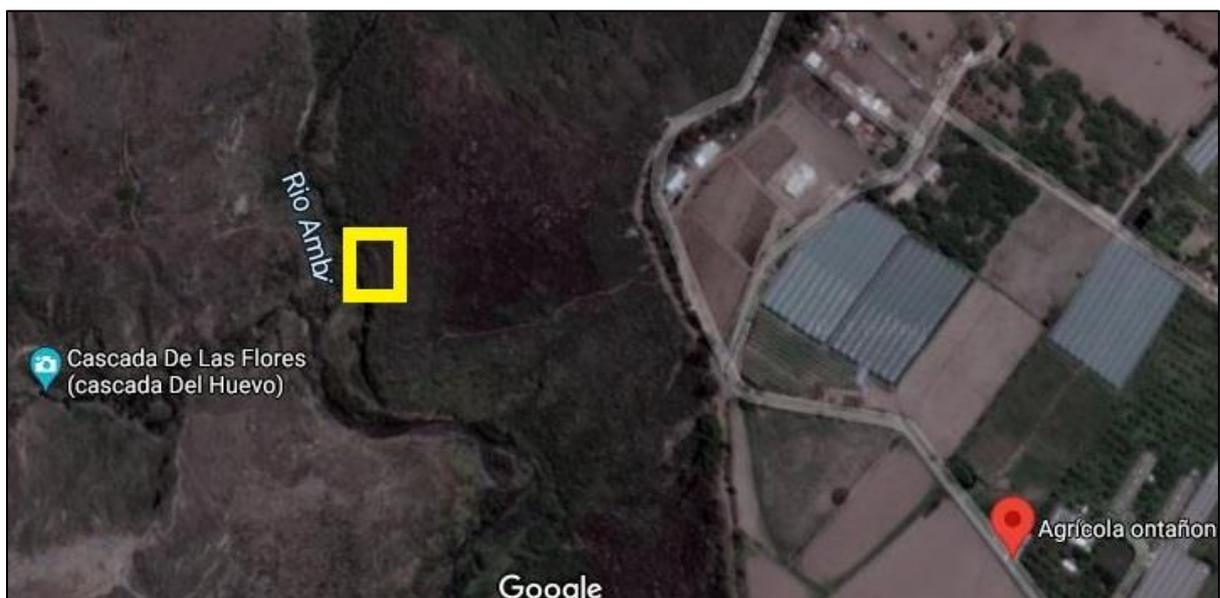


Fig. 4 Ubicación geográfica Microcentral Atuntaqui
Fuente: Google Maps 2021

2.1.5. Descripción de la Microcentral Municipal Atuntaqui

El funcionamiento de la central cuenta con las siguientes obras, las cuales se describen a continuación.

2.1.5.1. Obra de captación

Esta obra parte desde el dique de captación de las aguas hasta la casa de máquinas, con una distancia aproximadamente a 1,5 km, a continuación, se describe las siguientes partes (SERMAA, s.f):

- **Bocatoma.** – Se encuentra ubicada en la orilla derecha del río y consta de dos tramos de 2,4 m por 0,9 m, con rejilla de 10 cm de lado para evitar el ingreso de desechos sólidos hacia el desarenador, no presenta daños a pesar de que su construcción se inició en 1957.



Fig. 5 Bocatoma
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **Azud de derivación.** – Es de tipo KRAEGER con una longitud de 15 m y una altura de 3,5 m desde el cauce del río hasta su máxima altura. La presa de derivación está diseñada para evacuar un caudal de crecida de 200 m³/s.
- **Cimentación.** – Es una protección contra la erosión de suelo-cemento, que 15 m de ancho, 15 m de largo.
- **Compuerta de limpieza.** – Es de tipo cremallera, ubicada en la orilla derecha de 2 m de frente por 2,2 de alto, sirve para desalojar el material sólido que se arrastra en las crecidas.



Fig. 6 Compuerta de limpieza
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **Desarenador de doble vía.** – Su función es disminuir la velocidad del agua a fin de que se estanquen las partículas finas de 0,25 mm o mayores y no lleguen a las turbinas. Está conformado por 2 cámaras de lavado intermitente cada una de las cuales se controla a través de una compuerta de lavado, que al ser levantada envía el agua de regreso al río.



Fig. 7 Desarenador
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **Canal de conducción.** - Las obras de conducción están dadas por 3 canales abiertos con una longitud de 600 m y por 3 tramos de túnel de 900 m, dando una longitud total de 1,5 km desde el tanque de presión hasta los canales y túneles de alta presión. El primer tramo es un túnel de 200 m de longitud de una sección de 2,5 de ancho y 2 m de altura. El segundo, tercer, cuarto y quinto tramo son canales abiertos de 100 m de longitud. El último tramo es un canal abierto de 300 m que desemboca en la cámara de presión y con un vertedero hacia el río.



Fig. 8 Canales y túneles de conducción de agua
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **Cámara de carga.** – Es un vertedero de excesos y una compuerta de lavado del tanque, consta de dos cámaras de 15 m de lado por 4 m de profundidad y de un volumen aproximado de 220 m³. La una cámara alimenta directamente la tubería de presión existente y la otra puede dar cabida a una segunda tubería de presión.



Fig. 9 Cámara de carga
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

2.1.5.2. *Obra de conducción*

Tubería de presión. - La tubería de presión está conformada por una tubería de acero de 720 mm de diámetro, La tubería de presión esta soportada en 10 apoyos de hormigón armado constituido por 4 bloques de anclaje. La tubería de presión se deriva para alimentar las dos unidades de generación de 200 kW cada una, a través de las válvulas de admisión.



Fig. 10 Tubería de presión
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

2.1.5.3. *Casa de máquinas*

La casa de máquinas es una construcción de vigas de hormigón y mampostería de ladrillo enlucida y pintada con un área de 119 m², de una longitud de 14,9 m, ancho de 7,86m y altura de 3,95 m y alberga dos unidades de generación, equipos mecánicos y tableros de control y el puente, que consta de una viga metálica de 7,1 m de luz para una capacidad de izaje de 3,5 T y con los mecanismos completos de desplazamiento horizontal y longitudinal.



Fig. 11 Casa de máquinas
Fuente: Propia del autor, 2021

– **Elementos de cierre y regulación**

Válvula de admisión. - La tubería de presión tiene 2 derivaciones que se unen sólidamente a las válvulas de entrada de las turbinas.

– **Equipamiento electromecánico**

a. Turbinas. - Es una turbina tipo FRANCIS, cuya velocidad es de 900 rpm, potencia de 300 HP y con un caudal de 660 lts/s.

b. Regulador de velocidad. – Es el equipo responsable de mantener la velocidad constante de operación en caso de que se desacople la carga, evitando que el equipo se sobre revolucione.

– **Equipamiento eléctrico**

a. Generadores

Cada turbina se acopla a un generador síncrono con capacidad para generar de 200 kW a un voltaje de salida 400 V. La energía generada se transforma por medio de un transformador de elevación de 500 kVA, relación de transformación 400 V/13,8 – 7,9 kV.

Tabla 2
Datos de placa generadores 1 y 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS UNIDAD DE GENERACIÓN 1		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EXCITATRIZ	
Número de unidades:	2	Número de excitatriz:	2
Tipo:	Síncrono	Tipo:	Síncrono
Marca:	A.E.G.	Marca:	A.E.G.

Serie:	453928 y 453929	Serie:	627864 y 627865
Typ:	DG 104/8	Typ:	Ea67
Potencia:	250 kVA	Potencia:	3,2 kW
Voltaje:	400/231 V	Voltaje:	110 V
Amperaje:	35,2 A	Amperaje:	29,1 A
Fp:	0,8	Velocidad:	900 rpm
Velocidad:	900 rpm		
Número de polos:	8		
Frecuencia:	60 Hz		
Excitación:	110 V		

Fuente: Propia del autor, 2021

El generador de la unidad 1 y 2 se muestra en la figura 12.



Fig. 12 Unidad de generación y excitatriz
Fuente: Propia del autor, 2021

b. Tableros de control

Cada unidad de generación está conectada al tablero general, el cual contiene el sistema de control, alimentación y distribución, en la tabla 3 se detalla las características técnicas del tablero:

Tabla 3
Datos técnicos tablero de control

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TABLERO DE CONTROL	
Número de tableros:	1
Marca:	A.E.G.

Serie:	88013
Typ:	Modular de 4
Dimensiones:	(3,50 x 2,00 x 0,84) m
Voltaje:	400 V
Equipos:	6 amperímetros de 0 – 400 A 2 kilowatímetros de 0 – 250 kW 1 kilowatímetros de 0 – 500 kW 3 voltímetros de 0 – 600 V 2 amperímetros de 0 – 60 A DC 1 medidor de potencia reactiva de 0 – 500 kVAr 2 medidores de potencia reactiva de 0 – 300 kVAr 3 medidores de energía de 500 kW 1 ménsula de sincronización Selectores y conmutadores del equipo de sincronización Lámparas de señalización

Fuente: Propia del autor, 2021

La figura 13 muestra la forma física del tablero de control, donde se observa los componentes de medición como son voltímetros, amperímetros y vatímetros, se encuentran ubicados en la parte frontal y permiten visualizar directamente si los equipos se encuentran en operación.



Fig. 13 Tablero de control
Fuente: Propia del autor, 2021

c. Transformador elevador

Este equipo se encuentra ubicado en la parte exterior de la casa de máquinas, se encarga de recibir la energía generada y elevarla a un voltaje que permita su transporte por la red de distribución, las características técnicas se detallan en la tabla 4.

Tabla 4
Datos de placa transformador de potencia

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR ELEVADOR	
Marca:	ECUATRAN
Serie:	362597
Modelo:	AUR2 – P
Typ:	Intemperie con tanque de expansión
Potencia:	500 kVA
Voltaje:	400 V / 13,8 – 7,9 KV
Amperaje:	20,91 A / 722 A
BIL:	95 KV
Numero de fases:	Trifásica conexión YD5
Refrigeración:	Sumergido en aceite
Protecciones:	3 seccionadores 15 kV 100 A 3 pararrayos 10 kV

Fuente: Propia del autor, 2021

El aspecto físico del transformador se muestra en la figura 14, además cuenta con los respectivos elementos de protección y está ubicado a la intemperie.



Fig. 14 Transformador de potencia
Fuente: Propia del autor,2021

d. Transformador de distribución

Para la alimentación interna del sistema eléctrico de la central generadora se cuenta con un transformador de distribución el cual se alimenta a la red de media tensión y lo reduce a un voltaje de trabajo de 120/240 VAC, las características técnicas del equipo se observan en la tabla 5.

Tabla 5
Datos técnicos transformador de distribución

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR DISTRIBUCIÓN	
Marca:	-----
Serie:	-----
Modelo:	-----
Potencia:	5 kVA
Voltaje:	7,9 kV / 240 V
Amperaje:	-----
Numero de fases:	Dos fases
Refrigeración:	Sumergido en aceite

Fuente: Propia del autor,2021

e. Línea aérea de distribución de media tensión

Para transportar la energía desde el punto de elevación hacia los puntos de distribución se lo realiza mediante líneas aéreas metálicas, además se necesita las estructuras y soportes para su anclaje, la tabla 6 detalla estas características del sistema de transporte de energía.

