

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA EL  
ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS DE OPERACIÓN  
CASO DE ESTUDIO: UNIDAD N°5 PLANTA HIDROELÉCTRICA  
CUTICUCHO DEL VALLE DE ZONGO”**

Proyecto de Grado para optar el grado académico de Ingeniero Eléctrico

**Por:** UNIV. MARCO ANTONIO GARAY GAVINCHA

**TUTORES:** ING. BORIS CALDERON VILLANUEVA

ING. JOSE LUIS IPORRE LOZA

LA PAZ-BOLIVIA

Julio, 2023



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **Dedicatoria**

"A todos aquellos que han sido mi luz y guía en este camino, a mi familia, especialmente a mi madre, amigos y mentores, dedico con profundo agradecimiento este proyecto de grado. Su inquebrantable apoyo y aliento han sido la fuerza que me impulsó a superar cada obstáculo. Este logro es también suyo."

## **RESUMEN**

El presente Proyecto de Grado denominado “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS DE OPERACIÓN CASO DE ESTUDIO: UNIDAD N°5 PLANTA HIDROELÉCTRICA CUTICUCHO DEL VALLE DE ZONGO” está enfocado en la creación de una Aplicación para celular o Tablet capaz de guardar datos de relevancia en la nube y en el celular, específicamente los Parámetros Críticos de Operación de los equipos electromecánicos más importantes dentro de una Planta Hidroeléctrica, con el fin de brindar una herramienta que ayude al análisis del funcionamiento normal como el de posibles fallas en los equipos electromecánicos, especialmente en el Generador, Descansos, HPU (Hydraulic Power Unit) y el Transformador de Potencia.

Los actores principales para el uso de la Aplicación son los Operadores de Planta (encargados de vigilar y controlar 24/7 estos parámetros) y los Supervisores (encargados de solucionar fallas y posibles fallas en los equipos, también, promover el correcto funcionamiento de los equipos).

Entonces, con los datos obtenidos por los Operadores, los Supervisores serán capaces de observar los datos guardados (diarios, semanales y mensuales) en tiempo real, también podrán acceder a gráficos de tendencia que promuevan a un mejor análisis del funcionamiento, control y vigilancia de los equipos.

Por otro lado, se pretende que la Aplicación sea capaz mandar notificaciones a los Supervisores de manera inmediata en caso de emergencias, de generar archivos históricos (informes) de los datos en formato Excel y apoyar con soporte técnico dentro de la Aplicación.

Finalmente, con el desarrollo de la Aplicación Android se pretende optimizar el recurso humano de la Planta Hidroeléctrica, promoviendo al uso de la tecnología sobre el sistema tradicional de toma de datos dentro la Planta.

**PALABRAS CLAVE:** ANDROID / COBEE / FRAMEWORK / HPU / JAVASCRIPT / OPERADOR / PARÁMETROS CRÍTICOS DE OPERACIÓN / RUP / SDK / SMARTPHONE / SUPERVISOR / XP.

## **ABSTRACT**

The present graduation project, entitled "DEVELOPMENT OF AN ANDROID APPLICATION FOR THE ANALYSIS OF CRITICAL OPERATION PARAMETERS: A CASE STUDY OF UNIT NO. 5 OF THE CUTICUCHO HYDROELECTRIC PLANT IN THE ZONGO VALLEY," is focused on creating a mobile or tablet application capable of storing relevant data in the cloud and on the device, specifically the Critical Operation Parameters of the most important electromechanical equipment within a Hydroelectric Plant, in order to provide a tool that aids in the analysis of normal operation as well as possible failures in the electromechanical equipment, especially the Generator, Bearings, HPU (Hydraulic Power Unit), and Power Transformer.

The main actors for the use of the application are the Plant Operators (responsible for monitoring and controlling these parameters 24/7) and the Supervisors (responsible for solving faults and possible faults in the equipment, as well as promoting the correct functioning of the equipment).

With the data obtained by the Operators, the Supervisors will be able to observe the saved data (daily, weekly, and monthly) in real-time, and will also be able to access trend graphs that promote better analysis, control, and monitoring of the equipment. Furthermore, the application is intended to send immediate notifications to the Supervisors in case of emergencies, to generate historical files (reports) of the data in Excel format, and to provide technical support within the application.

Finally, the development of the Android application aims to optimize the human resources of the Hydroelectric Plant, promoting the use of technology over the traditional data collection system within the Plant.

**KEYWORDS:** ANDROID / COBEE / FRAMEWORK / HPU / JAVASCRIPT / OPERATOR / CRITICAL OPERATION PARAMETERS / RUP / SDK / SMARTPHONE / SUPERVISOR / XP.

## GLOSARIO

**Android:** Sistema operativo basado en Linux para dispositivos móviles.

**API:** Siglas de Interfaz de Programación de Aplicaciones. Es un conjunto de funciones, métodos o procedimientos que ofrece una biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

**Framework:** Significa marco de trabajo o estructura de trabajo, es una herramienta o conjunto de herramientas que facilitan la creación de aplicaciones o software.

**HPU:** Siglas de Hydraulic Power Unit, es una Unidad de Potencia Hidráulica, equipo electromecánico fundamental dentro de una Planta Hidroeléctrica.

**JavaScript:** Es un lenguaje de programación de alto nivel y orientado a objetos que se utiliza principalmente en el desarrollo web para agregar interactividad a las páginas web.

**Operador:** Encargado de manejar los tableros y control general dentro de una Planta Hidroeléctrica.

**Parámetros Críticos de Operación:** Son aquellos valores o variables que deben mantenerse dentro de ciertos límites para asegurar la operación segura y eficiente de los equipos y procesos de la industria.

**RUP:** Siglas de Rational Unified Process, Proceso Racional Unificado, es un proceso de desarrollo de software desarrollado por la empresa Rational Software.

**SDK:** Siglas de Software Development Kit o Kit de Desarrollo de Software, es un conjunto de herramientas de desarrollo que permite a los desarrolladores crear aplicaciones para el sistema operativo Android.

**SO:** (Sistema Operativo) es un software que gestiona los recursos de hardware y software de un equipo informático y proporciona servicios comunes para los programas de aplicación

**Smartphone:** Anglicismo. Teléfono móvil construido sobre una plataforma informática móvil, con capacidad para almacenar datos y realizar actividades asemejándose a una minicomputadora.

**Supervisor:** Persona encargada de la supervisión y correcto funcionamiento de todas las unidades dentro del valle de Zongo.

**XP:** Siglas de eXtreme Programming o programación extrema, es una metodología de desarrollo de software formulada por Kent Beck.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
GLOSARIO.....	III
CONTENIDO .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Objetivos del Proyecto .....	2
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Justificación.....	2
1.4.1 Justificación Técnica.....	2
1.4.2 Justificación Académica.....	3
1.4.3 Justificación Económica.....	3
1.5 Alcances del Proyecto .....	3
CAPÍTULO II .....	4
2 EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS EN PLANTAS HIDROELÉCTRICAS .....	4
2.1 Conceptos generales .....	4
2.1.1 Breve historia .....	4
2.1.2 Energía a partir del agua .....	4
2.1.3 Clasificación de plantas hidroeléctricas .....	5
2.1.4 Características esenciales de una planta hidroeléctrica.....	7
2.2 Equipos electromecánicos para el análisis de parámetros críticos de operación de una planta hidroeléctrica .....	15
2.2.1 Generador.....	15
2.2.2 Descansos.....	19

2.2.3	HPU (Hydraulic Power Unit).....	23
2.2.4	Transformadores .....	25
CAPÍTULO III .....		32
3	PARÁMETROS CRITICOS DE OPERACIÓN .....	32
3.1	Concepto de un parámetro crítico de operación .....	32
3.2	Secuencia de decisiones para identificar un parámetro crítico de operación ....	33
3.3	Medidas de vigilancia y control para los parámetros críticos de operación.....	34
3.4	Límites para los parámetros críticos de operación .....	35
3.5	Sistema de vigilancia para los parámetros críticos de operación .....	35
3.5.1	El diseño de un sistema de vigilancia .....	36
3.6	Establecimiento de medidas correctoras .....	36
3.7	Establecimiento de un sistema de documentación y registro .....	37
3.8	Medios para obtener los datos de los parámetros críticos de operación.....	37
3.8.1	Instrumentos y sensores utilizados para medir los parámetros críticos de operación en cada equipo .....	37
CAPÍTULO IV .....		40
4	APLICACIÓN ANDROID .....	40
4.1	Tecnología móvil.....	40
4.1.1	Sistemas operativos.....	40
4.1.2	Tipos de aplicaciones móviles .....	41
4.1.3	Sistema operativo Android.....	43
4.2	Material Desing .....	47
4.2.1	Componentes.....	47
4.2.2	Color.....	50
4.2.3	Tipografía.....	50
4.2.4	Elevación.....	51
4.3	Algunas metodologías existentes para el desarrollo de aplicaciones móviles ..	51
4.3.1	Metodología RUP.....	51
4.3.2	Metodología XP .....	53
4.4	Análisis comparativo .....	57
4.5	Descripción de la metodología seleccionada.....	58



CAPÍTULO V .....	59
5 APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO: PLANTA HIDROELÉCTRICA DE CUTICUCHO UNIDAD N° 5 .....	59
5.1 COBEE.....	59
5.2 Planta Cuticucho.....	60
5.2.1 Antecedentes .....	60
5.2.2 Características generales .....	60
5.2.3 Ubicación geográfica .....	61
5.2.4 Características físicas de zona.....	62
5.3 Equipos electromecánicos de la Planta CUTICUCHO UNIDAD N° 5 .....	62
5.3.1 Turbina Pelton.....	62
5.3.2 Gobernador (HPU) .....	63
5.3.3 Generador .....	64
5.3.4 Transformador de potencia .....	64
5.3.5 Descansos.....	65
5.3.6 Sistemas de control .....	66
5.3.7 Banco de baterías .....	67
5.4 Puesta en marcha y operación de la Planta Cuticucho .....	68
5.4.1 Operación Normal de la Planta Cuticucho UNIDAD 5 .....	68
5.5 Selección de los equipos electromecánicos en los cuales se vigilará los parámetros críticos de operación.....	71
5.6 Parámetros Críticos de Operación de la Planta Cuticucho Unidad N° 5 .....	71
5.6.1 Rangos de operación óptima .....	71
5.6.2 Base de datos inicial de los parámetros críticos de operación .....	72
5.7 Recojo de datos de los parámetros críticos de operación de la Planta .....	75
5.7.1 Parte Diario de parámetros críticos de operación .....	75
5.7.2 Procedimiento para el llenado del parte diario de parámetros críticos de operación por parte del Operador De Planta.....	75
5.7.3 Procedimiento para el llenado del parte diario de parámetros críticos de operación por parte del Supervisor De Producción.....	76
5.8 Desventajas del procedimiento actual .....	76

CAPÍTULO VI.....	78
6 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN ANDROID .....	78
6.1 Fase de Planificación .....	78
6.1.1 Descripción de los interesados .....	79
6.1.2 Requerimientos Funcionales del proyecto .....	80
6.1.3 Requerimientos No Funcionales de la Aplicación .....	81
6.1.4 Restricciones .....	82
6.2 Fase de Diseño.....	83
6.2.1 Diagramas de casos de uso.....	83
6.2.2 Diagrama de navegación.....	89
6.2.3 Diseño de pantallas .....	90
6.2.4 Flujo de funcionamiento de las pantallas .....	96
6.3 Fase de Codificación .....	98
6.3.1 Requerimientos de desarrollo.....	99
6.3.2 Desarrollo del módulo para el Operador.....	99
6.3.3 Desarrollo del módulo para el Supervisor.....	99
6.4 Fase de Pruebas Iniciales.....	99
CAPÍTULO VII .....	101
7 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN ANDROID EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA DE CUTICUCHO UNIDAD N°5 .....	101
7.1 Fase de Implementación de la Aplicación.....	101
7.1.1 Pruebas y familiarización de la Aplicación con el Operador .....	101
7.1.2 Pruebas y familiarización de la Aplicación con el Supervisor.....	103
7.1.3 Test de Usuario .....	105
7.2 Fase de Documentación y Análisis de Resultados Obtenidos.....	105
CAPÍTULO VIII .....	108
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
8.1 CONCLUSIONES.....	108
8.2 RECOMENDACIONES .....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	110
ANEXOS.....	111

ANEXO A.....	112
ANEXO B.....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Centrales de embalse .....	5
Figura 2.2 Centrales de pasada.....	6
Figura 2.3 Turbina Pelton .....	9
Figura 2.4 Sistema Inyector y Deflector .....	10
Figura 2.5 Rotor de dos Polos no Salientes.....	16
Figura 2.6 Rotor de Polos Salientes .....	17
Figura 2.7 Ejemplo de Descansos .....	20
Figura 2.8 Partes de un Rodamiento .....	21
Figura 2.9 Rodamientos según su geometría .....	23
Figura 2.10 Regulador Simple .....	24
Figura 2.11 Aspectos constructivos de un transformador.....	27
Figura 2.12 Transformador de Tensión alimentando un voltímetro .....	30
Figura 2.13 Tipos de transformadores de intensidad .....	31
Figura 3.1 Esquema para identificar un Parámetro Crítico de Operación .....	34
Figura 3.2 Componentes de un PT 100.....	38
Figura 4.1 Características de los tipos de Aplicaciones Móviles.....	43
Figura 4.2 Arquitectura Android.....	45
Figura 4.3 Versiones de Android .....	47
Figura 4.4 Componentes de Acción .....	48
Figura 4.5 Componentes de Contención .....	48
Figura 4.6 Componentes de Navegación .....	49
Figura 4.7 Componente de Entrada de Texto.....	49
Figura 4.8 Componentes de Comunicación .....	50
Figura 4.9 Esquema de Selección de Colores .....	50
Figura 4.10 Estilos de Tipografía.....	51
Figura 4.11 Alturas de Elevación.....	51
Figura 4.12 Flujo de Características de la Programación Extrema.....	55
Figura 5.1 Plantas Hidroeléctricas en el Valle de Zongo .....	59
Figura 5.2 Mapa del Valle de Zongo .....	60
Figura 5.3 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Vista desde Satélite .....	61
Figura 5.4 Planta Hidroeléctrica Cuticucho .....	62
Figura 5.5 Turbina Pelton de la Unidad 5 .....	63
Figura 5.6 HPU (Hydraulic Power Unit) .....	63

Figura 5.7	Generador de la Unidad 5 y Placa Característica .....	64
Figura 5.8	Transformador de Potencia de Planta Hidroeléctrica Cuticucho.....	65
Figura 5.9	Diagrama esquemático de los descansos y descansos .....	66
Figura 5.10	Sala de Control Planta Hidroeléctrica Cuticucho .....	66
Figura 5.11	Pantallas HMI Planta Hidroeléctrica Cuticucho.....	67
Figura 5.12	Banco de Baterías Planta Hidroeléctrica Cuticucho.....	67
Figura 5.13	Hoja Técnica de la Unidad 5 .....	72
Figura 5.14	Parte Diario Planta Hidroeléctrica Cuticucho.....	75
Figura 6.1	Casos de uso del Operador de Planta.....	84
Figura 6.2	Casos de uso del Supervisor .....	84
Figura 6.3	Diagrama de Navegación.....	90
Figura 6.4	Paleta de colores de la Aplicación .....	90
Figura 6.5	Pantalla de Inicio .....	91
Figura 6.6	Pantalla de Llenado de Datos .....	92
Figura 6.7	Pantalla de Guardar Datos .....	93
Figura 6.8	Pantalla de Examinar Datos.....	94
Figura 6.9	Pantalla de Lista de Datos.....	94
Figura 6.10	Pantalla de Gráficas de Tendencia.....	95
Figura 6.11	Pantalla de Cajón de Navegación .....	95
Figura 6.12	Pantalla de Generación de Informes .....	96
Figura 6.13	Pantalla de Soporte Técnico .....	96
Figura 6.14	Flujo de Funcionamiento del Operador .....	97
Figura 6.15	Flujo de Funcionamiento del Supervisor .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los sistemas operativos .....	41
Tabla 2 Ventajas y Desventajas de las Metodologías RUP y XP .....	57
Tabla 3 Protocolo de Operación Normal Planta Hidroeléctrica Cuticucho .....	68
Tabla 4 Parámetros Críticos de Operación de los equipos electromecánicos .....	71
Tabla 5 Datos Históricos del Generador Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho .....	73
Tabla 6 Datos Históricos de los Descansos Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Gestión 2019 .....	73
Tabla 7 Datos Históricos del HPU Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Gestión 2019 .....	74
Tabla 8 Datos Históricos del Transformador Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Gestión 2019 .....	74
Tabla 9 Plantilla Excel General Planta Hidroeléctrica Cuticucho .....	75
Tabla 10 Plantilla Excel de la Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho .....	76
Tabla 11 Diagrama de Gantt del Proyecto .....	78
Tabla 12 Matriz de Usuarios de la Aplicación.....	79
Tabla 13 Resumen de tareas de los involucrados.....	79
Tabla 14 Especificación Caso de Uso 1 .....	85
Tabla 15 Especificación Caso de Uso 2 .....	86
Tabla 16 Especificación Caso de Uso 3 .....	87
Tabla 17 Especificación Caso de Uso 4 .....	87
Tabla 18 Especificación Caso de Uso 5 .....	88
Tabla 19 Especificación Caso de Uso 6 .....	89
Tabla 20 Historia 1 de Usuario .....	101
Tabla 21 Historia 2 de Usuario .....	102
Tabla 22 Historia 3 de Usuario .....	103
Tabla 23 Historia 4 de Usuario .....	104
Tabla 24 Test de Usuario .....	105
Tabla 25 Matriz de Análisis de Resultados.....	105

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Debido al cambio constante de tecnología, así como de medios para su aprovechamiento, viene a ser conveniente el uso de aplicaciones en Smartphones para la optimización de trabajos, consultas, análisis de parámetros, cálculos eléctricos basados en normas, entre otros. Todo lo anterior mencionado puede ser desarrollado dentro de una Aplicación Android que vendría a ser beneficioso para los trabajadores y Operadores de una empresa o industria.

Las aplicaciones de móvil pueden ayudar a resolver todo tipo de tareas del día a día, desde las más simples hasta las más complejas. Existen apps para controlar los gastos, para traducir idiomas, comprar y vender en la red, entre otros. Sin embargo, también las aplicaciones pueden ser orientadas al análisis de parámetros críticos de operación de una Planta Hidroeléctrica, diseñadas especialmente para proporcionar ayuda con todas las tareas relativas a este tipo de trabajo, con el fin de mejorar el control y optimización del mismo.

Por otro lado, el control, monitoreo y análisis de los parámetros críticos de operación de una planta hidroeléctrica son de vital importancia para el funcionamiento continuo y óptimo de la misma, así como también aportan en la programación del mantenimiento preventivo.

### 1.2 Planteamiento del Problema

El control, monitoreo y análisis de Parámetros Críticos de Operación de una Planta Hidroeléctrica se realizan con mucha frecuencia debido a su importancia en la continuidad y óptimo funcionamiento de la planta como tal, para lo cual se emplean distintos métodos para llevar al cabo dicha acción, estos métodos se distinguen en función de su precisión, seguridad, frecuencia, versatilidad, funcionalidad, entre otros.

El presente proyecto pretende proporcionar una herramienta versátil para el móvil (celular o Tablet) que facilite la recopilación de Datos por parte de los Operadores de Planta y el análisis de Parámetros Críticos de Operación por parte de los Supervisores, en la Unidad N°5 en la Planta Hidroeléctrica Cuticucho de la empresa COBEE S.A. Por consiguiente, proveer de la misma herramienta a las demás unidades de la planta como a todo el sistema de plantas hidroeléctricas en el Valle de Zongo.

### **1.3 Objetivos del Proyecto**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar una Aplicación Android para el análisis de parámetros críticos de operación mediante el recojo de datos diarios de la Unidad N°5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho de Valle de Zongo.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Gestionar un archivo histórico de los equipos, específicamente de los parámetros críticos de operación del HPU (Hydraulic Pressure Unit), Generador, Descansos y Transformador de Potencia de la Unidad N°5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho.
- Identificar la evolución de los parámetros críticos de operación en el móvil (celular o Tablet) a través del archivo histórico generado por la Aplicación Android.
- Delimitar rangos de operación óptima del HPU (Hydraulic Power Unit), Descansos, Generador y Transformador de Potencia dentro de la Aplicación Android con el fin de generar alarmas que prevengan futuros fallos o desperfectos de los equipos.
- Brindar referencias técnicas y posibles soluciones en base a la documentación de los equipos y los datos recogidos por la Aplicación Android.
- Generar informes Excel de la Unidad N°5 en la Planta Hidroeléctrica Cuticucho en base a los datos recogidos por la Aplicación Android.
- Proveer de una herramienta versátil para el móvil (celular o Tablet) que facilite el recojo de datos y el análisis de parámetros críticos de operación de la Unidad N°5 en la Planta Hidroeléctrica Cuticucho.

### **1.4 Justificación**

#### **1.4.1 Justificación Técnica**

Las empresas eléctricas que brindan servicios de generación eléctrica requieren constante monitoreo y control de los parámetros críticos de operación, especialmente de los siguientes equipos: generador, HPU (Hydraulic Power Unit), descansos y transformador de potencia. Entonces, se aborda esa necesidad de dos maneras diferentes: mediante un software especializado y/o mediante el recojo de datos diarios de los equipos ya mencionados.

El desarrollo de una “Aplicación Android” especializada en análisis de parámetros críticos de operación proporciona una herramienta que mejora la productividad y control en el área de producción de una empresa eléctrica. Permite al responsable del departamento gestionar, monitorear, identificar y controlar estas tareas desde el celular o Tablet.

#### **1.4.2 Justificación Académica**

Debido a la importancia de los parámetros críticos de operación en una planta hidroeléctrica, el proyecto busca utilizar conocimientos e instrumentos que involucra la ingeniería eléctrica, específicamente en el campo de Plantas hidroeléctricas, máquinas de corriente alterna, máquinas hidráulicas, entre otros. En adición, se utilizará conocimientos de programación en Android para celulares y Tablets, con el fin de llevar a cabo el desarrollo de la aplicación. Finalmente, con base en la documentación y recojo de datos se proporcionará de una herramienta para el móvil (celular o Tablet).

#### **1.4.3 Justificación Económica**

Con el desarrollo de la Aplicación Android se pretende optimizar el recurso humano de la empresa en función a mejorar el monitoreo, supervisión y control de los parámetros críticos de operación de la planta hidroeléctrica. En consecuencia, las inversiones físicas en términos monetarios podrían incrementarse. Por otro lado, con la aplicación se pretende incrementar la seguridad de los procesos de control, monitoreo y análisis de parámetros críticos de operación para facilitar la programación del mantenimiento preventivo, evitando así gastos económicos futuros.

#### **1.5 Alcances del Proyecto**

El proyecto tiene como alcance analizar, estudiar el modelo de recojo de datos, comportamiento, rangos de operación y documentación respectiva de los equipos HPU (Hydraulic Power Unit), Generador, Descansos y Transformador de Potencia de la Unidad N°5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho. Por consiguiente, desarrollar una Aplicación Android que facilite una herramienta versátil en el recojo de datos y análisis de parámetros críticos de operación en el móvil (celular o Tablet). También, pretende clasificar la información y los datos recopilados según el criterio que corresponda.



## CAPÍTULO II

### **2 EQUIPOS ELECTROMECAÓNICOS EN PLANTAS HIDROELÉCTRICAS**

La humanidad ha ido adquiriendo experiencia a lo largo de los años en el aprovechamiento de las grandes masas de agua para diversos usos, permitiendo mayor desarrollo y un aumento de la calidad de vida. La ingeniería también supo aprovechar esta energía desarrollando plantas y turbinas, las cuales tiene un rango de utilización muy amplio. En este capítulo desarrollaremos los conceptos generales de plantas hidroeléctricas, sus características esenciales, clasificación, equipamiento electromecánico, especialmente de plantas hidroeléctricas al hilo de agua que cuentan con una turbina Pelton.

#### **2.1 Conceptos generales**

##### **2.1.1 Breve historia**

El aprovechamiento de la fuerza del agua para sustituir al esfuerzo viene desde épocas muy antiguas. Se empleaban diversos medios para elevar el agua de los ríos a una altura mayor que la de sus márgenes, de donde se llevaba por canales y zanjias a los campos. Las construcciones de las primeras ruedas hídricas se iniciaron hacia 2200 a.C. en China y la India, desde donde se trasladó esta técnica posteriormente hacia Asia menor y Europa. Un ejemplo de estos mecanismos es la rueda persa o saquia. Se trata de una rueda grande montada en un eje horizontal, con cucharas en su periferia, acopladas a engranajes o movidas por animales.

Los romanos conocían y usaban las ruedas hídricas como fuente de fuerza mecánica con diversas aplicaciones. (del documento Desarrollo del proyecto)

La primera planta hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, el perfeccionamiento de la turbina hidráulica y el aumento de la demande de electricidad a principios del siglo XX.

Por otro lado, la energía hidráulica es una energía renovable, que sustituye a los combustibles de origen fósil y nuclear. La energía hidráulica y su aprovechamiento, tiene un bajo impacto ambiental, ya que el agua como combustible no se consume, pero es explotada a su paso y no empeora su calidad no se producen emisiones contaminantes, Además, que su eficiencia en comparación con otro tipo de energías es mucho mayor, como se presenta en la siguiente ilustración.

##### **2.1.2 Energía a partir del agua**

Un hidrosistema requiere de un caudal de agua y una diferencia de altura (conocida como “salto”) para producir energía útil. Se trata de un sistema de conversión de energía, es decir, se toma la energía en la forma de caudal y salto para así entregar energía en forma de electricidad o energía mecánica en el eje. Ningún sistema de conversión puede entregar

la misma cantidad de energía útil como la que absorbe, pues una parte de la energía se puede en el sistema mismo en forma de fricción, calor, ruido, etc. (Coz, 1996)

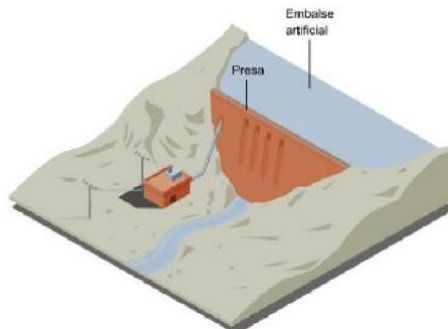
### 2.1.3 Clasificación de plantas hidroeléctricas

#### 2.1.3.1 Plantas con almacenamiento

La característica principal de este tipo de instalaciones es que cuentan con un embalse de agua, la cual tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua y regular los caudales de salida, que será turbinada en los momentos que se requiera la energía eléctrica. Sueles ser plantas con grandes caídas de agua y poco caudal, además, su producción de electricidad se puede adaptar a la demanda.

Estas plantas generalmente operan en la cámara de carga, es decir, en la zona de base. Por otro lado, este tipo de planta no solamente se las clasifica por la carga hidráulica, sino que debe existir una línea clara de demarcación entre alta y media carga o entre media y baja carga. Para lo cual tenemos los siguientes datos:

- a) Plantas alta carga: están cerca de los 100 metros y más.
- b) Plantas media carga: están entre los 30 a 500 metros.
- c) Plantas baja carga: llegan hasta los 50 metros.



**Figura 2.1 Centrales de embalse**  
Fuente: <https://www.fundacionendesa.org/>

#### 2.1.3.2 Plantas al hilo de agua

También denominadas plantas de pasada. Las plantas al hilo de agua, se construyen en sitios en donde la energía disponible puede utilizarse directamente para accionar las turbinas. Debido a que el caudal del río es variable en las diferentes estaciones del año; (en ocasiones de sequía y otras de abundancia de agua), la planta puede construirse para el mínimo caudal disponible, pero entonces, en las épocas de abundante caudal, el exceso es desaprovechado; también puede construirse para el caudal máximo y, en este caso, en las épocas de sequía la planta trabaja con poca carga, por lo tanto, con bajo rendimiento.

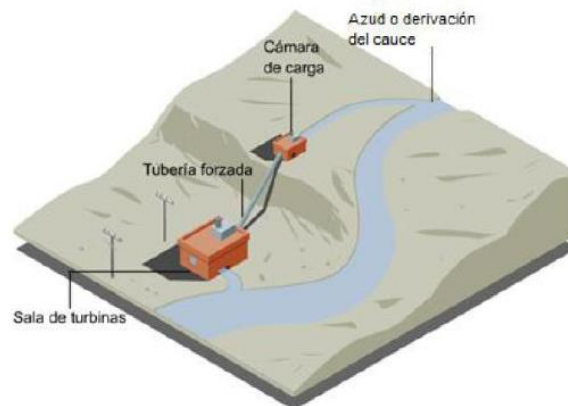
La solución económica que se emplea normalmente es un promedio de ambos extremos mencionados.

La planta se instala en el curso mismo del río o en un canal desviado, el proceso inicia con un azud o presa de derivación, la cual capta parte del caudal del río y lo conduce a través de canales hasta una cámara de carga.

Desde ahí parte una tubería que lleva el agua hasta la turbina, situada en la casa de máquinas, junto con el generador eléctrico para aprovechar la energía del agua.

Posteriormente, el agua se devuelve al río a través de una cala de desagüe.

Cabe mencionar que, este tipo de plantas tiene un impacto mínimo en el medio ambiente, porque al bloquear parcialmente el cauce del río, no inunda los terrenos adyacentes.



**Figura 2.2 Centrales de pasada**  
Fuente: <https://www.fundacionendesa.org/>

### 2.1.3.3 Plantas reversibles (de bombeo)

Las plantas reversibles son un tipo especial de plantas hidroeléctricas que posibilitan el empleo aparentemente más económico de los recursos hídricos.

Disponen de dos embalses situados a diferente nivel, uno al pie de la planta y el otro a una altura superior. Cuando la demanda de energía eléctrica alcanza su máximo nivel durante el día, las plantas de bombeo funcionan como una planta convencional generando energía, es decir, el agua almacenada en el embalse superior hace girar el rodete de la turbina asociada a un alternador, después el agua queda almacenada en el embalse inferior.

En los periodos de poca demanda de energía se utiliza energía sobrante de la red, proveniente de otras plantas conectadas eléctricamente con a la planta de bombeo, este excedente de energía puede utilizarse para bombeo, tomando agua de un embalse construido en la parte inferior y la elevan al embalse superior, para luego utilizarlas en las

turbinas durante los periodos de mayor demanda. Al cesar los excedentes, cesa inmediatamente el bombeo y se invierten los términos.

#### **2.1.4 Características esenciales de una planta hidroeléctrica**

##### **2.1.4.1 Área de captación**

Es toda aquella área detrás de la represa, que drena en una corriente o río, en el que se ha construido la represa.

##### **2.1.4.2 Reservorio o Embalse**

Toda el agua disponible del área de captación se recolecta en el embalse. El propósito de almacenar agua es lograr una producción uniforme de potencia a lo largo del año.

Los reservorios pueden ser naturales (lagos) o artificiales (por construir una presa en un río).

##### **2.1.4.3 Presa y obra de toma**

La presa se construye a lo ancho del río, para cumplir dos funciones que son: tomar agua del río, almacenarla y crear carga hidráulica.

Para el caso de las presas estas pueden ser construidas de madera, acero, tierra, roca y mampostería.

El uso de una u otra presa también está determinado por las condiciones tecnológicas y constructivas de cada lugar.

La obra de toma suele incluir lo siguiente:

- Obras en la cabecera (estructura de transición a los túneles o canales).
- Casteas de control e izaje de compuertas.
- Pantallas o bastidores (rejillas) de basura.
- Compuertas para traspasar escombros.
- Compuertas o válvulas para controlar el flujo de agua.
- Pantallas contra hielo y troncos flotantes.
- Dispositivos de limpieza de las rejillas.

