



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
PROTECCIÓN REMOTO DE ACCESO PARA UN SITIO DE TELEFONÍA MÓVIL INTEGRADO  
EN EL GRUPO ELECTRÓGENO**

**Justo Fernando Estrada Umaña**

Asesorado por el M.A. Ing. German De León Trinidad

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
PROTECCIÓN REMOTO DE ACCESO PARA UN SITIO DE TELEFONÍA MÓVIL INTEGRADO  
EN EL GRUPO ELECTRÓGENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JUSTO FERNANDO ESTRADA UMAÑA**

ASESORADO POR EL M.A. ING. GERMAN DE LEÓN TRINIDAD

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Urdiales Contreras
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN REMOTO DE ACCESO PARA UN SITIO DE TELEFONÍA MÓVIL INTEGRADO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 11 de marzo de 2021.

**Justo Fernando Estrada Umaña**

Ref. EEPFI-0401-2021  
Guatemala, 11 de marzo de 2020

Director  
Armando Alonso Rivera Carrillo  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Presente.

Estimado Ing. Rivera:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN REMOTO DE ACCESO PARA UN SITIO DE TELEFONÍA MÓVIL INTEGRADO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO**, presentado por el estudiante **Justo Fernando Estrada Umaña** carné número **8511595**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. German Leonel De León Trinidad  
Asesor

Ing. German Leonel De León Trinidad  
Ingeniero Electricista  
Col. 14,048

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador de Área  
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería









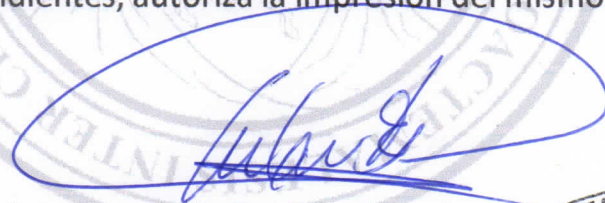
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Decanato**  
**Facultad de Ingeniería**  
**24189101 - 24189102**  
**secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt**

DTG. 510-2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN REMOTO DE ACCESO PARA UN SITIO DE TELEFONÍA MÓVIL INTEGRADO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO**, presentado por el estudiante universitario: **Justo Fernando Estrada Umaña**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser el guía, que moldea mi vida y me permite culminar otra fase de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Marco Fernando Estrada (q. e. p. d.) y Margarita Umaña de Estrada, por su amor y entrega incondicional en mi formación y motivarme a alcanzar mis sueños.
<b>Mi esposa</b>	Claudia Pepió, por ser mi complemento perfecto y por apoyarme en todo momento a realizar mis metas.
<b>Mis hermanos</b>	Luis Estuardo, Gustavo Adolfo, Ligia Margarita y Ana Lucrecia Estrada, por apoyarme y guiarme en el transcurso de mi vida y ser ejemplo a seguir.
<b>Mi familia</b>	Por estar pendiente y siempre ser un apoyo en mi vida y darme alegría.
<b>Mi asesor</b>	Ing. German De León, por la amistad y por motivarme a terminar mis estudios.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica</b>	Por los conocimientos adquiridos que me han forjado como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme desarrollar mis actitudes técnicas y científicas que permitieron alcanzar mi meta.
<b>La empresa</b>	Por darme la oportunidad de aplicar el conocimiento en sus instalaciones.
<b>Mis amigos</b>	Por apoyarme en todas las etapas en el desarrollo de mi vida y empujarme a culminar mis metas.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. OBJETIVOS .....	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos .....	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Sitios de telefonía móvil.....	21
7.2. ¿Cómo funciona una red de telefonía?.....	23
7.3. Tipos de distribución o infraestructura de sitios de telefonía móvil .....	25
7.4. Grupo electrógeno .....	27

7.5.	Diferencia entre grupo electrógeno y generador eléctrico.....	30
7.6.	Tipo de grupos electrógenos.....	33
7.6.1.	Enfriados por aire .....	35
7.6.2.	Enfriado por agua.....	36
7.7.	Funcionamiento básico de un grupo electrógeno.....	37
7.7.1.	Funcionamiento del motor de combustión interna...38	
7.8.	Funcionamiento del generador eléctrico de corriente alterna...39	
7.8.1.	Generadores autoexcitados .....	40
7.8.2.	Los generadores con excitación independiente .....	42
7.9.	Módulos de control.....	43
7.9.1.	Arquitectura del módulo de control.....	44
7.9.2.	Sensores utilizados .....	50
7.9.3.	Parámetros configurables en el módulo de control .....	51
7.9.4.	Voltaje de operación.....	51
7.9.5.	Entradas digitales tiene 8 .....	51
7.9.6.	Entradas analógicas tiene 4 .....	52
7.9.7.	Salidas tiene 8.....	52
7.10.	Sistemas de gestión y monitoreo remoto .....	53
7.11.	Diseño de instalaciones para protección remota.....	54
7.11.1.	Evaluación de infraestructura física del sitio.....	54
7.12.	Canalización.....	55
7.13.	Cableado.....	56
7.14.	Tipos de sensores de movimiento a utilizar .....	57
7.15.	Fuente alternativa de energía .....	59
7.15.1.	Inversor AC-DC .....	59

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	61
9.	METODOLOGÍA.....	65
9.1.	Tipo de estudio .....	65
9.2.	Definición de variables.....	65
9.3.	Fases del estudio .....	66
9.3.1.	Fase 1: exploración bibliográfica .....	66
9.3.2.	Fase 2: recolección de datos .....	67
9.3.3.	Fase 3: riesgos de daño del grupo electrógeno.....	68
9.3.4.	Fase 4: determinación de viabilidad del monitoreo remoto .....	69
9.3.5.	Fase 5: instalación de sensores perimetrales para monitoreo.....	72
9.3.6.	Fase 6: determinación de costos .....	75
9.3.7.	Fase 7: determinación de los beneficios.....	77
9.3.8.	Fase 8: presentación y discusión de resultados .....	79
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	81
11.	CRONOGRAMA.....	83
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	85
13.	REFERENCIAS.....	87
14.	APÉNDICES.....	95



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de interacción entre equipos <i>Indoor</i> u <i>Outdoor</i> .....	23
2.	Distribución hexagonal.....	24
3.	Diagrama unifilar con redundancia de un grupo electrógeno .....	28
4.	Grupo electrógeno estacionario .....	31
5.	Imagen de un generador eléctrico.....	33
6.	Grupo electrógeno con su tanque mensual y tanque diario .....	35
7.	Grupo electrógeno enfriado por aire, marca Deutz .....	36
8.	Grupo electrógeno enfriado por agua, motor marca <i>Perkins</i> .....	37
9.	Ciclo de funcionamiento de un motor diésel.....	39
10.	Partes de un generador eléctrico .....	40
11.	Gráfica de autoexcitado del generador de inducción .....	41
12.	Diagrama de bloque de un generador autoexcitado .....	42
13.	Diagrama en bloque de un generador con excitación independiente...	43
14.	Interface del operador frontal .....	44
15.	Interface del operador posterior .....	47
16.	Módulo CM-4G-GPS .....	49
17.	Distribución de un sitio móvil sin caseta.....	55
18.	Accesorios de canalización en el suelo.....	56
19.	Inversor de corriente 300W onda sinusoidal pura .....	60
20.	Diagrama de flujo .....	70
21.	Instalación de sensores de movimiento y proximidad .....	73
22.	Ubicación de sensores de movimiento y proximidad.....	73
23.	Especificaciones del detector de movimiento infrarrojo .....	74