Tabla 6
Datos de la línea aérea

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS LÍNEA AÉREA	
Typ:	Aérea trifásica con hilo de guarda
Postes:	2 torres metálicas y postes de hormigón
Herrajes:	Galvanizados
Aisladores:	Porcelana vitrificada
Conductores:	Cobre calibre 2 AWG
Longitud:	3 km

Fuente: Propia del autor,2021

La conexión de las líneas de media tensión con las estructuras soporte y transformador se muestra en la figura 15.



Fig. 15 Transformador de Distribución
Fuente: Propia del autor,2021

2.1.5.4. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra está incorporado en toda la extensión del terreno que cubre las áreas conformadas entre el transformador elevador, la casa de máquinas y el transformador de distribución, con puntos de conexión en cada uno de ellos. No se tiene un valor estimado de la resistencia actual del suelo debido a que la microcentral no cuenta con los equipos de medición adecuados para obtener estos valores.

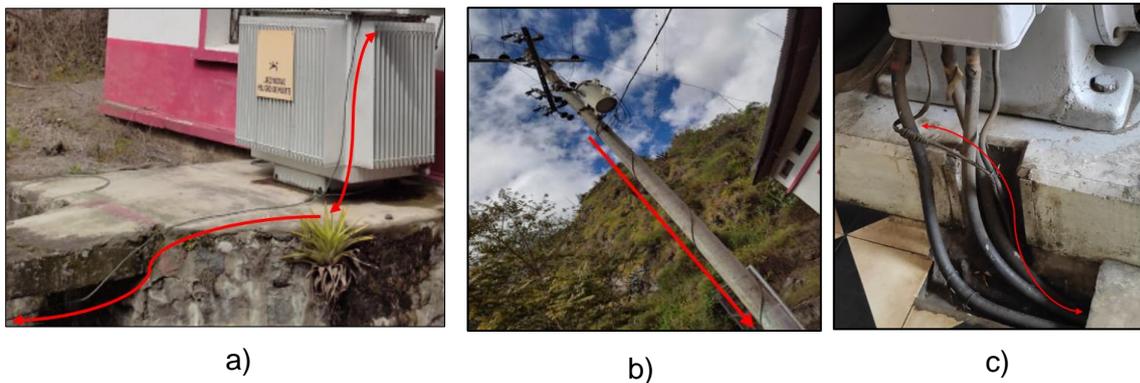


Fig. 16 Sistema de puesta a tierra a) Transformador de potencia, b) Transformador de distribución, c) Casa de máquinas
Fuente: Propia del autor, 2021

2.2. Información general de la Microcentral Hidroeléctrica “Industrial Algodonera”

A continuación, se describe las características técnicas, geográficas y legales que muestra la conformación de la central.

2.2.1. Introducción

La central hidroeléctrica obtuvo un registro CONELEC de Generadores Menores a 1 MW según regulación No. CONELEC-DE2012-1087-OF, cuya capacidad instalada es de 632 kW; siendo en la actualidad que cuenta con una generación aproximada de 550 kW dato obtenido de los registros diarios de los operadores. La energía generada es vendida a la entidad distribuidora EMERLNORTE S.A.

Esta central está constituida por tres unidades de generación, cada una con una capacidad de 320 kW, 240 kW y 73 kW con factor de potencia de 0,8, lo que corresponde a la producción ideal de energía sin interrupciones de 5.5 MWh/año

2.2.2. Estudio hidrología caudal

La generación de energía eléctrica a través de la operación de la planta Industrial Algodonera Atuntaqui utiliza el caudal de las aguas del río Ambi. La cuenca hidrográfica del río Ambi hasta el sitio de captación cuenta con una cota aproximada de 2200 msnm. El caudal medio del Río Ambi en el sitio de captación es de 3 m³/s (SERMAA, s.f).

2.2.3. Plano arquitectónico

En la figura 17 se muestra el plano arquitectónico de la microcentral “Municipal Atuntaqui”, se detalla las obras de captación, conducción y casa de máquinas que corresponde a su diseño. Para apreciar mejor su diseño ver el Anexo 2.

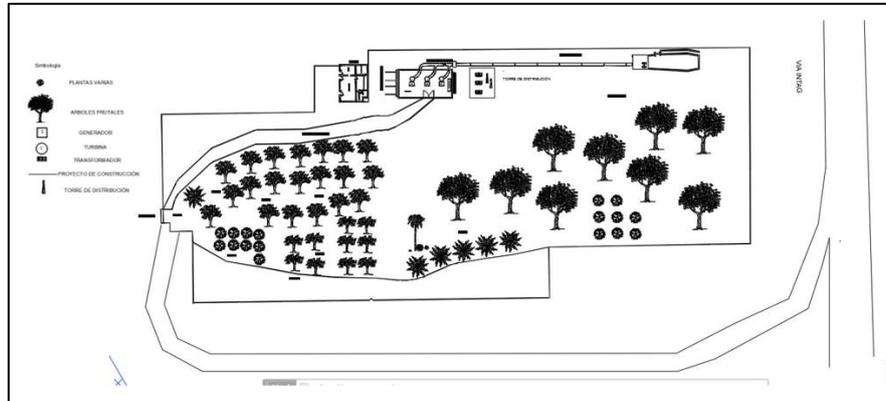


Fig. 17 Plano arquitectónico microcentral Industrial Algodonera
Fuente: Propia del autor, 2021

2.2.4. Ubicación geográfica

Las obras de la microcentral hidroeléctrica Industrial Algodonera Atuntaqui se ubican en las riberas del Río Ambi, sector del barrio La Dolorosa, aproximadamente a 2,0 km al noroeste de la Ciudad de Atuntaqui, Cantón Antonio Ante, en la vía a Imantag a mano derecha se encuentra las principales obras de la central.



Fig. 18 Ubicación geográfica Central Algodonera
Fuente: Google Maps, 2021

2.2.5. Descripción de la Microcentral Hidroeléctrica “Industrial Algodonera”

El funcionamiento de la central cuenta con las siguientes obras civiles:

2.2.5.1. Obra de captación

Partiendo de la casa de máquinas aproximadamente a 1 km aguas arriba en el río AMBI, al pie del relleno sanitario se encuentra el dique de captación de las aguas:

- **Bocatoma.** - Consta de cinco válvulas de (2 x 2) m, con rejilla de conducción a la tubería es de 4 m de ancho por 2 m de alto, con una abertura de 10 cm de lado para evitar el ingreso de desechos sólidos hacia el desarenador.



Fig. 19 Bocatoma

Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **Desarenador.** - Existe dos tanques de sedimentación o cámaras intermitentes, cada una de las cuales controla a través de una compuerta de lavado, que al ser levantado envía el agua de regreso al río, cuya función es disminuir la velocidad del agua a fin de que se decanten las partículas finas de 0,25 mm, o mayores y no lleguen a las turbinas de presión.



Fig. 20 Tanque de sedimentación

Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **Canal de conducción.** - Conduce las aguas tranquilas excepto de materiales en suspensión del tanque de sedimentación del desarenador hacia la tubería de presión, que consta del canal abierto y 4 túneles.



Fig. 21 Canales y túneles de conducción de agua
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

- **La Cámara de carga.** - Tiene la capacidad para suministrar el volumen necesario de agua para el arranque de las turbinas sin intermitencia; ésta a su vez cuenta con una rejilla para evitar el ingreso de desechos sólidos y también cuenta con un canal aliviadero para desviar los remanentes o excesos de agua y en el caso de que la central tenga que dejar de operar, el agua no turbinada sea desviada al río Ambi.



Fig. 22 Cámara de carga
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

2.2.5.2. *Obra de conducción*

Tubería de presión. - Está conformada por una tubería inclinada de acero de 850 mm de diámetro, espesor es de 20 mm y una longitud de 55,61 m, que vence una altura neta de 52 m., 6,90 m de tubería horizontal a la casa de máquinas cuyo propósito es el de conducir el agua de presión desde la cámara de carga a las turbinas.



Fig. 23 Tubería de presión
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

2.2.5.3. Casa de máquinas

Es una construcción de vigas de hormigón y mampostería de ladrillo enlucida y pintada con un área de longitud de 24,50 m de largo de construcción, 9 m de ancho, y altura de 5 m y una altura de 7m, que tiene como misión principal proteger y albergar a los tres equipos electromecánicos tipo Francis de 400 kW, 300 kW, y de 90 kW, compuestas cada una por válvula de ingreso, turbina, generador, sistema de transmisión, regulador y tablero de control, y un tecele de 15 toneladas que tiene la función para el manejo de las máquinas.



Fig. 24 Casa de máquinas
Fuente: Memoria técnica SERMAA EP, (s.f)

– Elementos de cierre y regulación

Válvula de admisión. - La tubería de presión tiene 2 derivaciones que se unen sólidamente a las válvulas de entrada de las turbinas.

– Equipamiento electromecánico

Turbinas. - Es una turbina tipo FRANCIS, con una serie de alabes fijos y móviles que orientan el caudal hacia el rodete. Tiene forma de espiral para dar un componente radial al flujo del agua.

Regulador de velocidad. - Es el equipo responsable de mantener la velocidad constante de operación en caso de que se desacople la carga evitando que el equipo se sobre revolucione.

– **Equipamiento eléctrico**

Generadores

Cada turbina se acopla a un generador síncrono con capacidad para generar de 320, 240 y 72 kW a un voltaje de salida 5250 V. La energía generada se transforma por medio de un transformador elevador en relación de transformación 400 V/13,8 – 7,9 kV, las características técnicas se detallan en la tabla 7.

Tabla 7
Datos de placa generador 1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS UNIDAD DE GENERACIÓN 1		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EXCITATRIZ	
Tipo:	Síncrono	Tipo:	Síncrono
Marca:	A.E.G.	Marca:	A.E.G.
Serie:	4101638	Serie:	4058160
Typ:	S 750/430	Typ:	NLH
Potencia:	400 kVA	Potencia:	4,45/5,86 kW
Voltaje:	5250+/- 5% V	Voltaje:	100/115 V
Amperaje:	44 A	Amperaje:	44,5/51 A
Fp:	0,8	Velocidad:	900 rpm
Velocidad:	900 rpm		
Número de polos:	8		
Frecuencia:	60 Hz		
Exitación:	115 V		

Fuente: Propia del autor, 2021

La figura 24 muestra el montaje físico del generador en el cuarto de máquinas.



Fig. 25 Generador unidad 1
Fuente: Propia del autor, 2021

La tabla 8 muestra las características técnicas de la unidad de generación número 2.

Tabla 8
 Datos de placa generador 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS UNIDAD DE GENERACIÓN 2		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EXCITATRIZ	
Tipo:	Síncrono	Tipo:	Síncrono
Marca:	Generador SIEMENS SCHUKERT	Marca:	Generador SIEMENS SCHUKERT
Serie:	1804401	Serie:	1348817
Typ:	S 750/430	Typ:	GVE 140
Potencia:	300 kVA	Potencia:	3,5 kW
Voltaje:	5250+/- 5% V	Voltaje:	138 V
Amperaje:	33/123 A	Amperaje:	25,4 A
Fp:	0,8	Velocidad:	900 rpm
Velocidad:	900 rpm		
Número de polos:	8		
Frecuencia:	60 Hz		
Exitación:	138 V		

Fuente: Propia del autor, 2021

En la figura 25 se observa la unidad de generación 2, montaje realizado en la casa de máquinas con sus respectivos acoples.



Fig. 26 Generador unidad 2
 Fuente: Propia del autor, 2021

Las características técnicas de la unidad de generación 3 se observan en la tabla 9.