Para la cuestión de las compuertas, los tipos más comunes son: radiales, guillotina, con ruedas, planas deslizantes, de corona, turril, entre otros.

En adición, los tipos más comunes de válvulas son: rotatorias, esféricas, de mariposa y aguja.

##### **2.1.4.4 Conducciones aguas arriba**

Son las conducciones que pasan (transmiten) el agua hacia la turbina.

Estas pueden incluir:

- **Túneles.** - Son de dos tipos: presurizados (de acero o concreto) y no presurizados (al igual que un canal, trabajan a superficie libre)
- **Canales**
- **Cámaras de carga.** - Puede considerarse como un paso alargado para canalizar el agua desde el reservorio o un curso de agua (río) para entregarlo a las tuberías o canales.
- **Tuberías**
- **Pozo de oscilación.** - Su uso es para evitar el golpe de ariete en la tubería de presión.

#### **2.1.4.5 Casa de máquinas**

Es básicamente una obra civil en las que se alojan las turbinas, generadores, gobernadores y equipos auxiliares.

#### **2.1.4.6 Descarga**

Canal o salida del agua de las turbinas hacia el río o cauce. En algunos casos el agua de la descarga puede ser bombeada de vuelta al reservorio original.

#### **2.1.4.7 Tubería de presión**

Tres son las clases de tuberías empleadas en la construcción de los saltos: metálicas, hormigón precomprimido y de hormigón armado. Para saltos de poca potencia se emplea tubería de uralita con muy buenos resultados.

#### **2.1.4.8 Selección de Turbina**

Dos son las clases de turbinas empleadas en el aprovechamiento de los saltos de agua: las de acción y las de reacción; las primeras son del tipo Pelton, el agua actúa sobre el rodete por medio de una o varias toberas en dirección tangencial. La facilidad de adoptar entre ciertos límites la velocidad tangencial de la rueda, hace que sea posible obtener un número de revoluciones adecuado para esta, lo cual permite el acoplamiento con el generador eléctrico y obtener por ello las frecuencias de 50 o 60 Hz.

Las turbinas de reacción empleadas comúnmente son las llamadas Francis, y que se diferencian de las otras clases de turbinas porque el agua llega radialmente sobre el rodete y al atravesarlo se desvía en un ángulo recto para descargarse en sentido paralelo al eje de rotación.

Finalmente, Las turbinas de reacción Kaplan son un tipo de turbina de flujo axial. Esta turbina se caracteriza por una hélice de paso variable, que se mueve para controlar la velocidad de salida de la turbina.

Al momento de escoger una turbina se tomará en cuenta la columna de agua o salto de agua, por ejemplo, para saltos grande se utilizan las turbinas de acción tipo Pelton, para salto medios turbinas tipo Francis y para saltos pequeños tipo Kaplan

El presente proyecto tiene énfasis en la turbina Pelton debido a que la misma se utiliza en el caso de estudio.

#### **2.1.4.8.1 Turbina Pelton**

La clasificación más general que puede hacerse de las turbinas Pelton es en tipos de eje horizontal y tipos de eje vertical. Existen otras divisiones que toman en cuenta el número de inyectores por rueda o el número de rotores montados en un mismo eje.



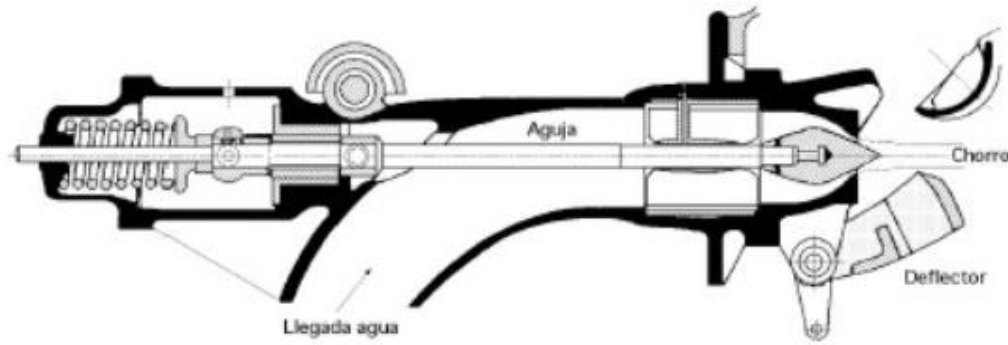
**Figura 2.3 Turbina Pelton**  
Fuente: (Zoppetti, 1974)

#### **2.1.4.8.2 El inyector: órgano de alimentación, regulación y de conversión de energía. El deflector**

La tubería de presión que sirve para dotar de agua a una turbina Pelton termina en un inyector en forma de tobera convergente, con aguja de cierre cónica, que cumple las funciones de alimentador, de regulador del gasto y de convertidor de la energía potencial del agua en energía cinética para ser aprovechada en la turbina.

En la figura se muestra un inyector, donde puede observarse la forma de la tobera y la aguja de cierre, la posición de la aguja determina el grado de apertura de la tobera y en consecuencia el gasto. El movimiento de la aguja se logra por medio de un servomotor ligado al gobernador del grupo turbina generador. La potencia exigida quedará así regulada por el gasto. La forma convergente de la tobera realiza la conversión de la energía de presión en energía de velocidad, que se traduce en un chorro de agua que ataca a los alabes de la rueda. También, se presenta en la figura el deflector, cuya misión es la de desviar el chorro fuera de la rueda, impidiendo la acción sobre está, cuando la turbina se

queda violentamente sin carga por alguna avería en el sistema de generación y distribución de energía eléctrica a que da servicio la turbina.



**Figura 2.4 Sistema Inyector y Deflector**

Fuente: <https://ocw.unican.es/>

#### **2.1.4.9 El gobernador**

El gobernador (también conocido como regulador de velocidad o regulador de flujo) es un dispositivo mecánico que regula la cantidad de agua que fluye hacia la turbina hidráulica.

El gobernador es esencial para garantizar que la turbina funcione de manera eficiente y segura. Controla la velocidad de rotación de la turbina al ajustar el flujo de agua que ingresa al sistema, lo que a su vez controla la cantidad de energía eléctrica que se genera.

El gobernador mantiene una velocidad constante de la turbina a pesar de las variaciones en la carga eléctrica y las fluctuaciones en la presión del agua de entrada. Si la carga eléctrica aumenta, el gobernador aumenta la cantidad de agua que fluye hacia la turbina para mantener la velocidad constante. Si la carga eléctrica disminuye, el gobernador reduce el flujo de agua para evitar que la velocidad de la turbina aumente en exceso.

En resumen, el gobernador es un componente crítico en una planta hidroeléctrica que regula el flujo de agua para garantizar una producción de energía estable y segura.

En el presente proyecto se considerará al HPU (Hydraulic Power Unit) como gobernador debido a que es la tecnología aplicada en la planta hidroeléctrica estudiada.

#### **2.1.4.10 Generador Eléctrico**

Dentro de una planta hidroeléctrica un generador es un componente clave que convierte la energía hidráulica en energía eléctrica. El generador está compuesto por un rotor y un estator. El rotor es el componente que gira y está conectado a la turbina hidráulica a través de un eje. El estator es un conjunto de devanados fijos que rodean al rotor.

Cuando el agua fluye a través de la turbina hidráulica, el rotor comienza a girar y esto crea un campo magnético. Este campo magnético induce una corriente eléctrica en los devanados del estator y genera una energía eléctrica. La energía eléctrica generada se envía a través de un transformador a la red eléctrica.

El generador en una planta hidroeléctrica es una pieza crítica y clave del sistema ya que es responsable de producir energía eléctrica. El rendimiento y la eficiencia del generador pueden afectar la cantidad de energía eléctrica que se produce, y es importante mantenerlos en buenas condiciones de operación para maximizar la producción de energía y garantizar la seguridad de la planta hidroeléctrica.

#### **2.1.4.11 Sistemas de control**

La función principal del sistema de control en una planta hidroeléctrica es monitorear y controlar la generación de energía eléctrica a partir del flujo de agua que mueve las turbinas de la planta. El sistema de control también garantiza que la operación de la planta hidroeléctrica se lleve a cabo de manera segura y eficiente.

Las características principales del sistema de control en una planta hidroeléctrica incluyen:

- **Automatización:** el sistema de control está diseñado para realizar operaciones y ajustes automáticamente, sin intervención humana, con el fin de garantizar una operación constante y sin errores.
- **Monitoreo:** el sistema de control monitorea continuamente las variables de proceso críticas, como la velocidad de la turbina, la presión del agua y la producción de energía, para garantizar una operación segura y eficiente.
- **Regulación:** el sistema de control utiliza algoritmos de regulación para ajustar automáticamente la velocidad de la turbina y el flujo de agua, a fin de maximizar la producción de energía eléctrica sin sobrecargar el sistema.
- **Protección:** el sistema de control también proporciona funciones de protección para evitar daños a la planta hidroeléctrica en caso de fallas, como cortocircuitos o sobrecargas.
- **Comunicación:** el sistema de control permite la comunicación entre los diferentes equipos y componentes de la planta hidroeléctrica, lo que permite una supervisión y control centralizados.
- **Control de calidad:** el sistema de control también puede incluir funciones de control de calidad para garantizar que la energía eléctrica generada cumpla con los requisitos de calidad y seguridad establecidos.

##### **2.1.4.11.1 Sistema de excitación**

La función principal del sistema de excitación en una planta hidroeléctrica es proporcionar la energía eléctrica necesaria para excitar el rotor de la turbina y producir la corriente



eléctrica en el estator de la misma. El sistema de excitación también garantiza una operación estable de la planta hidroeléctrica y controla la generación de energía eléctrica.

Las características principales del sistema de excitación en una planta hidroeléctrica incluyen:

- **Estabilidad:** el sistema de excitación debe garantizar una operación estable del generador, evitando oscilaciones y fluctuaciones en la producción de energía eléctrica.
- **Regulación:** el sistema de excitación debe mantener una tensión constante en el estator de la turbina, incluso cuando cambia la carga eléctrica en la planta hidroeléctrica.
- **Protección:** el sistema de excitación también proporciona funciones de protección para evitar daños en el generador en caso de fallas o sobrecargas.
- **Control remoto:** el sistema de excitación puede incluir una función de control remoto que permita ajustar la producción de energía eléctrica a distancia, según las necesidades de la red eléctrica.
- **Monitorización:** el sistema de excitación monitorea continuamente la tensión y la corriente en el estator de la turbina, así como la corriente de excitación en el rotor, para garantizar una operación segura y eficiente.
- **Redundancia:** el sistema de excitación puede incluir redundancia en los componentes críticos, como los rectificadores y los reguladores de voltaje, para garantizar una operación ininterrumpida en caso de fallas en alguno de ellos.

En resumen, el sistema de excitación es crucial para la operación eficiente y segura de una planta hidroeléctrica, ya que garantiza la producción constante y estable de energía eléctrica.

#### **2.1.4.11.2 Sistema de sincronización**

La función del sistema de sincronización en una planta hidroeléctrica es asegurar que la generación de energía eléctrica producida por los generadores de la planta se sincronice con la red eléctrica a la que se va a suministrar la energía.

#### **2.1.4.12 Subestación**

Una subestación eléctrica en una planta hidroeléctrica es un conjunto de equipos eléctricos que se utilizan para transformar y distribuir la energía eléctrica generada por la planta a la red eléctrica de transmisión y distribución. Las subestaciones eléctricas se encuentran ubicadas dentro de la planta hidroeléctrica y se conectan a los generadores a través de los transformadores elevadores.

En una subestación eléctrica, la energía eléctrica generada por los generadores se transforma a una tensión más alta para ser transmitida a largas distancias a través de las líneas de transmisión. Los equipos que se utilizan en una subestación eléctrica incluyen transformadores, interruptores, seccionadores, capacitores, dispositivos de protección y medición, entre otros.

Entre sus elementos más importantes tenemos:

### **Transformadores de potencia**

Un transformador de potencia en una planta hidroeléctrica es un equipo eléctrico utilizado para transformar la tensión eléctrica generada por los generadores de la planta, para adecuarla a las exigencias del sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica.

Los transformadores de potencia constan de dos o más bobinas de alambre enrolladas en un núcleo de hierro. Las bobinas son aisladas eléctricamente entre sí y están diseñadas para soportar altos niveles de tensión y corriente eléctrica. El núcleo de hierro sirve para concentrar y dirigir el flujo magnético generado por la corriente eléctrica en las bobinas.

### **Interruptores**

Los interruptores son dispositivos utilizados para abrir o cerrar circuitos eléctricos, lo que permite la conexión o desconexión de equipos o líneas de transmisión. Su función principal es la de proteger los equipos y sistemas eléctricos de la sobrecarga, cortocircuitos y otras fallas que puedan surgir en la red eléctrica.

Los interruptores pueden ser de diferentes tipos, interruptores de aire, de aceite y de gas.

### **Pararrayos**

Los pararrayos tienen la función de proteger los equipos eléctricos y las personas que trabajan en la subestación contra las sobretensiones transitorias, como las provocadas por descargas atmosféricas.

Los pararrayos son dispositivos de protección contra rayos que se instalan en las subestaciones eléctricas para desviar las sobretensiones transitorias causadas por los rayos. Funcionan como conductores eléctricos que están conectados al suelo y que ofrecen una trayectoria de baja resistencia para que la corriente del rayo fluya hacia el suelo en lugar de entrar en los equipos eléctricos.

### **Seccionadores**

Los seccionadores tienen la función de permitir o interrumpir el flujo de energía eléctrica en una línea o en un equipo específico. Su función principal es aislar partes del sistema eléctrico para permitir su mantenimiento o reparación sin afectar al resto del sistema.

Es importante destacar que los seccionadores no tienen la capacidad de interrumpir corrientes de cortocircuito y su función principal es aislar partes del sistema eléctrico. Por lo tanto, es necesario contar con dispositivos de protección adicionales, como interruptores de potencia, para interrumpir corrientes de cortocircuito.

#### **2.1.4.13 Sistemas Complementarios**

##### **Banco de baterías y cargador de baterías**

El banco de baterías y el cargador de baterías tienen la función de garantizar la continuidad del suministro de energía eléctrica a los sistemas críticos de la planta en caso de interrupciones en el suministro de energía de la red eléctrica o en situaciones de emergencia.

Es importante destacar que el mantenimiento adecuado del banco de baterías y del cargador de baterías es esencial para garantizar su funcionamiento adecuado y prolongar su vida útil.

##### **2.1.4.14 Transformadores auxiliares**

Los transformadores auxiliares son aquellos transformadores que se utilizan para alimentar equipos auxiliares, sistemas de control y protección de la planta. Estos transformadores tienen una potencia nominal relativamente baja en comparación con los transformadores principales utilizados en la planta.

Los transformadores auxiliares se utilizan para ajustar los niveles de tensión y corriente necesarios para alimentar los diferentes equipos de la planta hidroeléctrica. Estos equipos pueden incluir sistemas de iluminación, sistemas de ventilación, bombas de refrigeración, equipos de control y protección, entre otros.

Los transformadores auxiliares pueden ser de diferentes tipos, incluyendo:

- **Transformadores de distribución:** Se utilizan para alimentar cargas de baja tensión, generalmente en el rango de 240 V a 480 V.
- **Transformadores de control y protección:** Se utilizan para alimentar sistemas de control y protección de la planta hidroeléctrica. Estos transformadores pueden tener una o varias salidas con diferentes niveles de tensión.
- **Transformadores de instrumentación:** Se utilizan para alimentar equipos de medición y control que requieren una tensión y corriente precisas.
- **Transformadores de carga:** Se utilizan para alimentar cargas específicas, como bombas de refrigeración o sistemas de iluminación, que requieren una potencia nominal determinada.

Los transformadores auxiliares son importantes para el correcto funcionamiento de la planta hidroeléctrica ya que proporcionan la energía eléctrica necesaria para alimentar los

diferentes equipos y sistemas auxiliares que son esenciales para la operación segura y confiable de la planta. (Zoppetti, 1974)

## **2.2 Equipos electromecánicos para el análisis de parámetros críticos de operación de una planta hidroeléctrica**

### **2.2.1 Generador**

Las máquinas de corriente alterna (AC) son generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica AC. Aunque el principio de funcionamiento de las máquinas de corriente alterna es muy simple, parecen un tanto difíciles por la construcción complicada de las máquinas reales.

Existen dos clases principales de máquinas de corriente alterna: las máquinas sincrónicas y las máquinas de inducción. Las máquinas sincrónicas son motores y generadores cuya corriente de campo magnético es suministrada por una fuente separada, mientras que las máquinas de inducción son motores y generadores cuya corriente de campo magnético es suministrado por inducción magnética (acción transformadora) en sus devanados de campo. Los circuitos de campo de la mayoría de las máquinas sincrónicas y de inducción están localizados en sus rotores.

La capacidad de un generador síncrono para producir potencia eléctrica está limitada principalmente por el calentamiento interno de la máquina. Cuando se sobrecalientan los devanados del generador, la vida de la máquina puede acortarse de manera drástica. Debido a que hay dos tipos diferentes de devanados (de inducido y de campo), hay dos restricciones diferentes sobre el generador. El calentamiento máximo que permiten los devanados del inducido establece los kVA máximos que permite la máquina, mientras que el calentamiento máximo que aceptan los devanados de campo establece el tamaño máximo de  $E_A$ . El tamaño máximo de  $E_A$  más el tamaño máximo de  $I_A$  determinan el factor de potencia nominal del generador.

Por otra parte, los generadores más empleados con las turbinas hidráulicas solo los de polos salientes. Por lo tanto, los generadores destinados a su acoplamiento con las turbinas hidráulicas son de tipos muy diversos ya que, al estar normalmente acoplados coaxialmente con las turbinas, deben adaptarse a la variada gama de velocidades de los distintos tipos de turbinas y cumplir, además, las exigencias mecánicas, cuales son: el momento de inercia necesario a la masa giratoria, y los esfuerzos a que se hallan sometidos cuando se alcanza la velocidad de fuga o embalamiento.

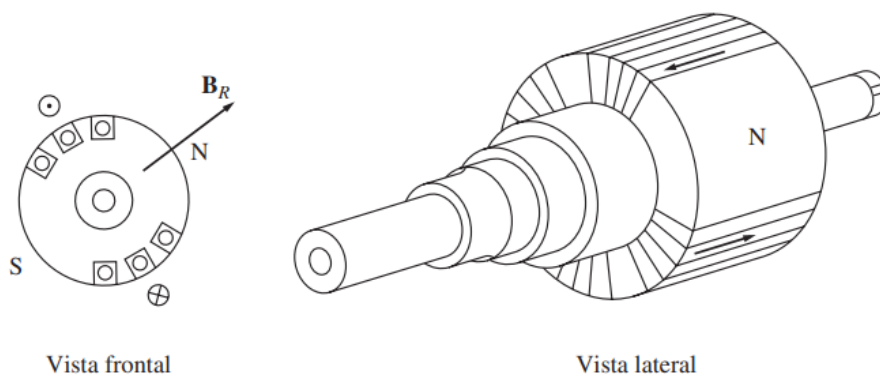
#### **2.2.1.1 Construcción de generadores sincrónicos**

En un generador síncrono se produce un campo magnético en el rotor ya sea mediante el diseño de éste como un imán permanente o mediante la aplicación de una corriente de cd a su devanado para crear un electroimán. En seguida, el rotor del generador gira mediante un motor primario, y produce un campo magnético giratorio dentro de la máquina. Este

campo magnético giratorio induce un conjunto de voltajes trifásicos dentro de los devanados del estator del generador.

Dos términos que por lo general se utilizan para describir los devanados de una máquina son devanados de campo y devanados del inducido. En general, el primer término se aplica a los devanados que producen el campo magnético principal en la máquina, mientras que el segundo se aplica a los devanados donde se induce el voltaje principal. En las máquinas síncronas, los devanados de campo están en el rotor, por lo que los términos devanados del rotor y devanados de campo se utilizan indistintamente. De manera similar, los términos devanados del estator y devanados del inducido se utilizan de manera indistinta.

El rotor de un generador síncrono es en esencia un electroimán grande. Los polos magnéticos del rotor pueden ser tanto salientes como no salientes. El término saliente significa proyectado hacia “afuera” o “prominente” y un polo saliente es un polo magnético proyectado hacia afuera del eje del rotor. Por otro lado, un polo no saliente es un polo magnético construido al mismo nivel de la superficie del rotor. En la figura 2.5 se muestra un rotor de polos no salientes. Se puede notar que los devanados del electroimán están incrustados en muescas sobre la superficie del rotor. En la figura 2.6 se puede ver un rotor de polos salientes. Note que los devanados del electroimán están cubiertos alrededor del polo mismo, en lugar de estar incrustados en muescas sobre la superficie del rotor. Por lo regular, los rotores de polos no salientes se utilizan para rotores de dos o cuatro polos, mientras que los rotores de polos salientes normalmente se usan para rotores con cuatro o más polos.

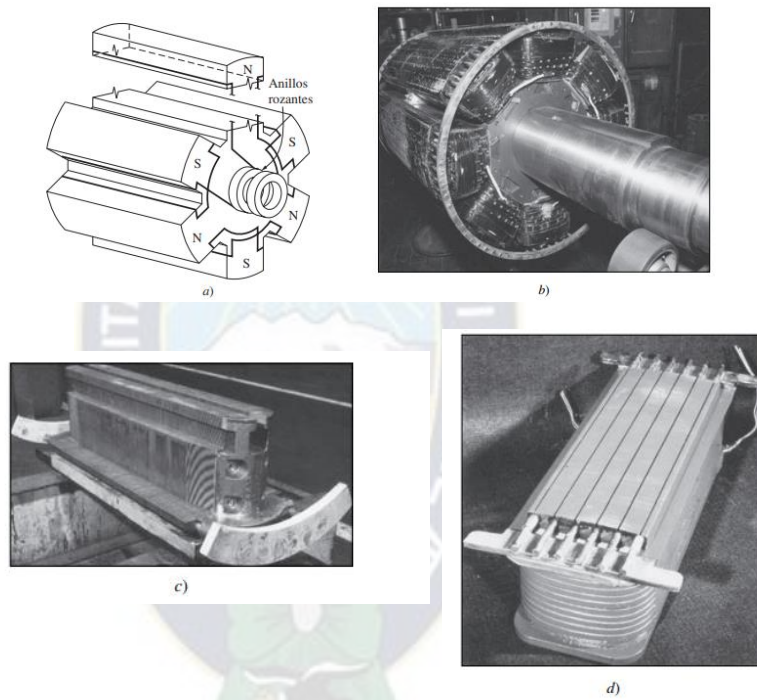


**Figura 2.5 Rotor de dos Polos no Salientes**  
Fuente: (Chapman, 2012)

Debido a que el rotor está sujeto a campos magnéticos variables, se construye con láminas delgadas para reducir las pérdidas por corrientes parásitas. Se debe suministrar una corriente de cd al circuito de campo del rotor. Puesto que éste gira, se requiere de un

arreglo especial para que la potencia de cd llegue a los devanados de campo. Existen dos formas comunes de suministrar esta potencia de CD:

1. Suministrar al rotor la potencia de cd desde una fuente externa de CD por medio de anillos rozantes y escobillas.
2. Suministrar la potencia de cd desde una fuente de potencia de cd especial montada directamente en el eje del generador síncrono.



**Figura 2.6 Rotor de Polos Salientes**  
**Fuente: (Chapman, 2012)**

De la figura podemos apreciar:

- a) Un rotor de polos salientes de una maquina síncrona.
- b) Fotografías del rotor de una maquina sincronía con ocho polos salientes que muestra los devanados de los polos del rotor individuales.
- c) Fotografía de un solo polo saliente de un rotor sin los devanados de campo instalados.
- d) Un solo polo saliente después de que se han instalado los devanados de campo, pero antes que se monte en el rotor.

Los anillos rozantes son anillos de metal que circundan por completo al eje de una máquina, pero se encuentran aislados de él. Un extremo del devanado del rotor de cd está

unido a cada uno de los dos anillos rozantes del eje de la máquina síncrona y una escobilla estacionaria se desliza sobre cada anillo rozante. Una “escobilla” es un bloque de un compuesto de carbón parecido al grafito que conduce electricidad libremente, pero tiene una fricción muy baja, por lo que no desgasta al anillo rozante. Si el extremo positivo de una fuente de voltaje de cd se conecta a una escobilla y el extremo negativo se conecta a la otra, entonces se aplicará el mismo voltaje de cd al devanado de campo en todo momento, sin importar la posición angular o velocidad del rotor.

Los anillos rozantes y las escobillas causan ciertos problemas cuando se utilizan para suministrar potencia de cd a los devanados de campo de una máquina síncrona: incrementan la cantidad de mantenimiento que requiere la máquina debido a que el desgaste de las escobillas debe ser revisado con regularidad. Además, la caída de voltaje en las escobillas puede ser la causa de pérdidas significativas de potencia en las máquinas que tienen corrientes de campo más grandes. A pesar de estos problemas, los anillos rozantes y las escobillas se utilizan en todas las máquinas síncronas pequeñas, ya que no hay otro método para suministrar corriente de campo de cd que sea tan eficiente en términos de costo.

En los generadores y motores más grandes se utilizan excitadores o excitatrices sin escobillas para suministrar a la máquina corriente de campo de cd. Un excitador sin escobilla es un generador de AC pequeño con un circuito de campo montado en el estator y un circuito de armadura acoplado en el eje del rotor. La salida trifásica del generador excitador se rectifica a corriente directa por medio de un circuito rectificador trifásico (que también está montado en el eje del generador) y luego se alimenta al circuito de campo de cd principal. Por medio del control de la pequeña corriente de campo de DC del generador excitador (localizado en el estator) es posible ajustar la corriente de campo en la máquina principal sin anillos rozantes ni escobillas. Debido a que no se presenta ningún contacto mecánico entre el rotor y el estator, los excitadores sin escobilla requieren mucho menos mantenimiento que los anillos rozantes y las escobillas.

### **2.2.1.2 La velocidad de rotación de un generador síncrono**

Los generadores síncronos son por definición síncronos, lo que quiere decir que la frecuencia eléctrica se produce y entrelaza o sincroniza con la tasa mecánica de rotación del generador. El rotor de un generador síncronos consta de un electroimán al que se le suministra corriente directa. El campo magnético del rotor apunta en la dirección que gira el rotor. Ahora, la tasa de rotación de los campos magnéticos en la máquina está relacionada con la frecuencia eléctrica del estator por medio de la ecuación:

$$f_e = \frac{n_m P}{120}$$

Donde:

$f_e$  = frecuencia eléctrica en Hz.

$n_m$  = velocidad mecánica del campo magnético en r/min (igual a la velocidad del rotor de una máquina síncrona).

$P$  = número de polos.

Debido a que el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético, esta ecuación relaciona la velocidad de rotación del rotor con la frecuencia eléctrica resultante. La potencia eléctrica se genera a 50 o 60 Hz de frecuencia, por lo que el generador debe girar a una velocidad fija que dependerá del número de polos de la máquina. Por ejemplo, para generar una potencia con una frecuencia de 60 Hz en una máquina de dos polos, el rotor debe girar a 3600 r/min. Para generar una potencia con una frecuencia de 50 Hz en una máquina de cuatro polos, el rotor debe girar a 1500 r/min. La tasa de rotación que se requiere para cierta frecuencia siempre se puede calcular a partir de la ecuación mostrada con anterioridad. (Chapman, 2012)

### **2.2.1.3 Valores nominales de los generadores síncronos**

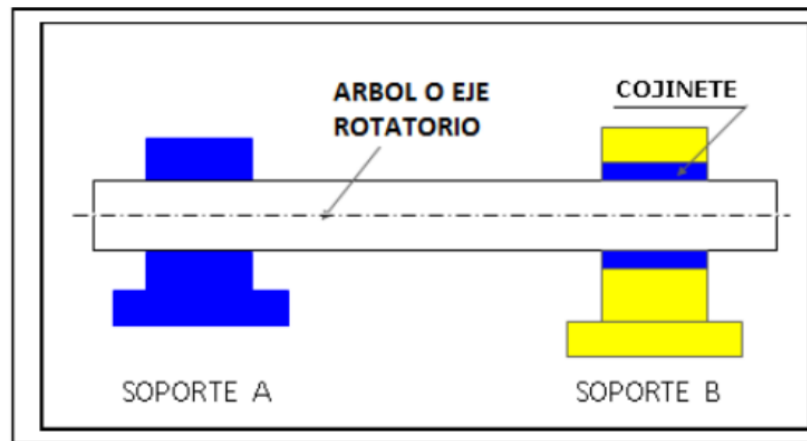
Hay ciertos límites básicos para la velocidad y potencia que se pueden obtener de un generador síncrono. Estos límites se llaman valores nominales de la máquina. El propósito de los valores nominales es proteger al generador del daño que pudiera ocasionarle una operación inadecuada. Con este fin, cada máquina tiene ciertos valores nominales que se muestran en su placa de características. Los valores nominales comunes de una máquina síncrona son el voltaje, la frecuencia, la velocidad, la potencia aparente (kiloVoltAmperes), el factor de potencia, la corriente de campo y el factor de servicio.

### **2.2.2 Descansos**

El soporte o descanso, tiene por función soportar todas las cargas que actúen sobre el eje, debido a la transmisión del movimiento. Este soporte puede ser desmontable de la máquina o bien puede ser incorporado (integral) al cuerpo de la máquina.

Las características del soporte y su función requieren que este se encuentre fijo a una base de la máquina (o bien inmóvil si forma parte del cuerpo de la máquina), en tanto el eje o árbol de transmisión gira o se mueve normalmente con un movimiento de rotación.





**Figura 2.7 Ejemplo de Descansos**

**Fuente: (Liaño, 2016)**

El soporte A mostrado en la figura, donde descansa el eje cuando gira, presenta una superficie de deslizamiento o rozamiento que con el uso genera un desgaste que inutiliza todo el descanso, dejándolo inservible; para evitar la pérdida de este componente, se utiliza un elemento intermedio entre el descanso y el eje, denominado *cojinete*, el cual una vez que se gaste con el uso, se reemplaza por otro nuevo, de modo que este componente es reemplazable y desechable.

### 2.2.2.1 Cojinetes

Cualquier maquinaria o mecanismo, sea simple o complejo, está constituido por elementos o piezas unidos entre sí de forma fija o moviéndose unos respecto a otros. Entre las partes móviles encontramos ejes y árboles, que necesariamente van apoyados y necesitan una superficie que les soporte. Al existir un movimiento relativo entre el eje y la superficie de apoyo, se producen fuerzas de rozamiento o fricción que ocasionan pérdidas de energía.

Existen dos formas de tratar el problema: la primera sería colocar lubricante entre las superficies en contacto y la segunda utilizar cojinetes.

El término “cojinete” típicamente se refiere a superficies de contacto a través de las cuales se transmite una carga.

Los cojinetes se definen como elementos de máquinas que simultáneamente permiten a un eje girar libremente y soportar carga. En definitiva, son puntos de apoyo de ejes y árboles para sostener su peso y guiarlos en sus movimientos reduciendo las pérdidas de energía por fricción y el desgaste entre las superficies en contacto con ese movimiento relativo.

Los objetivos de este apartado son describir los cojinetes para permitir la identificación de qué tipo de cojinetes utilizar para una aplicación dada.

En función de la máquina y la aplicación, los cojinetes tienen formas y diseños muy variados. Algunas veces van colocados directamente en el bastidor de la pieza o máquina, pero con frecuencia van montados en soportes o descansos convenientemente dispuestos para facilitar su montaje.

#### 2.2.2.1.1 Clasificación de los cojinetes

Existe una amplia gama de cojinetes y se clasifican de la siguiente forma:

- a) Rodamientos o cojinetes rodantes: aquellos en los que el movimiento se ve facilitado por una combinación entre el movimiento de rotación y la lubricación.
- b) Cojinetes de fricción o deslizamiento: aquellos donde el movimiento se ve facilitado por una capa o película lubricante.