24.	Esquema de ubicación de sensores acorde a la necesidad .....	75
25.	Daño causado al grupo electrógeno .....	78
26.	Derrame de diésel por robo .....	78

## TABLAS

I.	Tipo de sensores para su uso.....	58
II.	Definición de variables.....	65
III.	Estado del grupo electrógeno .....	67
IV.	Datos de operación del grupo electrógeno .....	68
V.	Tipo de panel del grupo electrógeno.....	68
VI.	Listado de equipo dañado o robado.....	69
VII.	Instalación de módulo de comunicación remoto y visualización de parámetros.....	71
VIII.	Listado de equipo dañado o robado.....	76
IX.	Cálculo de implementar el sistema de monitoreo .....	77
X.	Cronograma de actividades .....	83
XI.	Recursos necesarios para la investigación .....	85

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CA</b>	Corriente alterna
<b>CC</b>	Corriente continua
<b>F</b>	Frecuencia
<b>GHz</b>	GigaHertz
<b>Kilowatt</b>	KW, mil watts, 1 KW = 1000 vatios
<b>%</b>	Porcentaje
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>VAC</b>	Voltaje de corriente alterna
<b>VDC</b>	Voltaje de corriente directa
<b>V</b>	Voltios o voltaje



## GLOSARIO

<b><i>Air Gate</i></b>	Puerta de conexión para que el acceso a Internet sea lo más simple posible para conectar equipos remotos.
<b>Alternador</b>	Generador de corriente alterna.
<b>Amperio</b>	Unidad de medida de la corriente eléctrica, que debe su nombre al físico francés André Marie Ampere, y representa el número de cargas (coulomb) por segundo, que pasan por un punto de un material conductor (1 amperio = 1 coulomb/segundo).
<b>Analógico</b>	Un sistema en que las señales son utilizadas para representar números o cantidades físicas en forma continua.
<b>Automatización</b>	Consiste en usar la tecnología para realizar tareas casi sin necesidad de las personas. Se puede implementar en cualquier sector en el que se lleven a cabo tareas repetitivas.
<b>AVR</b>	Regulador automático de voltaje, le proporciona una tensión de salida estable y limpia gracias a sus estabilizadores que incrementa o detrae tensión a la excitación hasta conseguir el resultado óptimo a la salida.

<b>A.W.G</b>	<i>American Wire Gauge</i> (escala de calibres americanos para alambres y cables).
<b>Batería</b>	Elemento eléctrico capaz de producir voltaje de corriente directa.
<b>Bluetooth</b>	Es una especificación industrial para redes inalámbricas de área personal, que interconecta dispositivos electrónicos para la transmisión de voz y datos en distancias cortas.
<b>Breaker</b>	Dispositivo de protección que abre el circuito cuando hay un corto circuito o sobre carga por consumo de corriente mayor a lo diseñado.
<b>Campo magnético</b>	Distribución de la energía magnética en el espacio, creado por un imán o por el flujo de una corriente.
<b>CAN</b>	<i>Control Area Network</i> (red de área de control), es un sistema de bus serial de alta integridad destinado para comunicar dispositivos inteligentes, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos.
<b>Corriente eléctrica</b>	Desplazamiento de electrones a través de un material conductor, los electrones son los que transportan la energía eléctrica que hacen que funcionen los equipos eléctricos siempre y cuando el circuito este

cerrado, es decir que el conductor une el polo positivo del generador con el polo negativo del mismo.

<b>Corriente</b>	Cantidad de carga que circula por un conductor por unidad de tiempo.
<b>Corriente alterna</b>	Es la corriente en la que el flujo de electrones está constantemente cambiando de dirección. La razón a la que ocurre el cambio se mide en ciclos por segundo y se denomina Hertz.
<b>Corriente directa o corriente continua</b>	Es la corriente eléctrica en la que los electrones fluyen en una sola dirección.
<b>Digital</b>	Un sistema en que los caracteres o códigos son utilizados para representar números o cantidades físicas en forma discretos. Solamente poseen dos estados cero y uno, que significa apagado y encendido.
<b>E.B.</b>	Estación base o radio base se considera la estación de transmisión y recepción situada en un lugar fijo, compuesta de una o más antenas de recepción/transmisión, un conjunto de equipos electrónicos, que se utilizan para manejar el tráfico telefónico.
<b>Electricidad</b>	Propiedad de los electrones y protones en movimiento en los cuerpos, expresada numéricamente como carga en Coulomb.



<b>Electrónica</b>	Campo de la tecnología que trata sobre circuitos electrónicos.
<b>Ethernet</b>	Es un término estándar de redes de área local para computadoras.
<b>Generador eléctrico</b>	Dispositivo electromecánico utilizado para convertir energía mecánica en energía eléctrica por medio de la inducción electromagnética.
<b>GPRS</b>	<i>General Packet Radio Service</i> (Servicio general de paquetes vía radio).
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de posicionamiento global), es un sistema que permite posicionar cualquier objeto sobre la Tierra con alta precisión de hasta centímetros, aunque lo común son unos pocos metros.
<b>Grupo electrógeno</b>	Es una máquina que está compuesto por un motor a diésel, gas o gasolina y un alternador, configurado de tal manera que produce corriente eléctrica. Se utilizan principalmente para suministrar energía en caso de cortes de corriente.
<b>GSM</b>	<i>Global Systems for Mobile Communications</i> . El sistema global para las comunicaciones móviles, son un grupo de reglas para los teléfonos inteligentes que indican

cómo se envía la información y en qué frecuencia de radio.

<b>Hertz</b>	Unidad de medida de la frecuencia, equivalente a 1/segundo, su magnitud es hercio se identifica Hz.
<b>Indoor</b>	Que se encuentra en un espacio cerrado dentro de una construcción, dentro de un confinamiento que está protegido del clima, no está al aire libre o intemperie.
<b>KVA</b>	Es la unidad de la potencia aparente, es la cantidad total de potencia que consume un sistema, su nombre es aparente porque no toda se puede utilizar.
<b>Modbus</b>	Es un protocolo de comunicación abierto, utilizado para transmitir información a través de redes en serie entre dispositivos electrónicos, configuración maestro-esclavo.
<b>Motor diésel</b>	Dispositivo mecánico utilizado para convertir energía química de una explosión de combustible diésel en energía mecánica de rotación en un eje.
<b>Motor eléctrico</b>	El motor eléctrico permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra, mediante la rotación de un campo magnético alrededor de una espira o bobinado que toma diferentes formas.

<b>Ohmio</b>	Unidad de medición de la resistencia eléctrica, representada por la letra griega $\Omega$ .
<b>Outdoor</b>	Que se encuentra en un espacio abierto dentro de una construcción, expuesto al clima, está al aire libre o intemperie.
<b>PGM</b>	<i>Permanent Magnet Generator</i> (Generador de imanes permanente).
<b>Potencia</b>	La velocidad con la que se consume o suministra energía de un sistema. Potencia = energía / tiempo. La unidad de medición de la potencia es el Watt o vatio (W).
<b>Rectificador</b>	Circuito que convierte la corriente alterna (C.A.) en corriente continua (C.C.).
<b>Regulador</b>	Es una medida de la calidad de la señal en corriente continua (C.C.), entregada por un regulador ante variaciones de la carga. Se mide como la variación en la tensión de salida en condiciones extremas de carga, sea carga máxima o no tenga carga.
<b>Regulador de tensión</b>	Circuito diseñado para mantener una tensión constante, independientemente del valor de la carga.
<b>Resistencia</b>	Es la medida de cuanto se opone un circuito al paso de la corriente eléctrica a través de él.