Tabla 9
Datos de placa generador 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS UNIDAD DE GENERACIÓN 3		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EXCITATRIZ	
Tipo:	Síncrono	Tipo:	Síncrono
Marca:	Generador SIEMENS SCHUKERT	Marca:	Generador SIEMENS SCHUKERT
Serie:	1804402	Serie:	1348817
Typ:	1F291	Typ:	GME 102/7
Potencia:	90 kVA	Potencia:	1,63 kW
Voltaje:	5250+/- 5% V	Voltaje:	120 V
Amperaje:	9,9/113,4 A	Amperaje:	14 A
Fp:	0,8	Velocidad:	1200 rpm
Velocidad:	1200 rpm		
Número de polos:	8		
Frecuencia:	60 Hz		
Excitación:	120 V		

Fuente: Propia del autor, 2021

El montaje del equipo de generación 3 se muestra en la figura 26.



Fig. 27 Generador unidad 3
Fuente: Propia del autor, 2021

Tableros de control

Los componentes del sistema de control, alimentación y distribución entre los generadores y los transformadores de potencia se encuentran ubicados dentro de los tableros, los cuales además permiten distribuir ordenadamente el control de cada uno de los equipos y determinar el funcionamiento de estos, las características técnicas de estos equipos se detallan en la tabla 10.

Tabla 10
 Datos de placa tableros de control 1 y 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TABLERO DE CONTROL 1 y 2	
Marca:	BBC BROWN BOVERI
Serie:	FH 62337 _78
Voltaje:	5000 V
Equipos:	1 amperímetro de 9 a 60 A 1 amperímetro de 0 a 70 A 1 marcador 005,1 1 regulador Automático de Voltaje de 100V 20.1 7/8 3/4 A 1 ménsula de sincronización Selectores y conmutadores del equipo de sincronización Lámparas de señalización 1 pararrayos eléctrico metálico 2 cajas de fusibles 6 unidades 1 barra de neutro 8 líneas

Fuente: Propia del autor, 2021

Los tableros de control 1 y 2 se muestran en la figura 27 en donde además se puede apreciar varios de los componentes que lo conforman.



Fig. 28 Tablero de control 1 y 2
 Fuente: Propia de autor, 2021

Las características técnicas del tablero de control 3 se detallan en la tabla 11, es un tablero independiente de las unidades 1 y 2.

Tabla 11
 Datos de placa tablero de control 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TABLERO DE CONTROL 3	
Marca:	SIEMENS
Serie:	330 – TC3
Voltaje:	5000 V
Equipos:	3 amperímetros de 0 – 400 A 2 voltímetros de 0 – 600 V 1 amperímetros de 0 – 60 A DC 2 frecuencímetros 60Hz 4 selectores 2 pulsadores NO 2 pulsadores NC Lámparas de señalización

Fuente: Propia de autor, 2021

El tablero de control en su parte frontal se observa los compuestos de voltímetros, amperímetros tanto analógicos como digitales y de luces señalizadoras, los demás elementos de control se hallan ubicados en la parte interna, la figura 28 muestra este equipo.



Fig. 29 Datos de placa tablero de control 3
 Fuente: Propia de autor, 2021

Transformadores de potencia

Esta central cuenta con tres transformadores de potencia cada uno dedicado a un generador en particular, las características técnicas se detallan en el siguiente apartado. La tabla 12 muestra las características del equipo número 1.

Tabla 12
Datos de placa transformador de potencia 1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1	
Marca:	FOSTER Transformers LTD.
Serie:	CE370
Potencia:	1000/1250 kVA
Voltaje:	5 / 13,8 kV
Amperaje:	41,8 / 52,2 A
Numero de fases:	Trifásica conexión YD11
Refrigeración:	Sumergido en aceite
Protecciones:	3 seccionadores 15 kV 100 A 3 pararrayos 10 kV

Fuente: Propia de autor, 2021

La figura 29 se observa el transformador de potencia de la unidad 1, el equipo se encuentra ubicado en la parte lateral derecha de la casa de máquinas.



Fig. 30 Transformador de potencia unidad de generación 1
Fuente: Propia de autor, 2021

En la tabla 13 se describe las características técnicas del transformador número 2.

Tabla 13
Datos de placa transformador de potencia 2

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR DE POTENCIA 2	
Marca:	Evolgy
Serie:	2F026A8F85
Potencia:	150 kVA
Voltaje:	13,8 kV
Amperaje:	6,27 / 215,50 A
Numero de fases:	Trifásica conexión YD11
Refrigeración:	Sumergido en aceite
Protecciones:	3 seccionadores 15 kV 100 A 3 pararrayos 10 kV

Fuente: Propia de autor, 2021

La forma física y el montaje en campo del transformador 2 se observan en la figura 30.



Fig. 31 Transformador de potencia unidad de generación 2
Fuente: Propia de autor, 2021

Las características técnicas del transformador de potencia 3 se describen en la tabla 14.

Tabla 14
 Datos de placa transformador de potencia 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TRANSFORMADOR DE POTENCIA 3	
Marca:	TRAN-SELMEC
Serie:	0475120519
Potencia:	250 kVA
Voltaje:	13,8 kV
Amperaje:	10,46 A
Numero de fases:	Trifásica conexión YD11
Refrigeración:	Sumergido en aceite
Protecciones:	3 seccionadores 15 kV 100 A 3 pararrayos 10 kV

Fuente: Propia de autor, 2021

El aspecto físico del transformador su montaje y conexiones se aprecia en la figura 31.



Fig. 32 Transformador de potencia unidad de generación 3
 Fuente: Propia de autor, 2021

Línea de MT transmisión de energía eléctrica.

La línea trifásica de Media Tensión (13,8 kV), que conecta entre la subestación de la microcentral hidroeléctrica y el sistema trifásico de distribución de la empresa distribuidora EMELNORTE, tiene una longitud aproximada de 1500 metros (1,5 Km).

Se determina que esta red de media tensión que comprende desde la estructura EST-3HR, asignado con el número A1P5261-A1P5262 hasta la estructura, EST-3HR A1P5271 pertenece a EMELNORTE S.A.



Fig. 33 Red de media tensión
Fuente: Propia de autor, 2021

2.2.5.4. Sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra está incorporado en la parte exterior aledaña a la casa de máquinas, con un punto de conexión hacia el transformador de potencia. No se tiene un valor estimado de la resistencia actual del suelo debido a que la microcentral no cuenta con los equipos de medición adecuados para obtener estos valores.



Fig. 34 Barra de tierra
Fuente: Propia de autor, 2021

CAPÍTULO 3

Desarrollo de los Planes de Mantenimiento

El proceso de gestión y elaboración del plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las microcentrales hidroeléctricas fue desarrollado mediante el análisis de los datos obtenidos en el levantamiento de información y en base a las características técnicas provistos por los fabricantes de las máquinas, con el fin de tener una estandarización de las frecuencias de las actividades y un mejor entendimiento por parte del personal operativo.

A continuación, se detallará el desarrollo de la planificación, planes de mantenimiento y cronograma de actividades con los datos de los equipos que se encuentran en las microcentrales.

3.1. Gestión de equipos

3.1.1. Lista de equipos

La lista de equipos y sistemas correspondiente a cada central se detalla en la tabla 15 y 16. Estos datos fueron obtenidos en el levantamiento de información realizado en las centrales.

Tabla 15
Equipos Microcentral Municipal Atuntaqui

No.	DESCIPCIÓN
1	Unidad de generación 1
2	Unidad de generación 2
3	Exitatriz generador 1
4	Exitatriz generador 2
5	Tablero de control generador 1
6	Transformador de potencia
7	Transformador de distribución
8	Líneas de trasmisión
9	Puesta a tierra

Fuente: Propia de autor, 2021

Los detalles de equipos que conforman la microcentral Industrial Algodonera se muestran a detalle en la tabla 16.

Tabla 16
Equipos Microcentral Industrial Algodonera

No.	DESCRIPCIÓN
1	Unidad de generación 1
2	Unidad de generación 2
3	Unidad de generación 3
4	Exitatriz generador 1
5	Exitatriz generador 2
6	Exitatriz generador 3
7	Tablero de control 1
8	Tablero de control 2
9	Tablero de control 3
10	Transformador de potencia 1
11	Transformador de potencia 2
12	Transformador de potencia 3
13	Transformador de distribución
14	Líneas de trasmisión
15	Puesta a tierra

Fuente: Propia de autor, 2021

3.1.2. Nombre y código del equipo

Para la codificación de los equipos se tomó como referencia la norma ISO 14224, cuya descripción se menciona en el marco teórico.

- **Codificación para determinar la localización de los equipos a realizar el mantenimiento**

El primer nivel de codificación corresponde a nivel de industria, en la tabla 17 se muestra el código generado para el presente trabajo.

Tabla 17
Codificación Nivel 1 Industria

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 1 INDUSTRIA	Empresa Pública de Servicios Municipales de Antonio Ante SERMAA EP	SERMAA EP

Fuente: Propia de autor, 2021

El segundo nivel de codificación corresponde a nivel de negocio, aquí se detalla la actividad económica a la cual se dedica la empresa, SERMAA EP tiene tres unidades de negocio. El código generado para las centrales hidroeléctricas se muestra en la tabla 18.

Tabla 18
Codificación Nivel 2 Categoría de negocio

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 2 CATEGORÍA DE NEGOCIO	Centrales Hidroeléctricas	CENTHIE
	Centros de Faenamiento	-----
	Mercados	-----

Fuente: Propia de autor, 2021

El tercer nivel muestra la categoría de instalación, aquí se detalla cada una de las microcentrales a intervenirse, el código generado se observa en la tabla 19.

Tabla 19
Codificación Nivel 3 Categoría de Instalación

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 3 CATEGORÍA DE INSTALACIÓN	Microcentral Atuntaqui	MCATUN
	Micro central Industrial Algodonera	MCINALG

Fuente: Propia de autor, 2021

El cuarto nivel corresponde a la plata o unidad, aquí se detalla cada una de las áreas que conforman las centrales, la tabla 20 muestra los códigos para este nivel. Solo se toma en consideración el área correspondiente a la casa de máquinas porque interviene directamente con el sistema eléctrico.

Tabla 20
Codificación Nivel 4 Unidad

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 4 PLANTA/UNIDAD	Obra de captación	-----
	Obra de conducción	-----
	Casa de Máquinas	CAM

Fuente: Propia de autor, 2021

El quinto nivel corresponde a los sistemas, se detalla la categoría a la que pertenecen, cada una de las codificaciones para este nivel se muestra en la tabla 21. Se toma en consideración solo el sistema eléctrico, el cual es de relevancia para este trabajo.

Tabla 21 Codificación Nivel 5 Sistema

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 5 SECCIÓN/ SISTEMA	Sistema Eléctrico	SE
	Sistema Mecánico	-----

Fuente: Propia de autor, 2021

- **Codificación de la subdivisión de los equipos**

Realizado la codificación primaria se continua con la codificación a nivel de equipos. El sexto nivel corresponde a este tipo, tomándose las tres principales etapas del sistema se obtienen los siguientes códigos los que se muestran en la tabla 22.

Tabla 22
Codificación Nivel 6 Clase de equipo

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 6 CLASE DE EQUIPO/UNIDAD	Generación	GEN
	Transformación	TRANSF
	Distribución	DISTRB

Fuente: Propia de autor, 2021

El nivel 7 corresponde al subsistema, se separa cada una de las unidades de generación con sus componentes respectivos generándose los códigos mostrados en la tabla 23.