#### 2.2.2.1.2 Rodamientos

El término “rodamiento” se emplea para describir la clase de soporte del eje en el que la carga se transmite a través de elementos que están en contacto rodante. Si se va a transmitir carga entre superficies en movimiento, la acción se facilita si se interponen elementos rodantes entre los miembros en deslizamiento.

En definitiva, son unos cojinetes que sustituyen el rozamiento de fricción por el de rotación (que es menor) y para conseguirlo, se intercalan unos elementos rodantes (bolas o rodillos) entre el árbol y el soporte.

La carga, la velocidad y la viscosidad del lubricante afectan a las características friccionales de un rodamiento.

Los rodamientos se diseñan para permitir el giro relativo entre dos piezas y para soportar cargas puramente radiales (impiden el desplazamiento en la dirección del radio), de empuje axial (impiden el desplazamiento en la dirección del eje) y mixtas o combinadas (impiden al mismo tiempo el desplazamiento radial y axial).

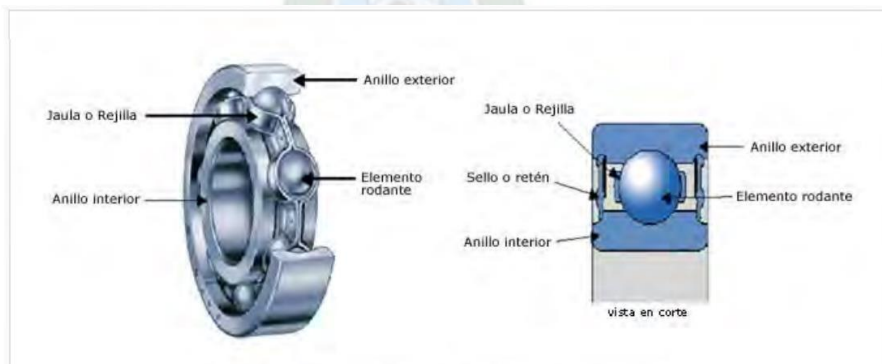


Figura 2.8 Partes de un Rodamiento

Fuente: (Liaño, 2016)

Los elementos principales que constituyen un rodamiento son:

- **Elemento rodante:** bolas y rodillos
- **Jaula o separador:** es un elemento diseñado para separar las bolas y/o rodillos e impedir su contacto, algo que aumentaría el rozamiento.
- **Anillos interior y exterior:** anillos entre los que se sitúan los elementos rodantes. La superficie exterior de al anillo exterior y la interior del anillo, que están en contacto con el soporte y el árbol respectivamente, se rectifican.

Las ventajas de este tipo de cojinetes son:

- Se sustituye el rozamiento de fricción por el de rodadura que es mucho menor.
- Menor desgaste y calentamiento.
- Admite mayores cargas radiales y/o axiales.
- Permite mayores velocidades

#### 2.2.2.1.3 Tipos de rodamientos

Cada tipo de rodamiento presenta unas condiciones o características que lo hacen más o menos adecuado para una aplicación determinada.

Los rodamientos se pueden clasificar en función de:

- La geometría de los elementos rodantes: bolas, rodillos cilíndricos, rodillos cónicos, rodillos esféricos, agujas, etc.
- La carga a la que están sometidos: axial, radial y mixta o combinada.

Según su geometría tenemos:

**-Rodamiento de bolas (rígido de simple hilera de bolas):** Son fáciles de diseñar, no separables, soportan altas velocidades de funcionamiento y requieren poco mantenimiento. Esto, unido a su bajo coste, hace que sean los rodamientos más usados. Existe el de doble hilera que posee mejor capacidad de carga.

Tienen ranuras profundas continuas en los caminos de rodadura con una estrecha oscilación con las bolas, permitiendo de esta forma que soporte cargas en ambos sentidos.

**-Rodamiento de rodillos cilíndricos:** Los rodillos son guiados por pestañas en uno de sus lados, lo que permite un ligero desplazamiento axial con respecto al soporte y por ello soporta grandes cargas radiales y altas velocidades.

Al ser desmontables se simplifica su montaje/desmontaje.

**-Rodamientos de rodillos cónicos:** Formados por dos aros entre cuyas pistas de rodadura se sitúan los rodillos cónicos que los guían, soportando de esta forma cargas combinadas. Esta clase de rodamientos son desmontables.

Su capacidad de carga axial aumenta con el ángulo de la pista de rodadura del aro exterior.



**Figura 2.9 Rodamientos según su geometría**  
Fuente: (Liaño, 2016)

Para finalizar, los cojinetes más comúnmente usados en Plantas Hidroeléctricas son los rodamientos a bolas, los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y los rodamientos de rodillos cónicos.

En suma, los **rodamientos axiales de rodillos cilíndricos** son los más comúnmente usados para las turbinas Pelton. Estos rodamientos proporcionan una buena resistencia a la fricción, lo que permite una transmisión eficiente del movimiento del eje. (Liaño, 2016)

### 2.2.3 HPU (Hydraulic Power Unit)

Las Unidades de Potencia Hidráulica o HPU por sus siglas en inglés, se usan en plantas hidroeléctricas para regular la presión de los fluidos en los sistemas de control de energía. Esto ayuda a mantener la presión de los fluidos dentro de los límites establecidos y permite al Operador controlar la velocidad de la turbina para evitar aumentos repentinos en la demanda. Las unidades HPU también se usan para generar presión adicional para incrementar el rendimiento de la turbina.

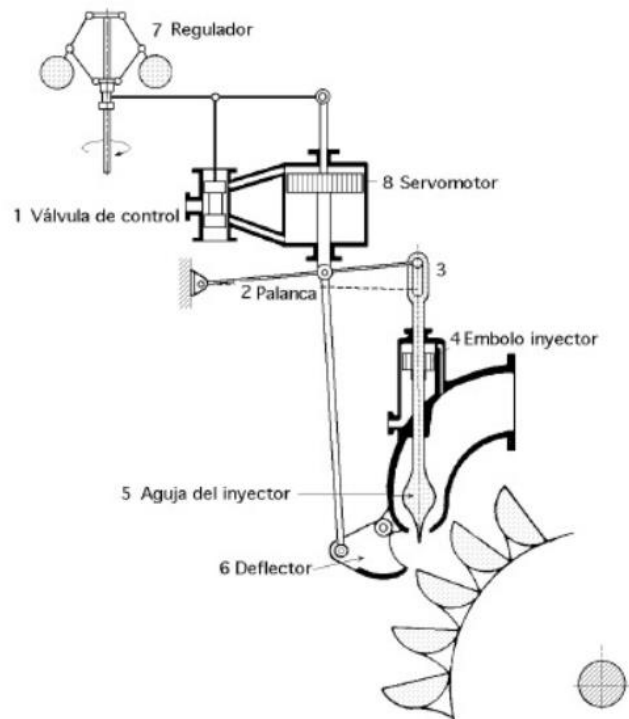
En las turbinas Pelton el HPU sirve para controlar la velocidad de la rueda y mantenerla a un nivel constante, incluso cuando la demanda de energía varía. Esto se logra mediante reguladores con diferentes características de control, como sensores, válvulas, sistemas de almacenamiento de energía y reguladores PID.

### 2.2.3.1 Elementos del HPU

Las principales partes de una Unidad de Potencia Hidráulica (HPU) son el motor hidráulico, bomba de aceite, los componentes de control, las tuberías de presión y los filtros. El motor hidráulico se utiliza para convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Los componentes de control incluyen sensores, válvulas, actuadores, paneles de control y reguladores PID. Las tuberías de presión se usan para manejar y distribuir la presión del fluido (aceite). Los filtros se usan para eliminar impurezas en el fluido.

### 2.2.3.2 Principio de Funcionamiento

Para mantener constante la velocidad de la turbina, el caudal inyectado tiene que adaptarse en cada instante al valor de la carga, por lo que la posición del inyector tiene que ajustarse mediante un regulador que actúa según la velocidad de la turbina y en el caso más general, en forma automática, figura 2.10.



**Figura 2.10 Regulador Simple**  
Fuente: (Coz, 1996)

Si se supone que la turbina se ha acelerado, el regulador 7 levantará la válvula 1 y el aceite a presión entrará en el cilindro grande haciendo bajar el embolo 8, con lo que la palanca 2 bajará y el deflector 6 cortará al chorro desviando una parte del mismo.

El punzón o aguja **5** que estaba retenido por la palanca **2** no avanza solidariamente con ésta, debido al huelgo de la hendidura **3**, sino que es empujado lentamente por el agua a presión que pasa por un orificio estrecho, señalado en la figura y que actúa sobre el embolo **4**.

El punzón en su avance llega a encontrarse con el tope inferior de la hendidura **3** que le impide seguir cerrando la salida del inyector. Si sobreviene una carga brusca, el embolo **8** actuará en sentido contrario, tirando rápidamente la aguja **5** hacia atrás y llevando, simultáneamente, el deflector a su posición primitiva.

Cuando se utilizan grandes caudales de agua y se emplee un solo inyector, las cazoletas resultan muy grandes y pesadas; también se encuentra el inconveniente de que toda la fuerza tangencial se ejerce en un solo punto de la rueda, lo que representa un desequilibrio dinámico.

En consecuencia, conviene hacer el montaje de dos o más inyectores cuando el caudal lo requiera, por lo que las cazoletas estarán menos cargadas y, por lo tanto, serán más pequeñas.

El par motor se distribuye más uniformemente sobre la periferia de la rueda, aumenta el número específico de revoluciones en Z y a igualdad de diámetro del rodete, la turbina adquiere una velocidad angular mayor. (Coz, 1996)

#### 2.2.4 Transformadores

Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético.

Consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Estas bobinas no están (usualmente) conectadas en forma directa. La única conexión entre las bobinas es el flujo magnético común que se encuentra dentro del núcleo.

La importancia de los transformadores, se debe, a que gracias a ellos ha sido posible el enorme desarrollo de la industria eléctrica, al haberse logrado la realización práctica y económica del transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Tomando en cuenta que el transporte de la energía eléctrica desde los lugares donde se produce (Plantas), hasta los centros de consumo, es tanto más económica cuanto más alta es la tensión de las líneas, puesto que para una cierta potencia a transportar al elevar la tensión en la red de transporte, disminuye la corriente que circula por los conductores de la línea, y como quiera que las pérdidas por efecto Joule son proporcionales al cuadrado de la corriente que circula por los conductores, se reducen estas pérdidas, aumentando con ello el rendimiento del

transporte de energía eléctrica. Por ejemplo, si la tensión generada en una Planta eléctrica se multiplica por diez, se reduce la corriente en la red de transporte en la misma cantidad, y a consecuencia de ello las pérdidas por efecto Joule en la línea se reducen cien veces.

El proceso de transformación tiene un gran rendimiento al no disponer la máquina de órganos móviles, pudiéndose llegar en los grandes transformadores a valores del orden del 99,7%.

#### **2.2.4.1 Principales aspectos constructivos**

El transformador consta de las siguientes partes principales: a) núcleo, b) devanado, c) sistema de refrigeración, d) aisladores pasantes de salida y e) placa característica.

##### **a) Núcleo**

Se denomina núcleo del transformador a el sistema que forma un circuito magnético, que está constituido por chapas de acero al silicio, modernamente laminadas en frío (grano orientado), que han sido sometidas a un tratamiento químico especial denominado comercialmente *carlite*, que las recubre de una capa aislante muy delgada (0.01 mm), lo que reduce considerablemente las pérdidas en el hierro.

El circuito magnético está compuesto por las columnas, que son las partes donde se montan los devanados, y las culatas, que son las partes que realizan la unión entre las columnas. Los espacios entre las columnas y las culatas, por los cuales pasan los devanados, se llaman ventanas del núcleo.

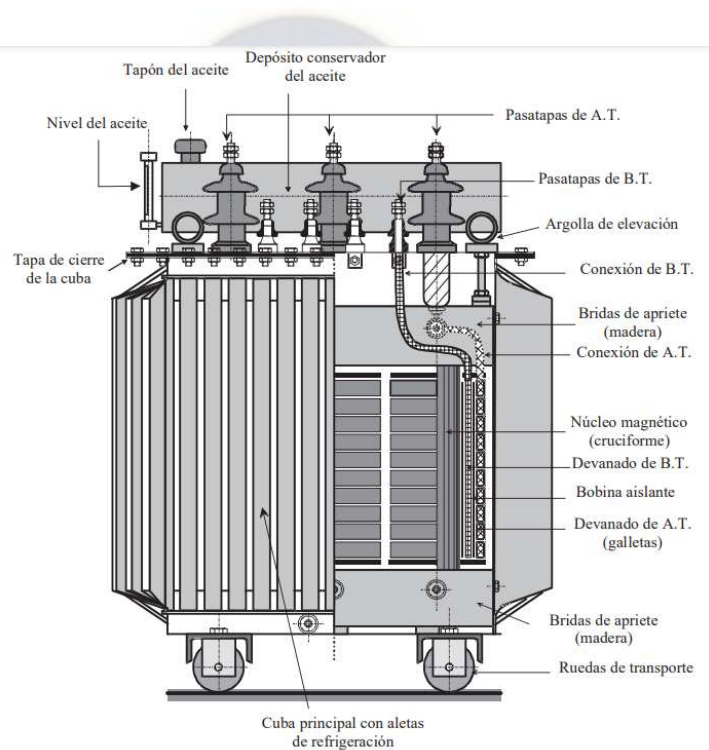
##### **b) Devanados**

Constituyen el circuito eléctrico del transformador; se realizan por medio de conductores de cobre, en forma de hilos redondos (para diámetros inferiores a 4 mm) o de sección rectangular (pletinas de cobre) cuando se requieren secciones mayores. Los conductores están recubiertos por una capa aislante, que suele ser de barniz en los pequeños transformadores y que en el caso de pletinas está formada por una o varias capas de fibra de algodón o cinta de papel. Según sea la disposición relativa entre los arrollamientos de A.T. y B.T., los devanados pueden ser concéntricos o alternados.

##### **c) Sistemas de refrigeración**

En un transformador, como en cualquier otro tipo de máquina eléctrica, existen una serie de pérdidas que se transforman en calor y que contribuyen al calentamiento de la máquina. Para evitar que se consigan altas temperaturas que puedan afectar la vida de los aislamientos de los devanados es preciso dotar al transformador de un sistema de refrigeración adecuado. Para potencias pequeñas, la superficie externa de la máquina es suficiente para lograr la evacuación de calor necesaria, lo que da lugar a los llamados transformadores en seco. Para potencias

elevadas se emplea como medio refrigerante el aceite, resultando los transformadores en baño de aceite. El aceite tiene una doble misión de refrigerante y aislante, ya que posee una capacidad térmica y una rigidez dieléctrica superior a la del aire. En estos transformadores, la parte activa se introduce en una cuba de aceite mineral, cuyo aspecto externo puede tener forma plana, ondulada, con tubos o con radiadores adosados, realizándose la eliminación del calor por radiación y convección natural.



**Figura 2.11 Aspectos constructivos de un transformador**  
**Fuente: (Fraile Mora, 2008)**

Los transformadores de distribución de menos de 200 kVA están normalmente sumergidos en aceite dentro de la cuba principal de acero. El aceite transmite el calor a la cuba, desde donde se dispersa por convección y por radiación al aire exterior. A medida que la potencia asignada va siendo mayor, se van añadiendo radiadores externos para aumentar la superficie de enfrentamiento de la cuba llena de aceite. El aceite circula alrededor de los devanados hacia los radiadores, en donde el calor es cedido al aire exterior. En el caso de potencias más elevadas, se insufla aire sobre los radiadores mediante ventiladores adecuados.



En transformadores del orden de los MVA se puede refrigerar mediante un intercambiador de calor aceite-agua. El aceite caliente se bombea a través de un serpentín en contacto con agua fría. Un transformador en baño de aceite, con circulación natural por convección, que a su vez está refrigerado por aire con movimiento natural, se designará por las letras ONAN. Si el movimiento del aire llega a hacerse con la ayuda de ventiladores se hubiera designado por ONAF.

**d) Aisladores pasantes y otros elementos**

Los bornes de los transformadores de media tensión se llevan al exterior de la cuba mediante unos aisladores pasantes (pasatapas) de porcelana, rellenos de aire o aceite. Cuando se utilizan altas tensiones aparece un fuerte campo eléctrico entre el conductor terminal y el borde del orificio en la tapa superior de la cuba, y para evitar la perforación del aislador, éste se realiza con una serie de cilindros que rodean la borna metálica dentro del espacio cerrado que contiene el aceite. Los pasatapas de A.T. y B.T. en un transformador se distinguen por su altura, siendo tanto más altos cuanto mayor es la tensión. Otro elemento que suelen llevar los transformadores de gran potencia es el llamado relé de gas o relé Buchholz, que protege a la máquina de sobrecargas peligrosas, fallos de aislamiento, etc. Este relé se coloca en el tubo que une la cuba principal con el depósito de expansión, y funciona por el movimiento del vapor de aceite producido por un calentamiento anómalo del transformador que hace bascular un sistema de dos flotadores.

**e) Placa característica**

La placa de características de un transformador es una cartulina metálica serigrafiada que incluye los datos de potencia asignada, tensiones asignadas, frecuencia e impedancia equivalente en tanto por ciento, o caída de tensión relativa de cortocircuito. Si el transformador tiene tomas variadoras de tensión, se incluyen asimismo las tensiones de las diferentes derivaciones. También se indica el esquema de conexiones internas, la especificación del tipo de transformador, clase de refrigeración, nombre del fabricante, serie, código y en algunos casos referencias sobre las instrucciones de funcionamiento.

**2.2.4.2 Transformador trifásico**

Se puede considerar que un transformador trifásico es el resultado de la unión de tres sistemas monofásicos, este resulta ser más económico y práctico para las funciones industriales y de transporte de energía eléctrica. Un sistema de alimentación trifásico está equilibrado y con un desfase de  $120^\circ$ .

Las formas que más frecuentemente se emplean para realizar las conexiones de los arrollamientos de un transformador trifásico son: en *estrella* (con o sin hilo neutro), en *triángulo* y en *zig-zag*.

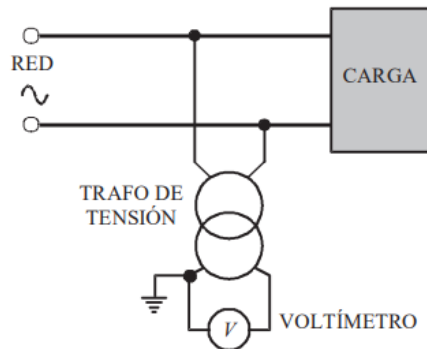
### 2.2.4.3 Transformadores de medida

Dentro de una planta hidroeléctrica es frecuente el empleo de tensiones y corrientes elevadas que conviene medir. Sin embargo, no es posible proceder a una conexión directa de los aparatos de medida a los circuitos de A.T., debido al peligro que presentaría el personal que se acercara a los instrumentos. Los transformadores de medida permiten separar ambos circuitos, adaptando al mismo tiempo las magnitudes de la red a la de los instrumentos, que generalmente están normalizados en unos valores de 5 A para los amperímetros y 110 V para los voltímetros (a plena escala). Para la conexión de los amperímetros y bobinas amperimétricas de los instrumentos se emplean los denominados transformadores de corriente, mientras que para la conexión de los voltímetros y bobinas voltimétricas se emplean los transformadores de tensión. Unos y otros deben garantizar el aislamiento necesario para la seguridad del personal, y además deben reproducir con la mayor precisión las magnitudes primarias (de acuerdo con la relación de transformación correspondiente), para no dar lugar a errores en las medidas efectuadas con los aparatos. Las características que definen un transformador de medida vienen recogidas en la Norma UNE 21088.

A continuación, se muestran especificaciones para ambos equipos de medida:

#### a) Transformadores de tensión

Su forma de funcionamiento y conexión es análoga a la de los transformadores de potencia. En la Figura 2.12 se muestra su conexión en paralelo con la red alimentando un voltímetro (en general, a su secundario se conectan en paralelo todas las bobinas voltimétricas de los aparatos de medida). A diferencia con los transformadores de potencia, debido a la alta impedancia de la carga conectada, el transformador de tensión funciona casi en vacío, y de esta forma la caída de tensión interna es muy pequeña. Además, y como muestra la Figura 2.12, un borne de su secundario debe conectarse a tierra para prevenir el peligro de un contacto accidental entre primario y secundario. El transformador de tensión debe proporcionar una tensión secundaria proporcional a la tensión primaria.



**Figura 2.12 Transformador de Tensión alimentando un voltímetro**  
**Fuente: (Fraile Mora, 2008)**

Estos transformadores deben presentar una reactancia pequeña y una corriente de carga reducida, lo cual obliga a diseñar el sistema con poco flujo de dispersión y un circuito magnético que necesite una pequeña corriente de vacío. Las tensiones primarias de los transformadores de tensión están normalizadas en los valores asignados siguientes: 110, 220, 385, 440, 2.200, 3.300, 5.500, 6.600, 11.000, 13.200, 16.500, 22.000, 27.500, 33.000, 44.000, 55.000, 66.000, 110.000, 132.000, 220.000, 396.000. La tensión secundaria asignada está normalizada en 110 voltios. Los transformadores de tensión se definen según su carga asignada en VA, denominada también potencia de precisión, que es la máxima carga que puede conectarse a su secundario (teniendo en cuenta también la potencia disipada en los hilos de conexión), para que el error de la medida esté comprendido dentro de los márgenes indicados por el constructor. Los valores normales de la potencia de precisión para un f.p. de 0,8 son: 10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 VA.

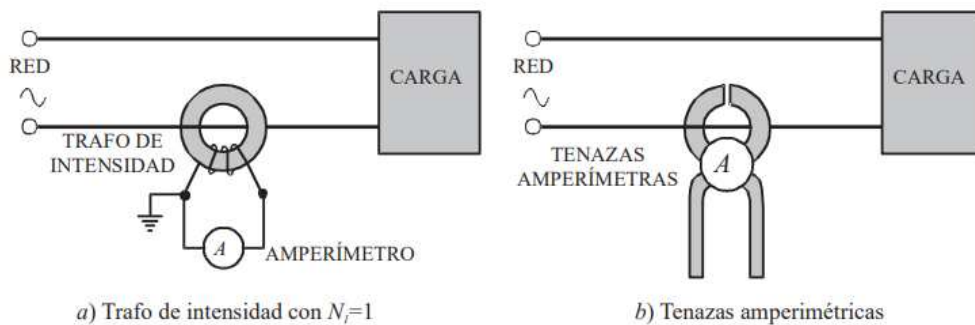
#### **b) Transformadores de corriente**

Tienen por misión reducir la corriente de la red a valores más apropiados a las escalas de los instrumentos (5 A en general y a veces también 1 A a plena escala). Se conectan en serie con la línea. En la Figura 2.13 se muestran los dos tipos de símbolos más empleados. En el secundario se conectan en serie los amperímetros y bobinas amperimétricas de los aparatos de medida. Debido a la baja impedancia de estos aparatos, los transformadores de intensidad trabajan prácticamente en cortocircuito, por ello se emplean bajas inducciones en el núcleo (<3000 Gauss, es decir, 0.3 Teslas).

En redes de baja tensión se utiliza también, por su comodidad, un tipo de transformador de intensidad denominado de tenaza o de pinzas (Fig. 2.13 b), que permite medir la corriente de una línea sin necesidad de interrumpir su

funcionamiento, a base de abrir las tenazas e introducir dentro el cable conductor, que actuará como devanado primario (1 espira); el arrollamiento secundario alimenta un amperímetro incorporado generalmente en el mismo aparato, existiendo la posibilidad de obtener varias escalas conmutando el juego de espiras de este devanado.

Si los transformadores de intensidad se conectan a redes de A.T. es preciso unir uno de los bornes secundarios a tierra para prevenir el peligro de contacto accidental entre los devanados primario y secundario. Las corrientes primarias de los transformadores de intensidad están normalizadas en los valores asignados siguientes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 750, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 10000 amperios. La corriente secundaria asignada está normalizada en 5 A y también se utiliza la escala de 1 A. Los transformadores de intensidad, de forma análoga a los de tensión, se definen según sea el valor de su potencia asignada en VA (existen de 10, 15, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300 y 400 VA), que es la máxima carga que puede conectarse a su secundario para que el error de la medida esté comprendido en los valores indicados por el fabricante. (Fraile Mora, 2008)



**Figura 2.13 Tipos de transformadores de intensidad**  
**Fuente: (Fraile Mora, 2008)**

## CAPÍTULO III

### 3 PARÁMETROS CRITICOS DE OPERACIÓN

En este capítulo se realizará la identificación inicial de un Parámetro Crítico de Operación de una Planta Hidroeléctrica, posteriormente después de seleccionar los parámetros correctamente, se enfocará el estudio hacia los equipos electromecánicos a los que pertenecen dichos parámetros.

#### 3.1 Concepto de un parámetro crítico de operación

Los Parámetros Críticos de Operación dentro de una industria son aquellos valores o variables que deben mantenerse dentro de ciertos límites para asegurar la operación segura y eficiente de los equipos y procesos de la industria. Estos parámetros pueden variar dependiendo del tipo de industria, el equipo y los procesos involucrados.

Algunos ejemplos de parámetros críticos de operación comunes incluyen:

- **Temperatura:** La temperatura es un parámetro crítico de operación en muchas industrias, como la química y la farmacéutica, ya que puede afectar la calidad y la pureza del producto final.
- **Presión:** La presión es un parámetro crítico de operación en industrias como la petroquímica, donde la presión puede afectar la seguridad y la eficiencia de los equipos y procesos.
- **Flujo:** El flujo es un parámetro crítico de operación en industrias como la alimentaria y la de bebidas, ya que puede afectar la calidad y la consistencia del producto final.
- **Nivel:** El nivel es un parámetro crítico de operación en industrias como la de petróleo y gas, donde el nivel de líquidos y gases debe mantenerse dentro de ciertos límites para evitar la contaminación y garantizar la seguridad.
- **pH:** El pH es un parámetro crítico de operación en industrias como la química y la alimentaria, ya que puede afectar la calidad y la estabilidad del producto final.
- **Velocidad:** La velocidad es un parámetro crítico de operación en industrias como la de fabricación de motores y equipos de transporte, ya que puede afectar la seguridad y la eficiencia del equipo.

Dentro de una planta hidroeléctrica son aquellos valores o variables que deben mantenerse dentro de ciertos límites para asegurar la operación segura y eficiente de la planta, especialmente para que la planta no detenga su operación debido a que las unidades generadoras trabajan bajo un régimen de 24/7. Estos parámetros pueden variar dependiendo del tipo de planta hidroeléctrica, el equipo y los procesos involucrados.

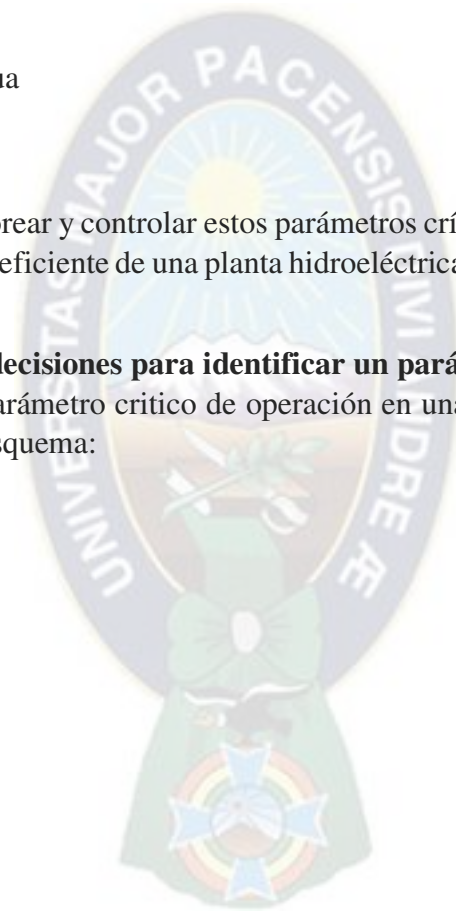
Algunos ejemplos de parámetros críticos de operación comunes en una planta hidroeléctrica son:

- Voltaje
- Temperatura
- Corriente
- Presión
- Vibración
- Velocidad
- Caudal de agua
- Nivel de agua
- Frecuencia

Es importante monitorear y controlar estos parámetros críticos de operación para asegurar la operación segura y eficiente de una planta hidroeléctrica y así, evitar cualquier problema o accidente.

### **3.2 Secuencia de decisiones para identificar un parámetro crítico de operación**

Para identificar un parámetro crítico de operación en una planta hidroeléctrica podemos aplicar el siguiente esquema:



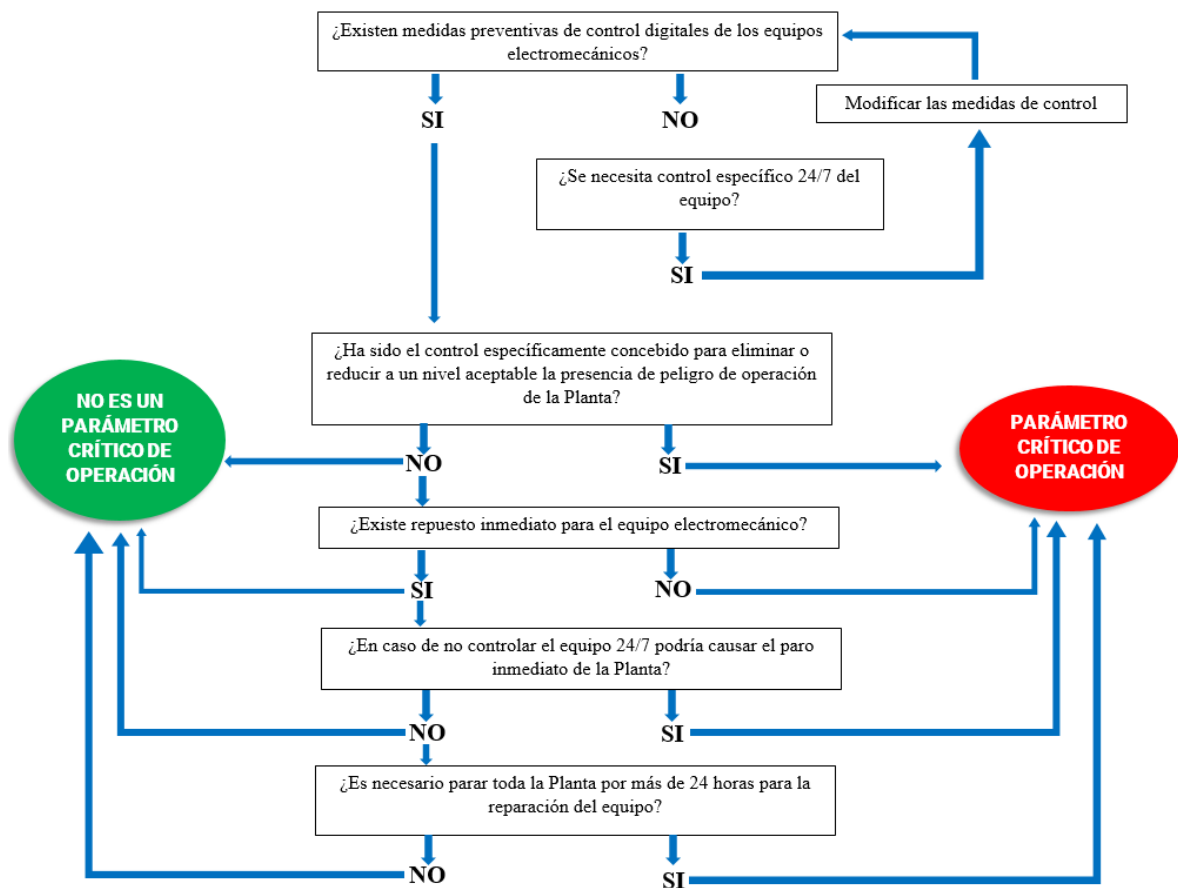


Figura 3.1 Esquema para identificar un Parámetro Crítico de Operación  
Fuente: Elaboración propia

### Identificación de los parámetros críticos de operación

En el capítulo 5 del presente proyecto se utiliza este esquema para identificar no solo los parámetros críticos de operación sino también los equipos electromecánicos que se deben vigilar.