<b>Retentividad</b>	Cantidad de magnetización que permanece en un material ferromagnético al quitarle el campo magnético.
<b>Sobrecarga</b>	Es la condición en que la carga pide más corriente que la que puede suministrar la fuente de alimentación. Si el circuito no tiene protección contra sobrecargas se puede dañar.
<b>Software</b>	Programa, sistema operativo.
<b>TDCE</b>	Tablero de distribución de cargas esenciales.
<b>TDP</b>	Tablero de distribución principal.
<b>TPM</b>	<i>Total productive maintenance</i> (Mantenimiento productivo total).
<b>Transferencia</b>	Es un equipo que cambia la fuente de alimentación de una a otra, se trata de transferir desde una fuente de alimentación principal, tal como la compañía local, a una fuente de alimentación secundaria, motor generador.
<b>USB</b>	Significa bus universal en serie, es un bus de comunicaciones que sigue un estándar que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación

eléctrica entre computadoras, periféricos y dispositivos electrónicos.

**Vatio**

Medida de potencia. 1 Vatio = 1 julio / segundo.

**Voltímetro**

Instrumento de medición que mide la tensión (voltaje) en un componente. El instrumento se coloca en paralelo con el elemento al que hay que medir su tensión.

**Voltio**

Es la unidad de fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a que puedan moverse a través de un conductor. Su nombre, voltio, es en honor al físico italiano, Alejandro Volta quien descubrió que las reacciones químicas originadas en dos placas de zinc y cobre sumergidas en ácido sulfúrico originaban una fuerza suficiente para producir cargas eléctricas.

**Watt**

Medida de potencia, 1 Watt = 1 julio / segundo.

**Wifi**

Es una tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.

## RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla como parte de una necesidad que se tiene en el Área de Telecomunicaciones en donde el índice de robos en las estaciones base se ha incrementado por la falta de empleos y oportunidades de trabajo, tomando en cuenta que personas ajenas a la empresa entran a sustraer, cobre y diésel, se hace la propuesta como un proyecto de solución para controlar el acceso de personas no autorizadas al sitio radio base y también para tener un mejor control del grupo electrógeno.

Con el monitoreo remoto se tiene la ventaja de recibir mensajes de texto por medio de comunicación inalámbrica usando los paneles de control y tarjeta de comunicación *ComAp IntelliLite*.

Configurando el equipo para que envíe mensajes de texto como alarma, que indica que hay dentro del sitio personas que pueden estar causando daño afectando el servicio de la red telefónica.

También los mensajes de texto nos permiten saber si el grupo electrógeno tiene algún problema que lo imposibilita funcionar adecuadamente.

Este diseño permite monitoreo constante en tiempo real, de manera que ante cualquier mensaje de alarma que genere el equipo permite tomar la decisión y realizar las acciones correctivas para solucionar el evento reportado y así poder mantener la calidad del servicio de la red telefónica.





# 1. INTRODUCCIÓN

En las telecomunicaciones lo más importante es un servicio sin interrupciones y es porque los equipos de transmisión siempre se encuentran energizados. Para mantener la continuidad se hace necesario integrar en la operación del sitio el grupo electrógeno, que tiene un costo de operación y mantenimiento, pero este costo se ha incrementado debido a los problemas generados por el robo, ocasionando daño al medio ambiente por derrames de diésel o que debido a la falta de energía los equipos de telecomunicaciones se apagan y dejan de funcionar. Estos eventos ocasionan un mal servicio a los usuarios y generan reclamos por servicio deficiente con pérdidas de datos e interrumpen la continuidad de las telecomunicaciones.

Este trabajo presenta el sistema de monitoreo de acceso vía remota que se colocará en el grupo electrógeno y servirá para mejorar el tiempo de respuesta ante una falla del equipo o un intento de robo debido a que va a monitorear ininterrumpidamente los parámetros de operación del grupo electrógeno, como su entorno en tiempo real. La instalación de este dispositivo permitirá que se ejecuten acciones pertinentes para evitar las interrupciones del servicio por falta de energía. Este dispositivo será una solución práctica y económica en comparación con el alto costo de los daños causados cuando entran personas a robar al sitio. Este sistema también podrá implementarse en instalaciones donde tengan un grupo electrógeno con las condiciones similares.

Con la implementación del sistema de protección remoto se reducirá al mínimo los daños causados por robos o por fallas en el equipo al tener información en tiempo real del estado que se encuentra el grupo electrógeno y

su entorno. Reduciendo el tiempo de respuesta, lo que implica menor costo de operación y mantenimiento, así como también beneficiar a los usuarios finales con darles un servicio sin interrupciones.

Para la realización del estudio, se tendrá una fase inicial de recolección de datos donde se evaluará el estado del grupo electrógeno y sus periféricos, así como la evaluación del tipo de panel de control que tiene para realizar la implementación del sistema de protección remota en el grupo electrógeno. También se evaluarán las causas que no permitan hacer la implementación del sistema de monitoreo, ya sea por daño del equipo o por no ser compatible con el panel de control. Para hacer funcional el sistema, es necesario implementar la infraestructura para instalar los sensores de movimiento para monitorear el perímetro donde se encuentra el grupo electrógeno.

La instalación de dicho sistema de monitoreo remoto se podrá llevar a cabo ya que se cuenta con el apoyo de la empresa de telecomunicaciones que permitirá hacer uso de su infraestructura para implementar el sistema y también proporcionará los recursos económicos y equipos para lograr el objetivo, siendo requisito que el sitio específico donde se hará la instalación, tenga alto índice de robos o alto índice de fallas de la red eléctrica. Para esto se llevará a cabo una evaluación previa con datos estadísticos de incidencias de fallas o robos para realizar el proyecto.

En el capítulo 1, se presentarán los antecedentes más importantes para esta investigación. En el capítulo 2, se hará una revisión bibliográfica de los fundamentos teóricos de esta aplicación particular, tales como, los tipos de sitios de telefonía móvil, tipos y características del grupo electrógeno, sobre sistemas de gestión y monitoreo remoto, diseño de las instalaciones para implementar la protección remota, tipos y usos de sensores de movimiento y fuentes de energía

alternativa. En el capítulo 3, se realizará la recolección de datos del grupo electrógeno, como la evaluación del panel de control. En el capítulo 4, se determinará la viabilidad del monitoreo remoto. En el capítulo 5, se detallará la instalación de sensores perimetrales para monitoreo. En el capítulo 6, se determinará el costo beneficio y el ahorro energético. En los capítulos 7 y 8, se presentarán los resultados más significativos de la investigación y la discusión de los mismos. Finalmente se darán las conclusiones de la investigación y las recomendaciones para la continuidad de la misma.



## 2. ANTECEDENTES

Después de una rigurosa investigación se presentan algunos casos de estudio del tema que por su naturaleza y características se estima que guardan una relación directa e indirecta con el presente estudio, a continuación se presentan los siguientes estudios realizados en Guatemala.