Tabla 23
Codificación Nivel 7 Subsistema (Sistema de generación)

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 7 SUBSISTEMA	Unidad Generación 1	UG#1
	Unidad Generación 2	UG#2
	Tablero de control 1 generación	TCG#1
	Tablero de control 2 generación	TCG#2

Fuente: Propia de autor, 2021

La tabla 24 muestra la codificación a nivel 7 para la etapa de transformación.

Tabla 24
Codificación Nivel 7 Subsistema (sistema de transformación)

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 7 SUBSISTEMA	Transformador elevador	TE#1
	Tablero de control 2 transmisión	TCTE#2

Fuente: Propia de autor, 2021

La tabla 25 muestra la codificación a nivel 7 para la etapa de distribución.

Tabla 25
Codificación Nivel 7 Subsistema (sistema de distribución)

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 7 SUBSISTEMA	Transformador distribución	TD#1
	Líneas de transmisión	LT

Fuente: Propia de autor, 2021

El último nivel, corresponde al nivel 8 de componentes mantenibles, aquí se detalla los elementos principales en cada uno de los equipos. En la tabla 26 se muestra la codificación para las partes que corresponden a generador y la excitatriz.

Tabla 26
Codificación Nivel 8 Componente mantenible (Generador y excitatriz)

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 8 COMPONENT MANTENIBLE	Rotor	RT
	Estator	ET

Fuente: Propia de autor, 2021

Los componentes mantenibles de los tableros de control se observan en la tabla 27.

Tabla 27
Codificación Nivel 8 Componente mantenible (Tableros de control)

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
	Contactador	CONT
	Medidor	MED

NIVEL 8 COMPONENT MANTENIBLE	Luz señalización	LS
	Voltímetro	VOLT
	Amperímetro	AMP
	Transformador auxiliar	TAUX
	UPS	UPS
	TC	TC

Fuente: Propia de autor, 2021

La tabla 28 contiene la codificación de nivel 8 para los elementos correspondientes al equipo de transformador (distribución y potencia).

Tabla 28
Codificación Nivel 8 Componente mantenible (Transformadores)

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
NIVEL 8 COMPONENT MANTENIBLE	Fusible	FS
	Seccionador	SECC
	Borneras de conexión	BOR

Fuente: Propia de autor, 2021

3.1.3. Repuestos

De acuerdo con el estudio realizado los repuestos se dividen en 3 categorías A, B y C. dentro de la categoría A participan insumos necesarios para mantener en stock en planta (piezas sometidas a desgaste, consumibles, elementos de regulación, elementos mecánicos, piezas móviles, componentes eléctricos y electrónicos, piezas estructurales, insumos de limpieza, etc), en la categoría B participan insumos que es necesario tener localizado con los proveedores por su alto costo (piezas de fabricación, equipos de mando, etc), y en la categoría C participan los insumos que no son necesarios proveer, es decir, si existe fallo en ellas no afecta en la operatividad de la planta (luces piloto, entre otros).

Por lo tanto, se debe seguir un proceso de gestión de repuestos para llevar a cabo un mejor control y organización de los mismo.

3.1.3.1. Codificación de repuestos

La codificación propuesta para el almacenamiento de los materiales en bodega se observa en la tabla 29, descrito anteriormente, siendo los códigos generados que se muestra a continuación:

Tabla 29
Codificación para organizar material en bodega

	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
BODEGA	Repuesto A	RE-A
	Repuesto B	RE-B
	Repuesto C	RE-C

Fuente: Propia de autor, 2021

3.1.3.2. Diagrama de flujo

El proceso de gestión de repuestos se muestra en la figura 35, aquí se observa que la gestión de estos materiales empieza después de realizar la recepción de materiales por parte del personal encargado mediante la ficha de recepción de repuestos. Se procede clasificando los repuestos en bodega y finalmente estos pueden ser solicitados mediante una ficha de salida del repuesto, esto con la finalidad de mantener un orden de los repuestos que se llegan a adquirir.

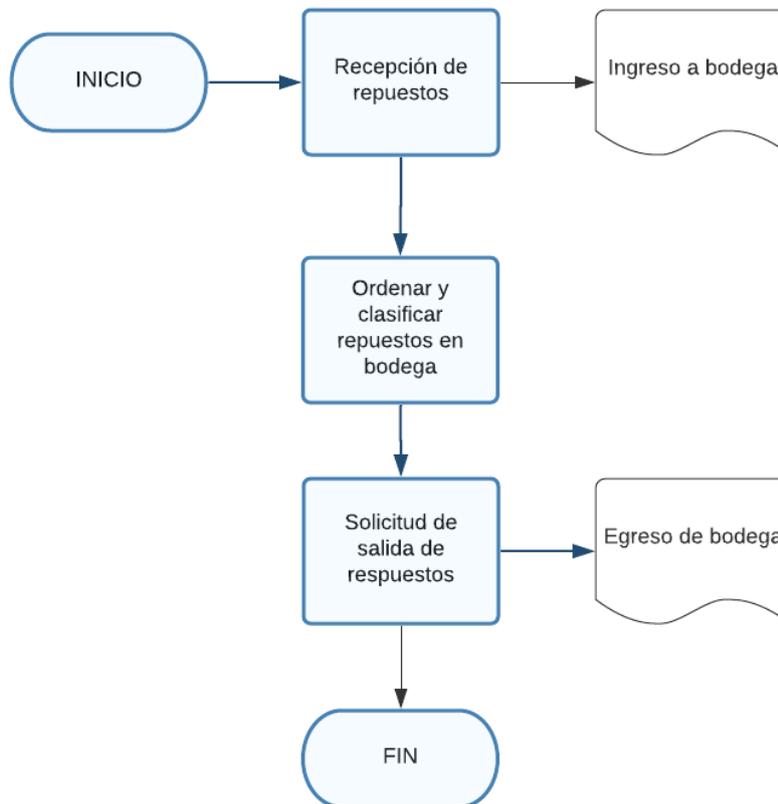


Fig. 35 Diagrama de flujo gestión de repuestos
Fuente: Propia de autor, 2021

3.1.3.3. Ficha recepción de repuestos

La ficha de recepción de repuestos sirve para detallar las características técnicas de los materiales adquiridos, además permite tener un orden para su almacenamiento o en caso de

posteriormente se procede a generar la orden de trabajo, este documento valida las actividades a realizarse a los equipos, determina los responsables de los trabajos a ejecutarse y su respectivo tiempo de intervención, luego se debe verificar si hay disponibilidad de materiales y repuestos según el tipo de mantenimiento, de no contarse con los insumos se debe volver a seleccionar el equipo. Una vez que se cuenta con materiales, equipos y herramientas se procede a efectuar los trabajos respectivos.

El proceso de gestión se muestra en la figura 38.

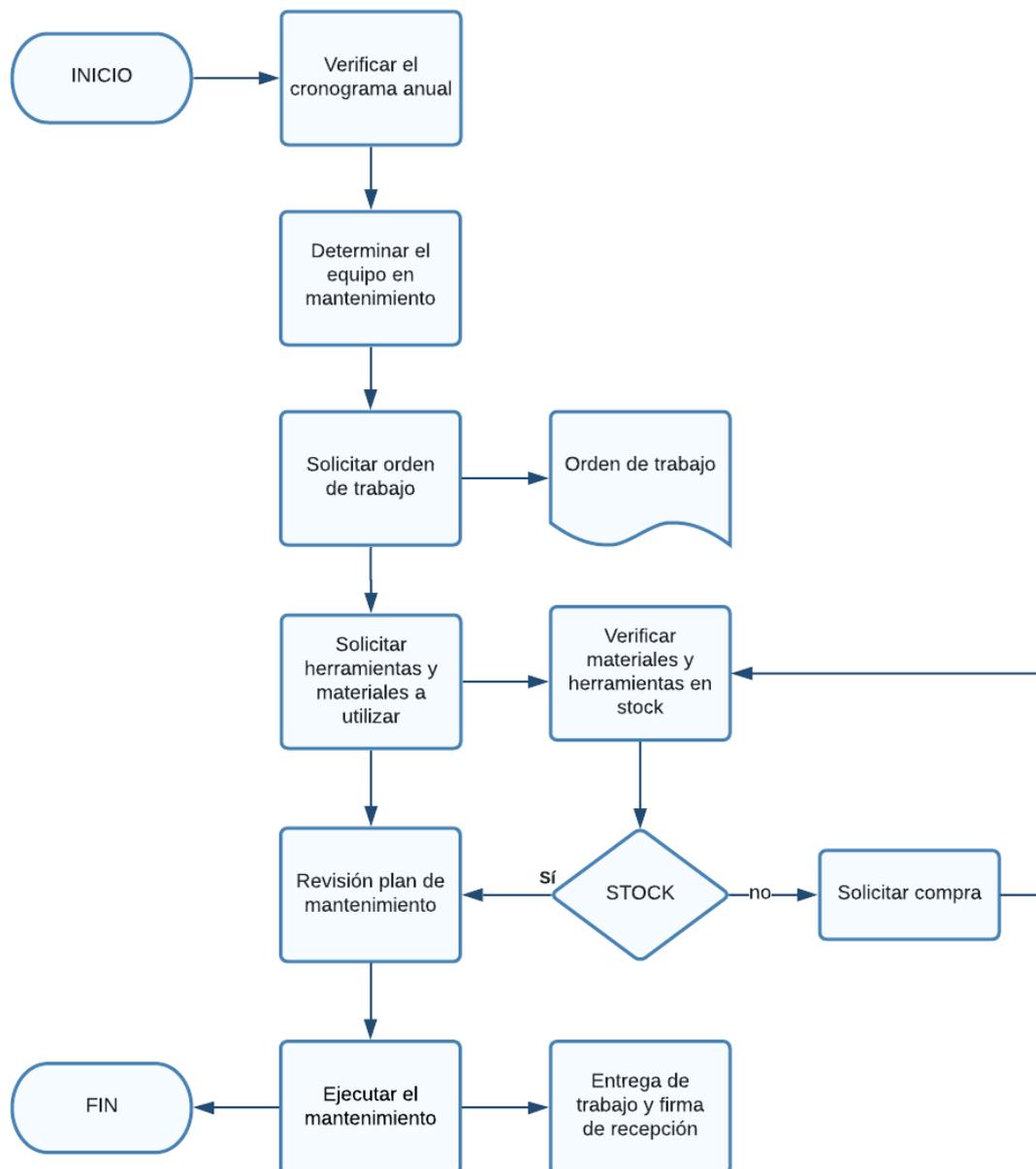


Fig. 38 Diagrama de flujo gestión de mantenimiento preventivo
Fuente: Propia de autor, 2021

3.2.1.3. Ficha técnica del equipo

Cada uno de los equipos cuenta con características técnicas propias las cuales permiten gestionar desde repuestos hasta el tipo de trabajo que se le puede realizar, para esto la ficha técnica del equipo permite registrar varios datos, un ejemplo demostrativo se puede visualizar en el Anexo 7, cuya información se muestra de la siguiente manera:

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		UBICACIÓN DEL EQUIPO:		1
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI		DESCRIPCIÓN:		2
EQUIPO					
CÓDIGO TÉCNICO					
DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO					
DATOS DE GENERALES					
MARCA		SERIE			
MODELO		CRITICIDAD			
TIPO DE EQUIPO					
TIPO DE CONEXIÓN					
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
AISLAMIÉ	VOLTAJE	CORRIENTE	VELOCIDAD	POTENCIA	FP
PROVEEDORES					
NACIONALES			INTERNACIONALES		
NOMBRE	RUC	TELF.	DIRECCIÓN	NOMBRE	RUC
OBSERVACIONES					

Fig. 39 Ficha técnica del equipo
Fuente: Propia de autor, 2021

1. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 1 al 5.
2. Escribir en texto la ubicación del código únicamente el nivel 4 y 5.
3. Nombre del equipo
4. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 6 al 8 de ser el caso.