### 3.3 Medidas de vigilancia y control para los parámetros críticos de operación

Una vez establecidos los parámetros críticos de operación, el siguiente paso consiste en anotarlos en un formulario e incluir en el mismo los parámetros que deben ser vigilados o controlados.

La aplicación de estos controles dependerá de la empresa, el cual describirá los métodos para aplicar los controles. El plan deberá describir los límites críticos, los procedimientos de vigilancia, las medidas correctoras para hacer frente a un problema ya sea el mismo eléctrico, mecánico o civil. Los procedimientos de comprobación y vigilancia deben

contar con una documentación y registro, pudiendo ser manuales o digitales o en todo caso ambos. Este plan proporcionará a la empresa un control rígido sobre los parámetros críticos de operación, siendo estos de vital importancia para el funcionamiento correcto de la unidad generadora de electricidad.

### **3.4 Límites para los parámetros críticos de operación**

En cada parámetro crítico de operación se establecen y especifican límites críticos.

Los límites críticos se definen como los criterios que permiten distinguir entre lo aceptable y lo inaceptable. Un límite crítico representa la línea divisoria que se utiliza para juzgar si la operación de una máquina o equipo electromecánico está en buen estado o funcionando correctamente. Entre los criterios aplicados suelen figurar las mediciones de temperatura, vibración, tiempo, corriente, voltaje, humedad, entre otros. El hecho que estos parámetros críticos se mantengan dentro de ciertos límites hace posible confirmar el buen uso y funcionamiento de una máquina o equipo electromecánico.

El establecimiento de parámetros críticos puede obedecer a la necesidad de satisfacer las exigencias del fabricante, normas en ingeniería, normas de la empresa o principios fundados en datos científicos.

Entre las fuentes de información sobre los límites críticos pueden mencionarse:

- Normas del fabricante.
- Normas IEC, IEEE, ANSI.
- Publicaciones científicas o resultados de investigaciones
- Estudios experimentales (por ejemplo, experimentos en la misma empresa, estudios contratados a laboratorios).

### **3.5 Sistema de vigilancia para los parámetros críticos de operación**

La vigilancia pretende llevar a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de suma importancia para determinar si un parámetro crítico de operación está bajo control.

Los procedimientos de vigilancia deben ser capaces de detectar la falta de control en los parámetros críticos de operación y, por consiguiente, es importante especificar detalladamente la forma, el momento y la persona que ejecutara la vigilancia.

Entre los objetivos de la vigilancia están los siguientes:

- Medir el grado de eficacia con que opera el sistema (análisis de tendencia).
- Determinar en qué momento el nivel de funcionamiento del sistema está provocando un fallo o podría provocar un fallo.
- Establecer registros (físicos y/o digitales) que reflejen el nivel de funcionamiento del sistema.



- Tener información oportuna que permita hacer las correcciones correspondientes ante una posible falla.

Hay muchas maneras de vigilar los parámetros críticos de operación. Esta vigilancia puede llevar adelante sobre una base continua (100 por ciento), o por lotes. Cuando sea posible, se prefiere la vigilancia continua, porque es más segura, ya que está planificada para detectar desviaciones de los niveles fijados, lo que permite corregirlas y prevenir aquellas que sobrepasen los límites críticos. Cuando la vigilancia no es continua, su grado y frecuencia deberían ser suficientes como para garantizar que los parámetros críticos de operación estén bajo control.

Otra consideración a tener en cuenta al establecer un procedimiento de vigilancia es el tiempo, es decir, la vigilancia debe ser rápida, porque están asociados a procesos continuos los cuales no permiten tiempo para ensayos analíticos prolongados. Se suele preferir las mediciones físicas, químicas y las observaciones visuales (por medios de pantallas HMI, paneles led, dispositivos analógicos, entre otros).

Los procedimientos rigurosos de vigilancia y los registros pertinentes transmiten información a los Supervisores, asimismo ellos puedan decidir si una maquina está operando con normalidad. Sin embargo, para completar el proceso de vigilancia, los datos recopilados deberán ser examinados y evaluados por los Supervisores constantemente.

La responsabilidad de la vigilancia de los parámetros críticos de operación debe definirse claramente. Es preciso capacitar a los responsables de esta tarea sobre los procedimientos de vigilancia de los parámetros críticos de operación, y que comprendan el propósito y la importancia que conlleva. Estas personas deben tener fácil acceso a la actividad de vigilancia, deben ser imparciales en el desempeño de su tarea y deben mantener informes precisos de esta actividad.

### **3.5.1 El diseño de un sistema de vigilancia**

El sistema debe proporcionar como mínimo información sobre:

- Qué se vigilará.
- Como se vigilarán los parámetros críticos de operación y medidas preventivas.
- La frecuencia de la vigilancia.
- Quién efectuará la vigilancia.

### **3.6 Establecimiento de medidas correctoras**

Los procedimientos frente a una desviación de los parámetros críticos de operación consisten en un conjunto de medidas predeterminadas y documentadas, que deben ponerse en práctica cuando se produce una desviación. Toda desviación debe ser controlada mediante la adopción de una o más medidas para controlar el funcionamiento correcto del sistema o de los equipos electromecánicos, así como de su continuo funcionamiento.

Las desviaciones de los parámetros críticos de operación pueden ser muy diversas y, por este motivo, tal vez resulte necesario poner en práctica más de una medida correctora en cada parámetro. Cuando se presente una desviación, es probable que esta se advierta durante la vigilancia rutinaria.

Los procedimientos para hacer frente a las desviaciones y las medidas correctoras están predeterminados por la empresa, lo Supervisores de área suelen ser los responsables de corregir la causa de la desviación.

Para corregir la desviación los Supervisores deben incluir los siguientes elementos:

- Revisión de los registros de parámetros críticos de operación del sistema y equipos electromecánicos.
- Investigación para determinar la causa de la desviación.
- Análisis de los parámetros críticos de operación.
- Medidas eficaces para corregir y prevenir la repetición de una desviación.
- Verificación de la eficacia de la medida correctora adoptada.

### **3.7 Establecimiento de un sistema de documentación y registro**

Los registros son esenciales para examinar la idoneidad del plan de acciones y correcciones sobre los parámetros críticos de operación.

Un registro muestra la historia, los controles, las desviaciones y las medidas correctoras ocupados en los sistemas o equipos electromecánicos. Puede adoptar cualquier forma, sea gráficos de tendencia, registro escrito o registro computarizado. Nunca esta demás recalcar la importancia de los registros históricos en una empresa, por lo tanto, es fundamental que se mantengan registros completos, actualizados, bien archivados y precisos. (PANIS, 1990)

### **3.8 Medios para obtener los datos de los parámetros críticos de operación**

#### **3.8.1 Instrumentos y sensores utilizados para medir los parámetros críticos de operación en cada equipo**

- PT100
- Pts
- Cts

El principio de funcionamiento de los PT's y CT's está especificado en el subtítulo 2.2.4.3 Transformadores de medida del capítulo 2.

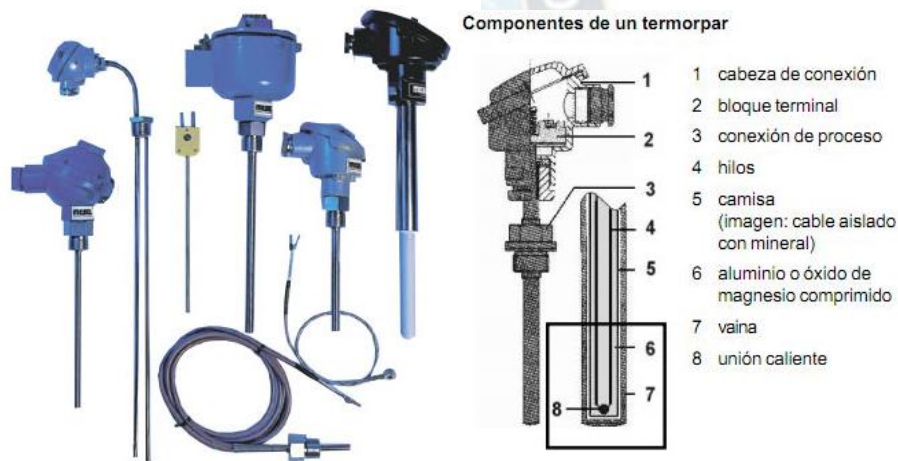
##### **3.8.1.1 Sensor de temperatura PT 100**

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 (ohms) y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente y característico del platino de

tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo). Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Por otra parte, los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °C).



**Figura 3.2 Componentes de un PT 100**

**Fuente: Catálogo ARIAN**

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado, con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además, la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

Finalmente se deben tener ciertas precauciones de limpieza y protección en la instalación de los Pt100 para prevenir errores por fugas de corriente. Es frecuente que cables en ambientes muy húmedos se deterioren y se produzca un paso de corriente entre ellos a

través de humedad condensada. Aunque mínima, esta corriente "fugada" hará aparecer en el lector una temperatura menor que la real. Estas fugas también pueden ocurrir en óxido, humedad o polvo que cubre los terminales. (ARIAN Control e Instrumentación, 2019)



## CAPÍTULO IV

### 4 APLICACIÓN ANDROID

Para este capítulo, inicialmente se estudiará los conceptos enfocados a la tecnología móvil y su desarrollo, el sistema operativo Android, tipos de aplicaciones y los conceptos para el diseño de aplicaciones móviles con Material Design.

#### 4.1 Tecnología móvil

En la actualidad, los recientes avances de las tecnologías de hardware, software y telecomunicaciones están alimentando una nueva generación de sistemas o herramientas tecnológicas, generando un gran impacto dentro del sector empresarial. Estas nuevas herramientas permiten a los usuarios con dispositivos móviles conectarse a Internet a gran velocidad a través de la propia red de comunicación móvil o a través de redes locales inalámbricas.

Dentro de este nuevo escenario el término “Tecnología móvil” hace referencia al conjunto de dispositivos y herramientas que facilitan la posibilidad de realizar una actividad determinada de manera presente. De esta manera la utilización de dispositivos móviles e internet traspasa fronteras inimaginables, aportando la libertad de la “no dependencia” de cables para que las personas puedan comunicarse o acceder a Internet desde cualquier lugar.

Razón por el cual los dispositivos móviles se han convertido en nuestros asistentes tecnológicos, no solo para facilitarnos la comunicación, sino prácticamente para realizar cualquier tipo de actividad. Ya no es posible pensar en un mundo sin móviles, existiendo cosas que no podemos hacer sin tener uno cerca; los servicios y aplicaciones no paran de crecer, así como el número de usuarios que conservan uno o más dispositivos móviles.


##### 4.1.1 Sistemas operativos

Un Sistema Operativo Móvil o SO Móvil controla un dispositivo móvil y está orientado a la conectividad inalámbrica tanto para formatos multimedia y transferencia de información. Significa la interacción real con lo que se puede hacer a partir de las capacidades del hardware que conforman un equipo. La plataforma móvil interpreta lo que el usuario quiere que la terminal realice y cada vez lo ejecuta con mayor inteligencia.

Una de las cualidades más atractivas de un sistema operativo móvil es la rapidez con la que en general se desempeña, no se precisa apagar el equipo completamente ya que se puede dejar en un estado de suspensión para ahorrar energía. Las aplicaciones móviles se lanzan en pocos segundos y la instalación es transparente para el usuario porque actualmente los periféricos son compatibles con los dispositivos comunes. Tal pareciera que la única diferencia con una PC tradicional es que todavía no soportan aplicaciones robustas, como el diseño o edición de video profesional.

Notando la funcionalidad del SO Móvil, en la actualidad existen diversos tipos de Sistemas Operativos Móviles, lo cual se dará a conocer en la siguiente tabla:

**Tabla 1 Características de los sistemas operativos**

TIPO	CARACTERISTICAS	REQUERIMIENTO DE HARDWARE PARA SU INSTALACION
<p><b>ANDROID</b></p> 	<p>-Tiene soporte completo para desarrollar cualquier tipo de aplicación.</p>	<p>-1 GHz CPU -512 MB de RAM -Pantalla de 3,5’’ de alto</p>
<p><b>Ios</b></p> 	<p>-Creado por la empresa Apple, derivado de Mac OS X. -Goza de la función Continuity que permite la comunicación entre sistemas operativos de la misma empresa.</p>	<p>-Modelo iPhone 3Gs o superior. -Sistema operativo iOS 3.0 o superior. -Ninguna otra aplicación esté funcionando simultáneamente. -Instalación en la memoria del teléfono (no en la tarjeta de memoria externa)</p>
<p><b>Windows Phone</b></p> 	<p>-Desarrollado por Microsoft -Esta utiliza procesadores plantas multinúcleo, para poder optimizar el rendimiento de los dispositivos móviles.</p>	<p>-Procesador Qualcomm Snapdragon S4 procesador de doble núcleo. -Memoria RAM de 512 MB para pantallas WVGA y de 1 GB de RAM para pantallas de 720p/WXGA. -Memoria de almacenamiento interno de al menos 4 GB</p>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Tipos de aplicaciones móviles

Las primeras aplicaciones vienen a finales de los 90’ cumpliendo funciones elementales y con un diseño simple, lo cual transcurriendo el tiempo la evolución de las aplicaciones se dio rápidamente gracias a las innovaciones de la Tecnología WAP y la transmisión de datos.

En la actualidad las aplicaciones como los dispositivos móviles están en el día a día, logrando llegar a ser comunes por la variedad de plataformas que se llega a encontrar en el mercado. A si como los Smartphone que tienen como función principal servir como plataforma de aplicaciones que cumplen una función dentro del teléfono, ya sea para comunicarse y para el entretenimiento.

Antecedentes tecnológicos hicieron posible la existencia de aplicaciones que evolucionaron de manera desordenada y sin rumbo fijo. Concluyendo actualmente la existencia de tres tipos de desarrollos para aplicaciones móviles:

#### **4.1.2.1 Aplicaciones nativas**

Una aplicación nativa presenta un desarrollo de forma específica para un determinado Sistema Operativo, llamado Software Development Kit o SDK. Cada una de las plataformas, Android, iOS o Windows Phone gozan de un sistema diferente, razón por el cual una aplicación debe estar disponible en todas las plataformas móviles o se debe crear varias aplicaciones con el lenguaje del sistema operativo seleccionado.

Cuando se habla de desarrollo móvil, habitualmente se refiere a aplicaciones nativas. La principal ventaja, es la posibilidad de acceder a todas las características del hardware del dispositivo móvil, como ser: cámara, GPS, agenda, dispositivos de almacenamiento. Esto hace que la experiencia del usuario sea mucho más positiva que con otro tipo de apps, las cuales presentan algunas ventajas e inconvenientes.

#### **4.1.2.2 Aplicaciones web**

Las aplicaciones web o web application son desarrolladas usando lenguajes de desarrollo web y un framework para el desarrollo de aplicaciones web.

El desarrollo móvil web consiste en la creación de aplicaciones web que están diseñadas específicamente para ser visualizadas en dispositivos móviles o tablets. Estas aplicaciones son accesibles a través del navegador web que viene preinstalado en los dispositivos, como Dolphin para Android, y están optimizadas para ofrecer una mejor experiencia de usuario en pantallas más pequeñas. En resumen, el desarrollo móvil web implica la adaptación de las aplicaciones web tradicionales para su uso en dispositivos móviles.

Las aplicaciones web se ejecutan dentro de su propio navegador web del dispositivo a través de la URL.

#### **4.1.2.3 Aplicaciones híbridas**

Una aplicación híbrida es una combinación de la aplicación nativa y web, seleccionando lo mejor de cada una de ellas. Las apps híbridas se desarrollan con lenguajes propios de las Webapp (en ingeniería de software se denomina aplicación web, por lo que permite su uso en diferentes plataformas, pero también dan la posibilidad de acceder a gran parte de las características del hardware del dispositivo.

Mantiene el carácter multiplataforma y sigue usando tecnologías Web, aunque se ejecuten localmente en el dispositivo pudiendo ejecutarse también sin conexión a Internet. Al estar infiltradas en un navegador de una aplicación nativa tienen el mismo tipo de acceso a las APIs nativas de cada sistema operativo, así como a los recursos propios del sistema, manteniendo el modo de distribución de las apps nativas.

Para observar la funcionalidad de cada tipo de aplicación móvil, la siguiente ilustración se enfatizará aspectos relacionados con los tres tipos de aplicaciones.

	Web App	App Híbrida	App Nativa
Coste de Desarrollo	Bajo	Medio	Alto
Tiempo de Desarrollo	Corto	Medio	Largo
Mantenimiento	Fácil	Medio	Complejo
Experiencia de Usuario	Buena	Bastante Buena	Excelente
Funcionalidad Offline	Compleja	Compleja	Fácil
Acceso al dispositivo	Parcial	Alto/Complejo	Completo
Velocidad	Rápida	Rápida	Muy Rápida
App Stores	No disponible	Disponible (con limitaciones)	Disponible
Portabilidad del código	Completa	Alta	Nula
Seguridad	Normal	Normal	Alta

**Figura 4.1** Características de los tipos de Aplicaciones Móviles

Fuente: <https://mrhouston.net/blog/3-tipos-de-apps-moviles/>

### 4.1.3 Sistema operativo Android

Android es una solución completa de software de código libre (GNU Linux) para teléfonos y dispositivos móviles. Es un paquete que engloba un sistema operativo, un "Runtime" (colección de funciones las cuales soporta un programa mientras se está ejecutando) de ejecución basado en Java (lenguaje de programación orientado a objetos), un conjunto de librerías de bajo y medio nivel y un conjunto inicial de aplicaciones destinadas al usuario final. Android se distribuye bajo una licencia libre que permite la integración con soluciones de código propietario.

A su vez, Android está basado en Linux (software libre), disponiendo de un Kernel (gestionador de recursos y servicios hacia un determinado sistema), el mismo utiliza una máquina virtual para convertir el código escrito en Java en lenguaje que pueda comprender el Kernel.

La cualidad más grande de este sistema operativo es que es de código abierto y se distribuye bajo dos tipos de licencias, una que abarca todo el código del Kernel (GNU GLP v2) y otra por parte de Google (Apache v2), esto implica que su código se debe poner al alcance de todos y que todos pueden hacer con este código lo que parezca oportuno.



Entre sus características principales tenemos:

- Alta calidad de gráficos y sonido, también, gran variedad de formatos soportados.
- Las aplicaciones escritas en Java pueden ser compiladas y ejecutadas en la máquina virtual Dalvik, máquina virtual diseñada para uso en dispositivos móviles.
- Soporte para hardware adicional (cámaras de vídeo, pantallas táctiles, GPS, acelerómetros, etc.).
- Entorno de desarrollo (emulador, herramientas de depuración, perfiles de memoria y funcionamiento).
- Plataforma realmente abierta al ser basada en Linux y de código libre. Se puede usar y adecuar el sistema sin pagar algún tipo de licencia.
- Portabilidad asegurada: Al desarrollar las aplicaciones en Java, y gracias al concepto de máquina virtual, las aplicaciones podrán ser ejecutadas en gran variedad de dispositivos tanto actuales como futuros.
- Gran cantidad de servicios incorporados: Reconocimiento y síntesis de voz, localización basada en GPS, potentes bases de datos, etc.
- Nivel de seguridad: Los programas se encuentran separados unos de otros. Cada aplicación dispone distintos tipos de permisos que limitan su rango de actuación.

#### **4.1.3.1 Arquitectura de Android**

Para empezar con el desarrollo de aplicaciones en Android es importante conocer cómo está estructurado este sistema operativo. La arquitectura de Android está formada por varios niveles o capas lo que facilita el desarrollo de aplicaciones ya que permite trabajar con las capas inferiores por medio de las librerías evitando programar a bajo nivel y lograr que los componentes de hardware del dispositivo móvil interactúen con la aplicación.

Cada una de las capas utiliza elementos de la capa inferior para realizar sus funciones, es por ello que a este tipo de arquitectura se le conoce también como pila.

A continuación, se muestra una figura de la arquitectura Android:

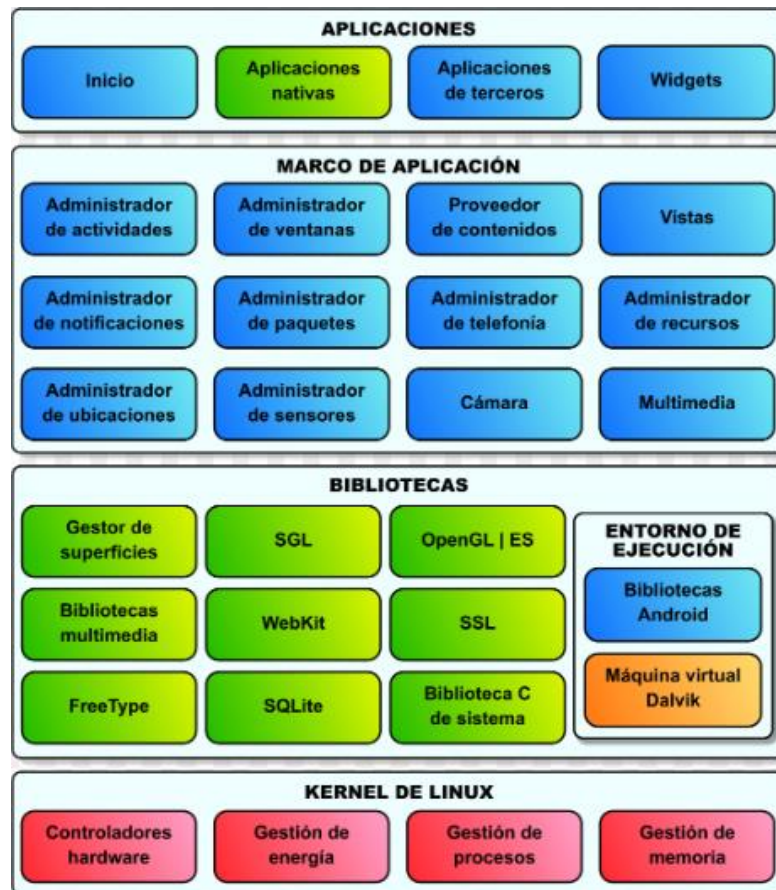


Figura 4.2 Arquitectura Android

Fuente: <https://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/generalidades/2-2-arquitectura-de-android>

Se explicará las capas más relevantes de abajo hacia arriba.

**Kernel de Linux** El núcleo actúa entre el hardware y el resto de las capas de la arquitectura. El desarrollador no accede directamente a esta capa, sino que debe utilizar las librerías disponibles en capas superiores. Para cada elemento de hardware existe un controlador o driver dentro del Kernel que permite utilizarlo desde el software.

**Librerías o Bibliotecas** Estas normalmente están hechas por el fabricante, quien también se encarga de instalarlas en el dispositivo antes de ponerlo a la venta. El objetivo de las librerías es proporcionar funcionalidad a las aplicaciones para tareas que se repiten con frecuencia, evitando tener que codificarlas cada vez.

**Entorno de ejecución** Como podemos apreciar, el entorno de ejecución de Android no se considera una capa en sí mismo, dado que también está formado por librerías. Aquí encontramos las librerías con las funcionalidades habituales de Java así como otras específicas de Android.

El componente principal del entorno de ejecución de Android es la máquina virtual Dalvik.

**Framework o Marco de Aplicaciones** Es una estructura de aplicaciones, formada por todas las clases y servicios que utilizan directamente las aplicaciones para realizar sus funciones.

**Aplicaciones** En la última capa se incluyen todas las aplicaciones del dispositivo ya sea con interfaz gráfica o no, las propias del dispositivo y las administradas (programadas en Java), así como las que el usuario ha instalado por su cuenta. Android nos proporciona un entorno robusto para que podamos programar aplicaciones para alguna funcionalidad. Todo dentro de Android es accesible y podemos contar siempre con las aplicaciones de nuestro dispositivo móvil para la optimización de cualquier tarea de programación.

#### **4.1.3.2 Estructura o componentes de una aplicación Android**

Las aplicaciones en Android están basadas en componentes y son los elementos básicos con los que se construyen un proyecto. Una aplicación Android será una combinación de uno o más de estos componentes y se deben declarar en el fichero AndroidManifest.xml (formato de los archivos) donde se definen todos los componentes de la aplicación como los permisos que requiere, o los recursos y librerías que utiliza.

Los componentes principales son:

**Activity:** Es el componente visual de una aplicación, es decir forman la interfaz y se podría decir que son las pantallas o ventanas que ve el usuario.

**Service:** Son componentes sin interfaz gráfica, se ejecutan en segundo plano y realizan múltiples acciones.

**Content Provider:** Es la forma que tiene Android de compartir datos entre aplicaciones, compartiendo datos sin la necesidad de dar de detalles sobre su almacenamiento.

**Broadcast Reciver:** Este componente se encarga de detectar y reaccionar a los eventos generales como pueden ser: batería baja, entrada de llamada, es decir es el encargado de recibir las llamadas que son enviados a cualquier aplicación que esté “escuchando”.

#### **4.1.3.3 Versiones de Android**

El historial de versiones del sistema operativo Android se inició con el lanzamiento de Android beta en noviembre de 2007. La primera versión comercial de prueba, luego fue lanzada Android 1.0 el siguiente año, y ha experimentado en numerosas ocasiones, actualizaciones a su sistema operativo desde su lanzamiento original. Estas actualizaciones corrigen fallos de programa y agregan nuevas funcionalidades. Desde abril de 2009, El lanzamiento se realiza en orden alfabético (A, B, C, D, etc.).

La versión más actual es Android 12: versión 12.0 lanzado el 4 de octubre de 2021. (Cajilima, 2015)



**Figura 4.3 Versiones de Android**  
Fuente: <https://www.xatakandroid.com/>

## 4.2 Material Desing

Material Design es un sistema de diseño creado y respaldado por diseñadores y desarrolladores de Google. Material.io incluye una guía detallada de UX e implementaciones de componentes de UI para Android, Flutter y la Web.

Esta herramienta permite experiencias personales, adaptables y expresivas, desde colores dinámicos y accesibilidad mejorada, hasta bases para diseños de pantalla grande y fichas de diseño.

Por otro lado, Material Design es un sistema adaptable de pautas, componentes y herramientas que respaldan las mejores prácticas de diseño de interfaz de usuario. Está respaldado por un código de fuente abierta, Material Design agiliza la colaboración entre diseñadores y desarrolladores, y ayuda a los equipos a crear rápidamente productos atractivos.

### 4.2.1 Componentes

Los componentes son bloques de construcción interactivos para crear una interfaz de usuario. Se pueden organizar en cinco categorías según su propósito: acción, contención, navegación, selección-entrada de texto y por ultimo comunicación.

Los componentes cubren una variedad de necesidades de interfaz, que incluyen:

**Acciones:** Realización de tareas, utilizando componentes como el botón de acción flotante , un componente material único que enfatiza una acción primaria única por página.



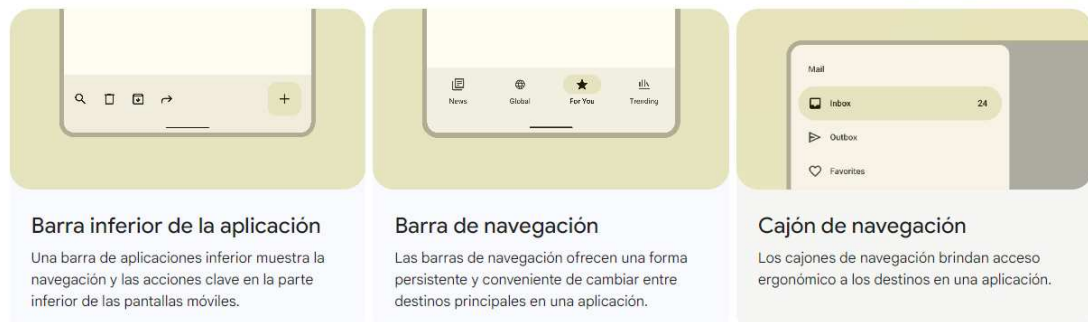
**Figura 4.4 Componentes de Acción**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

**Contención:** Contienen información y acciones, sirven para colocar y organizar el contenido de la aplicación utilizando componentes como tarjetas , listas y hojas .



**Figura 4.5 Componentes de Contención**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

**Navegación:** Ayudan a los usuarios a moverse a través de su aplicación, con patrones como cajones de navegación y pestañas.



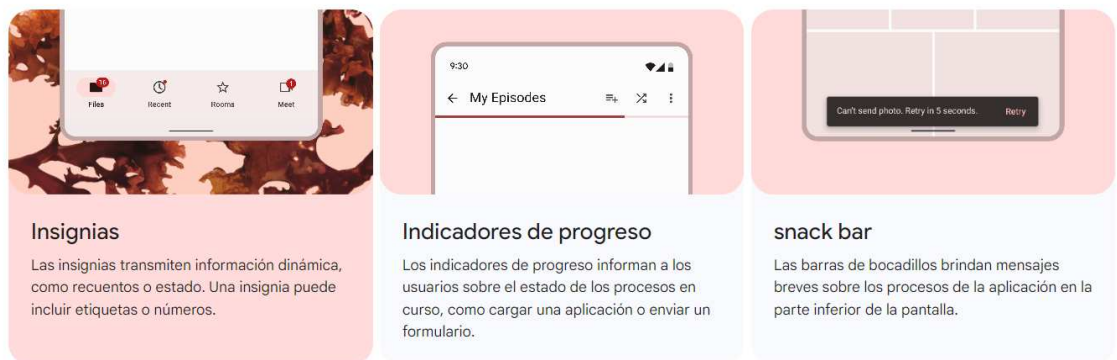
**Figura 4.6 Componentes de Navegación**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

**Entrada de texto:** Sirven para introducir información o selecciones, utilizando componentes como campos de texto y controles de selección .



**Figura 4.7 Componente de Entrada de Texto**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

**Comunicación:** Brindan alerta a los usuarios sobre la información y los mensajes clave de la aplicación, con componentes como pancartas y cuadros de diálogo.

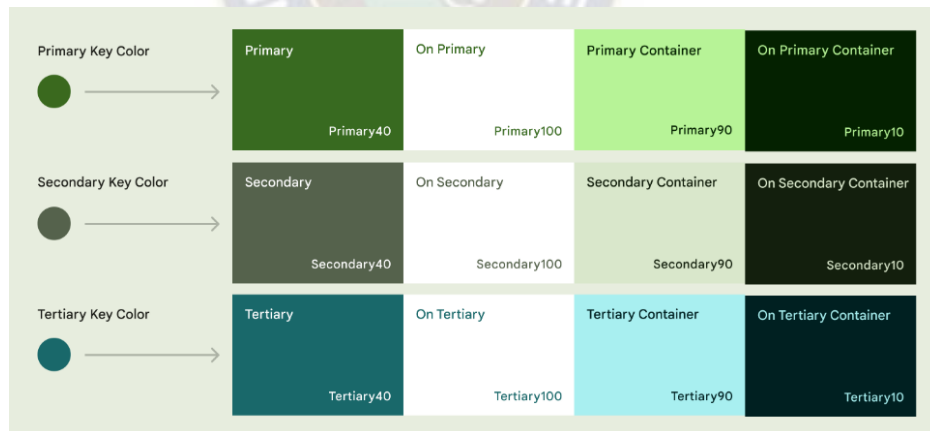


**Figura 4.8 Componentes de Comunicación**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

#### 4.2.2 Color

El sistema de color del material es un enfoque organizado para aplicar color a una interfaz de usuario. Los estilos de color globales tienen nombres semánticos y uso en componentes: primario, secundario (colores de marca), superficie, fondo y error.