En la tesis de graduación de maestría titulada *Desarrollo de un plan de mantenimiento, basado en el modelo de gestión de calidad TPM, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones*, Castillo (2019), consideró que cómo el mantenimiento no se realiza de acuerdo a los parámetros mínimos de calidad, por eso los equipos críticos que están instalados dentro del edificio tengan poco control, los equipos evaluados son los siguientes: climatización, transporte y generación eléctrica. Resultando que al implementar el plan de mantenimiento preventivo, comparado con el año 2018, con enfoque sistemático y bajo gestión de calidad TPM queda con cifras de un ahorro significativo de Q. 32,607.24, asimismo concretan las 12 fases de implementación de la metodología de mantenimiento productivo total en inglés *Total Productive Maintenance (TPM)*.

Herrera (2018) en su tesis *Análisis de la gestión de mantenimiento proactivo con base al diagnóstico de fallas recurrentes y normas de mantenimiento del fabricante Brush de generadores eléctricos, para un generador trifásico modelo BDAX 82.445 ERH de 160 MVA,*) realizó el análisis sobre la gestión del mantenimiento del generador, investigando las fallas recurrentes ocurridas en un período de 192 meses operando para tener un indicador que permita ver la mejora de la confiabilidad y el desempeño, se tiene que las fallas pueden estar



asignadas en 7 categorías, en donde 2 de las fallas tienen una incidencia de impacto en el indicador clave de desempeño, también se diseñó un formato específico para obtener datos específicos del generador y cumplir con los requerimientos del fabricante para tener una gestión de mantenimiento más eficiente y logra un índice de disponibilidad operación mayor.

En la tesis *Implementación del sistema GPS e indicadores de desempeño para el control y monitoreo de los técnicos rúteros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones, para incrementar su productividad y competitividad*, Ortiz (2018) llevó a cabo el procedimiento de medición de producción a los empleados, lo que incrementó los costos operativos y aumentó el número de quejas. Se implementa un sistema que ayude a mejorar los indicadores por medio de utilización del GPS, lo que ayudará a ir a la mejora continua por la medición constante. Como resultado, se redujo el tiempo de atención del técnico en 1.15 % lo que mejora el indicador existente, otro indicador mejorado es el tiempo de solución en la visita que se redujo de 2.08 horas baja a 1.61 no siendo satisfactorio el resultado porque la meta es cumplir con el tiempo de 1 hora con 30 minutos por visita.

Al implementar el monitoreo se logra hacer que los técnicos aumente la capacidad de visitas en el mes llegando al valor de 18.6 visitas, lo que denota una mejora en la productividad.

Colíndres (2015) en su tesis titulada *Prototipo de aplicación móvil Android para la localización de vehículos con reporte de robo, hurto o estafa en Guatemala*, desarrolló el prototipo de aplicación móvil para la detección y reconocimiento de placas de vehículos llamado DVRGT (detector de vehículos robados en Guatemala), para brindar una herramienta alternativa de bajo costo, para los modelos Android que tengan como mínimo cámara, GPS, plan de datos

y versión Android 2.2 o superior donde se integra las principales características del hardware de los dispositivos móviles y tecnologías de software libre, para crear el primer prototipo de la aplicación móvil capaz de localizar vehículos, por medio de la detección y reconocimiento de la placa también diseña y publica los resultados en el portal y celular en forma directa, en un año fueron robados 216 y recuperados 36 según datos de la Prensa Libre, en la prueba obtuvo un 81 % de efectividad al procesar las imágenes, siendo las imágenes recolectadas para obtener los resultados obtenidos en la detección y reconocimiento de las placas, fueron 303 imágenes en total, siendo 233 capturas durante el día y 71 por la noche.

A continuación se presentan algunos casos de estudio del tema similares a las que se encuentran en Guatemala.

En Argentina, Yerro (2019) en la tesis *Diseño y construcción de un sistema de monitoreo remoto de instalaciones automáticas*, indica que por falta de gas o por falla de la red comercial el horno se puede apagar, por esto se necesita que esté monitoreado remotamente por un sistema que notifique dicho evento, al llegar el aviso del evento se atenderá con más rapidez.

Utilizando comunicación vía GSM con el controlador lógico programable con el protocolo de comunicación Modbus. Se puede instalar para ampliar la memoria con los datos que se obtienen en la operación lo que ayuda mejorar su programa. El costo del método alternativo es el más económico en un 213.71 % que el valor dado por hacer el prototipo, siendo así que al usar el prototipo es un 46.79 % más económico que utilizar CP242-1 IT.

En Bolivia, la tesis *Diseño e implementación de una interfaz de control y monitoreo de un Dron de vigilancia para un parque o área verde de recreación*,

menciona Ochoa (2016), por la problemática de los robos en pleno día en áreas verdes de recreación ven la necesidad de implementar un control aéreo para actuar lo antes posible ante cualquier atraco detectado. Con un medio de comunicación por medio inalámbrico tipo: radio frecuencia, Bluetooth, infrarrojo, GSM, 3G, 4G, wifi, entre otros. Con la implementación y armado del modelo se llegó a la conclusión de que ha sido un éxito la interconexión del interfaz de control entre el Smartphone (Sistema Android) y Arduino.

Según App Inventor (s.f.), se puede utilizar las librerías *Open Blocks* de Java para crear el lenguaje visual a partir de bloques, las cuales se encuentran en *Massachusetts Institute of Technology*.

La forma de programar es sencilla usando el método porque permite seguir un orden para encontrar soluciones a un problema. La comunicación usando el sistema punto Bluetooth permite conexiones punto a punto y punto a multipunto. Sin embargo en las pruebas se tuvieron 2 anomalías de comunicación vía Bluetooth siendo: a) latencia y b) la comodidad del manejo. Resolviendo ambas con un radio transmisión de 2.4 GHz para evitar los problemas.

También en Colombia se encontró la siguiente publicación *Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico*, Fernández y Duarte (2015), aplican los principios del monitoreo y control de un grupo electrógeno, que ayudará a entender el funcionamiento del grupo electrógeno con relación al proceso de acople con la carga, automatizando el proceso en forma modular con módulos microcontrolados.

Una de las ventajas es que los dispositivos ayudan a monitorear los parámetros más relevantes del equipo en análisis, como también es ventaja el que sean tipo modular porque permite la expansión fácilmente de una manera

ordenada y simple. Tan simple que solamente se tiene que realizar una configuración sencilla en el panel máster al momento de acoplar los otros módulos, lo que no implica un alto costo.

Otro aspecto interesante que dentro de un margen de 20 metros se tiene la comunicación entre los diferentes módulos con un intercambio de información sin inconvenientes, lo que permite que al ser programados pueda verificar fallas de manera automática. Si llega a existir alguna falla causada por un corte de energía de la red comercial, los dispositivos que están monitoreando los parámetros definidos de operación del grupo electrógeno para que en caso de una anomalía del servicio de la red comercial, active el encendido del grupo electrógeno active una señal de alarma si hay algún problema con la instrucción de arranque y tiene que mostrar el mensaje de error correspondiente.



### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una empresa de telecomunicaciones la continuidad del servicio es lo más importante, y eso depende de que los equipos de transmisión no se queden sin energía eléctrica para su operación, en el interior del país el servicio energético no es muy estable lo que ha causado que en el sitio de telefonía se ha integrado en la operación del sitio el grupo electrógeno, dicho grupo electrógeno tiene un costo de operación y mantenimiento, pero se ha visto incrementado por los problemas generados por el robo y malas prácticas en el mantenimiento.