5. Escribir en texto la ubicación del equipo.
6. Describir información de adquisición de equipo.
7. Especificar campos técnicos del equipo de ser el caso.
8. Registrar información de proveedores para facilitar su adquisición.
9. Registrar información de cualquier anomalía del equipo.
10. Fotografía del equipo.

3.2.1.4. Ficha hoja de vida del equipo

Los equipos en el periodo de vida útil necesitan varios tipos de mantenimiento para mantenerse operativos, debido a la naturaleza de su trabajo en ocasiones presentan ciertos eventos como fallos o daños más graves, este tipo de información es de suma relevancia para poder mantener un adecuado proceso de mantenimiento y extender la vida útil del mismo, para ello la ficha hoja de vida del equipo permite que se registre esta información, para apreciar un ejemplo de esta ficha ir a Anexo 8, también la figura 40 muestra su contenido:

	HOJA DE VIDA DE QUIPOS		UBICACIÓN DEL EQUIPO:		1	
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI		DESCRIPCIÓN:			2
EQUIPO		CÓDIGO TÉCNICO				
SUPERVISOR						5
No.	EVEN TO	HORA	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE DE TURNO	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Fig. 40 Hoja de vida del equipo
Fuente: Propia de autor, 2021

1. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 1 al 5.
2. Escribir en texto la ubicación del código únicamente el nivel 4 y 5.
3. Nombre del equipo
4. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 6 al 8 de ser el caso.
5. Registrar el nombre del supervisor o jefe de área encargado.

1. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 1 al 5.
2. Escribir en texto la ubicación del código únicamente el nivel 4 y 5.
3. Nombre del equipo
4. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 6 al 8 de ser el caso.
5. Escribir el nombre del supervisor o jefe de área.
6. Especificar la frecuencia (semanal, mensual, anual).
7. Especificar las tareas a realizar según el equipo correspondiente.
8. Escribir datos del personal que realiza la tarea.

Ejemplo aplicativo de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo

A continuación, se planteará un caso aplicativo en el cual se implementarán todos los pasos necesarios para el mantenimiento preventivo, siendo el siguiente:

“Siendo la semana laboral No 26 se requiere gestionar los equipos que entraran en mantenimiento la semana No 27, el operador encargado revisa el cronograma anual y verifica que el generador No 2 entra en mantenimiento semestral, en dicha semana se debe gestionar las tareas de mantenimiento correspondientes.”

Con los datos expuestos en la premisa anterior se procede a ejecutar los siguientes pasos:

- a. Se debe generar la orden de trabajo e incluir materiales y repuestos, en caso de necesitar más equipos o herramientas solicitar a bodega.

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO										UBICACIÓN DEL EQUIPO: SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM					
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI										DESCRIPCIÓN: Micro central Atuntaqui - Casa de máquinas					
EQUIPO	Unidad de Generación	No. 2													CÓDIGO TÉCNICO	CAM-SE-GEN-UG#2
RESPONSABLE	Jefe de área											FRECUENCIA	Semestral			
No.	DESCRIPCIÓN		L1	L2	L3										FN	OBSERVACIONES
1	Inspección visual del equipo	X														NA
2	Limpieza externa del generador con aire	X														NA
3	Limpieza externa de la excitatriz	X														NA
4	Inspección visual bornes de conexión	X														Se requiere cambiar bomera de conexión
5	Inspección visual de líneas de alimentación	X														NA
6	Reajuste de terminales eléctricos caja de conexión	X														NA
7	Revisión y reajuste línea de puesta a tierra	X														NA
8	Toma de datos de corriente (L1- L2- L3)		5,0	4,8	5,1											NA
9	Toma de datos de voltaje fase (L1-N/ L2-N/ L3-N)		127	125	126											NA
10	Toma de datos de voltaje línea (L1-L2/ L1-L3/ L2-L3)		220	225	219											NA
11																NA
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX										FECHA	XXXX		

Fig. 45 Plan de mantenimiento semestral con su respectiva información
 Fuente: Propia de autor, 2021

- e. Los formatos deben ser entregados al jefe de área o al supervisor encargado para finalizar con la ejecución de la tarea.

3.2.2. Mantenimiento correctivo

Si el mantenimiento preventivo no es suficiente e inminentemente por factores propios del tipo de trabajo, el equipo llega a sufrir daños es necesario gestionar el mantenimiento correctivo, a continuación, se describe las etapas en las cuales se debe desarrollar.

3.2.2.1. Diagrama de flujo mantenimiento correctivo

El proceso de gestión se presenta en la figura 46 de la siguiente forma:

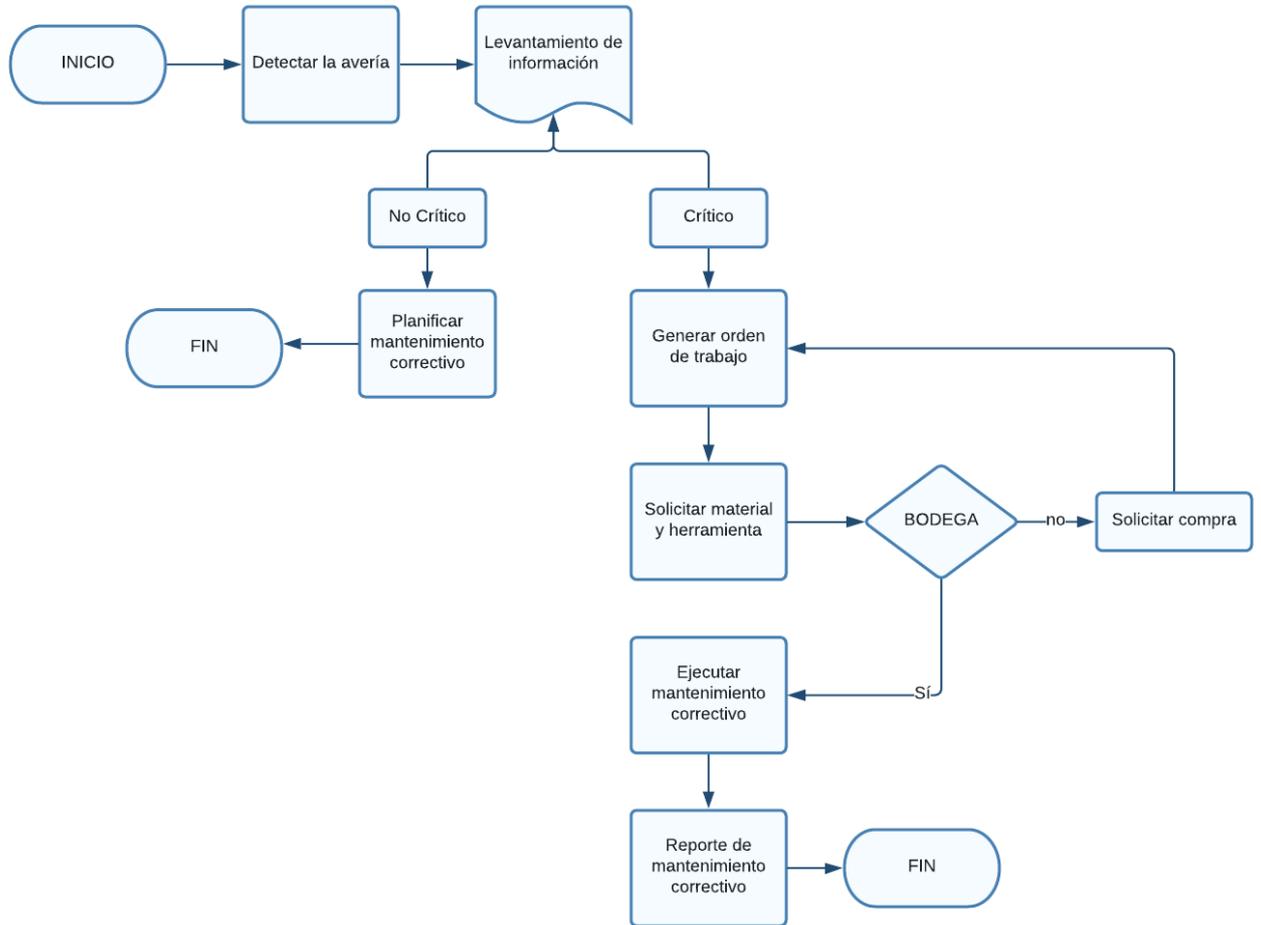


Fig. 46 Diagrama de flujo mantenimiento correctivo
Fuente: Propia de autor, 2021

En este proceso se requiere manejar información desde el momento que se identifica la avería por parte del operador, se debe implementar la ficha de reporte de avería y posteriormente generar la orden de trabajo, solicitud de materiales a bodega, en el caso no se encuentre los materiales requeridos se debe identificar si es crítico se requiere solicitar la compra inmediata, caso contrario de no ser crítico se realice el registro en el mantenimiento preventivo, para posteriormente ejecutar el mantenimiento y realizar el reporte final del mantenimiento correctivo.

3.2.2.2. Ficha reporte de averías

A diferencia del mantenimiento preventivo en el cual son actividades programadas, las actividades de mantenimiento correctivo se debe identificar las fallas que provocaron el mal

funcionamiento del equipo, se realiza un reporte de averías en el cual se debe contar con la siguiente información mostrada en la figura 47. Ver Anexo 22 para apreciar un ejemplo demostrativo de la información que se necesita realizar.

	REPORTE DE AVERÍAS DE EQUIPOS		UBICACIÓN DEL EQUIPO:	1
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI		DESCRIPCIÓN:	2
IDENTIFICACIÓN DE LA AVERÍA				
	EQUIPO	FECHA		5
4	3	CÓDIGO TÉCNICO	NÚMERO	6
DATOS DE LA AVERÍA				
	TIPO DE AVERÍA			
	7			
	8			
	CAUSA DE AVERÍA			
	DESCRIPCIÓN DE AVERÍA			
	9			
	ACCIONES A REALIZAR			
	10			
	OBSERVACIONES			
	11			
	MATERIALES Y REPUESTOS			
	12			
	HERRAMIENTAS A UTILIZAR			
	13			
	RESPONSABLE DE TURNO			
	NOMBRE:		FIRMA:	
	14			

Fig. 47 Ficha reporte de averías
Fuente: Propia de autor, 2021

1. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 1 al 5.
2. Escribir en texto la ubicación del código únicamente el nivel 4 y 5.
3. Nombre del equipo
4. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 6 al 8 de ser el caso.

5. Registrar la fecha de la avería
6. Registrar el número de avería, este debe ser de forma cronológica.
7. Describir el tipo de avería (tensión, sobre corriente, fallo mecánico, falla operación, etc.)
8. Describir la causa de la avería (errores de diseño, cálculo, fabricación, montaje, operación, etc.)
9. Realizar una descripción breve de la avería detallando características visuales.
10. Describir las acciones a tomar en el mantenimiento correctivo.
11. Redactar las observaciones de ser caso.
12. Especificar los materiales y herramientas a utilizar.
13. Escribir los datos del operador de turno.

3.2.2.3. Ficha de orden de trabajo

La ficha de orden de trabajo utilizada en el mantenimiento correctivo mantiene el mismo formato en el mantenimiento preventivo.