Cada color también tiene un color complementario utilizado para los elementos colocados "encima" para promover la consistencia y el contraste accesible.



**Figura 4.9 Esquema de Selección de Colores**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

#### 4.2.3 Tipografía

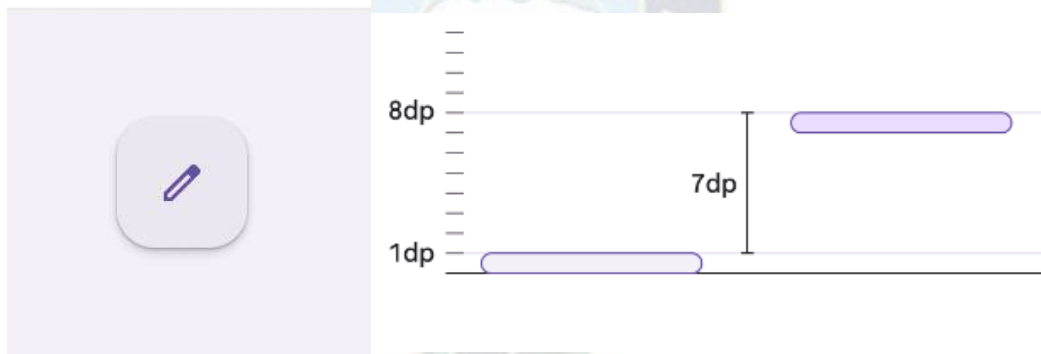
Dentro de la herramienta la escala de tipo de diseño cuenta con 13 estilos de tipografía, desde titulares hasta texto y títulos. Cada estilo tiene un significado claro y una aplicación prevista dentro de una interfaz. Atributos importantes, como el tipo de letra, el peso de la fuente y la letra, son de alta relevancia al momento de desarrollar una aplicación.



**Figura 4.10 Estilos de Tipografía**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

#### 4.2.4 Elevación

La elevación es la distancia relativa entre dos superficies a lo largo del eje z. Para el desarrollo de aplicaciones la elevación es de suma importancia ya que resalta y promueve la visibilidad de las opciones del usuario dentro de la aplicación. (Google, 2019)



**Figura 4.11 Alturas de Elevación**  
Fuente: <https://m3.material.io/components>

### 4.3 Algunas metodologías existentes para el desarrollo de aplicaciones móviles

Las metodologías de desarrollo de software se refieren a una estructura de soporte definida mediante el cual un proyecto de software puede ser organizado y desarrollado y están orientadas a estructurar, planear y controlar el proceso de desarrollo de un sistema de información.

Cabe destacar que todas las metodologías tienen puntos a favor como en contra, por lo que es muy importante conocerlas y ver cuál es la que brinda mejor soporte al desarrollo de una aplicación móvil, por lo que se propondrá analizar dos de ellas para luego usar la más adecuada para el presente proyecto.

#### 4.3.1 Metodología RUP

El Proceso Racional Unificado (Rational Unified Process en inglés, RUP) es un proceso de desarrollo de software desarrollado por la empresa Rational Software, actualmente



propiedad de IBM. Junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos, ya que se utilizan en diferentes tipos de software, áreas de aplicación, niveles de competencia, tamaños de proyecto y se adaptan fácilmente a las necesidades de cada organización.

#### **4.3.1.1 Estructura del RUP**

RUP es una metodología en la que se describe quién, cómo, qué, en que tiempo y que actividades se van a desarrollar en el proyecto, el quién representa los distintos roles que puede desempeñar un individuo en la organización, el cómo se refiere a la unidad de trabajo que se asigna a un trabajador y cuál es el segmento de información utilizada por un proceso. Para el desarrollo satisfactorio de este proceso, es necesario cumplir con ciertas etapas, las mismas que en conjunto determinarán el ciclo de vida y el éxito de la aplicación. RUP hace uso de cuatro etapas en su metodología descritas de la siguiente manera:

**1. Inicio.** - En esta fase se obtiene una visión inicial del producto, así como su alcance, además se identifican los principales casos de uso.

**2. Elaboración.** - En esta fase se hace una planificación de las actividades y del equipo de trabajo del proyecto, también se identifican las necesidades y el diseño de la arquitectura.

**3. Construcción.** - Comprende el desarrollo mismo del producto hasta la entrega al usuario final.

**4. Transición.** - Esta fase comprende la instalación del producto a los usuarios y la formación de los mismos, en ocasiones suelen surgir nuevos requisitos para el desarrollo.

#### **4.3.1.2 Ciclo de vida**

El ciclo de vida RUP es una implementación del desarrollo en espiral. Fue creado ensamblando los elementos en secuencias semiordenadas. El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones. RUP divide el proceso en cuatro fases:

- Fase de Inicio
- Fase de Elaboración
- Fase de Construcción
- Fase de Transición

Dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable según el proyecto y en las que se hace un mayor o menor empeño en las distintas actividades. Las primeras iteraciones (en las fases de Inicio y Elaboración) se enfocan hacia la comprensión del problema y la tecnología, la delimitación del ambiente del proyecto, la eliminación de los riesgos críticos, y al establecimiento de una línea base de la arquitectura.

En la fase de elaboración, las iteraciones se orientan al desarrollo de la línea base de la arquitectura, abarcan más los flujos de trabajo de requisitos, modelo de negocios (refinamiento), análisis, diseño y una parte de implementación orientado a la línea base de la arquitectura.

En la fase de construcción, se lleva a cabo la construcción del producto por medio de una serie de iteraciones. En la fase de transición se pretende garantizar que se tiene un producto preparado para su entrega a la comunidad de usuarios.

#### 4.3.1.3 Disciplinas de un proceso RUP

Se puede distinguir dos tipos de disciplinas, las de proceso y las de soporte. Una disciplina es un conjunto de actividades vinculadas a un área específica del proyecto y RUP las utiliza para facilitar la comprensión de todo proyecto de desarrollo. Un flujo de trabajo describe la secuencia en que se realizan las actividades en una disciplina, quienes la realizan y que artefactos se producen.

Las **disciplinas de proceso** son las siguientes:

- **Modelado del Negocio:** Describe la estructura y el modelo de negocio de la organización.
- **Requisitos:** Refleja las necesidades del cliente expresado en casos de uso
- **Análisis y Diseño:** Describe las diferentes vistas arquitectónicas del proyecto.
- **Implementación:** Comprende el desarrollo del software, prueba de unidades e integración.
- **Pruebas:** Son las diferentes métricas de evaluación del proyecto.
- **Despliegue:** Configuración del sistema que se va a entregar.

Mientras que las **disciplinas de soporte** son:

- **Gestión de Configuraciones:** Ayuda en el control de cambios y la integridad de los artefactos del proyecto.
- **Gestión del Proyecto:** Son las diferentes estrategias de trabajo en un proceso iterativo.
- **Entorno:** Es la infraestructura necesaria para desarrollar un sistema.

#### 4.3.2 Metodología XP

La programación extrema o eXtreme Programming (XP) es una metodología de desarrollo de la ingeniería de software formulada por Kent Beck. Es el más destacado de los procesos ágiles de desarrollo de software. Al igual que éstos, la programación extrema se diferencia de las metodologías tradicionales principalmente en que pone más énfasis en la adaptabilidad que en la previsibilidad. Los defensores de la XP consideran que los cambios de requisitos sobre la marcha son un aspecto natural, inevitable e incluso deseable del desarrollo de proyectos. Creen que ser capaz de adaptarse a los cambios de requisitos

en cualquier punto de la vida del proyecto es una aproximación mejor y más realista que intentar definir todos los requisitos al comienzo del proyecto e invertir esfuerzos después en controlar los cambios en los requisitos.

Se puede considerar la programación extrema como la adopción de las mejores metodologías de desarrollo de acuerdo a lo que se pretende llevar a cabo con el proyecto, y aplicarlo de manera dinámica durante el ciclo de vida del software. Esta metodología busca eliminar actividades relacionadas con la elaboración de algunos documentos de especificaciones que no tienen relación directa con el resultado final del software. Se basa en los siguientes valores principales:

**1. Comunicación:** La necesidad de los desarrolladores de intercambiar ideas e información sobre el proyecto ya sea con los directores del proyecto o los usuarios de forma confiable, y fácil. La comunicación debe ser continua y rápida.

**2. Sencillez:** Cuando se tenga que elegir entre varias opciones, en lo posible elegir soluciones simples, sin que esto signifique aplicar enfoques simplistas; la programación extrema define un diseño simple en el que se realice el menor número posible de clases, métodos y que no tenga código duplicado.

**3. Retroalimentación:** Debe ser rápida en todos los niveles, principalmente se consigue ejecutando y probando el código, por lo que las entregas tempranas y frecuentes son muy importantes.

**4. Valor:** Todas las personas que participen en el proyecto deben tener la capacidad de expresar su valoración sobre el proyecto. Deberían ser abiertos y dejar que todos revisen e incluso modificasen su trabajo. Los cambios no deberían ser vistos con terror y los desarrolladores deberían tener el valor de encontrar mejores soluciones y modificar el código siempre que sea necesario y factible.

**5. Respeto:** Debe manifestarse en diversas formas y situaciones, son la base para una buena relación y cooperación entre todos los componentes del equipo de trabajo.

La Programación Extrema se basa en:

- **Desarrollo en iteraciones:** En cada iteración se agregan nuevas funcionalidades, o se corrigen errores generando distintas versiones.
- **Pruebas unitarias continuas:** Estas pruebas están orientadas a comprobar que la aplicación mantenga sus funcionalidades.
- **Programación en parejas:** Se hace esto con el fin de que el código se discuta y revise mientras se desarrolla el programa, basado en que los dos programadores pueden complementarse, generando código de mejor calidad con menos errores.
- **Interacción entre los desarrolladores y el usuario:** Se minimizará el esfuerzo de ambas partes, pues se podrá tener una mejor comprensión de los problemas o

necesidades de los usuarios y las soluciones que puedan brindar los desarrolladores.

- **Refactorización del código:** Busca hacer el código más fácil y mantenible, pero debe garantizar su correcto funcionamiento manteniendo las pruebas unitarias.
- **Propiedad del código compartida:** Busca que cualquier integrante del proyecto pueda colaborar modificando código hecho por otro. La existencia de errores se comprueba mediante las pruebas.
- **Simplicidad del diseño:** Los diseños simples pero funcionales permiten que posteriores funcionalidades se puedan agregar de manera fácil y rápida.

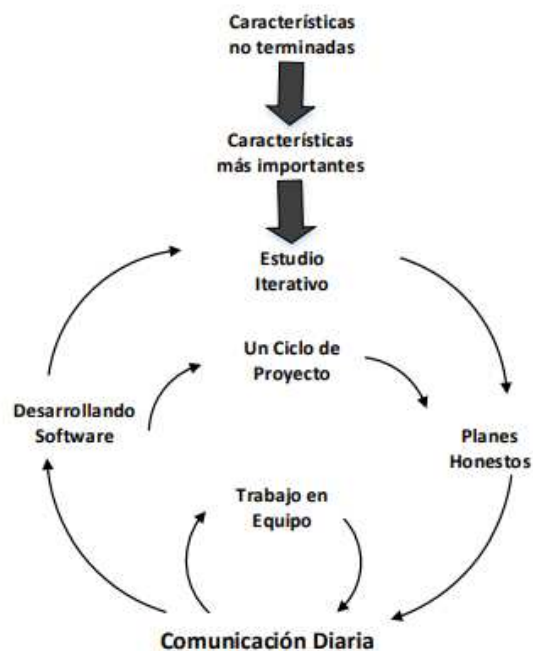


Figura 4.12 Flujo de Características de la Programación Extrema

Fuente: <http://extremeprogramming.org/>

#### 4.3.2.1 Procesos XP

Un proyecto XP tiene éxito cuando el cliente selecciona el valor de negocio a implementar basado en la habilidad del equipo para medir la funcionalidad que puede entregar a través del tiempo. El ciclo de desarrollo consiste en los siguientes pasos:

1. El cliente define el valor de negocio a implementar.
2. El programador estima el esfuerzo necesario para su implementación.
3. El cliente selecciona qué construir, de acuerdo con sus prioridades y las restricciones de tiempo.

4. El programador construye ese valor de negocio.

5. Vuelve al paso 1.

En todas las iteraciones de este ciclo tanto el cliente como el programador aprenden. No se debe presionar al programador a realizar más trabajo que el estimado, ya que se perderá calidad en el software o no se cumplirán los plazos.

#### **4.3.2.2 Etapas de desarrollo de la Programación Extrema**

El ciclo de vida ideal de XP consiste de seis etapas: Exploración, Planificación de la Entrega, Iteraciones, Producción, Mantenimiento y Muerte del Proyecto.

**Etapa I Exploración:** En esta etapa, los clientes plantean a grandes rasgos las historias de usuario que son de interés para la primera entrega del producto. Al mismo tiempo el equipo de desarrollo se familiariza con las herramientas, tecnologías y prácticas que se utilizarán en el proyecto. Se prueba la tecnología y se exploran las posibilidades de la arquitectura del sistema construyendo un prototipo. La fase de exploración toma de pocas semanas a pocos meses, dependiendo del tamaño y familiaridad que tengan los programadores con la tecnología.

**Etapa II Planificación de la Entrega:** En esta etapa, el cliente establece la prioridad de cada historia de usuario, y correspondientemente, los programadores realizan una estimación del esfuerzo necesario de cada una de ellas. Se toman acuerdos sobre el contenido de la primera entrega y se determina un cronograma en conjunto con el cliente. Una entrega debería obtenerse en no más de tres meses. Esta etapa dura unos pocos días.

La planificación se puede realizar basándose en el tiempo o el alcance. La velocidad del proyecto es utilizada para establecer cuántas historias se pueden implementar antes de una fecha determinada o cuánto tiempo tomará implementar un conjunto de historias.

**Etapa III Iteraciones:** Esta etapa incluye varias iteraciones sobre el sistema antes de ser entregado. El Plan de Entrega está compuesto por iteraciones de no más de tres semanas. En la primera iteración se puede intentar establecer una arquitectura del sistema que pueda ser utilizada durante el resto del proyecto. Al final de la última iteración el sistema estará listo para entrar en producción.

**Etapa IV Producción:** La etapa de producción requiere de pruebas adicionales y revisiones de rendimiento antes de que el sistema sea trasladado al entorno del cliente. Al mismo tiempo, se deben tomar decisiones sobre la inclusión de nuevas características a la versión actual, debido a cambios durante esta fase. Las ideas que han sido propuestas y las sugerencias son documentadas para su posterior implementación (por ejemplo, durante la fase de mantenimiento).

**Etapa V Mantenimiento:** Mientras la primera versión se encuentra en producción, el proyecto XP debe mantener el sistema en funcionamiento al mismo tiempo que desarrolla

nuevas iteraciones. Para realizar esto se requiere de tareas de soporte para el cliente. De esta forma, la velocidad de desarrollo puede bajar después de la puesta del sistema en producción. La fase de mantenimiento puede requerir nuevo personal dentro del equipo y cambios en su estructura.

**Etapa VI Muerte del Proyecto:** Es cuando el cliente no tiene más historias para ser incluidas en el sistema. Esto requiere que se satisfagan las necesidades del cliente en otros aspectos como rendimiento y confiabilidad del sistema. Se genera la documentación final del sistema y no se realizan más cambios en la arquitectura. La muerte del proyecto también ocurre cuando el sistema no genera los beneficios esperados por el cliente o cuando no hay presupuesto para mantenerlo. (Beck, 1999)

#### 4.4 Análisis comparativo

El análisis a realizarse es una comparación de sus principales características, además de sus ventajas y desventajas de algunos puntos fundamentales tanto de la Metodología RUP como de la Extreme Programming, además de cuando usarlas. Este cuadro comparativo nos ayudará a visualizar de una mejor manera cual es la metodología que se adapta al presente proyecto de desarrollo. De acuerdo al cuadro comparativo siguiente podemos ver que la Metodología XP es la que adecua a nuestro tipo de proyecto ya que provee al programador un sinnúmero de ventajas que se detalla a continuación:

**Tabla 2 Ventajas y Desventajas de las Metodologías RUP y XP**

Método	Características	Ventajas	Desventajas	Cuando usar
<b>R.U.P.</b>	Desarrollo iterativo en etapas	Utiliza las mejores prácticas de desarrollo para lograr la eficiencia en la producción del software.	No se toma en cuenta a respecto a la gestión y acuerdo de suministros	Cuando existe una comunicación entre los equipos de desarrollo del proyecto
	Programación por equipos.	Permite definir de manera clara quien, que, cuando y como debe hacerse las cosas.	La gestión y la evaluación de la calidad no se realizan de forma muy detallada en la fase de transición.	Cuando existen proyectos de desarrollo complejo.
<b>EXTREME PROGRAMMING</b>	Desarrollo incremental y en iteraciones.	Se adapta muy bien a los requisitos cambiantes	Dificultad para llegar a sacar el costo y el tiempo que tomara el proyecto.	Cuando los requerimientos cambian contantemente (clientes indecisos).

	Programación por parejas.	Disminuye la tasa de errores.		Cuando se tiene un equipo de desarrollo motivado y responsable además de estar cerca al usuario constantemente.
	El Usuario es parte del equipo de desarrollo.	Permite superar con mayor facilidad circunstancias imprevistas en el desarrollo del software.		
	Simplicidad del código.	Garantizar que el software funcione como el usuario lo requiere.	Generalmente se aplica solo para proyectos medianos, no es muy eficiente en proyectos de gran tamaño.	Cuando se cuenta con usuarios que entiende y participan activamente del proyecto.
	Entregas rápidas y frecuentes.	Permite una mejora y más eficiente comunicación entre todos los integrantes del proyecto (programadores y usuarios).		
	Pruebas unitarias y continuas.	Calidad de software en el menor tiempo.		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Descripción de la metodología seleccionada

Cabe mencionar que no existe una metodología universal para aplicarla con éxito a cualquier proyecto de desarrollo de software. Toda metodología debe ser adaptada a todo el contexto del proyecto como son: recursos técnicos y humanos, tiempo de desarrollo, tipo de sistema, etc.

Sin embargo, la Programación Extrema proporciona una serie de ventajas para la realización del proyecto ya que ayudan al ahorro de tiempo y recursos.

- Permite la entrega de productos usables con mayor rapidez lo que permite la entrega de versiones continuas al usuario.
- Presenta un código más simple y fácil de entender que permite la reducción del número de errores en su desarrollo.
- Capacidad de respuesta ante cambios permitiendo la adaptación a nuevos requisitos de la empresa u organización.
- Permite al programador y usuario estar en constante comunicación para poder obtener un producto viable y útil.

Por estas y muchas otras ventajas es la Metodología que más se adecua al presente proyecto de desarrollo ya que pertenece a las “Metodologías Ágiles de Desarrollo” y como su nombre lo indica nos agiliza su desarrollo.

## CAPÍTULO V

### 5 APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO: PLANTA HIDROELÉCTRICA DE CUTICUCHO UNIDAD N° 5

Este capítulo presentará los datos relevantes de la Planta Hidroeléctrica Cuticucho, especialmente de la Unidad N°5, su operación y funcionamiento general, equipos electromecánicos, rangos de operación. Consecuentemente, se procederá con la descripción acerca la toma de datos de parámetros críticos de operación de la Planta antes de la implementación de la Aplicación Android.

#### 5.1 COBEE

En 1925 la empresa Bolivia Power Limited Co. compra a Bolivian General Enterprise y años más tarde en 1968 cambia de nombre pasando a denominarse Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A. – Bolivian Power Company Ltda. En 1930 inaugura la primera planta de Zongo en el valle de mismo nombre y en el año 2000 inaugura la décima y última planta denominada Planta Huaji.

En la actualidad COBEE posee y opera diez plantas hidroeléctricas en el valle del río Zongo, cuatro plantas hidroeléctricas en el valle del río Miguillas y, hasta 2019, operó también una planta termoeléctrica en la ciudad de El Alto.

El Valle de Zongo se encuentra a 56 km de la ciudad de La Paz (Provincia Murillo); se

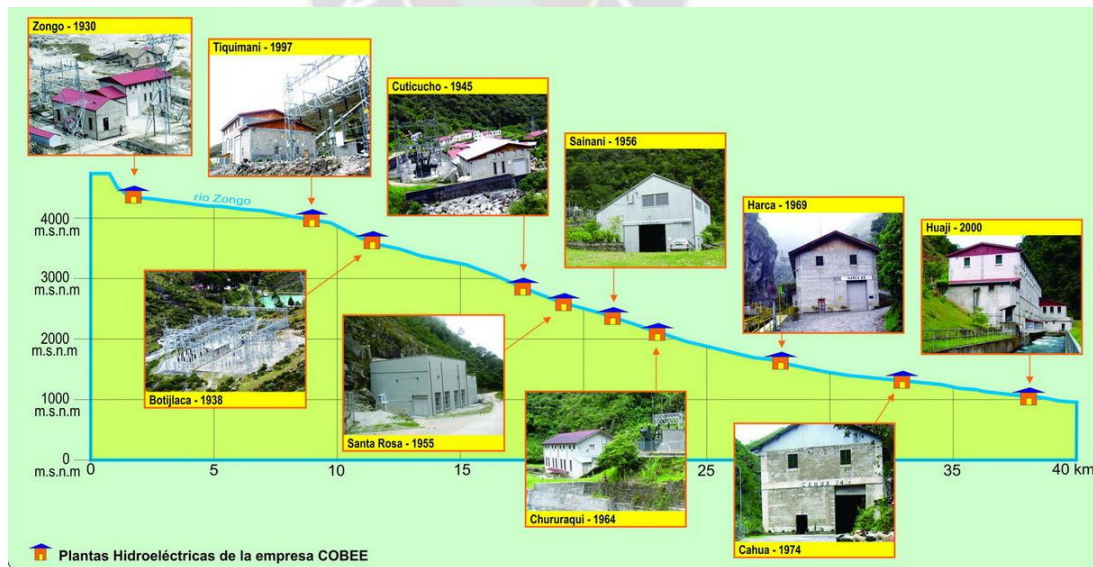
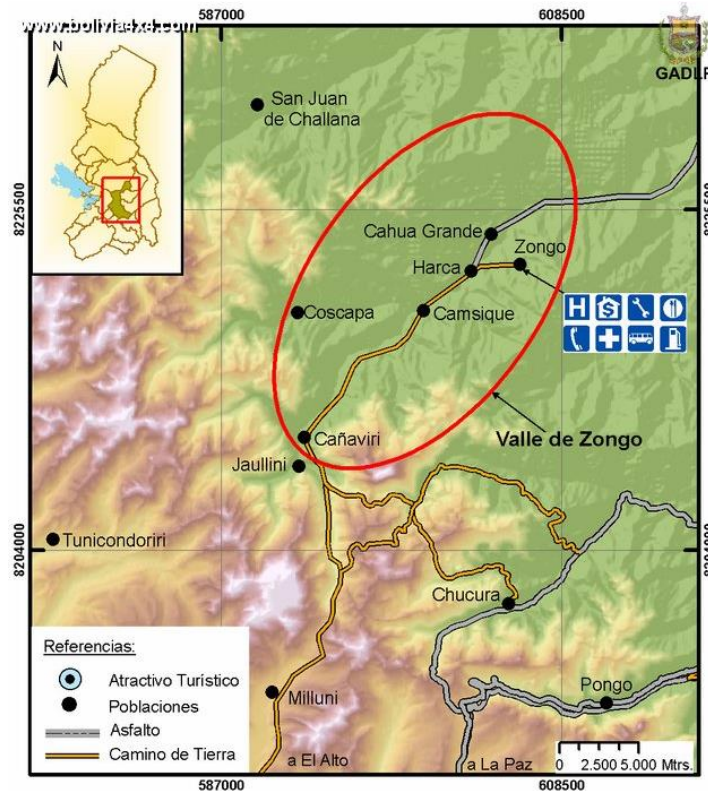


Figura 5.1 Plantas Hidroeléctricas en el Valle de Zongo

Fuente: COBEE S.A.

inicia al pie de los nevados Huayna Potosí (6.030 m) y Chacaltaya (5.344 m), terminando en Huaji (941m).





**Figura 5.2 Mapa del Valle de Zongo**

Fuente: <https://porlatierra.org/>

## 5.2 Planta Cuticucho

### 5.2.1 Antecedentes

La Planta Hidroeléctrica Cuticucho fue instalada en el año de 1942 con su primera unidad, posteriormente se instalaron las siguientes unidades en los años 1943, 1945, 1958 y por último la unidad 5 (por medio de una ampliación) en el año 1998, teniendo en total 5 unidades de generación eléctrica.

### 5.2.2 Características generales

La Planta cuenta con embalsamiento aguas arriba en el Dique Cuticucho con un Volumen de 8900 m<sup>3</sup> y una altura de 5.60 m.

Cuenta con 5 unidades de generación de energía cada una acoplada a su respectiva turbina Pelton, con las siguientes características:

- Unidad 1: Potencia efectiva = 2.5 MW
- Unidad 2: Potencia efectiva = 2.38 MW
- Unidad 3: Potencia efectiva = 2.3 MW
- Unidad 4: Potencia efectiva = 1.49 MW

- Unidad 5: Potencia efectiva = 14.3 MW

Potencia efectiva total = 22.97 MW

Factor de Planta = 5.648 MW/m<sup>3</sup>/s

El presente Proyecto tiene como estudio específicamente a la UNIDAD 5.

El personal de la Planta consta de:

- **Operador Tablerista (Técnico)**, encargado de manejar los tableros y control general.
- **Maquinista (Técnico)**, encargado de la parte mecánica y limpieza de la Planta.

Por otro lado, están presentes los **Supervisores de Planta** (Ingeniero de campo) que se encuentran en las oficinas principales en un punto medio de las 10 Plantas con las que cuenta la empresa COBEE dentro del valle de Zongo. Los ingenieros de campo se presentan en cualquiera de las plantas siempre y cuando exista una emergencia de falla o alarma durante la operación de las máquinas. (Aruquipa, 2019)

### 5.2.3 Ubicación geográfica

La Planta Hidroeléctrica Cuticucho se encuentra en el Valle de Zongo La Paz (Provincia Murillo).

- **Latitud:** -16.142339
- **Longitud:** -68.115878



**Figura 5.3** Planta Hidroeléctrica Cuticucho Vista desde Satélite  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 5.4 Planta Hidroeléctrica Cuticucho**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### 5.2.4 Características físicas de zona

- **Metros sobre el nivel de mar:** 2795
- **Temperatura ambiente:** 16°C
- **Humedad relativa:** 46 %
- **Presión atmosférica:** 535.03 mmHg

### 5.3 Equipos electromecánicos de la Planta CUTICUCHO UNIDAD N° 5

#### 5.3.1 Turbina Pelton

Datos característicos:

- **Marca:** Sulzer Hydro
- **Industria:** Suiza
- **Caida (m):** 665
- **Longitud Penstock (m):** 1188,65
- **Diámetro de Penstock (m):** 1
- **N° de ruedas:** 1



**Figura 5.5 Turbina Pelton de la Unidad 5**  
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.2 Gobernador (HPU)

Datos característicos:

- **Marca:** Sulzer Hydro
- **Industria:** Suiza
- **N° de Bombas AC:** 2
- **N° de Bombas DC:** 1



**Figura 5.6 HPU (Hydraulic Power Unit)**  
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.3 Generador

Datos característicos:

- **Marca:** ABB-UNITROL M
- **Industria:** Suiza
- **Snom. (MVA):** 15
- **Vnom. (kV):** 6.6
- **Power Factor:** 0,85
- **Ia Max (A):** 1312
- **Iex max (A):** 523
- **Frec. (Hz):** 50
- **N° polos:** 8
- **R.P.M.:** 750
- **Vex. (V):** 134
- **Clase de Aislación.:** F
- **Año de Instalación:** 1998



Figura 5.7 Generador de la Unidad 5 y Placa Característica  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.4 Transformador de potencia

Datos característicos:

- **Marca:** Toshiba
- **Industria:** brasilera

- **Grupo Vectorial:** YNd1
- **Tipo N° de fases:** 3
- **Relación de transformación (kV):** 115/6.6
- **Potencia Nominal (MVA):** 10/13.3/16.6
- **BIL:** 550
- **Volumen de aceite (lt):** 7000
- **Cantidad de aceite (kg):** 6300
- **Tipo de aceite:** Naftenico
- **Año de instalación:** 1998



**Figura 5.8 Transformador de Potencia de Planta Hidroeléctrica Cuticucho**  
**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.5 Descansos

Datos Característicos:

- **Relación L/D:** 0.8 a 1.5
- **Material del Cojinete:** Metal antifricción
- **Espesor de película de aceite (mm):** 0.075 – 0.125



**Figura 5.9 Diagrama esquemático de los descansos y descansos**

**Fuente: Elaboración propia**

### 5.3.6 Sistemas de control

Los tableros y gabinetes de control en la Sala de Control.



**Figura 5.10 Sala de Control Planta Hidroeléctrica Cuticúcho**

**Fuente: Elaboración propia**

#### 5.3.6.1 Pantallas HMI

Las siguientes pantallas pertenecen a los gabinetes de control de la Planta Cuticúcho.

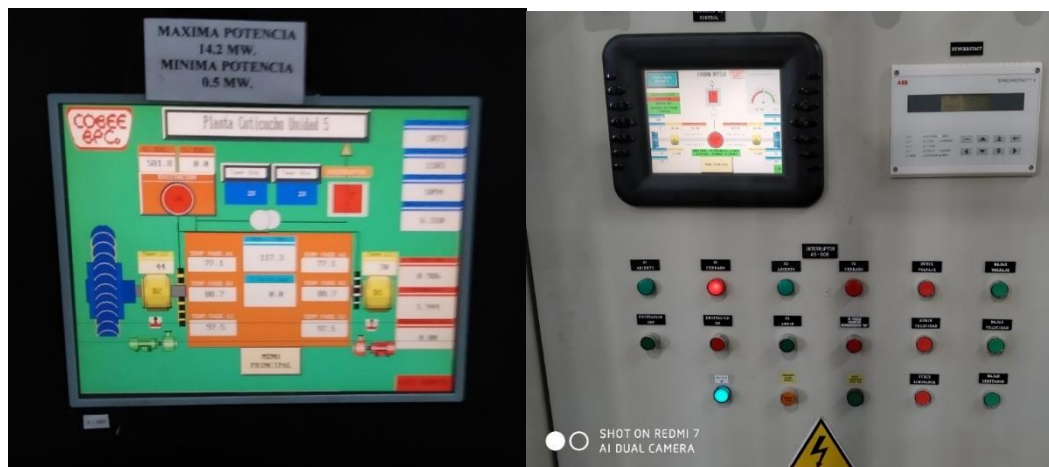


Figura 5.11 Pantallas HMI Planta Hidroeléctrica Cuticucho  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.7 Banco de baterías

Datos Característicos:

- **N° de Baterías:** 60
- **Marca:** Enercell
- **Voltaje (V):** 126
- **Capacidad:** 200 AH – 10 horas
- **Vida útil:** 10 años



Figura 5.12 Banco de Baterías Planta Hidroeléctrica Cuticucho  
Fuente: Elaboración propia



## 5.4 Puesta en marcha y operación de la Planta Cuticucho

Los procedimientos para la operación y puesta en marcha de la Planta son:

- A. Operación Normal de la Planta Cuticucho
- B. Manejo de alarmas y fallas
- C. Atención y reporte de eventos
- D. Cambio de turno de personal de planta
- E. Restitución de unidades por Blackout
- F. Inspección de tubería y válvula cabecera
- G. Restitución de unidades por salida de línea
- H. Vaciado y llenado de la tubería de presión
- I. Variación de potencia
- J. Sincronización y parada de unidades
- K. Vigilancia y limpieza de infraestructura

El presente proyecto plasmará su énfasis en el inciso A, dentro de este procedimiento en específico se lleva a cabo la **vigilancia y control de los parámetros críticos de operación**.