La función principal del grupo electrógeno es alimentar los equipos que se encuentran dentro del sitio con energía eléctrica, cuando ha fallado el suministro de energía por parte de la empresa suministradora, con esta acción se logra que el sitio funcione y los clientes no pierdan comunicación.

Al hacer el análisis económico del sitio, se ha reflejado un incremento en el costo de operación del grupo electrógeno, determinado por las siguientes causas:

- Mala operación del equipo debido a manipulación incorrecta por personal interno por desconocimiento de operación del equipo o por falta de herramientas en menos importante pero significativa.
- Mala operación del equipo ocasionado por robo de componentes del grupo electrógeno por personas ajenas a la empresa (ladrones), que son objeto de robo de batería de arranque, motor de arranque, alternador, radiador,

entre otros, o simplemente por el robo del combustible diésel con el que opera el grupo electrógeno.

Por cualquiera de las dos causas el sitio ha dejado de funcionar, ya que el equipo de telecomunicaciones se apaga cuando falla la alimentación eléctrica de la red comercial y el grupo electrógeno no entra a operar, y se ha visto el incremento de reclamos que generan los usuarios teniendo que comprobar en el sitio las causas encontrando que el grupo electrógeno no ha respaldado por estar dañado o protegido.

También otra causa es que el personal encargado de hacer el mantenimiento preventivo al grupo electrógeno no lo hace correctamente por falta de conocimiento técnico de dicho equipo o por no tener las herramientas adecuadas para realizar el mantenimiento, por lo que dejan el equipo con fallas sin darse cuenta lo que causa un desgaste del mismo porque trabaja fuera de su rango mientras se apaga por protección.

Otra causa es el robo de piezas o robo de combustible diésel de los tanques que tiene el grupo electrógeno, realizado por personas ajenas (ladrones) que al robar parte del mismo cae al suelo contaminando el medio ambiente.

Hasta el momento no se sabe si alguien entró al sitio, por lo que no hay forma de identificar el daño causado al grupo electrógeno sino hasta que sucede un corte de energía de la red comercial y el grupo electrógeno no entra a funcionar por falta de piezas, combustible por el robo o si fuera por una falla provocada por mal mantenimiento que evita que el equipo funcione correctamente. Hace falta un sistema que informe del ingreso de toda persona al sitio, dicho sistema tiene que ser discreto para evitar que lo identifiquen y lo dañen.

La consecuencia del daño al grupo electrógeno después de un robo se nota cuando falla la red comercial y se apagan los equipos de telecomunicaciones por falta de energía eléctrica que debiera suministrar el equipo electrógeno, lo que implica que el equipo de telecomunicación que se encuentra sitio se quede sin transmitir por estar apagado ocasionando que los usuarios se queden incomunicados por el tiempo que lleve hacer las reparaciones.

De la misma forma cuando roban diésel no solo es el costo de reponer lo robado sino que también causan daño ambiental con el derrame del combustible diésel directo sobre el suelo, como consecuencia, contaminan el manto freático y el medio ambiente.

Por la falta de conocimiento técnico del personal en manipular el equipo y la falta de la herramienta adecuada se da como consecuencia que el mantenimiento preventivo realizado al grupo electrógeno no sea el óptimo y sin darse cuenta lo dejan vulnerable a fallas.

Cuando llega el momento que el equipo electrógeno tiene que funcionar este se encuentra alarmado por lo que no funciona dejando el sitio sin energía, para activarlo es necesario mandar nuevamente al personal técnico a revisar el grupo electrógeno.

La atención de las fallas implica que puede tener un tiempo de respuesta largo, debido a la ubicación en que se encuentre el sitio, la distancia, que se encuentra el técnico con respecto al sitio, la topografía del terreno, el clima, la disponibilidad de repuestos, entre otros, que como consecuencia incrementa el costo de operación y mantenimiento porque se tiene que hacer una segunda visita al sitio por algo que tendría que haber estado bien realizado desde la primera visita.



Esto lleva a formular la pregunta principal de este estudio:

¿Cómo implementar un sistema de protección remoto de acceso en un grupo electrógeno de un sitio de telefonía móvil?

Para responder esta pregunta, se deben responder las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Qué riesgos se presentan actualmente para el funcionamiento del grupo electrógeno en el sitio de telefonía móvil?
- ¿Cuál es la mejor alternativa de monitoreo de acceso para el sitio de telefonía móvil?
- ¿Cómo se medirá el impacto de la instalación de un sistema de monitoreo?
- ¿Qué beneficios se obtiene con la instalación de un sistema de monitoreo de acceso?

## 4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de gestión y uso eficiente de la energía del Área de Gestión Energética de la Maestría en Energía y Ambiente.

La instalación del sistema de control de acceso vía remota colocado en el grupo electrógeno establecerá un control que actualmente no existe. Este sistema detectará la entrada de personas ajenas a la empresa al sitio donde se encuentra el grupo electrógeno. Este monitoreo es en tiempo real y enviará simultáneamente la información a cuatro personas.

Como resultado de la instalación del sistema de control se podrá tomar acciones de seguridad para proteger las instalaciones físicas del sitio donde se encuentra el grupo electrógeno, así como monitorear los parámetros eléctricos de operación del equipo que servirá para hacer simulaciones o resetear alguna falla vía internet para que el equipo funcione correctamente.

Se obtendrán beneficios para la empresa al mantener la continuidad del servicio telefónico y con reducción de costos de operación por reposición de equipo robado o dañado causados por el robo. También se beneficiará a los usuarios que dependen de la transmisión del sitio al tener un servicio continuo. El medio ambiente también se verá beneficiado al evitar la contaminación del manto freático debido al derrame de combustible.

La implementación del sistema de control es pertinente a la ingeniería porque otorga una solución práctica y económica para un problema continuo

producido por el robo, que limita la operación del sitio. Además brindará un apoyo social a las poblaciones aledañas al evitar que suceda el derrame de combustible de la misma forma que se quede incomunicadas en casos de emergencia con la correcta operación del grupo electrógeno.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Implementar un sistema de protección remoto de acceso para un sitio de telefonía móvil integrado en el grupo electrógeno.

### **5.2. Específicos**

- Detallar los riesgos que se presentan actualmente para el funcionamiento del grupo electrógeno en el sitio de telefonía móvil.
- Establecer la mejor alternativa de monitoreo de acceso para el sitio de telefonía móvil.
- Identificar el impacto en el funcionamiento continuo del grupo electrógeno con la instalación de un sistema de monitoreo.
- Determinar los beneficios que se obtienen con la instalación de un sistema de monitoreo de acceso.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

Para mantener el buen funcionamiento y la continuidad de las comunicaciones en el área de irradiación de cobertura de la celda que se encuentra instalada en Santa Rosa, existe la necesidad de implementar un dispositivo de seguridad que ayude a controlar el acceso dentro del sitio de telecomunicaciones. Actualmente no existe ese control lo que ha aumentado el costo de operación y mantenimiento del grupo electrógeno, por lo que se propone la implementación de un sistema de protección que permita reducir al mínimo los daños causados por robos o por fallas en el equipo al tener información en tiempo real del estado que se encuentra el grupo electrógeno. Esta implementación, además de disminuir daños y costos, aporta la metodología que se puede replicar dentro de cualquier empresa de telecomunicaciones que tengan una infraestructura similar.