3.2.2.4. Solicitud de materiales

Para cualquier trabajo que se necesite el cambio de repuestos ya sea por mantenimiento programado o por daño de este es necesario que se haga la una ficha de solicitud de materiales, la figura 48 muestra la información de la ficha.

	REPORTE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO: 1
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	DESCRIPCIÓN: 2

DATOS GENERALES			
EQUIPO		FECHA	
CÓDIGO TÉCNICO		NÚMERO	
TRABAJOS EJECUTADOS			
PROBLEMA IDENTIFICADO			
CORRECTIVOS APLICADOS			
MATERIALES Y REPUESTOS			
OBSERVACIONES			
RESPONSABLE DE TURNO			
NOMBRE:		FIRMA:	

Fig. 49 Ficha reporte mantenimiento correctivo
Fuente: Propia de autor, 2021

1. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 1 al 5.
2. Escribir en texto la ubicación del código únicamente el nivel 4 y 5.
3. Nombre del equipo
4. Especificar la codificación ISO 14224 desde el nivel 6 al 8 de ser el caso.
5. Registrar la fecha del reporte.
6. Registrar el número de reporte, este debe ser de forma cronológica.
7. Describir el problema que se ha identificado mediante el reporte de la avería.
8. Describir las acciones aplicadas.
9. Especificar los materiales y herramientas a utilizar.
10. Redactar las observaciones de ser caso.
11. Escribir los datos del operador de turno.

3.3. Tabulación de encuesta realizada al personal técnico

Los datos obtenidos de la encuesta realizada a 8 operadores de las microcentrales (Anexo 23) los resultados obtenidos de las encuestas se recopilan en la tabla 31 y 32.

3.3.1. Microcentral Municipal Atuntaqui

La tabla 31 contiene los resultados de la encuesta realizada a 3 operadores de la microcentral.

Tabla 32
Tabulación encuesta operadores microcentral Municipal Atuntaqui

DESCRIPCIÓN	OPERADORES			RESULTADOS			
	1	2	3	SI	NO		
				A)	B)	C)	D)
Pregunta 1	SI	SI	SI	3	0		
Pregunta 2	A)	B)	A)	2	1	0	0
Pregunta 3	SI	SI	SI	3	0		
Pregunta 4	SI	SI	SI	3	0		
Pregunta 5	SI	SI	SI	3	0		
Pregunta 6	SI	SI	SI	3	0		
Pregunta 7	SI	SI	SI	3	0		

Fuente: Propia de autor, 2021

En la figura 47 se observa la gráfica de los resultados obtenidos.

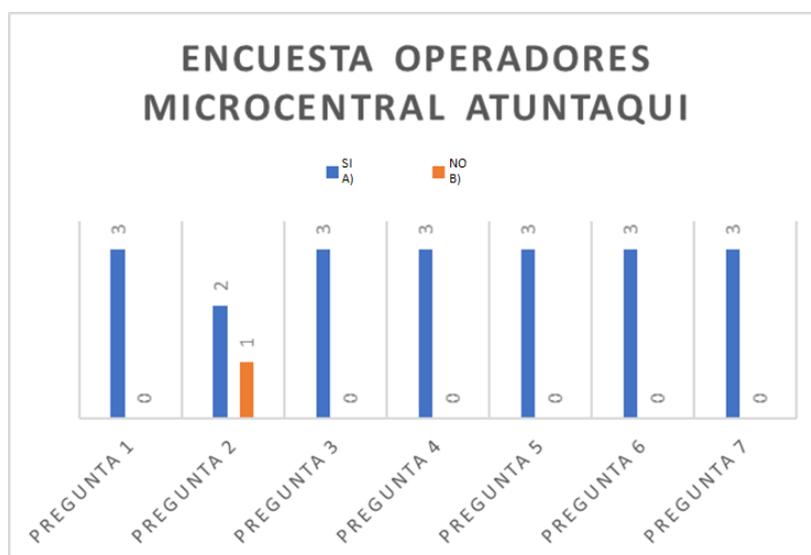


Fig. 50 Gráfica tabulación de resultados
Fuente: Propia de autor, 2021

- **Análisis de la encuesta**

1. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante que la empresa cuente con sistema de gestión de mantenimiento, el cual les

permitiría tener una mejor organización al momento de realizar las actividades de mantenimiento.

2. El 66.66% de los operadores de la microcentral consideran que el tiempo de respuesta frente a daños de los equipos deber ser de un día y el 33.33% considera que se puede establecer en el tiempo de una semana, esto demuestro que su punto de vista que los equipos son críticos y no deben largos periodos en paradas disminuyendo la productividad de la microcentral.
3. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante mantener un stock de materiales críticos en bodega, esto en función de reponer al instante piezas que presenten fallas y sean difíciles de conseguir.
4. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante mantener un registro periódico de los daños e imprevistos que pasan en los equipos, debido a que existen fallas recurrentes por no tener un registro adecuado no se da pronta solución en caso de que la falla es simple.
5. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante realizar mantenimiento preventivo periódico, con el propósito de mantener operativos y extender la vida útil de los equipos.
6. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que el realizar constantes mantenimientos correctivos reduce la vida útil de los equipos, debido a remplazo de repuestos de categoría A y diferentes repuestos de categoría B.
7. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que un diagnóstico a tiempo evita que ocurran daños graves a los equipos, siendo que las fallas más graves presentan síntomas que pueden ser detectadas a tiempo.

3.3.2. Microcentral Industrial Algodonera

La tabla 32 contiene los resultados de la encuesta realizada a 5 operadores de la microcentral.

Tabla 33
 Tabulación encuesta operadores microcentral Industrial Algodonera

DESCRIPCIÓN	OPERADORES					RESULTADOS			
						SI	NO		
	1	2	3	4	5	A)	B)	C)	D)
Pregunta 1	SI	SI	SI	SI	SI	5	0		
Pregunta 2	A)	B)	A)	A)	D)	3	1	0	1
Pregunta 3	SI	SI	SI	SI	SI	5	0		
Pregunta 4	SI	SI	SI	SI	SI	5	0		
Pregunta 5	SI	SI	SI	SI	SI	5	0		
Pregunta 6	SI	SI	SI	SI	SI	5	0		
Pregunta 7	SI	SI	SI	SI	SI	5	0		

Fuente: Propia de autor, 2021

En la figura 48 se observa la gráfica de los resultados obtenidos.

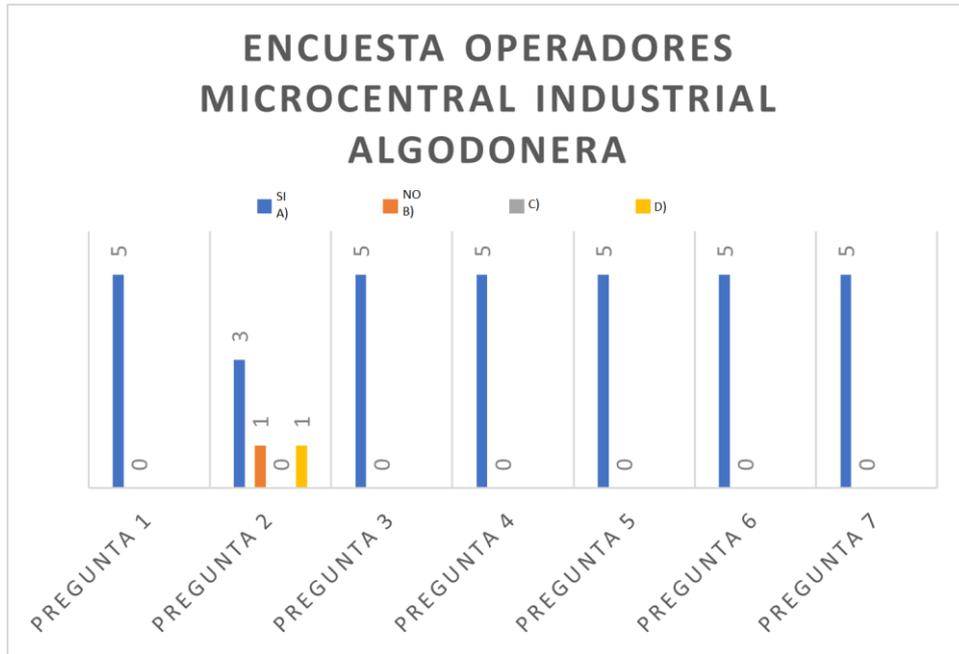


Fig. 51 Gráfica tabulación de resultados
 Fuente: Propia de autor, 2021

- **Análisis de la encuesta**

1. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante que la empresa cuente con sistema de gestión de mantenimiento, ya que les permitiría realizar las actividades de mantenimiento con mayor rapidez poniendo operativos los equipos en el menor tiempo posible.
2. El 60% de los operadores de la microcentral consideran que el tiempo de respuesta frente a daños de los equipos deber ser de un día y el restante en

un periodo máximo de 7 días, debido a que los daños que se presenten deben ser atendidos en el menor tiempo posible.

3. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante mantener un stock de materiales críticos en bodega, para evitar paradas de equipos por falta de repuestos categoría A y B.
4. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante mantener un registro periódico de los daños e imprevistos que pasan en los equipos, ya que ayudaría con los diagnósticos más acertados de las fallas que presenten los equipos.
5. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que es importante realizar mantenimiento preventivo periódico, esto para reducir el acelerado desgaste de piezas y partes.
6. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que el realizar constantes mantenimientos correctivos reduce la vida útil de los equipos, debido a que los equipos están sometidos a varias reparaciones forzadas alcanzando gran velocidad en deterioro y también a inexactitud de piezas de fabricación nuevas que son repuestos de categoría B.
7. El 100% de los operadores de la microcentral consideran que un diagnóstico a tiempo evita que ocurran daños graves a los equipos, porque permite determinar el origen de las fallas y realizar una intervención más oportuna.

CAPÍTULO 4

Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- El mantenimiento constituye una actividad indispensable para asegurar el máximo funcionamiento de los equipos en las áreas de producción, extender su vida útil y además alcanzar altos niveles de productividad.
- Mediante los datos de consumo del personal técnico, se determinó que los generadores al encontrarse fuera de operación, el rendimiento de la planta es proporcional al número de equipos que se encuentran fuera de servicio. Se pudo constatar en el desarrollo del trabajo que en los últimos meses el factor de planta se encontraba bajo el 70% en su capacidad instalada debido a la ausencia de materiales y equipos en stock para la reparación de los generadores esto durante un periodo extendido de tiempo.
- Al no existir un plan de mantenimiento preventivo en centrales de generación eléctrica repercute en gran escala la operatividad estable de las mismas y ocasiona grandes pérdidas económicas tanto en la baja producción energética como en las acciones correctivas urgentes a realizarse.
- La documentación como son fichas, cronogramas y planes, que interviene en el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo facilita el trabajo del personal técnico en turno ya que permite organizar, planificar y operar con mayor facilidad los equipos que se deben intervenir, también fortalece el conocimiento del personal sobre el estado y condiciones de los equipos.
- El plan de mantenimiento preventivo permite realizar actividades de operación con mayor seguridad laboral, debido a que ocurren accidentes causados por averías en los equipos que pueden ser evitados con una inspección periódica manteniendo las áreas y ambientes de trabajo en orden y limpias.