### 5.4.1 Operación Normal de la Planta Cuticucho UNIDAD 5

Tabla 3 Protocolo de Operación Normal Planta Hidroeléctrica Cuticucho

Nº	Nombre de actividad	Descripción
1	Verificar y registrar los parámetros del Generador	<p>El <b>Operador de turno- Tablerista</b> verifica y registra, en el registro R. SP06.02 Parte Diario planta Cuticucho (figura), los siguientes parámetros del generador:</p> <p><b><u>Medidor BITRONICS (para verificación):</u></b>            Frecuencia            Potencia Activa            Factor de Potencia</p> <p><b><u>Medidor ION (para verificación y registro):</u></b>            Potencia Activa            Corriente de cada fase            Energía Generada</p> <p><b><u>Tablero con pantalla HMI (unifilar):</u></b>            Voltaje excitación            Corriente excitación            Temperatura bobinado            Temperatura descansos            Temperatura del aceite y presión del grupo de la pantalla HMI y Visores Analógicos.</p> <p style="text-align: right;">bombeo de</p>

		<p>El Operador de turno—Maquinista verifica y registra en el registro <b>R. SP06.02 Parte Diario Planta Cuticucho</b>, los siguientes parámetros:</p> <p><b><u>HPU:</u></b>          Controla temperaturas y presiones de aceite hidráulico.          Verifica el nivel (mínimo la mitad) y fugas de aceite hidráulico.</p> <p><b><u>Sala de Máquinas:</u></b>          Temperatura en cojinetes          Verifica lubricación en los descansos.          Controla vibración a tacto en los descansos.</p> <p><b><u>Sistema de refrigeración:</u></b>          Verifica la correcta circulación de agua en los descansos (chorro de agua).</p> <p><b><u>Carbones:</u></b>          Inspecciona el funcionamiento de los carbones, portacarbonos y anillas colectoras.</p> <p><b><u>Turbina:</u></b>          Verifica la posición y movimiento de Inyectores y deflectores.</p> <p><b><u>Transformador de Potencia:</u></b>          Registra la temperatura de los bobinados.          Registra la temperatura del aceite.</p> <p><b><u>Pararrayos:</u></b>          Registra la operación de los pararrayos.</p> <p><b><u>Interruptor Principal 52:</u></b>          Registra la presión de SF6.</p>
2	Operar y controlar las unidades	<p>El Operador de turno—Tablerista opera las unidades de acuerdo al P.SP.01.19 Procedimiento Variación de Potencia Planta Cuticucho.          Controla los rangos normales de operación de acuerdo con los mostrados en el punto 5.4.1.</p>
3	Verificar reportar la condición de los Equipos o componentes de la Planta	<p>El Operador de turno—Maquinista verifica la condición o estado del funcionamiento de los equipos o componentes de la Planta. En caso de anomalía, procede a reportar dicho evento al Operador de turno – Tablerista.</p>
4	Regularizar la limpieza de fugas de salpicaduras de agua y aceite.	<p>El Operador de turno – Maquinista realiza la limpieza de fugas y salpicaduras de agua y aceite en equipos de la sala de máquinas.</p>
5	Incrementar aceite y registrar sus niveles	<p>El Operador de turno – Maquinista incrementa el aceite cuando el nivel del mismo se encuentre en niveles bajo (menos que la mitad del indicador), durante los descansos y en la regulación de velocidad. Posteriormente, registra los datos de los niveles de aceite en el Registro <b>R. SP06.02 Parte Diario Planta Cuticucho</b>.</p>

6	Comunicar los datos registrados	El Operador de turno – Tablerista responde telefónicamente, a la solicitud de datos de partes del Operador de Despacho, los datos registrados previamente.
7	Proceder con el Manejo de Alarmas y Fallas (en caso se requiera)	El Operador de turno – Tablerista, en caso se presente una alarma y/o falla con disparo, procede según el <b>P.SP.68 Procedimiento de Manejo de Alarmas y Fallas Planta Cuticucho.</b>
8	Informar y emitir las anomalías	El Operador de turno informa al Supervisor de Producción acerca de cualquier anomalía y emite en SAP los avisos M1 o M2
9	Informar y registrar las novedades de la operación y generación	El Operador de turno – Tablerista y Maquinista informan registran las novedades de operación y generación en el registro <b>R. SP06.02 Parte Diario Planta Cuticucho.</b>
10	Completar el Checklist Rutinario Planta Cuticucho	El Operador de turno – Tablerista completa el registro <b>R.SP06.11 Checklist rutinario Planta Cuticucho</b> , todos los días en el turno día.
11	Comunicar al personal novedades y condiciones de la Planta	El Operador de turno – Tablerista comunica al Personal que ingresa de turno de todas las novedades y condiciones en las que se encuentra la Planta como indica en el <b>P.SP.26 Procedimiento de Cambio de Turno Personal de Planta.</b>
12	Registrar, incidentes potenciales y casi accidentes	El Operador de turno, en caso exista alguna anomalía, registra el evento, la ubicación, el detalle de la misma, la consecuencia y los demás campos requeridos en SAP con el Aviso M5
13	Revisar todos los registros	El Supervisor de Producción revisa los registros elaborados previamente por el Operador de turno – Tablerista
14	Asegurar el cumplimiento de normas de seguridad y Medio Ambiente	<b>El Operador de turno – Tablerista y/o Maquinista, aseguran el cumplimiento de todas las normas de seguridad y medio ambiente en la Planta y reportan cualquier incumplimiento en el Registro R.SMS. I.13.03 Reporte de Incidente Potencial casi Accidente, Acto Inseguro, Condición Insegura.</b> En caso de un incidente reporta al Supervisor de Producción y/o Ingeniero de Campo de Producción, quienes completan el <b>Registro R.SMS. I.13.01 Reporte de Incidente.</b>

Fuente: COBEE

En los pasos 1 y 9 se puede observar el registro de los parámetros críticos de operación diarios, dentro lo cuales estos vendrían a ser las medidas de vigilancia y control de los parámetros críticos de operación de la Unidad 5 de la Planta Cuticucho en la empresa COBEE. (PwC, 2016)

## 5.5 Selección de los equipos electromecánicos en los cuales se vigilará los parámetros críticos de operación

Se utilizó el esquema del Capítulo 3 (3.2 Secuencia de decisiones para identificar un parámetro crítico de operación), también, se tomaron en cuenta los criterios de los Supervisores como de la empresa misma, por lo cual los siguientes equipos fueron los seleccionados para su vigilancia y control:

- Generador
- Descansos
- HPU (Hydraulic Power Unit)
- Transformador de Potencia

**Tabla 4 Parámetros Críticos de Operación de los equipos electromecánicos**

EQUIPO	PARAMETROS			
GENERADOR	CORRIENTE (A) en las 3 fases	TEMPERATURA (°C) en las 3 fases	CORRIENTE (A) en la excitación	VOTAJE (V) en la excitación
DESCANSOS	TEMPERATURA (°C) LADO COLECTOR		TEMPERATURA (°C) LADO VENTILADOR	
HPU	TEMPERATURA (°C)		PRESION (Bar)	
TRANSFORMADOR	TEMPERATURA (°C) ACEITE		TEMPERATURA (°C) BOBINADOS	

Fuente: Elaboración propia

## 5.6 Parámetros Críticos de Operación de la Planta Cuticucho Unidad N° 5

### 5.6.1 Rangos de operación óptima

Los datos mostrados a continuación son según Documentación de la empresa y datos históricos.

Unidad 5

DESCRIPCION	SENSOR	NORMAL	ALARMA	DISPARO	CONDICION
<i>PARAMETROS ELECTRICOS</i>					
Voltaje Nominal [V]		6600			En operación
Corriente Nominal [A]		1312			En operación
Voltaje Excitación Nominal [V]		134			En operación
Corriente Excitación Nominal [A]		523			En operación
Potencia Efectiva [MW]		<10 – 12.75			En operación
Factor de potencia		<0.85	0.8	0.75	En operación
<i>PARAMETROS DE VELOCIDAD [rpm]</i>					
Velocidad nominal		<750	750		En operación
Sensor inductivo y vía PT					
<i>PARAMETROS DE TEMPERATURAS [°C]</i>					
Cojinete lado colector		30 – 60	60	97	En operación
Cojinete lado ventilador		20 - 62	63	78	En operación
Bobina A alternador		35 - 100			En operación
Bobina B alternador		35 - 100			En operación
Bobina C alternador		35 - 100			En operación
<i>PARAMETROS DE PRESION [Bar]</i>					
HPU		90 - 88	54	47	En operación

Figura 5.13 Hoja Técnica de la Unidad 5  
Fuente: COBEE

### 5.6.2 Base de datos inicial de los parámetros críticos de operación

Los siguientes datos fueron tomados de la base de datos oficial de los Supervisores de producción del valle de Zongo para el año 2019.

- a) Para el Generador se toman los datos de **CORRIENTE** y **TEMPERATURA DE LAS 3 FASES**, también la **CORRIENTE** y **VOLTAJE DE EXCITACIÓN**.

**Tabla 5 Datos Históricos del Generador Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho**

Máx. de V. MAX							Máx. de V. MAX		
Etiquetas de							Etiquetas de		
CUT05							CUT05		
GENERADOR							EXCITACIÓN		
CORRIENTE							CORRIENTE VOLTAJE		
TEMPERATURA									
FASE A		FASE B		FASE C					
Etiquetas de fil	[A]	[A]	[A]	[°C]	[°C]	[°C]	Etiquetas de fil	[A]	[V]
CUTICUCHO							CUTICUCHO		
ENERO	1289	1315	1302	95	110	120	ENERO	410	92
FEBRERO	1299	1325	1303	98	108	119	FEBRERO	398	91
MARZO	1287	1311	1291	94	110	119	MARZO	405	93
ABRIL	1274	1302	1283	93	106	119	ABRIL	398	90
MAYO	1270	1290	1283	91	102	111	MAYO	405	92
JUNIO	1253	1284	1272	88	99	111	JUNIO	395	88
JULIO	1240	1271	1258	85	100	111	JULIO	395	89
AGOSTO	1242	1270	1262	82	94	105	AGOSTO	395	87
SEPTIEMBRE	1267	1289	1281	89	103	114	SEPTIEMBRE	400	93
OCTUBRE	1277	1305	1291	89	102	114	OCTUBRE	415	97
NOVIEMBRE	1274	1312	1281	93	105	117	NOVIEMBRE	395	88
DICIEMBRE	1290	1303	1293	93	107	118	DICIEMBRE	400	92
YTD (MAX)	1299	1325	1303	98	110	120	YTD (MAX)	415	97

b) Para los descansos se toman los datos de temperatura del **LADO COLECTOR** y del **LADO VENTILADOR**.

**Tabla 6 Datos Históricos de los Descansos Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Gestión 2019**

Máx. de V. MAX		
Etiquetas de		
CUT05		
DESCANSOS		
TEMPERATURA		
LC		LV
Etiquetas de fil	[°C]	[°C]
CUTICUCHO		
ENERO	91	63
FEBRERO	90	62
MARZO	92	62
ABRIL	92	62
MAYO	92	60
JUNIO	93	58
JULIO	93	58
AGOSTO	93	58
SEPTIEMBRE	95	59
OCTUBRE	92	59
NOVIEMBRE	92	65
DICIEMBRE	92	59
YTD (MAX)	95	65

Fuente: Elaboración propia

c) Para el HPU se toman los datos de **PRESIÓN** y **TEMPERATURA**.

**Tabla 7 Datos Históricos del HPU Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Gestión 2019**

<input type="checkbox"/> HPU <input type="checkbox"/> PRESION <input type="checkbox"/> TEMPERA <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> - Etiquetas de fil <input type="checkbox"/> [BAR]    [°C]		
<input type="checkbox"/> CUTICUCHO		
ENERO	87	50
FEBRERO	85	52
MARZO	86	52
ABRIL	85	50
MAYO	86	49
JUNIO	85	48
JULIO	88	49
AGOSTO	85	56
SEPTIEMBRE	85	51
OCTUBRE	85	53
NOVIEMBRE	85	55
DICIEMBRE	85	55
<b>YTD (MAX)</b>	<b>88</b>	<b>56</b>

Fuente: Elaboración propia

d) Para el transformador de potencia se toman lo dato de **temperatura de aceite y bobinado**.

**Tabla 8 Datos Históricos del Transformador Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho Gestión 2019**

Máx. de V. MAX    Etiquetas de <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> T. CUT <input type="checkbox"/> TRAFO <input type="checkbox"/> ACEITE <input type="checkbox"/> BOBINAD <input type="checkbox"/> TRCUT11502 <input type="checkbox"/> TRCUT115		
Etiquetas de fil <input type="checkbox"/> [°C]    [°C]		
<input type="checkbox"/> CUTICUCHO		
ENERO	74	79
FEBRERO	57	78
MARZO	58	79
ABRIL	55	77
MAYO	58	78
JUNIO	55	77
JULIO	53	72
AGOSTO	56	73
SEPTIEMBRE	58	76
OCTUBRE	60	78
NOVIEMBRE	58	76
DICIEMBRE	82	77
<b>YTD (MAX)</b>	<b>82</b>	<b>79</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.7 Recojo de datos de los parámetros críticos de operación de la Planta

### 5.7.1 Parte Diario de parámetros críticos de operación

La Planta cuenta con Operadores que trabajan en 3 turnos de 8 horas cada uno, todos llenan una sola planilla física hasta completar las 24 horas.

Figura 5.14 Parte Diario Planta Hidroeléctrica Cuticucho  
Fuente: Elaboración propia

### 5.7.2 Procedimiento para el llenado del parte diario de parámetros críticos de operación por parte del Operador De Planta

- Se toman los datos expresados en el punto 5.4.2 cada 2 horas en la planilla física.
- Al finalizar las 24 horas el Operador sube todos los datos a una **planilla Excel** en computador de escritorio de la Planta ubicado en la sala de control.
- Los datos se almacenan día a día en la misma planilla Excel.
- Cada fin de mes se mandan los datos vía internet al correo electrónico del Supervisor de producción.

Tabla 9 Plantilla Excel General Planta Hidroeléctrica Cuticucho

PARTE DIARIO PLANTA CUTICUCHO		TABLERISTA 1° TURNO:		HUGO LOVERA		TABLERISTA 3° TURNO:		HUGO LOVERA		Parte del día:		31		TRANSFERIR																					
EXCITACION		GENERADOR N°1						GENERADOR N°2						EXCITACION																					
HORA	V	A	FA(A)	FB(A)	FA(C)	FB(C)	FC(C)	VIB LV	VIB LC	TEMP LV	TEMP LC	T	P	V	A	FA(A)	FB(A)	FA(C)	FB(C)	FC(C)	VIB LV	VIB LC	TEMP LV	TEMP LC	T	P	V	A	FA(A)	FB(A)	FA(C)	FB(C)			
02:00	47	180	210	205	214	88	87	89	12	22.3	45	52	34	111	61	74	205	215	205																
04:00	47	180	211	205	215	88	86	89	11.7	23.1	45	52	34	111	61	74	205	217	205																
06:00	47	180	211	205	214	90	86	89	11.4	22.5	45	52	34	110	61	74	205	216	205																
08:00	47	180	211	207	214	90	85	88	11.6	23.1	45	52	33	113	61	74	205	219	205																
10:00	47	180	212	208	215	90	85	88	11.5	23.3	45	53	33	115	61	74	207	218	207																
12:00	47	180	212	207	215	90	87	89	11.3	23.3	45	54	34	118	61	74	207	219	208																
14:00	47	180	211	206	215	90	88	89	11.4	23.2	45	54	34	117	61	74	205	219	208																
16:00	47	180	210	207	214	90	86	88	11.4	23.1	45	53	34	116	61	74	205	217	208																
18:00	47	180	211	206	214	91	87	90	11.8	24.1	45	53	34	118	61	74	205	219	205																
20:00	47	180	210	205	213	91	88	90	11.5	24	45	53	34	115	61	74	205	218	205																
22:00	47	180	212	205	214	90	86	88	11.4	23.1	45	52	34	113	61	74	205	218	205																
00:00	47	180	212	205	213	90	85	88	11.7	23.1	45	52	34	112	61	74	205	216	205																
mm	47	180	210	205	213	88	86	88	11	22	45	52	33	110	61	74	205	215	205	0	0	0	0	0	0	0	58	51	28	110	71	93	207	208	
MAX	47	180	212	208	215	91	88	90	12	24	45	54	34	118	61	74	207	219	208	0	0	0	0	0	0	58	52	29	117	75	95	216	211		

MEDIDOR ION		MEDIDOR BITRONIC			PARARRAYOS			PARARRAYOS TRCUT1502			HORAS TRABAJADAS			SEGUIMIENTO OPERACIONAL				PLUVIOMETRO									
MAQ. 1	MAQ. 2	MAQ. 3	MAQ. 4	MAQ. 5	MAQ. 1	MAQ. 2	MAQ. 3	MAQ. 4	MAQ. 5	A	B	C	A	B	C	MAQ. 1	MAQ. 2	MAQ. 3	MAQ. 4	MAQ. 5	A3.014	A3.014	F07.1	F07.2	F07.3	F07.4	PLUVIOMETRO
45777008	44062774	4301734	22494761	95985556	98517990	91952345	88761888	58260292	44205411	12	17	16	17	13	49	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	200	238	0	0	0	0	0.5

GENERACION TOTAL HASTA LA ESCALA																								
ION					BITRONIC					RIB														
MAQ. 1	MAQ. 2	MAQ. 3	MAQ. 4	MAQ. 5	MAQ. 1	MAQ. 2	MAQ. 3	MAQ. 4	MAQ. 5	MAQ. 1	MAQ. 2	MAQ. 3	MAQ. 4	MAQ. 5										
55386	55136	55519	27648	300408	55471	55297	55560	27704	299783	1695385	1670003	1664881	1018159	9952044	1695565	1678526	1663848	1016195	9924497					

Fuente: COBEE



**Tabla 10 Plantilla Excel de la Unidad 5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho**

GENERADOR N°5													TRCUT11501 (1-4)			TRCUT11502 (5)			
EXCITACIÓN		GENERADOR						DESCANSOS				HPU		Temperatura (°C)		Presion SF6	Temperatura (°C)		Presion SF6
V	A	FA (A)	FB (A)	FA (C)	FA (°C)	FB (°C)	FC (°C)	VIB LV	VIB LC	TEMP LV	TEMP LC	T	P	Bobina	Aceite		Bobina	Aceite	
73	345	1108	1139	1117	81	92	103			58	88	50	80	36	44	70	65	46	70
69	330	1053	1088	1067	78	88	98			58	88	50	80	37	44	70	63	45	70
68	325	1037	1073	1051	76	87	98			58	88	50	81	37	44	70	63	45	70
70	335	1034	1063	1045	76	88	97			58	89	50	80	37	44	70	62	45	70
75	345	1092	1119	1104	79	93	101			58	90	50	81	39	44	70	61	44	70
70	320	953	982	965	78	87	99			57	92	51	82	40	45	70	60	43	70
70	322	955	980	966	78	88	99			57	91	51	79	38	44	70	62	42	70
68	325	1035	1072	1050	78	87	98			58	90	52	85	37	44	70	63	42	70
82	370	1229	1256	1242	86	97	110			58	87	52	81	37	44	70	63	40	70
84	380	1248	1270	1265	87	98	112			58	86	52	80	35	42	70	64	40	70
86	385	1237	1262	1256	86	98	111			59	85	50	80	40	45	70	71	49	70
84	380	1229	1258	1248	87	99	110			58	85	49	82	40	44	70	70	46	70
68	320	953	980	965	76	87	97	0	0	57	85	49	79	35	42	70	60	40	70
86	385	1248	1270	1265	87	99	112	0	0	59	92	52	85	40	45	70	71	49	70

Fuente: COBEE

### 5.7.3 Procedimiento para el llenado del parte diario de parámetros críticos de operación por parte del Supervisor De Producción

- Recibe los datos de todo el mes de cada planta vía correo electrónico.
- Traspasa todos los datos a un Excel general.
- Revisa Planta por Planta los Parámetros Críticos de Operación.

### 5.8 Desventajas del procedimiento actual

- Por parte del Operador
  - o Errores al momento del traslado de los datos desde la planilla física hacia la computadora.
  - o Llenado arbitrario cuando no se tomó los datos dentro del horario respectivo (es decir, cuando se olvidaron tomar un dato, simplemente repiten el dato anterior).
  - o La poca importancia asignada por el Operador con los parámetros críticos de operación.
  - o La falta de información acerca de la variación en los rangos de los parámetros críticos de operación.
  - o Falta de coordinación en el cambio de turno de Operadores para con el llenado de la planilla manual y digital.
  - o Tardanza en el envío del informe mensual de parámetros críticos de operación.
  - o Cada Operador maneja con distinto formato su documento Excel.
- Por parte del Supervisor
  - o Falta de datos al instante y actualizados. (tiempo real)

- Demora días en la revisión de correos electrónicos enviados por los Operadores de planta.
- Falta de gráficos de tendencia en los parámetros críticos de operación
- Al realizarse los envíos mensuales las fallas se analizan a detalle cada fin de mes.
- Desconfianza en los datos obtenidos por el parte diario.
- Demora en las horas del llenado de datos a la base de datos general.
- Demora en configurar el documento Excel.
- COBEE al tener 10 plantas en operación, este trabajo suele demorar de 3 a 4 días.



## CAPÍTULO VI

### 6 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN ANDROID

Para este capítulo se realizará la descripción de la lógica, analítica y el modelamiento de la Aplicación Android con el fin de lograr los objetivos planteados en el proyecto, así como, los requerimientos funcionales y no funcionales de la Aplicación. En adición, se instaurarán las fases correspondientes para el desarrollo de la misma.



## 6.1 Fase de Planificación

Tabla 11 Diagrama de Gantt del Proyecto

MES		OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
Semana		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nro	Actividades																				
<b>Fase de Planificación</b>																					
1	Descripción de los interesados	█	█																		
2	Requerimiento Funcionales del Proyecto		█	█	█																
3	Requerimiento no Funcionales del Proyecto			█	█																
<b>Fase de Diseño</b>																					
4	Diagramas de casos de uso					█	█	█	█												
5	Diagrama de Navegación							█	█	█											
6	Diseño de Pantallas								█	█	█	█	█	█							
<b>Fase de Codificación</b>																					
7	Desarrollo del módulo para el Operador													█	█						
8	Desarrollo del módulo para el Supervisor													█	█	█	█				
<b>Fase de Pruebas Iniciales</b>																					
9	Primeras pruebas																█				
<b>Fase de Implementacion de la Aplicación</b>																					
10	Pruebas y Familiarizacion con el Operador																	█	█	█	
11	Pruebas y Familiarizacion con el Supervisor																	█	█	█	
<b>Fase de Documentacion y Resultados</b>																					
12	Resultados Obtenidos																			█	█

Fuente: Elaboración propia



### 6.1.1 Descripción de los interesados

En el siguiente cuadro se puede apreciar cuales son los usuarios o involucrados en el proyecto de desarrollo de una Aplicación Android para el análisis de Parámetros Críticos de operación en la Unidad 5 de la Planta Hidroeléctrica Cuticucho del valle de Zongo, aplicada a la empresa COBEE (Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A.), específicamente para la división de Producción. Cabe aclarar que los Supervisores de Producción (Ingenieros) dentro del Valle son los encargados del funcionamiento continuo de todas las unidades, por otro lado, los Operadores de Planta (técnicos) son los encargados de la vigilancia y control en cada Planta.

**Tabla 12 Matriz de Usuarios de la Aplicación**

NOMBRE	CARGO	INSTITUCION	RELEVANCIA PROYECTO (1-5)
Ing. Jean O.	Ingeniero de Campo (Supervisor)	COBEE	5
Ing. Eduardo P.	Ingeniero de Campo (Supervisor)	COBEE	5
Tec. Erick T.	Tablerista Operador	COBEE	5
Tec. Hugo L.	Tablerista Operador	COBEE	5
Tec. Jhonny R.	Tablerista Operador	COBEE	5
Tec. Pietre T.	Maquinista	COBEE	3
Ing. Boris Calderon	Tutor del Proyecto	-	4

**Fuente: Elaboración propia**

Todos cumplen un papel fundamental dentro de la aplicación a desarrollar, pero unos tienen más relevancia que otros. Para un mejor entendimiento de las funciones tenemos la siguiente tabla.

**Tabla 13 Resumen de tareas de los involucrados**

CARGO O DEPARTAMENTO	DESCRIPCION	RESPONSABILIDAD
PRODUCCION Supervisor	Persona encargada de las supervisión y correcto funcionamiento de todas la unidades dentro del valle de Zongo.	-Mantener todas las unidades del valle operando. -Controlar los parámetros críticos de operación de cada Planta en el Valle.

CARGO O DEPARTAMENTO	DESCRIPCION	RESPONSABILIDAD
		-Resolver los problemas, mecánicos, eléctricos o civiles que puedan ocurrir en las Plantas.
Operador Tablerista	Encargado de manejar los tableros y control general.	-Operar los tableros de control. -Revisar los datos de las pantallas (HMI). -Comunicar al personal novedades y condiciones de la Planta.
Maquinista	Encargado de la parte mecánica y limpieza de la Planta.	-Revisar las condiciones de las maquinas. -Revisar compuertas.
Tutoría	Persona que dirige el proyecto	-Verificar el correcto desarrollo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.2 Requerimientos Funcionales del proyecto

El objetivo general del presente proyecto es desarrollar una Aplicación Android para el análisis de parámetros críticos de operación mediante el recojo de datos diarios por parte de los Operadores para la Unidad N°5 Planta Hidroeléctrica Cuticucho de Valle de Zongo, misma que servirá de herramienta para los Supervisores de Producción del valle.

Entonces, la aplicación estará compuesta de 4 partes o módulos en las cuales se detallará cada una de las opciones con las que contará, por lo tanto, tendremos 1 parte para el Operador y 3 partes para el Supervisor.

#### Para el Operador:

##### 1. Cargar datos

- Tener usuario propio y contraseña.
- Seleccionar el equipo correspondiente (Generador, Descansos, HPU y Transformador de Potencia).
- Llenar datos cada dos horas todos los días de cada equipo.
- Almacenamiento de datos automáticamente en la nube.
- Registro de las hora y fecha de cada dato.
- Rango de datos permitidos (franja normal de operación).
- Restricción y mensaje de advertencia al momento de introducir datos erróneos.

## **Para el Supervisor:**

### **2. Examinar datos**

- Tener usuario propio y contraseña.
- Seleccionar el equipo correspondiente (Generador, Descansos, HPU y Transformador de Potencia), con el fin de observar los datos almacenados en la base de datos de la Aplicación Android.
- Examinar datos diarios, semanales, mensuales de cada equipo.
- Observar gráficas de tendencia de los datos almacenados de cada equipo.
- Examinar los datos actualizados de cada equipo, es decir, hasta el último dato cargado dentro de la Aplicación.
- Estar al tanto de las horas en las que se subió o almaceno cada dato por parte de los Operadores.

### **3. Generación de informes y alarmas**

- Generar informes semanales, mensuales de cada equipo a través de una hoja de cálculo Excel.
- Descargar el archivo Excel en el almacenamiento interno del celular o Tablet.
- Reproducir una alarma o notificación en el celular o Tablet cuando exista un dato erróneo cargado a la Aplicación por parte de un Operador de Planta.

### **4. Soporte técnico**

- Obtener datos técnicos, posibles soluciones y referencias dentro de la Aplicación, con el objetivo de ayudar con el análisis de parámetros críticos de operación de la Unidad 5 de la Planta Cuticucho.

#### **6.1.3 Requerimientos No Funcionales de la Aplicación**

##### **Rendimiento de la Aplicación:**

- La Aplicación ofrecerá respuesta datos actualizados al usuario, específicamente al Supervisor.
- El tiempo de respuesta promedio de la aplicación no debe superar los 10 segundos.
- Los datos guardados podrán ser descargados en formato Excel.

##### **Seguridad:**

- Requisito de conexión. (Debe verificar que sea un usuario y contraseña creado para la aplicación porque consulta en la Base de Datos para acceder a la aplicación). Este caso aplica tanto para los Supervisores (Ingenieros de Campo) y Operadores (tableristas y maquinistas).

- La Aplicación tiene restricción de datos, es decir, cuenta con un rango limite (franja limite) para no colocar datos que estén fuera de los parámetros de operación normal, especialmente cuando llenan los datos los Operadores de Planta.

#### **Disponibilidad:**

- La Aplicación estará disponible el 100% del tiempo, ya que su uso debe ser 24/7 debido a que las Plantas Hidroeléctricas no paran su operación en ningún momento.
- La Aplicación dependerá de una conexión a internet o plan de datos.
- La Aplicación no estará disponible en Google Play Store de Android ya que al ser una aplicación para una empresa privada se limitará a que solo el personal encargado lo utilice y lo instale en sus móviles.

#### **Mantenibilidad:**

- El sistema estará en constante mantenimiento ya que se podría agregar nuevas funcionalidades o realizar modificaciones o correcciones.

#### **Portabilidad:**

- Compatibilidad con plataformas: En el sistema desarrollado ofrece compatibilidad con otras plataformas Android desde la versión 4.0. ya sea en una Tablet o Smartphone.

#### **Operabilidad:**

- La Aplicación solo podrá ser operada por los Supervisores y Operadores del valle de Zongo de la empresa COBEE, ambas partes tendrá su debido usuario y contraseña.

#### **6.1.4 Restricciones**

El dispositivo móvil en donde se ejecutará la aplicación para su correcto funcionamiento deberá tener los siguientes requisitos mínimos, debido a que se necesita velocidad de procesamiento al manejar una gran cantidad de información, además de almacenamiento para la base de datos local donde se guardará la información descargada.

- Procesador: 1Ghz Dual Core
- Memoria RAM: 1 GB
- Almacenamiento: 30 MB disponibles
- Pantalla: 6’’ pulgadas en adelante
- Sistema operativo: Android 4.0 o superior

Todos los requisitos anteriores son standard y básicos en los móviles de la actualidad, por lo cual, todos los usuarios son aptos para poder trabajar con la aplicación.



Por otro lado, para poder enviar los datos y posteriormente se graben en la base de datos se necesita de una conexión a internet ya sea:

- Wi – Fi
- Plan de datos móviles

Considerando las condiciones de la empresa COBEE podemos mencionar que cada Planta Hidroeléctrica en el valle de Zongo cuenta con acceso a internet, así como también las oficinas de los Operadores, entonces, estos requerimientos no son un impedimento para el uso de la aplicación móvil.

## 6.2 Fase de Diseño

Se elaborarán diseños breves que sirven de referencia para la implementación. Otra práctica fundamental de la metodología de Programación Extrema (XP) es utilizar diseños tan simples como sea posible. El principio es utilizar el diseño más sencillo que consiga que todo funcione evitando diseñar características extra y que tomaran demasiado tiempo.