La causa principal del alto costo de operación del grupo electrógeno, radica en el robo y daño ocasionado al equipo cuando ingresan ladrones a desmantelarlo y la falta de piezas importantes evita que funcione en óptimas condiciones cuando se da un corte de red comercial en el sector. Otra causa es no contar con un sistema de control y monitoreo remoto integrado en el grupo electrógeno que permita tener en tiempo real información del estado operativo del equipo. También por falta de conocimiento de operación del equipo y por no tener las herramientas adecuadas los colaboradores que interactúan con el equipo han dejado el panel de control en un modo no operativo y no existe forma de saberlo hasta que suceda una falla en la red comercial.

La implementación del sistema de control remoto integrado en el grupo electrógeno proporcionará un monitoreo en tiempo para controlar el acceso al sitio donde se encuentra en equipo. Este monitoreo en tiempo real enviará un mensaje de texto a la persona encargada del sitio, con lo que le ayudará a tomar acciones y reducir el tiempo de respuesta disminuyendo el daño al equipo que podría tener el equipo, esta acción ayuda a la reducción de costos.

Para que el equipo de transmisión funcione se necesita la energía que provee la red comercial. Cuando hay un robo en el sitio ya sea que se lleven las piezas, que roben diésel o ambos, el grupo electrógeno que es el respaldo de energía, no funciona. Además cuando roban diésel se derrama en el suelo lo que causa un daño ecológico al contaminar el subsuelo se tiene la posibilidad de contaminar algún manto freático.

Como actualmente no se tiene el dispositivo de control, el tiempo de respuesta es largo, lo que permite que el equipo pueda sufrir un daño mayor. Con la implementación del sistema se puede sorprender a los ladrones antes de que se lleven el equipo completo, porque el tiempo de respuesta sería más corto desde que ingresan al sitio el encargado ya sabría de la acción.

Los beneficiarios directos será la empresa que reducirá el costo de operación al minimizar los robos, al igual que los usuarios, pobladores aledaños quienes tendrán un servicio de telecomunicaciones con menos interrupciones.

El conocimiento del estado en que se encuentra el equipo electrógeno es importante porque garantiza la continuidad del servicio. Este beneficio se puede replicar en otras instalaciones.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Sitios de telefonía móvil**

A estos sitios los se pueden definir como el área geográfica donde se encuentran aparatos que reciben información y la transmiten a otro sitio, los cuales para que funcionen necesitan estar energizados con una fuente de energía que sea constante de, la fuente que suministra la energía comercial es AC y se transforma en DC para que operen los equipos electrónicos que enlazan las llamadas, las reciben y transfieren a otro sitio igual. Los sitios de telefonía móvil sirven para enlazar las llamadas generadas entre teléfonos pudiendo ser entre teléfonos móviles o entre teléfonos de línea de cobre o fijo, o entre ambos dependiendo del dispositivo que tenga cada usuario como aparato de comunicación hacia otro usuario.

La ventaja de la telefonía móvil es que se puede comunicar con cualquier persona y a cualquier parte del territorio y del mundo siempre que se tenga cobertura de la señal telefónica que es proporcionada por medio de un sitio de telefonía o también conocida como radio base (Yerro, 2019).

Se puede decir que en el medio de telecomunicaciones se define a un sitio de telefonía celular móvil como una estación base que su transmisión y recepción de datos que está delimitada en un área específica, y que por medio de la tecnología instalada en el sitio se permite la comunicación con los dispositivos móviles a su alrededor por medio de ondas hasta los usuarios (León, 2015).

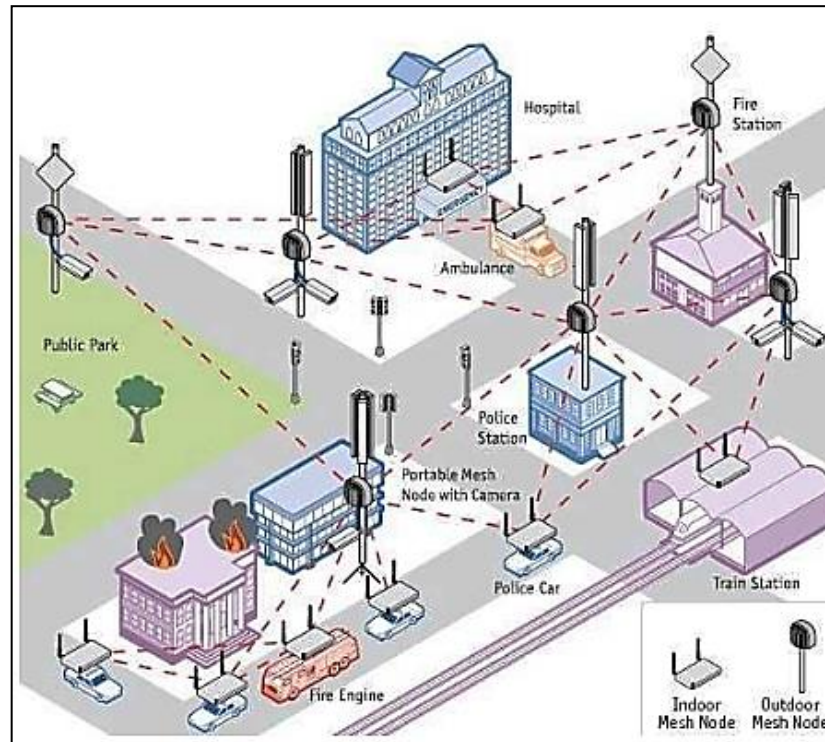


Para estar recibiendo y transmitiendo datos el sitio de telefonía consiste en una red en donde hay centrales, repetidores que permiten la comunicación entre cada uno de los dispositivos ya sean dispositivos portátiles o fijos como se conoce la red de cobre.

En el caso de los teléfonos móviles la forma en que funcionan con el sitio es que el teléfono móvil se comunica con la estación base o sitio de telefonía y ambos establecen la comunicación y a medida que se traslada el celular la estación fija o radio base le transfiere a la siguiente estación la llamada, todo esto se hace de manera que el usuario ni cuenta se da por la continuidad que tiene el servicio y el buen funcionamiento de los sitios de telefonía móvil que se encuentra funcionando porque están energizados sus equipos de transmisión y recepción.

Tecnología (s.f.), es por esa razón los sitios de telefonía base forman una red de sitios o celdas, que a cada uno de los sitios los teléfonos móviles se comunican.

Figura 1. Esquema de interacción entre equipos *Indoor* u *Outdoor*



Fuente: Tecnología (s.f.). *Telefonía móvil*. Consultado el 25 de mayo de 2020. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/telefonía-movil.htm>.