4.2. Recomendaciones

- Para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos que se encuentran dentro del sistema de generación es necesario realizar los mantenimientos de forma ininterrumpida para garantizar los resultados deseados.
- Los datos de pruebas y mediciones deben ser analizados y evaluados periódicamente con el personal técnico, con el objetivo de generar nuevas metodologías de mantenimiento como puede ser el mantenimiento predictivo que se basa en el análisis

de datos mediante métodos estadísticos, buscando siempre tener mayor rendimiento y disminuyendo los paros no programados.

- Se deberá contar con un stock de materiales, insumos, herramientas y equipos de sustitución que puedan satisfacer las necesidades inmediatas ante las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo que se vayan a realizar.
- Los formatos elaborados para realizar las tareas de mantenimiento pueden ser actualizados y mejorados mediante el análisis de información, toma de mediciones y nuevos sistemas de generación.
- Es recomendable implementar un sistema automatizado para el manejo de la información obtenida mediante los planes de mantenimiento, esto permitiría agilizar desde la gestión de materiales hasta la ejecución de tareas.

BIBLIOGRAFÍA

- (AIE), A. I. (2015). Generación hidroeléctrica en el mundo. *Science* , 8-10.
- (SG-SICA), S. G. (Enero de 2014). Guía de buenas prácticas Minicentrales Hidroeléctricas. Managua: CABAL, S.A.
- Anónimo. (2015). *Contenidos Didácticos* , 11-40.
- Boero, C. (2020). Mantenimiento . En *Mantenimiento Industrial* (págs. 5-15). E-ISBN: 9789875723528: Jorge Sarmiento Editor - Universitas.
- Cabello, M. (2019). Mantenimiento eléctrico (IEI). EDITEX.
- Calloni, C. (2002). Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas PYMES. Buenos Aires: Editorial Nobuko.
- Campos, O. (28 de Noviembre de 2018). *Científica. Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>
- Carrera, J. (2017). *Repositorio Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Modernización del sistema de regulación de velocidad en la central hidroeléctrica: https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPS_43d415aeab80a2205c99b78bb5627071
- Casas, L. (2019). El funcionamiento de las edificaciones. Cali: UNIVALLE.
- Castro, A. (Octubre de 2006). Minicentrales hidroeléctricas. Madrid, España: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- CENACE. (2020). Informe anual 2020 CENACE. Quito, Pichincha, Ecuador.
- CONELC. (2013). Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental. *Plan maestro de planificación 2013-2022*. Ecuador: Advantlogic Ecuador S.A.
- Cordeiro, J. (2016). *Puesta a tierra: Curso visual y práctico*. RedUSERS.
- Diez, A. (2019). Mantenimiento y mejora de las instalaciones en los edificios. Madrid: Paraninfo.
- EPEC. (16 de Septiembre de 2018). *EPEC Educa*. Obtenido de <https://www.epec.com.ar/institucional/epec-educa/articulo/1003>
- Fernández, I. (2012). Centrales. *Universidad de Cantabria*, 5-20.

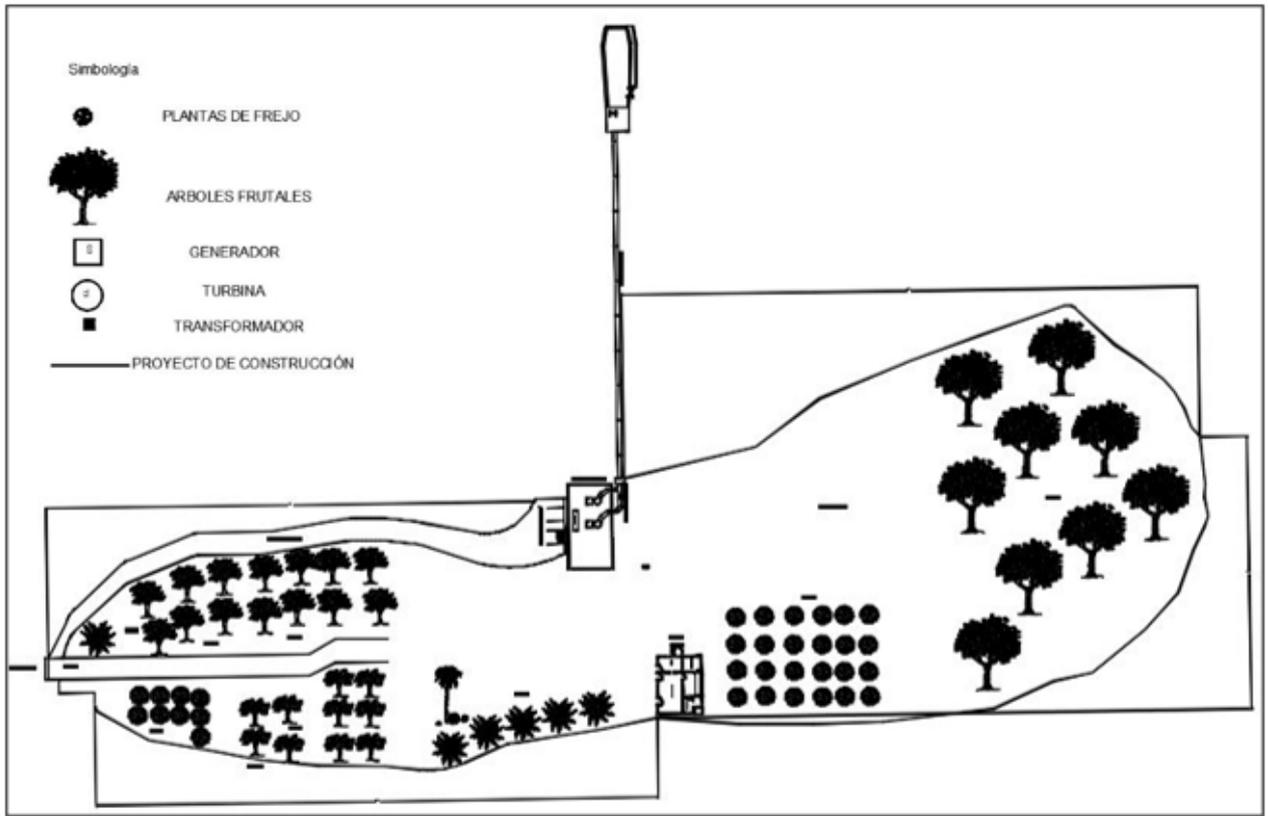
- FLUKE. (Julio de 2021). *Equipos e instrumentos de medición*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-es/productos/comprobacion-electrica/comprobadores-basicos>
- García, A. (2020). *Montaje y mantenimiento eléctrico electrónico*. Madrid: Paraninfo.
- García, S. (2009). INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO: Técnicas avanzadas de gestión de mantenimiento. Madrid: RENOVETEC. Obtenido de INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO: Técnicas avanzadas de gestión de mantenimiento: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=PUovBdLi-oMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.
- García, S. (2018). *RENOVECTE: Página oficial de las obras de Santiago García*. Obtenido de <http://www.renovetec.com/597-plan-de-mantenimiento/112-plan-de-mantenimiento/294-ejemplo-de-plan-de-mantenimiento>
- Gómez, C. (2018). *Mantenimiento Productivo Total*. ULPGC.
- Kosow, I. (2020). *Control de maquinas eléctricas*. New Jersey: REVERTÉ.
- López, A. (2018). *Guía para la Generación de Energía Hidroeléctrica*. 20.
- Méndez, F. (6 de 2011). *Propuesta para la gestión de mantenimiento de la central hidroeléctrica Ocaña. Universidad Politécnica Salesiana*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Moreno, G. (2007). *Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra*. Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Nieto, E. (2013). *Mantenimiento industrial práctico*. Fidestec.
- Ortiz, R. (2011). *Pequeñas centrales hidroeléctricas*. E - ISBN: 9781449278335: Ediciones de la U.
- Ponce, D. (2016). *Gestión de Mantenimiento para centrales hidroeléctricas: el caso de las centrales Minas - San Francisco*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Azuay - Maestría en gestión de mantenimiento.
- SERMAA. (s.f). *Memoria Técnica Micro Central Atuntaqui*. Antonio Ante, Imbabura, Ecuador: SERMAA EP.

Viveros, P. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería (Scielo)*, 1-10.

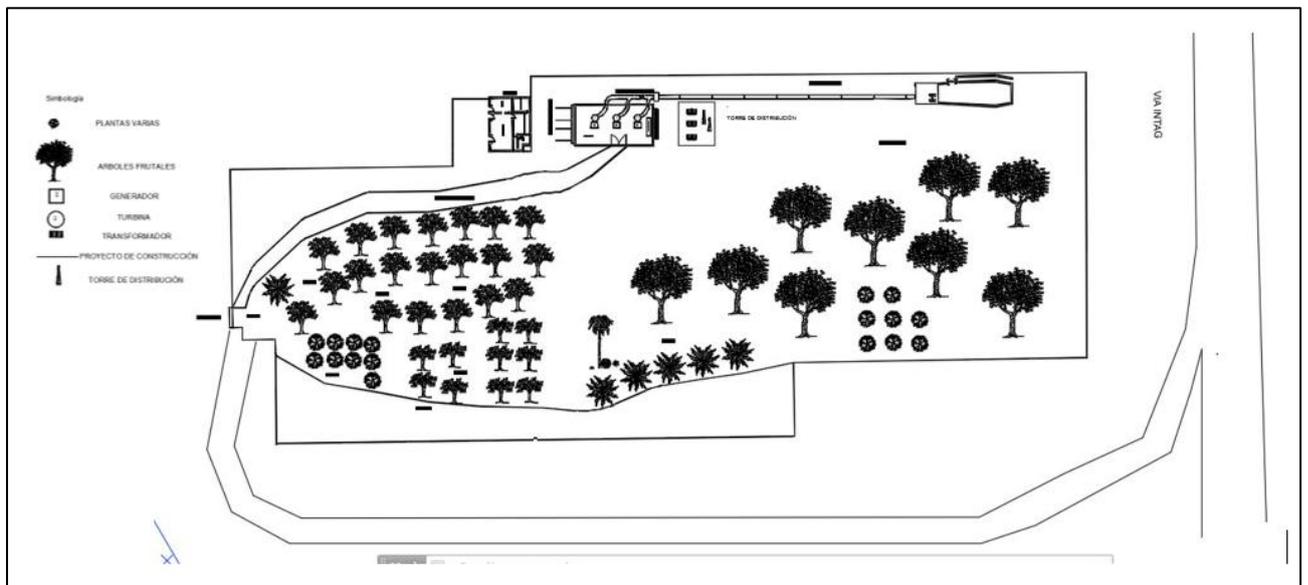
White, J. (2014). Electrical safety-related maintenance practices. Conference Location: Atlanta, GA, USA: Publisher: IEEE.

Zubiaurre, J. (2016). Electricista de Mantenimiento. Cano Pina.