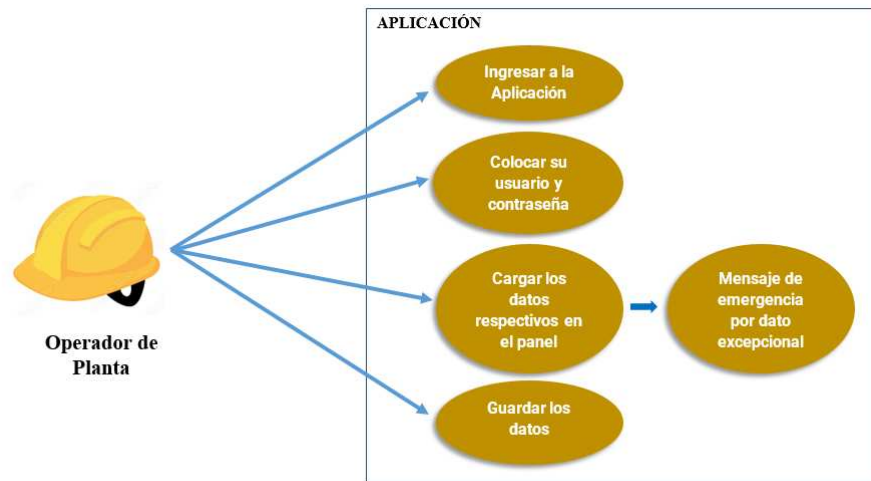
El presente proyecto enfocara sus esfuerzos en la realización de los diagramas más relevante como son:

- Diagramas de Casos de Uso
- Diagramas de Navegación
- Diseño de Pantallas

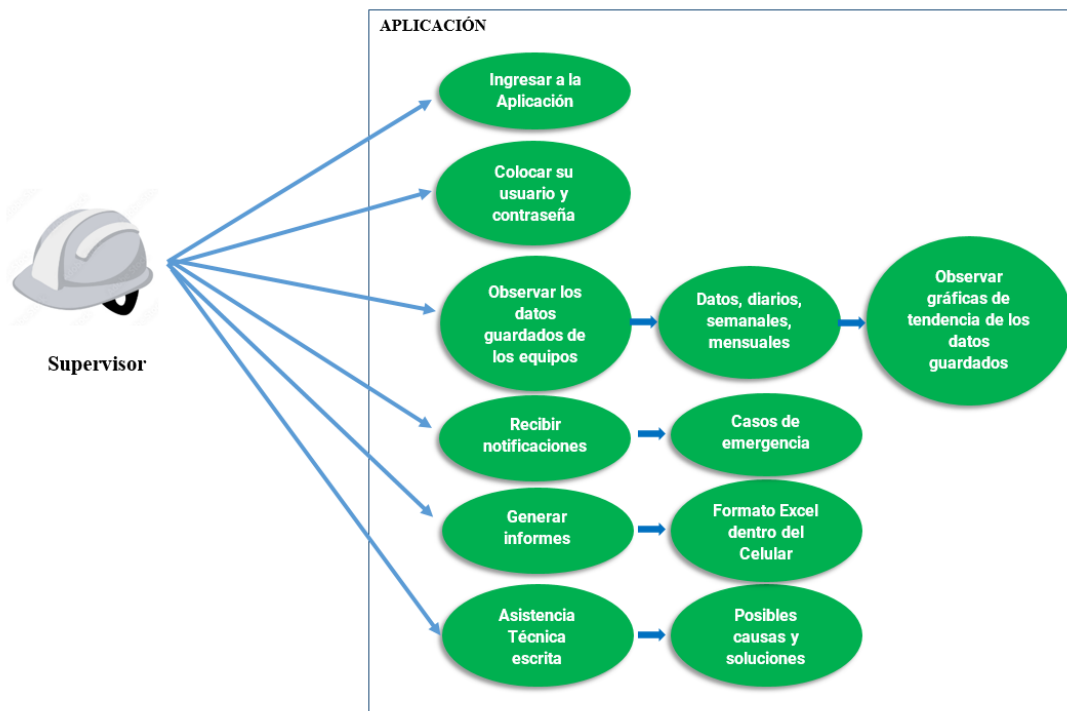
### 6.2.1 Diagramas de casos de uso

#### Identificación de los actores

- **Operador de Planta:** Usar la Aplicación y llenar los datos respectivos.
- **Supervisor (Ingeniero):** Revisar los datos, descargar informes.



**Figura 6.1** Casos de uso del Operador de Planta  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 6.2** Casos de uso del Supervisor  
**Fuente:** Elaboración propia

## Casos de uso general para el Operador de Planta

A continuación, observaremos como el Operador de Planta se relacionará con la Aplicación, tendremos dos casos en específico.

Especificaciones de casos de uso:

**Tabla 14 Especificación Caso de Uso 1**

CASO DE USO NUMERO 1		
<b>Nombre</b>	Ingresar a la Aplicación Operador	
<b>Descripción</b>	Identificar al usuario para el uso de la Aplicación	
<b>Actores</b>	Operador de Planta	
<b>Precondición</b>	Conexión a la base de datos satisfactoria por medio de internet. Tener un usuario registrado por el administrado Que la Aplicación se haya ejecutado	
<b>Flujo del Sistema</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	La Aplicación despliega la ventana de Inicio de Sesión.
	2	El Operador ingresa su respectivo <b>usuario y clave</b> .
	3	La Aplicación muestra el panel para el llenado de datos.
	4	El Operador ingresa uno a uno los datos de los equipos electromecánicos ( <b>generador, descansos, HPU y transformador</b> )
5	Finalmente, el Operador guarda los datos y la Aplicación muestra el mensaje de <b>GUARDADO EXITOSO</b> y la Aplicación se cerrará automáticamente.	
<b>Post Condición</b>	El Operador debe llenar los datos respectivos cada 2 horas.	

**Fuente: Elaboración propia**



**Tabla 15 Especificación Caso de Uso 2**

CASO DE USO NUMERO 2		
<b>Nombre</b>	Dato que sobrepase los Rangos de Operación Normales	
<b>Descripción</b>	Llenar datos excepcionales en caso de ocurrir un problema en alguno de los equipos electromecánicos.	
<b>Actores</b>	Operador de Planta	
<b>Precondición</b>	Conexión a la base de datos satisfactoria por medio de internet. Tener un usuario registrado por el administrador. Que la Aplicación se haya ejecutado.	
<b>Flujo del Sistema</b>	Paso	Acción
	<b>1</b>	Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 1</b> .
	<b>2</b>	Dentro del panel el Operador coloca un <b>DATO</b> que sobrepasa el rango de operación, en alguno de los equipos electromecánicos.
	<b>3</b>	La Aplicación muestra un mensaje de <b>ADVERTENCIA</b> .
	<b>4</b>	En caso de continuar con la acción, la Aplicación enviará una alerta ( <b>NOTIFICACIÓN</b> ) al Supervisor.
<b>5</b>	Finalmente, el Operador guarda los datos y la Aplicación muestra el mensaje de <b>guardado exitoso</b> .	
<b>Post Condición</b>	El Operador debe revisar inmediatamente el equipo en cuestión de manera física. El Operador debe estar atento a la llamada del Supervisor y contestar todas sus preguntas.	

**Fuente: Elaboración propia**

### **Casos de uso general para el Supervisor de Planta**

A continuación, observaremos como el Supervisor de Planta se relacionará con la Aplicación, tendremos cuatro casos en específico.

Especificaciones de casos de uso:

Tabla 16 Especificación Caso de Uso 3

CASO DE USO NUMERO 3													
<b>Nombre</b>	Ingresar a la Aplicación Supervisor												
<b>Descripción</b>	Identificar al usuario para el uso de la Aplicación												
<b>Actores</b>	Supervisor												
<b>Precondición</b>	Conexión a la base de datos satisfactoria por medio de Internet. Tener un usuario registrado por el administrador Que la Aplicación se haya ejecutado												
<b>Flujo del Sistema</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>La Aplicación despliega la ventana de Inicio de Sesión.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>El Supervisor ingresa su respectivo <b>usuario y clave</b>.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>La Aplicación muestra opciones de selección de equipo electromecánico (<b>Menú Principal</b>).</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Al seleccionar uno de los equipos el Supervisor puede observar los datos guardados Diarios, Semanales y Mensuales.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>La Aplicación también cuenta con una opción para observar los datos por medio de gráficos de tendencia.</td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	1	La Aplicación despliega la ventana de Inicio de Sesión.	2	El Supervisor ingresa su respectivo <b>usuario y clave</b> .	3	La Aplicación muestra opciones de selección de equipo electromecánico ( <b>Menú Principal</b> ).	4	Al seleccionar uno de los equipos el Supervisor puede observar los datos guardados Diarios, Semanales y Mensuales.	5	La Aplicación también cuenta con una opción para observar los datos por medio de gráficos de tendencia.
	Paso	Acción											
	1	La Aplicación despliega la ventana de Inicio de Sesión.											
	2	El Supervisor ingresa su respectivo <b>usuario y clave</b> .											
	3	La Aplicación muestra opciones de selección de equipo electromecánico ( <b>Menú Principal</b> ).											
4	Al seleccionar uno de los equipos el Supervisor puede observar los datos guardados Diarios, Semanales y Mensuales.												
5	La Aplicación también cuenta con una opción para observar los datos por medio de gráficos de tendencia.												
<b>Post Condición</b>	El Supervisor puede regresar al Menú principal y seleccionar otro equipo electromecánico.												

Tabla 17 Especificación Caso de Uso 4

CASO DE USO NUMERO 4													
<b>Nombre</b>	Descargar Informes												
<b>Descripción</b>	Realizar la descarga de informes semanales o mensuales de los datos guardados por el Operador.												
<b>Actores</b>	Supervisor												
<b>Precondición</b>	Conexión a la base de datos satisfactoria por medio de internet. Tener al menos el registro de una semana dentro la base de datos. Tener espacio de almacenamiento en el celular o Tablet.												
<b>Flujo del Sistema</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paso</th> <th>Acción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 3</b>.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>El Supervisor tiene la opción de desplazar el cajón de navegación, el mismo está situado a la izquierda del <b>Menú Principal</b>.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>El cajón de navegación le brinda la opción de <b>DESCARGA DE INFORMES</b>.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>El Supervisor selecciona entre el informe mensual o semanal.</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Una vez seleccionada la opción, la descarga comienza.</td> </tr> </tbody> </table>	Paso	Acción	1	Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 3</b> .	2	El Supervisor tiene la opción de desplazar el cajón de navegación, el mismo está situado a la izquierda del <b>Menú Principal</b> .	3	El cajón de navegación le brinda la opción de <b>DESCARGA DE INFORMES</b> .	4	El Supervisor selecciona entre el informe mensual o semanal.	5	Una vez seleccionada la opción, la descarga comienza.
	Paso	Acción											
	1	Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 3</b> .											
	2	El Supervisor tiene la opción de desplazar el cajón de navegación, el mismo está situado a la izquierda del <b>Menú Principal</b> .											
	3	El cajón de navegación le brinda la opción de <b>DESCARGA DE INFORMES</b> .											
4	El Supervisor selecciona entre el informe mensual o semanal.												
5	Una vez seleccionada la opción, la descarga comienza.												
<b>Post Condición</b>	El Supervisor puede regresar al Menú principal y continuar con la revisión de datos.												

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18 Especificación Caso de Uso 5**

<b>CASO DE USO NUMERO 5</b>		
<b>Nombre</b>	Recibir notificaciones	
<b>Descripción</b>	El Supervisor recibe notificaciones en su pantalla de inicio del celular o Tablet.	
<b>Actores</b>	Supervisor	
<b>Precondición</b>	Conexión a internet por Wi-Fi o datos móviles. Tener encendido el sonido y vibración del celular o Tablet.	
<b>Flujo del Sistema</b>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>
	1	El celular vibra y emite un sonido.
	2	La <b>Notificación</b> llega al panel de notificaciones general del celular o Tablet.
	3	Al presionar en la notificación, se abre automáticamente la Aplicación.
	4	Se muestra inmediatamente el equipo y el dato por el cual se genero la notificación.
5	Finalmente, el Supervisor llama inmediatamente al Operador para confirmar el dato.	
<b>Post Condición</b>	El Supervisor toma acciones pertinentes para arreglar la posible falla.	

**Fuente: Elaboración propia**

El caso número 5 vendría a ser el más importante, ya que permite al Supervisor actuar de manera inmediata ante una posible falla.

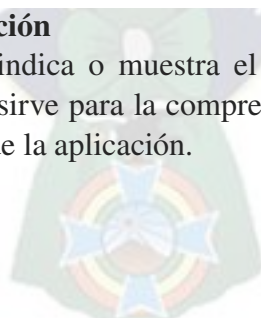
**Tabla 19 Especificación Caso de Uso 6**

<b>CASO DE USO NUMERO 6</b>													
<b>Nombre</b>	Asistencia Técnica												
<b>Descripción</b>	La Aplicación cuenta con asistencia técnica dentro de su memoria.												
<b>Actores</b>	Supervisor												
<b>Precondición</b>	Conexión a internet por Wi-Fi o datos móviles.												
<b>Flujo del Sistema</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Paso</b></th> <th><b>Acción</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>1</b></td> <td>Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 3</b>.</td> </tr> <tr> <td><b>2</b></td> <td>El Supervisor tiene la opción de desplazar el cajón de navegación, el mismo está situado a la izquierda del <b>Menú Principal</b>.</td> </tr> <tr> <td><b>3</b></td> <td>El cajón de navegación le brinda la opción de <b>ASITENCIA TÉCNICA</b>.</td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>El Supervisor ingresa al panel de información técnica de relevancia de los equipos electromecánicos.</td> </tr> <tr> <td><b>5</b></td> <td>Dentro del panel se observan posibles causas y soluciones con relación a las falla en los equipos electromecánicos.</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>	<b>1</b>	Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 3</b> .	<b>2</b>	El Supervisor tiene la opción de desplazar el cajón de navegación, el mismo está situado a la izquierda del <b>Menú Principal</b> .	<b>3</b>	El cajón de navegación le brinda la opción de <b>ASITENCIA TÉCNICA</b> .	<b>4</b>	El Supervisor ingresa al panel de información técnica de relevancia de los equipos electromecánicos.	<b>5</b>	Dentro del panel se observan posibles causas y soluciones con relación a las falla en los equipos electromecánicos.
	<b>Paso</b>	<b>Acción</b>											
	<b>1</b>	Se repiten los pasos del 1 al 3 del <b>CASO 3</b> .											
	<b>2</b>	El Supervisor tiene la opción de desplazar el cajón de navegación, el mismo está situado a la izquierda del <b>Menú Principal</b> .											
	<b>3</b>	El cajón de navegación le brinda la opción de <b>ASITENCIA TÉCNICA</b> .											
<b>4</b>	El Supervisor ingresa al panel de información técnica de relevancia de los equipos electromecánicos.												
<b>5</b>	Dentro del panel se observan posibles causas y soluciones con relación a las falla en los equipos electromecánicos.												
<b>Post Condición</b>	El Supervisor puede regresar al Menú principal y continuar con la revisión de datos.												

**Fuente: Elaboración propia**

### 6.2.2 Diagrama de navegación

El diagrama de navegación indica o muestra el orden de relación de las pantallas o componentes del software, y sirve para la comprensión del orden de presentación de las pantallas con los contenidos de la aplicación.



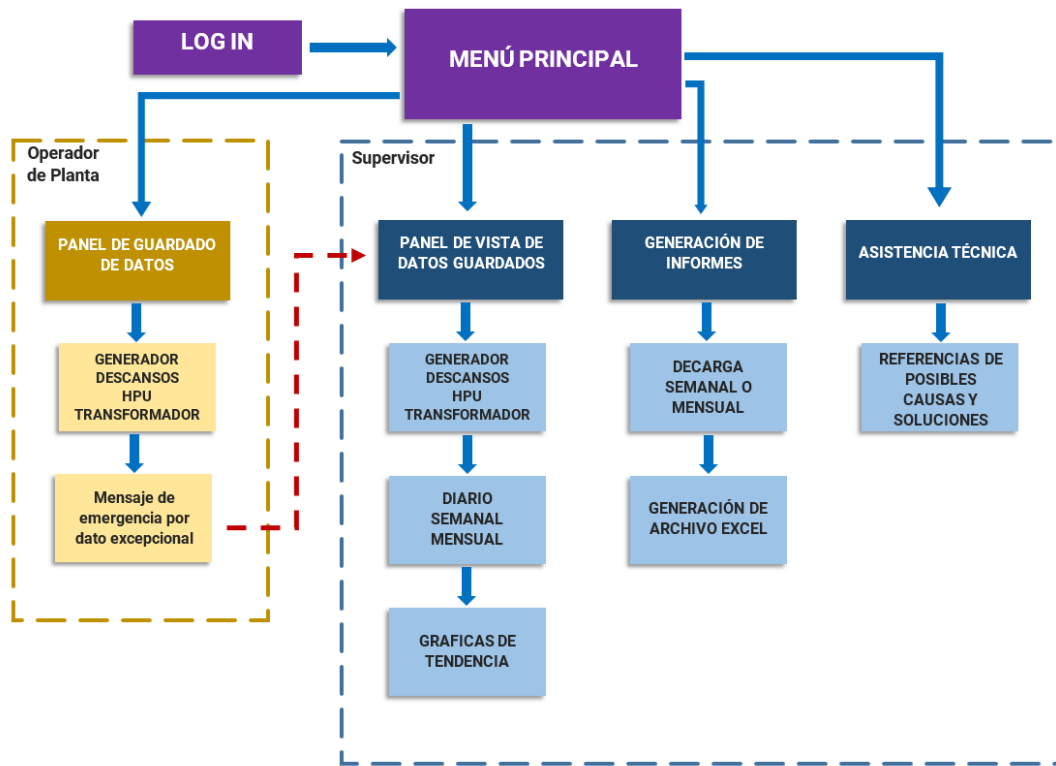


Figura 6.3 Diagrama de Navegación  
Fuente: Elaboración propia

### 6.2.3 Diseño de pantallas

Para realizar el diseño inicial se utilizó primeramente dibujos a mano alzada, posteriormente se usó una herramienta Web (Online) llamada Ninja Mock (<https://ninjamock.com/>). Su principal ventaja es que es gratuita y permite realizar un diseño rápido que resulta ser muy eficiente para el presente proyecto.

La selección de la paleta de colores de la Aplicación responde a los colores oficiales y representativos de la empresa COBEE S.A. así como también el logo.

#7B1FA2	#E1BEE7	#9C27B0	#FFFFFF
DARK PRIMARY COLOR	LIGHT PRIMARY COLOR	PRIMARY COLOR	TEXT / ICONS
#7C4DFF	#212121	#757575	#BDBDBD
ACCENT COLOR	PRIMARY TEXT	SECONDARY TEXT	DIVIDER COLOR

Figura 6.4 Paleta de colores de la Aplicación  
Fuente: Elaboración propia



### 6.2.3.1 Pantallas para el Operador

El Operador contará con 3 pantallas en específico:

1. Pantalla de inicio
2. Panel de llenado de datos
3. Guardar datos

**Pantalla de inicio.** – Sirve para iniciar sesión por medio de su usuario y contraseña.




**Figura 6.5 Pantalla de Inicio**  
Fuente: Elaboración propia

**Panel de llenado de datos.** – Donde el Operador podrá guardar los datos de los equipos más representativos (Generador, Descansos, HPU y Transformador). El panel muestra el rango de datos además que no permite colocar datos fuera de los rangos permitidos, a su vez, en caso de tener un dato fuera del rango saldrá un mensaje de advertencia (procedimiento explicado en el Caso 2 de punto 6.2.1).

Cabe recalcar que el panel es deslizable, lo que quiere decir que es una sola pantalla alargada, por lo cual se presentará por partes:

**2** **CARGAR DATOS**

**1.GENERADOR** 

**EXCITACIÓN**  
Rango de operación 90-134 [V]  
VOLTAJE  [V]

Rango de operación 350-523 [A]  
CORRIENTE  [A]

**CORRIENTE GEN**

**2.1**

**CORRIENTE GEN**  
Rango de operación 900-1312 [A]

FASE A  [A]

FASE B  [A]

FASE C  [A]

**TEMPERATURA GEN**  
Rango de operación 60-90 [°C]


**2.2**

**TEMPERATURA GEN**  
Rango de operación 35-100 [°C]

FASE A  [°C]


FASE B  [°C]

FASE C  [°C]

**2.DESCANSOS** 

**TEMPERATURA**


**2.3**

**2.DESCANSOS** 

**TEMPERATURA**  
Rango de operación 60-97 [°C]


LADO COLECTOR (LC)  [°C]

LADO VENTILADOR (LC)  [°C]

**3.HPU** 

**TEMPERATURA**

**2.4**


**3.HPU** 

**TEMPERATURA**  
Rango de operación 39-60 [°C]


TEMPERATURA  [°C]

**PRESIÓN**  
Rango de operación 50-90 [BAR]

PRESIÓN  [BAR]

**4. TRANSFORMADOR** 

**2.5**

**4. TRANSFORMADOR** 

**TEMPERATURA**  
Rango de operación 60-85 [°C]

ACEITE  [°C]

BOBINADO  [°C]

**PRESIÓN GAS SF6**

PRESIÓN  [BAR]

**GUARDAR**

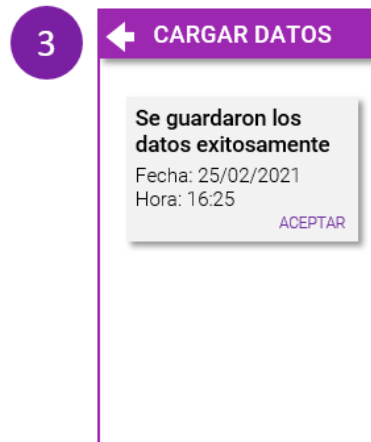
**ADVETENCIA**

¿Esta seguro de ingresar este DATO?

SI NO

**Figura 6.6 Pantalla de Llenado de Datos**  
Fuente: Elaboración propia

**Guardar datos.** – Ultima pantalla donde se muestra el correcto guardado de datos junto a la hora y la fecha. Posteriormente la Aplicación se cierra automáticamente.



**Figura 6.7 Pantalla de Guardar Datos**  
**Fuente: Elaboración propia**

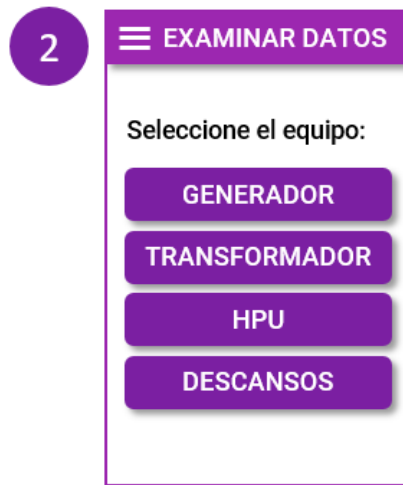
### 6.2.3.2 Pantallas para el Supervisor

El Supervisor contará con 7 pantallas en específico:

1. Pantalla de inicio
2. Examinar datos
3. Datos diarios, semanales o mensuales
4. Gráficos de tendencia
5. Cajón de navegación
6. Informes
7. Problemas frecuentes

**Pantalla de inicio.** - Sirve para iniciar sesión por medio de su usuario y contraseña. (ya mostrado con anterioridad).

**Examinar datos.** – En esta pantalla se puede seleccionar el equipo electromecánico a examinar.



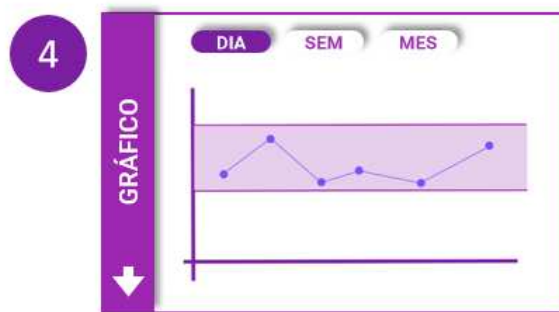
**Figura 6.8 Pantalla de Examinar Datos**  
Fuente: Elaboración propia

**Datos diarios, semanales o mensuales.** – En esta pantalla se pueden observar los datos guardados por el Operador del equipo seleccionado, los datos pueden ser diarios, semanales o mensuales.



**Figura 6.9 Pantalla de Lista de Datos**  
Fuente: Elaboración propia

**Gráficos de tendencia.** – En esta pantalla se pueden observar los gráficos de tendencia del equipo electromecánico seleccionado, así como la franja de operación normal.



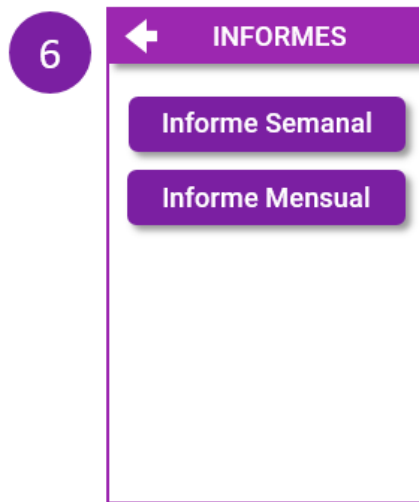
**Figura 6.10** Pantalla de Gráficas de Tendencia  
**Fuente:** Elaboración propia

**Cajón de navegación.** – Es una opción que nos lleva a las otras pantallas de manera rápida sin necesidad de volver al Menú Principal.



**Figura 6.11** Pantalla de Cajón de Navegación  
**Fuente:** Elaboración propia

**Informes.** – En esta pantalla el Supervisor puede seleccionar que tipo de informe quiere descargar a su celular o Tablet (informe en formato Excel de los datos guardados de los equipos electromecánicos).



**Figura 6.12 Pantalla de Generación de Informes**  
**Fuente: Elaboración propia**

**Problemas frecuentes.** – En esta pantalla el Supervisor cuenta con soporte técnico escrito que servirá de referencia con respecto a algún problema futuro.



**Figura 6.13 Pantalla de Soporte Técnico**  
**Fuente: Elaboración propia**

#### 6.2.4 Flujo de funcionamiento de las pantallas

A continuación, se mostrará cómo interactúan las pantallas entre sí.

## Para el Operador

### PANTALLAS DEL OPERADOR

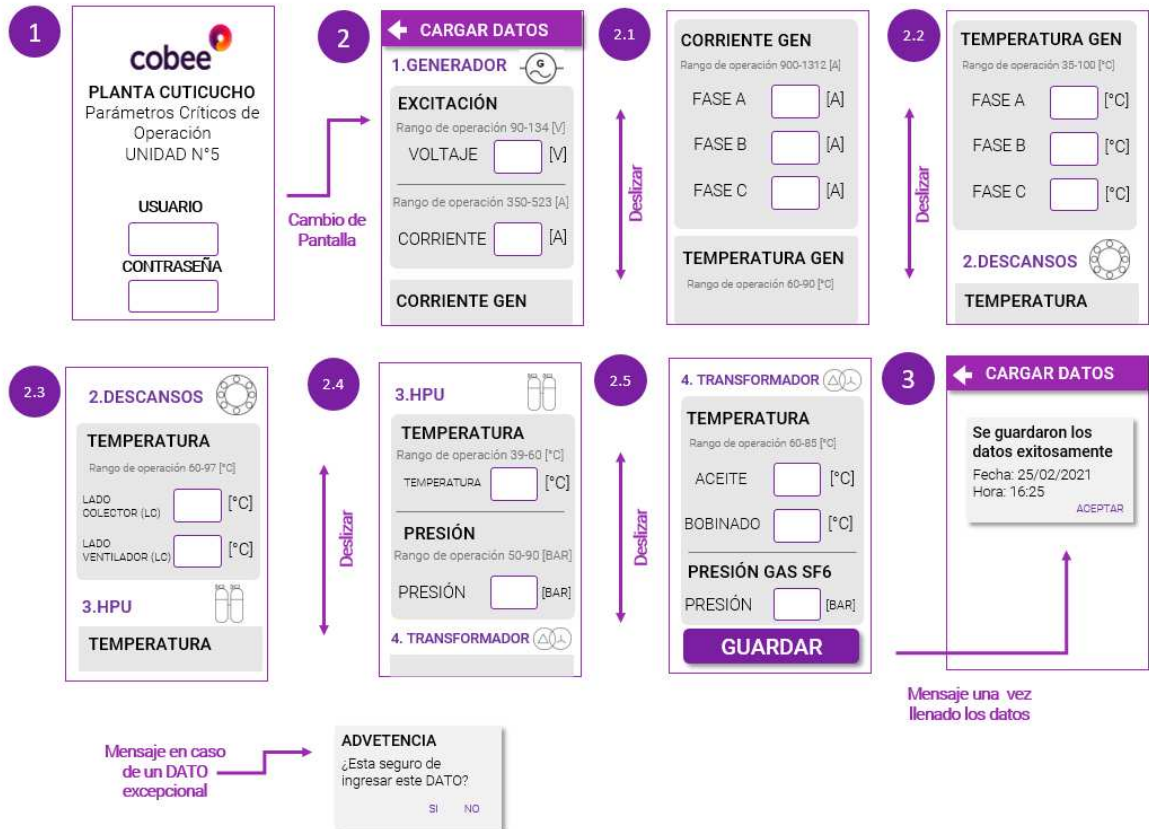


Figura 6.14 Flujo de Funcionamiento del Operador  
Fuente: Elaboración propia

## Para el Supervisor

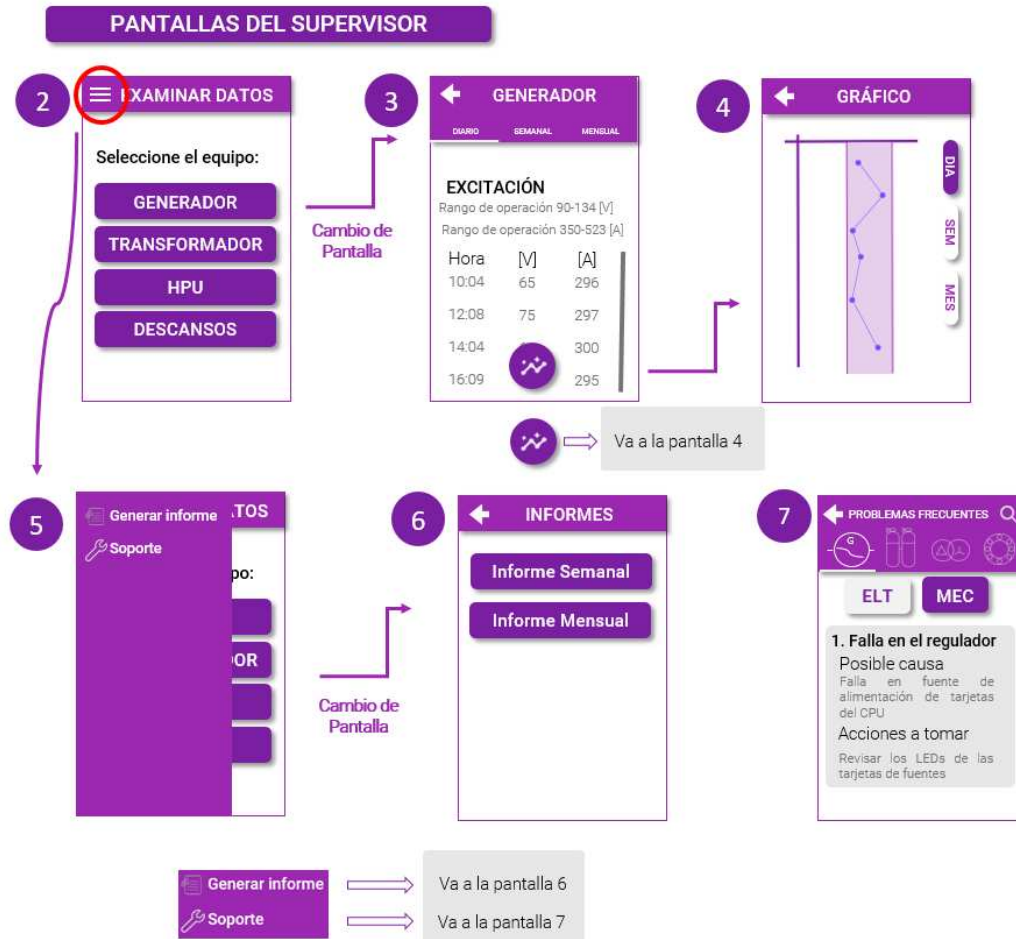


Figura 6.15 Flujo de Funcionamiento del Supervisor

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Fase de Codificación

Para esta parte se mencionarán los requerimientos necesarios para crear un proyecto y empezar a programar en Android, así como una breve descripción del código de las clases más relevantes dentro de la Aplicación como son:

- La Clase Java MainActivity (Clase Principal, llamada diferentes objetos).
- La Clase Java Login (Conexión y Autenticación en la Base de Datos mediante Web Service).
- El Archivo XML Activity\_Menu (Crear interfaz para el usuario)



### 6.3.1 Requerimientos de desarrollo

Se detallará cada una de las herramientas, además de servicios y aplicaciones que se necesita para empezar a desarrollar un proyecto Android, y sus requerimientos mínimos.