## 7.2. ¿Cómo funciona una red de telefonía?

Toda comunicación vía celular requiere de un sitio base o sitio móvil, también de una central de conmutación y por último los teléfonos móviles para que exista una comunicación. Dando una explicación de la función de cada uno de los componentes se tiene que:

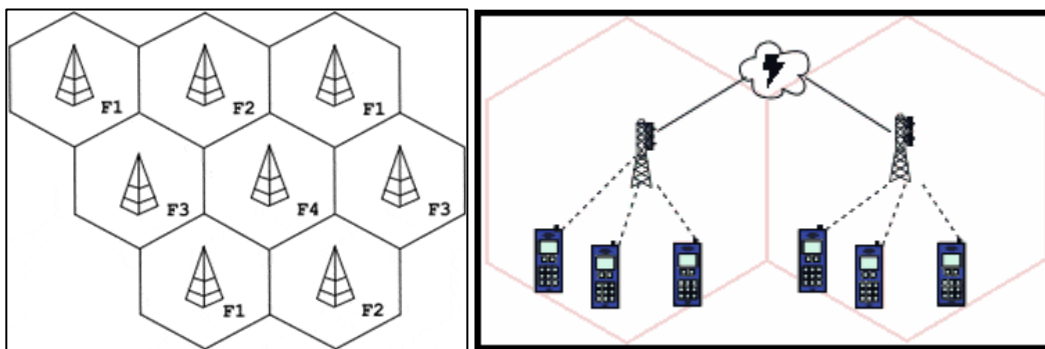
- La estación base: son los sitios encargados de transmitir y recibir la señal entre los dispositivos, mientras las centrales de conmutación: son los equipos electrónicos dispuestos en un sitio, dichos equipos ayudan a

asignar la conexión entre los equipos ya sea el tipo fija o móvil y por último son los teléfonos móviles: que son los dispositivos son los encargados de recibir y transmitir la señal a la estación base (Tecnología, s.f.).

La estructura de la red de telefonía se entiende que funciona con equipos receptores y transmisores simultáneamente en ambos se encuentran en sitios que tienen antenas de enlace, y estos sitios se encuentran distribuidos en el globo terrestre y su comunicación por medio de una frecuencia establecida que oscila entre el rango de los 900 hasta 2000 MHz dependiendo de la compañía de telecomunicaciones.

Cada sitio tiene la función de transmitir y recibir la señal telefónica con mayor eficiencia y cobertura y se logra haciendo una distribución del área de cobertura en forma hexagonal y por eso se definen como células y su distribución se refleja en la figura 2 (Ariza, 2015).

Figura 2. **Distribución hexagonal**



Fuente: Ariza (2015). *¿Cómo funcionan los teléfonos móviles?* Consultado el 2 de junio de 2020. Recuperado de <https://innovationtechnologiestp.wordpress.com/2015/04/12/como-funcionan-los-telefonos-moviles/>.

Pero, ¿cómo es que se comunica uno con otro dispositivo a través de las células?

Indica Tecnología (s.f.) en cada sitio se maneja varios canales a diferentes frecuencias por lo que puede manejar varias llamadas sin tener interferencias simultáneamente una con otra por eso la comunicación entre ambos dispositivos es por la misma frecuencia y es única.

La forma de movimiento entre células es por medio de los dispositivos que se encuentran dentro de cada sitio que hacen cuando el móvil se mueve entre dos células la frecuencia es trasladada de la célula una a la otra dejando el canal libre de la célula anterior para que nuevamente sea usada por otro dispositivo (Ariza, 2015).

Pero es importante recalcar que para que esto funcione cada sitio tiene que estar energizado con red comercial y si falla dicho suministro es importante tener equipo de respaldo el cual se llama grupo electrógeno o grupo generador de energía eléctrica de emergencia.

### **7.3. Tipos de distribución o infraestructura de sitios de telefonía móvil**

En una estación de telefonía o sitio de telefonía base se conoce como estación base EB, puede estar instalado según León (2015) en forma *Outdoor* u *Indoor*, ya sea dentro del área urbana o rural.

Las dimensiones de los equipos van a depender del tipo de instalación que se realice *Indoor* u *Outdoor*, porque también se define por el tamaño del patrón de tráfico y población que quiera atender, dependiendo de las llamadas que realicen.

Estos sitios se distribuyen en el área en base a su cobertura, el equipo que los controla es el conmutador del sistema de servicio cuya función es monitorear el procesamiento y establecimiento de las llamadas, como velar porque se hagan las mismas dentro del rango que corresponde.

Debido a que en el área urbana se tiene muchos obstáculos por el tipo de edificaciones se requiere mayor densidad de células para tener mejor cobertura, mientras que en el área rural la señal no tiene muchos obstáculos sin embargo las torres son más altas oscilan entre los 50 metros o más y se colocan en línea recta que sea vista, cómo la cantidad de llamadas que hace la población es menor que las llamadas que se hacen en el área urbana.

La distribución varía de acuerdo a cada caso y topología geográfica, pero se tiene una distribución básica de equipos dentro de su área según León (2015), que se listan a continuación:

- Una torre o mástiles con antenas de transmisión y recepción de señales.
- Equipo electrónico de comunicación de transmisión y recepción de señales.
- Enlace con la central telefónica.
- Planta eléctrica de emergencia o grupo electrógeno.
- Estación de rectificadores y bancos de baterías.
- Equipo de climatización del área donde se encuentran los equipos de transmisión y recepción.

El punto a evaluar no es todo el sistema de la red de telecomunicación, sino es simplemente el grupo electrógeno que ha sido el equipo que más daño recibe por los ladrones por tener partes de su interés en el comercio informal.

#### **7.4. Grupo electrógeno**

Es el equipo utilizado para dar alimentación eléctrica a los equipos de telecomunicaciones cuando se corta la energía comercial.

Hay que tomar en cuenta que los equipos de comunicación que se tienen dentro del sitio no se pueden quedar sin energía en ningún momento, por lo que se hace necesario tener un respaldo de energía.

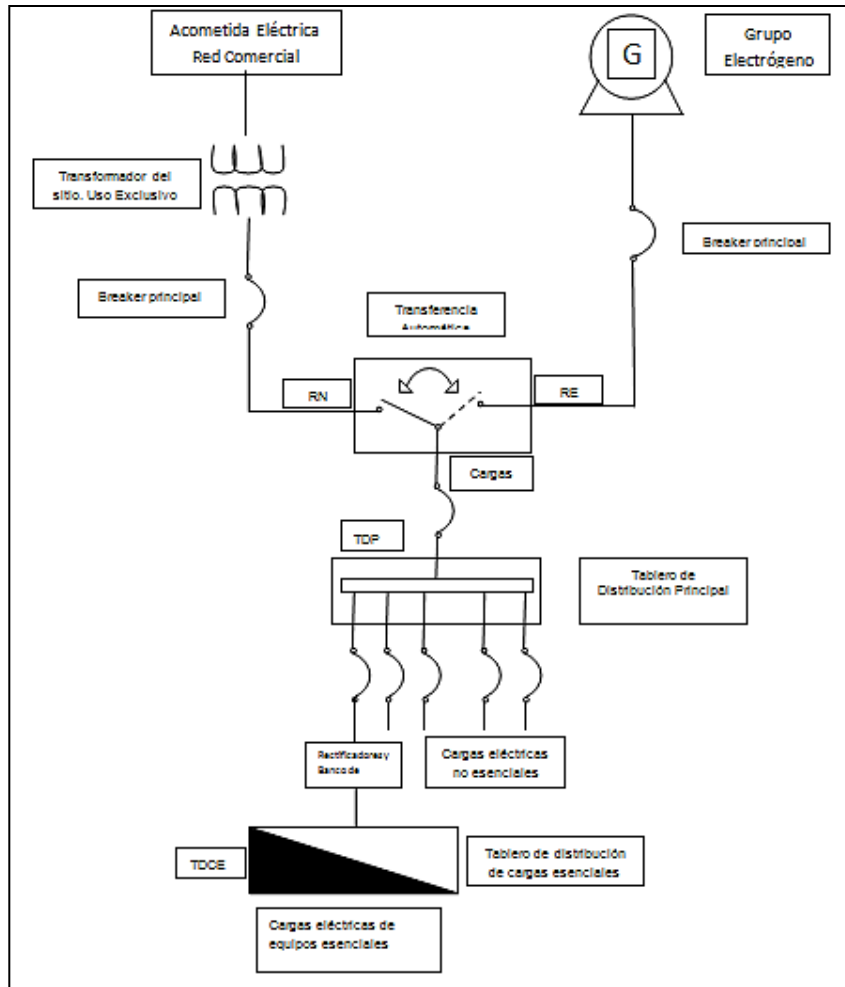
Si el sitio está ubicado en un área urbana o cabecera departamental el suministro energético es bastante estable, no es lo mismo si se encuentra en el interior del país en el área rural el suministro energético es muy inestable, haciendo necesario tener un equipo que respalde de energía eléctrica para cuando ésta falle.