ANEXOS



Anexo 1 Plano micro central Algodonera



Anexo 2 Plano micro central Algodonera

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS	UBICACIÓN DEL EQUIPO:
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	ERMAA EP-CENTHIE-MCATUN-CA DESCRIPCIÓN: Micro central Atuntaqui - Casa de máquin

EQUIPO	Unidad de Generación #1						
CÓDIGO TÉCNICO	CAM-SE-GEN-UG#1						
DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO							
CAM : Casa de máquinas	GEN: Generación						
SE: Sistema Eléctrico	UG#1: Unidad generación 1						
DATOS DE GENERALES							
MARCA	A.E.G.	SERIE	453928-453929				
MODELO	F 291	CRITICIDAD	Crítico				
TIPO DE GENERADOR	Sincrono						
TIPO DE CONEXIÓN							
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS							
AISLAMIENTO	VOLTAJE	CORRIENTE	VELOCIDAD	POTENCIA	FP	FRECUENCIA	EXITACIÓN
CLASE B	400/231 V	35,2 A	900 rpm	250 KVA	0,8	60 Hz	110 V 27 A
PROVEEDORES							
NACIONALES				INTERNACIONALES			
NOMBRE	RUC	TELF.	DIRECCIÓN	NOMBRE	RUC	TELF.	DIRECCIÓN
Prov 1	0000000001	000 000	Tulcán	Prov 1	XXX	000 000	Colombia
Prov 2	0000000001	000 000	Ibarra	Prov 2	XXX	000 000	Chile
OBSERVACIONES							

Anexo 7 Ficha técnica de equipos

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	HOJA DE VIDA DE QUIPOS MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	UBICACIÓN DEL EQUIPO: SERMAA EP-CENTHE-MCATUN-CAM
		DESCRIPCIÓN: Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO	Unidad de Generación #2	CÓDIGO TÉCNICO		CAM-SE-GEN-UG#2		
SUPERVISOR	Jefe de área					
No.	EVENTO	HORA	FECHA	OBSERVACIONES	RESPONSABLE DE TURNO	
1	El generador #2 ha presentado fallas en el rotor	10:00 a. m.	1/1/2021	Revisar plan de manter	Operador	
2	El generador #2 se encuentra suspendido por falla mecánica	3:00 p. m.	7/1/2021	Revisar cronograma	Operador	
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Anexo 8 Hoja de vida de equipos

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	UBICACIÓN DEL EQUIPO: SERMAA EP-CENTHE-ATN-CAM
		DESCRIPCIÓN: Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO	Unidad de Generación	No. X	CÓDIGO TÉCNICO	CAM-SE-GEN-UG#X	
RESPONSABLE	Jefe de área		FRECUENCIA	Mensual	
No.	DESCRIPCIÓN				FN OBSERVACIONES
1	Inspeccion visual del equipo				
2	Limpieza externa del generador con aire				
3	Limpieza externa de la excitatriz				
4	Toma de datos de corriente (L1- L2- L3)				
5	Toma de datos de voltaje fase (L1-N/ L2-N/ L3-N)				
6	Toma de datos de voltaje línea (L1-L2/ L1-L3/ L2-L3)				
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 9 Plan de mantenimiento mensual generadores eléctricos

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:	
		MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
			DESCRIPCIÓN: Micro central Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO		Unidad de Generación	No. 2										CÓDIGO TÉCNICO	CAM-SE-GEN-UG#2			
RESPONSABLE		Jefe de área											FRECUENCIA	Semestral			
No.	DESCRIPCIÓN															FN	OBSERVACIONES
1	Inspección visual del equipo																
2	Limpieza externa del generador con aire																
3	Limpieza externa de la excitatriz																
4	Inspección visual bornes de conexión																
5	Inspección visual de líneas de alimentación																
6	Reajuste de terminales eléctricos caja de conexión																
7	Revisión y reajuste línea de puesta a tierra																
8	Toma de datos de corriente (L1- L2- L3)																
9	Toma de datos de voltaje fase (L1-N/ L2-N/ L3-N)																
10	Toma de datos de voltaje línea (L1-L2/ L1-L3/ L2-L3)																
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 10 Plan de mantenimiento semestral generadores eléctricos

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:	
		MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
			DESCRIPCIÓN: Casa de máquinas

EQUIPO		Unidad de Generación	No.										CÓDIGO TÉCNICO	Anual			
RESPONSABLE		Jefe de área											FRECUENCIA				
No.	DESCRIPCIÓN															FN	OBSERVACIONES
1	Inspección visual del equipo																
2	Limpieza externa del generador con aire																
3	Limpieza externa de la excitatriz																
4	Inspección visual bornes de conexión																
5	Inspección visual de líneas de alimentación																
6	Reajuste de terminales eléctricos caja de conexión																
7	Revisión y reajuste línea de puesta a tierra																
8	Limpieza estator con desengrasante dieléctrico																
9	Revisión integridad física bobinado																
10	Limpieza del rotor con desengrasante dieléctrico																
11	Inspección visual externa del rotor																
12	Cambio de rodamientos																
13	Engrasado de rodamientos y tapas																
14	Ajuste de pernos de sujeción																
15	Pintado exterior del generador																
16	Toma de datos de corriente (L1- L2- L3)																
17	Toma de datos de voltaje fase (L1-N/ L2-N/ L3-N)																
18	Toma de datos de voltaje línea (L1-L2/ L1-L3/ L2-L3)																
19	Revisión y reajuste puntos de conexión puesta a tierra																
20																	
21																	
22																	
23																	

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 11 Plan de mantenimiento anual generadores eléctricos

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:
		SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	DESCRIPCIÓN:
		Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO	Tablero de control	No.	CÓDIGO TÉCNICO	MCAT UN-CAM-SE-GEN-TCG#X
RESPONSABLE	Jefe de área		FRECUENCIA	Anual
No.	DESCRIPCIÓN			FN OBSERVACIONES
1	Inspección visual del equipo			
2	Inspección visual de líneas de alimentación			
3	Limpieza interna y externa con aire comprimido			
4	Inspección visual cables de control			
5	Reajuste de terminales eléctricos líneas de alimentación			
6	Reajuste de terminales eléctricos disyuntres			
7	Mantenimiento contactores (revisión contactos, bobina, espira sombra)			
8	Reajuste contactos eléctricos contactores, fusibles, breakers			
9	Pruebas de continuidad cableado de control			
10	Revisión y reajuste selectores y luces piloto			
11	Revisión y toma de datos transformador 120V			
12	Revisión de UPS y toma de datos de voltaje			
13	Toma de datos de corriente (L1- L2- L3)			
14	Toma de datos de voltaje fase (L1-N/ L2-N/ L3-N)			
15	Toma de datos de voltaje línea (L1-L2/ L1-L3/ L2-L3)			
16	Medición de voltaje N -PT			
17	Toma de datos medidor			
18	Reajuste terminales TC's			
19				
20				
21				

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 16 Plan de mantenimiento anual tableros de control

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:
		SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	DESCRIPCIÓN:
		Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO	Transformador	No. X	CÓDIGO TÉCNICO	MCAT UN-CAM-SE-GEN-TP#X
RESPONSABLE	Jefe de área		FRECUENCIA	Semestral
No.	DESCRIPCIÓN			FN OBSERVACIONES
1	Inspección visual del equipo			
2	Inspección visual de líneas de alimentación			
3	Verificación del nivel de aceite del transformador			
4	Limpieza externa con aire comprimido			
5	Verificación estado físico de los bushin			
6	Toma de datos de corriente (L1- L2- L3)			
7	Toma de datos de voltaje fase (L1-N/ L2-N/ L3-N)			
8	Toma de datos de voltaje línea (L1-L2/ L1-L3/ L2-L3)			
9	Medición de voltaje N -PT			
10	Toma de datos medidor			
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:	
		MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
			DESCRIPCIÓN: Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO												CÓDIGO TÉCNICO	MCATUN-CAM-SE-GEN-LTM			
RESPONSABLE												FRECUENCIA	Anual			
No.	DESCRIPCIÓN														FN	OBSERVACIONES
1	Inspeccion visual de las líneas															
2	Limpieza de los conectores															
3	Verificación integridad física estructura de soportes (poste, cruceta, aisladores)															
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 19 Plan de mantenimiento anual de líneas de transmisión

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:	
		MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
			DESCRIPCIÓN: Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO												CÓDIGO TÉCNICO	MCATUN-CAM-SE-GEN-PT			
RESPONSABLE												FRECUENCIA	Semestral			
No.	DESCRIPCIÓN														FN	OBSERVACIONES
1	Inspeccion visual de línea de tierra															
2	Medición de valor de la resistencia															
3	Reajuste de los bornes de conexión															
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 20 Plan de mantenimiento semestral de la puesta a tierra

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:
		SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	DESCRIPCIÓN:
		Microcentral Atuntaqui - Casa de máquinas

EQUIPO	Puesta a tierra	CÓDIGO TÉCNICO	MCAT UN-CAM-SE-GEN-PT
RESPONSABLE	Jefe de área	FRECUENCIA	Anual
No.	DESCRIPCIÓN		FN OBSERVACIONES
1	Inspección visual de línea de tierra		
2	Medición de valor de la resistencia		
3	Reajuste de los bornes de conexión		
4	Tratamiento del suelo para mejorar la resistencia		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

EJECUTADO POR:	Técnico de turno	FIRMA	XXXX	FECHA	XXXX
-----------------------	------------------	--------------	------	--------------	------

Anexo 21 Plan de mantenimiento anual de la puesta a tierra

 SERMAA^{EP} EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS MUNICIPALES DE ANTONIO ANTE	REPORTE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	UBICACIÓN DEL EQUIPO:
	MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ATUNTAQUI	SERMAA EP-CENTHIE-ATN-CAM DESCRIPCIÓN: Microcentral Atuntaqui - Casa de máquin

DATOS GENERALES			
EQUIPO	Unidad de Generación #1	FECHA	1/1/2021
CÓDIGO TÉCNICO	CAM-SE-GEN-UG#X	NÚMERO	000001
TRABAJOS EJECUTADOS			
PROBLEMA IDENTIFICADO Cableado de control con aislamiento deteriorado Parada del generador por daños de rodamientos Parada del generador por bobinado cortocircuitado			
CORRECTIVOS APLICADOS Se realizaron tareas de mantenimiento que correspondiente a: Cambiar el cableado que se encontro deteriorado. Revisar el estado de rodamientos para posteriormete realizar el pedido.			
MATERIALES Y REPUESTOS Los materiales utilizados fueron los siguientes: Multímetro, pinza amperimétrica, medidor de aislamiento.			
OBSERVACIONES			
RESPONSABLE DE TURNO NOMBRE: XXX FIRMA: XXX			

Anexo 22 Reporte de mantenimiento correctivo



ENCUESTA PLANES DE MANTENIMIENTO

El presente documento tiene como finalidad realizar una encuesta al personal técnico de la microcentral Municipal Atuntaqui acerca de la elaboración del plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

1. ¿Cree usted que es importante que la empresa cuente con sistema de gestión de mantenimiento?
SI
NO
2. ¿Qué tiempo de respuesta cree usted que se debe tener frente a daños de los equipos?
a) Un día
b) Una semana
c) Un mes
d) Otro _____
3. ¿Cree usted que es importante mantener un stock de materiales críticos en bodega?
SI
NO
4. De acuerdo con la capacitación realizada acerca de los procesos de gestión del mantenimiento preventivo y correctivo ¿Cree usted que es importante mantener un registro periódico de los daños e imprevistos que pasan en los equipos?
SI
NO
5. ¿Cree usted que es importante realizar mantenimiento preventivo periódico? (limpieza, reajuste, lubricación, etc)
SI
NO
6. ¿Cree usted que el realizar constantes mantenimientos correctivos reduce la vida útil de los equipos?
SI
NO
¿POR QUÉ?

7. ¿Cree usted que un diagnóstico a tiempo evita que ocurran daños graves a los equipos?
SI
NO

Anexo 23 Encuesta realizada al personal técnico de las microcentrales



Anexo 24 Encuesta y capacitación realizada al personal técnico de las microcentral Atuntaqui



Anexo 25 Encuesta y capacitación realizada al personal técnico de las microcentral Industrial Algodonera