- Entorno de Desarrollo para la Aplicación
  - JDK Java
  - Eclipse (IDE)
  - ADT (Plugins)
  - Android SDK (Librerías y Paquetes)
  - SQLite (Base de Datos)
  - ADV (Emulador Android)
  - Webservice (JSON)
  - IIS (Internet Information Server)
  - Html
- Entorno de Desarrollo para la Web
  - Visual Studio 2012 (.NET)
  - Apache Tomcat (Servidor PHP)

### 6.3.2 Desarrollo del módulo para el Operador

En este apartado vamos a ver de manera breve y con detalle el código, especialmente de algunas llamadas o líneas de código donde sea importante el acotar de las clases más relevante del proyecto.

#### 6.3.2.1 Descripción de la Clase Java MainActivity, Login y Archivo XLM Activity\_menu.xml

Ver Anexo B

### 6.3.3 Desarrollo del módulo para el Supervisor

De la misma manera para el presente modulo observaremos algunas llamadas o líneas de código donde sea importante el acotar de las clases más relevantes del proyecto.

#### 6.3.3.1 Descripción de la Clase Java MainActivity, Login y Archivo XLM Activity\_menu.xml

Ver Anexo B

## 6.4 Fase de Pruebas Iniciales

Una vez finalizada la fase de codificación y para la comprobación del correcto funcionamiento de la Aplicación en cada una de sus pantallas, se realizarán pruebas respectivas tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Para la primera prueba vamos a cargar los datos de todo el año 2019 que tenemos gracias a los históricos de la empresa COBEE (Capítulo 5, subtítulo 5.6.2). Estos datos serán la base inicial de la Aplicación.

- Se cargarán los primeros datos por medio de un celular durante todo un día para observar la funcionalidad de la Aplicación.
- Finalmente, vamos a probar la Aplicación en un Tablet que cumple los requisitos mínimos para la Aplicación, con el fin de ver la funcionalidad de la Aplicación en distintos dispositivos.



## CAPÍTULO VII

### 7 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN ANDROID EN LA PLANTA HIDROELÉCTRICA DE CUTICUCHO UNIDAD N°5

En este capítulo se aborda la fase de implementación del proyecto tomando en cuenta el diseño realizado en el capítulo anterior. Se explicarán algunos detalles relevantes, así como, las diferentes dificultades que se encontraron en el proceso. También, se detallarán casos específicos exponiendo un antes y un después de la Aplicación.

#### 7.1 Fase de Implementación de la Aplicación

##### 7.1.1 Pruebas y familiarización de la Aplicación con el Operador

Las pruebas a continuación, están relacionadas a las historias de los usuarios (Operador) con la Aplicación.

- El **Primer Usuario** cuenta con un celular Samsung Galaxy J2 Prime: Este modelo tiene una pantalla de 5 pulgadas, procesador quad-core de 1.4GHz, 1.5GB de RAM y 8GB de almacenamiento interno.

Tabla 20 Historia 1 de Usuario

Historia 1 de usuario: Autenticación correcta de usuario y llenado de datos	
<b>Nombre y edad del Usuario</b>	Hugo L. 55 años
<b>Descripción</b>	El usuario una vez que ha ejecutado la Aplicación previamente instalada le aparecerá una Pantalla de Login, donde ingresara su usuario y contraseña, internamente se verificara si estos datos son correctos y posteriormente ingresará a la Aplicación para el llenado de datos.
<b>Condiciones de Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conexión a internet por medio de Wi-Fi.</li><li>• El usuario deberá estar registrado en el sistema.</li></ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El usuario ingresa su usuario y contraseña y presiona el botón Login.</li><li>• Observa y lee los datos que debería guardar.</li><li>• Comienza a deslizar la pantalla para tener un mejor panorama del <b>Panel de llenado de Datos</b>.</li><li>• Comienza a familiarizarse con los nombres y figuras de los equipos electromecánicos.</li><li>• Empieza a realizar el llenado de datos con apoyo de su compañero.</li><li>• Presiona <b>Guardar Datos</b> y Observa como la Aplicación se cierra sola.</li></ul>

Historia 1 de usuario: Autenticación correcta de usuario y llenado de datos	
<b>Resultado Esperado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tras el ingreso de usuario y contraseña, el proceso se llevó a cabo de manera muy lenta, por otra parte, la Aplicación respondió con naturalidad.</li> <li>El llenado de datos fue correcto gracias a los rangos límites y las restricciones que tiene la Aplicación al momento de llenar los datos.</li> </ul>
<b>Evaluación de la prueba</b>	Prueba Satisfactoria

Fuente: Elaboración propia

- El **Segundo Usuario** cuenta con un celular Huawei Y6 2018: Este modelo tiene una pantalla de 5.7 pulgadas, procesador quad-core de 1.4GHz, 2GB de RAM y 16GB de almacenamiento interno.

Tabla 21 Historia 2 de Usuario

Historia 2 de usuario: Autenticación correcta de usuario y llenado de datos	
<b>Nombre y edad del Usuario</b>	Erick T. 43 años
<b>Descripción</b>	El usuario una vez que ha ejecutado la Aplicación previamente instalada le aparecerá una Pantalla de Login, donde ingresara su usuario y contraseña, internamente se verificara si estos datos son correctos y posteriormente ingresará a la Aplicación para el llenado de datos.
<b>Condiciones de Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conexión a internet por medio de Wi-Fi.</li> <li>El usuario deberá estar registrado en el sistema.</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario ingresa su usuario y contraseña y presiona el botón Login.</li> <li>Observa y lee los datos que debería guardar.</li> <li>Comienza a deslizar la pantalla para tener un mejor panorama del <b>Panel de llenado de Datos</b>.</li> <li>Comienza a familiarizarse con los nombres y figuras de los equipos electromecánicos.</li> <li>Presiona <b>Guardar Datos</b> y Observa como la Aplicación se cierra sola.</li> </ul>
<b>Resultado Esperado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tras el ingreso de usuario y contraseña, el proceso se llevó a cabo de normal, por otra parte, la Aplicación respondió con naturalidad.</li> </ul>

Historia 2 de usuario: Autenticación correcta de usuario y llenado de datos	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>El llenado de datos fue correcto gracias a los rangos límites y las restricciones que tiene la Aplicación al momento de llenar los datos.</li> </ul>
<b>Evaluación de la prueba</b>	Prueba Muy Satisfactoria

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2 Pruebas y familiarización de la Aplicación con el Supervisor

Las pruebas a continuación, están relacionadas a las historias de los usuarios (Supervisor) con la Aplicación.

- El **Tercer Usuario** cuenta con un celular Xiaomi Mi 9: este teléfono inteligente cuenta con una pantalla AMOLED de 6.39 pulgadas, procesador Snapdragon 855, 6 GB de RAM, hasta 128 GB de almacenamiento interno.

Tabla 22 Historia 3 de Usuario

Historia 3 de usuario: Autenticación correcta de usuario	
<b>Nombre y edad del Usuario</b>	Jean O. 37 años
<b>Descripción</b>	El usuario una vez que ha ejecutado la Aplicación previamente instalada le aparecerá una Pantalla de Login, donde ingresara su usuario y contraseña, internamente se verificara si estos datos son correctos y posteriormente ingresará a la Aplicación para el llenado de datos.
<b>Condiciones de Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conexión a internet por medio de Wi-Fi.</li> <li>El usuario deberá estar registrado en el sistema.</li> <li>El usuario deberá tener espacio de almacenamiento en su celular.</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario ingresa su usuario y contraseña y presiona el botón Login.</li> <li>Observa las opciones de los equipos y selecciona una.</li> <li>Comienza a visualizar los datos diarios y semanales.</li> <li>Comienza a familiarizarse con el flujo de sistema de la Aplicación y entra a los gráficos de tendencia.</li> <li>Regresa al Menú Principal para poder entrar a la Opción de Soporte Técnico.</li> <li>Revisa las reseñas del soporte técnico y cierra la Aplicación.</li> </ul>

Historia 3 de usuario: Autenticación correcta de usuario	
<b>Resultado Esperado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tras el ingreso de usuario y contraseña, el proceso se llevó a cabo de normal, por otra parte, la Aplicación respondió con naturalidad.</li> </ul>
<b>Evaluación de la prueba</b>	Prueba Muy Satisfactoria

Fuente: Elaboración propia

- El **Cuarto Usuario** cuenta con un celular Samsung Galaxy Note 10: este modelo también tiene una pantalla Dynamic AMOLED de 6.3 pulgadas, procesador Exynos 9825, 8 GB de RAM, hasta 256 GB de almacenamiento interno.

Tabla 23 Historia 4 de Usuario

Historia 4 de usuario: Autenticación correcta de usuario	
<b>Nombre y edad del Usuario</b>	Eduardo P. 34 años
<b>Descripción</b>	El usuario una vez que ha ejecutado la Aplicación previamente instalada le aparecerá una Pantalla de Login, donde ingresara su usuario y contraseña, internamente se verificara si estos datos son correctos y posteriormente ingresará a la Aplicación para el llenado de datos.
<b>Condiciones de Ejecución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conexión a internet por medio de Wi-Fi.</li> <li>El usuario deberá estar registrado en el sistema.</li> <li>El usuario deberá tener espacio de almacenamiento en su celular.</li> </ul>
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario ingresa su usuario y contraseña y presiona el botón Login.</li> <li>Observa las opciones de los equipos y selecciona una.</li> <li>Comienza a visualizar los datos diarios y semanales.</li> <li>Comienza a familiarizarse con el flujo de sistema de la Aplicación y entra a los gráficos de tendencia.</li> <li>Entra a la opción de Descarga de informe y procede a descargar un informe dentro su celular.</li> <li>Una vez descargado el archivo Excel procede a abrirlo y revisar los datos en el mismo.</li> </ul>
<b>Resultado Esperado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tras el ingreso de usuario y contraseña, el proceso se llevó a cabo de normal, por otra parte, la Aplicación respondió con naturalidad.</li> </ul>

Historia 4 de usuario: Autenticación correcta de usuario	
Evaluación de la prueba	Prueba Muy Satisfactoria

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.3 Test de Usuario

Este Test de Usuario consiste en una evaluación escrita después de las pruebas finales, para obtener los valores respondidos por los usuarios. Se utilizarán las preguntas en la tabla siguiente.

Tabla 24 Test de Usuario

N°	Factor de Ajuste	Valor Obtenido sobre 10
1	¿La Aplicación es entendible?	9
2	¿Puede ser utilizado fácilmente?	8
3	¿Es adecuado el tamaño de Fuente y símbolos?	8
4	¿Puede ser aprendido con facilidad?	8
5	¿Ayuda a realizar la toma de datos de manera más rápida y sencilla?	9
6	¿Ahorra horas de trabajo relacionado con la toma y acumulación de datos de los equipos?	9
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.5</b>

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la Aplicación Móvil obtuvo un puntaje de 8.5, se interpreta como la facilidad del usuario al interactuar con las interfaces.

## 7.2 Fase de Documentación y Análisis de Resultados Obtenidos

A continuación, se muestra la Matriz de Resultados obtenidos con las respectivas observaciones para cada caso:

Tabla 25 Matriz de Análisis de Resultados

N°	Actividad	Responsables	Observaciones
1	Ingreso y llenado de datos	Hugo L.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Familiarizarse con la Aplicación fue más costoso debido a que no está acostumbrado a la tecnología moderna.</li> </ul>

N°	Actividad	Responsables	Observaciones
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• La edad también es un factor muy influyente al momento de manejar celulares modernos.</li> <li>• El tamaño de la pantalla de los celulares de gama baja afecta mucho a la visualización de datos especialmente para personas mayores.</li> <li>• Sin embargo, la satisfacción al simplificar todo el proceso de llenado de datos tradicional por parte del usuario fue muy alta, por lo cual el compromiso de adaptarse a la Aplicación fue aceptado.</li> <li>• También se pudo observar que el usuario y contraseña deben ser los más simples posibles para que no fallen al momento de ingresar a la Aplicación, por lo cual se decidió que el usuario sea su nombre y la contraseña su número de carnet, así no tendrían problemas al momento de ingresar.</li> </ul>
2	<b>Ingreso y llenado de datos</b>	Erick T.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Familiarizarse con la Aplicación fue mucho más sencillo debido a que el usuario maneja regularmente su celular para sus actividades normales.</li> <li>• Al tener el usuario menor edad y más uso de tecnología no tuvo inconvenientes al momento de llenar los datos.</li> <li>• La satisfacción de la reducción de trabajo también fue buena ya que en la Planta Cuticucho tienen 5 generadores lo cual resume mucho su trabajo.</li> </ul>
3	<b>Visualización de datos</b>	Ing. Jean O. Ing. Eduardo P.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por parte de los ingenieros la respuesta fue muy buena ya que con ellos se trabajó para el desarrollo de la Aplicación por lo tanto no tuvieron inconvenientes al momento de usar la misma.</li> </ul>
4	<b>Visualización de graficas</b>	Ing. Jean O. Ing. Eduardo P.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La visualización de las gráficas les sorprendió muchísimo ya que están acostumbrados a ver estas graficas pero</li> </ul>



N°	Actividad	Responsables	Observaciones
			en el computador, por lo que les resulto mucho más practico la Aplicación
5	<b>Visualización de Soporte Técnico</b>	Ing. Jean O.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En cuanto al soporte técnico la revisión fue minuciosa para tener un buen aporte y ayuda por parte de la Aplicación.</li> </ul>
6	<b>Visualización de Descargas Excel</b>	Ing. Eduardo P.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre la descarga de datos fue muy satisfactoria ya que no tienen que esperar la respuesta por email de los Operadores, además de tener a la mano los informes y no tener que hacerlos como se realizaba normalmente, lo cual simplifico demasiado el trabajo para ellos ya que tienen que llenar los datos de 10 Plantas Hidroeléctricas (Ver Anexo A).</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VIII

### 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1 CONCLUSIONES

- En lo referente al Desarrollo de la Aplicación Android, se logró alcanzar el objetivo gracias a los datos previamente obtenidos y el estudio profundo de los equipos electromecánicos en cuestión.
- Relacionado a los archivos históricos, se alcanzó una mejor forma de obtenerlos, gracias a que la Aplicación puede guardar los datos tanto en la nube como en el celular, además de mejorar los tiempos en relación al traslado de datos a un archivo general.
- Los rangos de operación óptima de los equipos electromecánicos pudieron ser delimitados dentro de la Aplicación gracias al historial obtenido por la empresa, así como el estudio indagatorio de cada equipo. Por lo cual, la Aplicación termina siendo una herramienta fiable para con los equipos.
- Se ha obtenido bastantes datos referentes a soporte técnico (posibles causas y soluciones) para con los equipos electromecánicos que llegaron a ser cargados dentro de la Aplicación, esto por medio de los protocolos propios de la empresa, experiencias de los Supervisores y de los Operadores.
- A través de la Aplicación se consiguió generar informes en formato Excel que puede ser guardados dentro del ordenador, celular, Tablet o pueden ser impresos para tener un base de datos presente todo el tiempo. Por otro lado, la aplicación permitió ahorrar muchas horas de trabajo hombre con respecto al guardado de los datos relacionados con los parámetros críticos de operación, tanto en el Operador como en el Supervisor.
- La herramienta, en este caso la Aplicación, proporciona un apoyo bastante útil dentro de la empresa, ya que permite tener datos en tiempo real y visualizarlos de manera efectiva. En adición, también es un gran apoyo para los nuevos Supervisores que llegan a la empresa, ya que pueden familiarizarse de manera más sencilla y práctica con los equipos y su funcionamiento.
- Se consiguió ahorrar muchas horas de trabajo tanto para los Operadores como para los Supervisores, específicamente al momento del llenado de datos como al traspaso de los mismo a una base de datos general. En suma, se logró evitar errores al momento del llenado de datos y se promovió su llenado correcto en los horarios respectivos, dado que los parámetros deben ser controlados 24/7.
- Finalmente, todo el este trabajo se logró gracias al gran apoyo de los Supervisores como de los Operadores, tomando en cuenta también el trabajo multidisciplinario para alcanzar todos los objetivos, ya que están presentes áreas como la electricidad, mecánica e informática.

## 8.2 RECOMENDACIONES

- Con relación a la Aplicación, las recomendaciones van orientadas especialmente a poder replicar su uso no solo en la Unidad 5 de la Planta Cuticucho, sino en todo el Valle de Zongo, es decir, en todas las demás Plantas Hidroeléctricas.
- Es necesario recalcar que la Aplicación debe estar en mantenimiento continuo para poder mejorar la experiencia de usuario y también la actualización de datos, ya que en ciertas ocasiones los equipos pueden ser reemplazados.
- Dentro de todo lo que se plasmó en el presente proyecto, se puede trabajar muchos más aspectos (opciones, ajustes, soporte, datos) para que enriquecer la Aplicación y esta a su vez pueda ser más completa.
- Igualmente se pretende que la Aplicación pueda funcionar de manera autónoma sin internet, permitiendo así su continuo uso, especialmente cuando existen los cortes de servicio de internet.
- Es necesario promover la tecnología móvil dentro de las Plantas Hidroeléctricas en el país para poder optimizar el trabajo dentro de una Planta, especialmente porque en la actualidad esta tecnología avanza muchísimo.
- En resumen, el análisis de datos es un área muy importante dentro de cualquier empresa eléctrica ya que nos permite comprender mucho mejor el comportamiento de las máquinas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ARIAN Control e Instrumentación. (Enero de 2019). Pt100, su operación, instalación y tablas. Santiago, Chile.
- [2] Aruquipa, E. (2019). *Operacion de Centrales Hidroelectrica Fallas durante la operacion*. La Paz.
- [3] Beck, K. (1999). *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. EEUU: Addison-Wesley.
- [4] Cajilima, J. (Marzo de 2015). Desarrollo de una Aplicacion, para dispositivos moviles. Cuenca, Ecuador.
- [5] Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*. Mexico: McGRAW-Hill.
- [6] Coz, F. (1996). *Manual de Mini y Microcentrales Hidraulicas*. Lima: ITDG.
- [7] Fraile Mora, J. (2008). *Máquinas Eléctricas*. España: McGRAW-HILL.
- [8] Google. (3 de Enero de 2019). *Material Design*. Obtenido de <https://m3.material.io/components>
- [9] Liaño, R. (Julio de 2016). Diseño y Comportamiento de Cojinetes. Cantabria, España.
- [10] Mosonyi, E. (1965). *Water Power Development*. Budapest: House of the Hungarian Academy of Sciences.
- [11] PANIS, F. F. (1990). *Determinacion de los puntos criticos de control*. Roma.
- [12] Polo, M. (1980). *Turbo Maquinas Hidraulicas*. Mexico: Limusa.
- [13] PwC. (Noviembre de 2016). Operación Normal Planta Cuticucho. *Operación Normal Planta Cuticucho*. La Paz, Zongo, Bolivia.
- [14] Zoppetti, G. (1974). *Centrales Hidroelectricas*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.

# ANEXOS

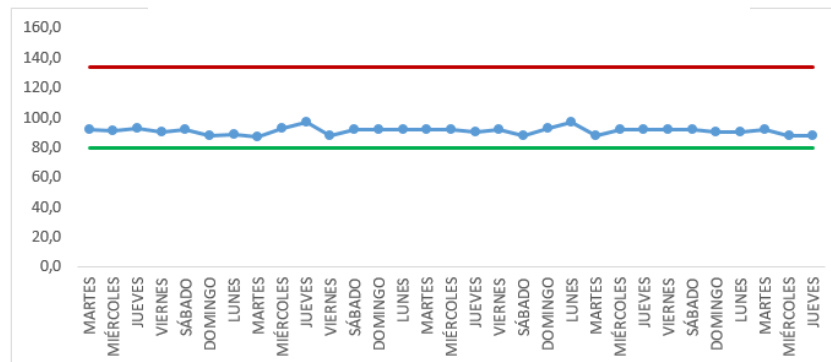
## ANEXO A

### INFORME DESCARGADO EN FORMATO EXCEL POR LA APLICACIÓN

PLANTA:	CUTICUCHO	UNIDAD:	5
AÑO:	2019	MES:	ENERO

GENERADOR	EXCITACIÓN	PARAMETRO	VOLTAJE
Vnom (V):	134	Rango de operación (V):	80-134

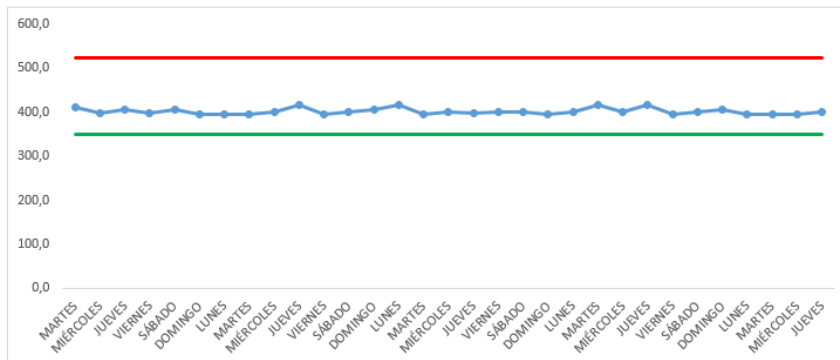
SEMANA	DÍA	V. MAX	V. MIN	V. PRO
1	MARTES	92,0	60,0	76,0
1	MIÉRCOLES	91,0	63,0	77,0
1	JUEVES	93,0	50,0	71,5
1	VIERNES	90,0	46,0	68,0
1	SÁBADO	92,0	46,0	69,0
2	DOMINGO	88,0	43,0	65,5
2	LUNES	89,0	48,0	68,5
2	MARTES	87,0	45,0	66,0
2	MIÉRCOLES	93,0	50,0	71,5
2	JUEVES	97,0	35,0	66,0
2	VIERNES	88,0	60,0	74,0
2	SÁBADO	92,0	57,0	74,5
3	DOMINGO	92,0	69,0	80,5
3	LUNES	92,0	35,0	63,5
3	MARTES	92,0	60,0	76,0
3	MIÉRCOLES	92,0	57,0	74,5
3	JUEVES	90,0	57,0	73,5
3	VIERNES	92,0	35,0	63,5
3	SÁBADO	88,0	60,0	74,0
4	DOMINGO	93,0	57,0	75,0
4	LUNES	97,0	57,0	77,0
4	MARTES	88,0	60,0	74,0
4	MIÉRCOLES	92,0	57,0	74,5
4	JUEVES	92,0	69,0	80,5
4	VIERNES	92,0	60,0	76,0
4	SÁBADO	92,0	63,0	77,5
5	DOMINGO	90,0	50,0	70,0
5	LUNES	90,0	46,0	68,0
5	MARTES	92,0	50,0	71,0
5	MIÉRCOLES	88,0	35,0	61,5
5	JUEVES	88,0	35,0	61,5



PLANTA:	CUTICUCHO	UNIDAD:	5
AÑO:	2019	MES:	ENERO

GENERADOR	EXCITACIÓN	PARAMETRO	CORRIENTE
Vnom (V):	523	Rango de operación (V):	350-523

SEMANA	DIA	V. MAX	V. MIN	V. PRO
1	MARTES	410,0	295,0	352,5
1	MIÉRCOLES	398,0	285,0	341,5
1	JUEVES	405,0	255,0	330,0
1	VIERNES	398,0	305,0	351,5
1	SÁBADO	405,0	255,0	330,0
2	DOMINGO	395,0	215,0	305,0
2	LUNES	395,0	245,0	320,0
2	MARTES	395,0	205,0	300,0
2	MIÉRCOLES	400,0	260,0	330,0
2	JUEVES	415,0	260,0	337,5
2	VIERNES	395,0	295,0	345,0
2	SÁBADO	400,0	275,0	337,5
3	DOMINGO	405,0	330,0	367,5
3	LUNES	415,0	260,0	337,5
3	MARTES	395,0	295,0	345,0
3	MIÉRCOLES	400,0	275,0	337,5
3	JUEVES	398,0	305,0	351,5
3	VIERNES	400,0	275,0	337,5
3	SÁBADO	400,0	275,0	337,5
4	DOMINGO	395,0	205,0	300,0
4	LUNES	400,0	260,0	330,0
4	MARTES	415,0	260,0	337,5
4	MIÉRCOLES	400,0	260,0	330,0
4	JUEVES	415,0	260,0	337,5
4	VIERNES	395,0	295,0	345,0
4	SÁBADO	400,0	275,0	337,5
5	DOMINGO	405,0	330,0	367,5
5	LUNES	395,0	215,0	305,0
5	MARTES	395,0	245,0	320,0
5	MIÉRCOLES	395,0	205,0	300,0
5	JUEVES	400,0	260,0	330,0



**ANEXO B**  
**FRAGMENTO DEL CÓDIGO USADO**

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>Formulario de equipos electromecánicos</title>
</head>
<body>
  <h1>Ingreso al sistema</h1>
  <form id="form_login">
    <label for="username">Usuario:</label>
    <input type="text" id="username" name="username"><br><br>
    <label for="password">Contraseña:</label>
    <input type="password" id="password" name="password"><br><br>
    <button type="submit">Ingresar</button>
  </form>
</html>
<head>
  <title>Formulario de equipos electromecánicos</title>
</head>
<body>
  <h1>Formulario de equipos electromecánicos</h1>
  <form id="form_equipos">
    <fieldset>
      <legend>Generador</legend>
      <label for="nombre_e1">Nombre:</label>
      <input type="text" id="nombre_e1"
name="nombre_e1"><br><br>
      <label for="marca_e1">Marca:</label>
      <input type="text" id="marca_e1" name="marca_e1"><br><br>
      <label for="modelo_e1">Modelo:</label>
      <input type="text" id="modelo_e1"
name="modelo_e1"><br><br>
      <label for="temp_e1">Temperatura:</label>
      <input type="text" id="temp_e1" name="temp_e1"><br><br>
      <label for="presion_e1">Excitacion:</label>
      <input type="text" id="presion_e1"
name="presion_e1"><br><br>
    </fieldset>
  </form>
</body>
```



```

        <legend>Descansos</legend>
        <label for="nombre_e2">Nombre:</label>
        <input type="text" id="nombre_e2"
name="nombre_e2"><br><br>
        <label for="marca_e2">Marca:</label>
        <input type="text" id="marca_e2" name="marca_e2"><br><br>
        <label for="modelo_e2">Modelo:</label>
        <input type="text" id="modelo_e2"
name="modelo_e2"><br><br>
        <label for="temp_e2">TemperaturaLV:</label>
        <input type="text" id="templv_e2" name="temp_e2"><br><br>
        <label for="presion_e2">temperaturaLC:</label>
        <input type="text" id="templc_e2" name="presion_e2"><br><br>
</fieldset>
<fieldset>
        <legend>HPU</legend>
        <label for="nombre_e3">Nombre:</label>
        <input type="text" id="nombre_e3"
name="nombre_e3"><br><br>
        <label for="marca_e3">Marca:</label>
        <input type="text" id="marca_e3" name="marca_e3"><br><br>
        <label for="modelo_e3">Modelo:</label>
        <input type="text" id="modelo_e3"
name="modelo_e3"><br><br>
        <label for="temp_e3">Temperatura:</label>
        <input type="text" id="temp_e3" name="temp_e3"><br><br>
        <label for="presion_e3">Presión:</label>
        <input type="text" id="presion_e3"
name="presion_e3"><br><br>
</fieldset>
<fieldset>
        <legend>Transformador</legend>
        <label for="nombre_e4">Nombre:</label>
        <input type="text" id="nombre_e4" name="
name="nombre_e3"><br><br>
        <label for="marca_e3">Marca:</label>
        <input type="text" id="marca_e4" name="marca_e3"><br><br>
        <label for="modelo_e3">Modelo:</label>
        <input type="text" id="modelo_e4"
name="modelo_e3"><br><br>

```

```

        <label for="temp_e3">Temperaturaaceite:</label>
        <input type="text" id="temp_e4" name="temp_e3"><br><br>
        <label for="presion_e4">temperatura aceite:</label>
        <input type="text" id="temperaturaaceite_e4"
name="modelo_e3"><br><br>
        <label for="temp_e3">Temperaturabobinado:</label>
        <input type="text" id="temp_e4" name="temp_e3"><br><br>
        <label for="presion_e4">temperaturabobinado:</label>
        <input type="text" id="temperaturabobinado_e4"

// Obtener el formulario
var form = document.getElementById("form_equipos");

// Manejar el evento submit del formulario
form.addEventListener("submit", function(event) {
    event.preventDefault(); // Evitar que se envíe el formulario

```

**Autor:** UNIV. MARCO ANTONIO GARAY GAVINCHA

**E-mail:** marcogaray662@gmail.com

**Celular:** +591 70591755



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**  
**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1580/2023**  
**La Paz, 23 de Junio del 2023**

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **16 de Junio del 2023**, por **MARCO ANTONIO GARAY GAVINCHA** con C.I. N° **8344602 I.P.**, con número de trámite **DA 789/2023**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"DESARROLLO DE UNA APLICACION ANDROID PARA EL ANALISIS DE LOS PARAMETROS CRITICOS DE OPERACION CASO DE ESTUDIO: UNIDAD N°5 PLANTA HIDROELECTRICA CUTICUCHO DEL VALLE DE ZONGO"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO**

Que, en observación al Artículo 4° del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16° del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26° inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18° de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18° de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.



Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, N° 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Telfs.: 2195700 - 2199276  
2192951 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
N° 29, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, N° 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 4144403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 5B,  
zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2141001 - 72042929

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
casi esq. Urriolaguita,  
zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, N° 243.  
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre,  
N° 5837, entre Ayacucho  
y Juán, Galería Central,  
Of. 14, (Ex Banco Fie).  
Telf.: 6720288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. A.M. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 17.

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial".

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

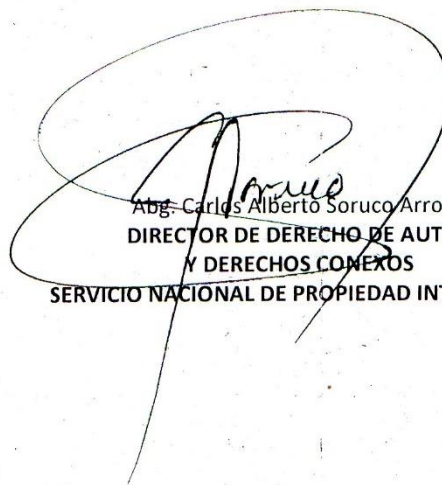
#### POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

#### RESUELVE:

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**DESARROLLO DE UNA APLICACION ANDROID PARA EL ANALISIS DE LOS PARAMETROS CRITICOS DE OPERACION CASO DE ESTUDIO: UNIDAD Nº5 PLANTA HIDROELECTRICA CUTICUCHO DEL VALLE DE ZONGO**", a favor del autor y titular: **MARCO ANTONIO GARAY GAVINCHA** con C.I. Nº **8344602 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo  
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**  
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/mxaq  
c.c.Arch.



Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, Nº 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Tells.: 2195700 - 219276  
219251 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
Nº 29, Edif. Bicentenario.  
Tells.: 312152 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, Nº 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Tells.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, Nº 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 58,  
zona 16 de Julio.  
Tells.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, Nº 366  
casi esq. Urriolagotia,  
zona Parque Bolívar.  
Tells.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Ciro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, Nº 243.  
Tells.: 72095286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre,  
Nº 5837, entre Ayacucho  
y Junín, Galería Central,  
Of. 14 (Ex Banco Fie).  
Tells.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas Nº 242,  
Primer Piso, Of. 17.