Dicho equipo se conoce con el nombre de grupo electrógeno y su operación se vuelve indispensable para mantener sin interrupción el suministro de energía para que no afecte la operación del sitio radio base (SELMEC, 2019).

Un sitio de telefonía móvil tiene que tener alguna fuente redundante de energía y con la operación del grupo electrógeno se obtiene ya que su funcionamiento es automático sin intervención técnica humana.

En la figura 3, se detalla un diagrama unifilar típico de la instalación del grupo electrógeno como energía redundante.

Figura 3. Diagrama unifilar con redundancia de un grupo electrógeno



Fuente: Sánchez (2009). *Módulos de control utilizados en motogeneradores de emergencia.*

Consultado el 19 de mayo de 2020. Recuperado de  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0159\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0159_ME.pdf).

Por lo tanto, Fernández y Duarte (2015), en el diagrama unifilar indica que el tablero principal de distribución TDP se encuentra alimentado por la red normal comercial que es suministrada por la empresa del sector, la alimentación de energía eléctrica suministrada a través del transformador exclusivo que alimenta el *breaker* principal del sitio protegiendo la transferencia se encuentra del lado de

la red normal RN para alimenta el TDP, que a su vez está alimentando una estación de rectificadores y banco de baterías para que alimenta el tablero de distribución de cargas esenciales TDCE, mientras no exista falla en la red normal el grupo electrógeno se encuentra en apagado.

Se sabe que en toda la operación existen microcortes de energía por el cambio que ejecuta la transferencia, lo que obliga a implementar otros equipos de redundancia energética (respaldos de alimentación eléctrica que mantiene a los servidores y salas de datos en ejecución) para no perder continuidad en la comunicación y estar siempre energizados.

Si el suministro de red comercial es interrumpido entonces los equipos que están con energía se apagan, entonces el grupo electrógeno tiene que encender para volverlos a energizar, en ese lapso de tiempo que se quedan apagados no es permitido porque se interrumpe la comunicación, por eso es que se tiene un sistema de respaldo (rectificadores + bancos de baterías) con el que alimentan las cargas esenciales y no permite que le falte energía mientras la transferencia conmuta hacia la alimentación de energía que está proveyendo el grupo electrógeno.

El arranque del grupo electrógeno se hace en forma automática al igual que la operación de la transferencia, estos tiempos son programables en el interface hombre equipo. Este proceso se denomina transferencia de la red normal a la red de emergencia (SELMEC, 2019).

El arranque del grupo electrógeno se hace en forma automática al igual que la operación de la transferencia, estos tiempos son programables en el interface hombre equipo. Este proceso se denomina transferencia de la red normal a la red de emergencia (SELMEC, 2019).



Cuando retorna la red comercial normal entonces sucede que la transferencia ejecuta un proceso inverso, ya que la transferencia detecta que hay energía de la red normal, se le programa un tiempo prudencial para que haga la re transferencia de la carga a la red normal, y el grupo electrógeno se queda funcionando en vacía mientras se enfría para apagarse nuevamente (SELMEC, 2019).

En todo este proceso de conexión y reconexión las cargas esenciales no se apagan por el apoyo de energía que se tiene con el banco de baterías, no sucede lo mismo con las cargas no esenciales ya que éstas se apagan mientras se hace el proceso de transferencia y re transferencia con el grupo electrógeno, (Fernández y Duarte, 2015).

#### **7.5. Diferencia entre grupo electrógeno y generador eléctrico**

Se entiende que ambos equipos grupo electrógeno o generador eléctrico hacen lo mismo que es generar energía eléctrica cuando se requiera. La diferencia es cómo produce la energía en forma continua para que funcionen los equipos esenciales que se encuentran en el sitio base, pero la forma de funcionar del grupo electrógeno y del generador eléctrico no es igual.

Se observan las siguientes características entre ambos equipos que hacen la diferencia entre los grupos electrógenos y el generador eléctrico en lo siguiente:

Asimismo, Generadores Eléctricos (s.f.), indican que los grupos electrógenos están formados por dos partes un motor y un generador, el motor hace girar al generador de electricidad, por lo general éste arreglo es para equipos de mayor capacidad de generación desde 7KVA en adelante, el

combustible que utiliza para que opere el motor de combustión interna es diésel, son grandes y robustos, pueden ser construidos con cabina insonora, puede ser portátil y cuentan con un regulador del motor capaz de mantener la velocidad constante, tienen mayor autonomía de uso, ver figura 4.

Figura 4. **Grupo electrógeno estacionario**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Fraijanes, Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

Por tanto, se puede decir que su estructura está compuesta por los siguientes elementos: el motor, que proporciona energía mecánica para la rotación del alternador y genera energía eléctrica y el regulador del motor, que mantiene el motor a velocidad constante con respecto a los requisitos de carga, ya sea que se use circulación de aire, enfriamiento de aceite o refrigerante, el sistema eléctrico del motor es el método de enfriamiento del grupo electrógeno, y también se instala un tanque de combustible en la parte inferior del mismo como tanque diario, TD., cuenta con dispositivo de aislamiento para evitar vibraciones, su sistema de escape, interruptor automático de protección, entre otros (SELMEC, 2019).

Además, Generadores Eléctricos (s.f.) indica que los generadores eléctricos operan sin un motor independiente siendo ellos mismos los que originan la electricidad y son de baja capacidad de generación hasta 10KVA, el combustible que utiliza para que opere el motor de combustión interna es gasolina, son compactos y portátiles, operan sin un motor independiente, siendo ellos mismos los que originan la electricidad, por medio de dos elementos fundamentales de funcionamiento que son la parte móvil llamada rotor y la parte estática que se denomina estator.

También indica Morillo (2019), el generador eléctrico funciona con el principio de la ley de Faraday que al activarse una de las dos partes genera un flujo magnético (actúa como inductor), para que la otra lo transforme en electricidad (como inducido) con esto se pueden distinguir dos tipos de generadores eléctricos en función de la clase de corriente que originan: como alternadores (corriente alterna) y como dinamos (corriente continua), su autonomía de uso es menor, ver figura 5.

Figura 5. **Imagen de un generador eléctrico**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Jutiapa, Jutiapa. 2020). Colección particular. Guatemala.

## **7.6. Tipo de grupos electrógenos**

Por lo tanto, Electra Molins (2020) dice que el grupo electrógeno por la amplia gama en que se puede fabricar, da la versatilidad de adaptarse a las especificaciones del cliente, por lo que se tiene que escoger lo más adecuado para cubrir las necesidades tomando en cuenta los siguientes parámetros importantes que lo definen:

- Determinar el tipo de motor, la cual viene definido por la capacidad de cubrir la potencia que se necesita se determina el tipo de motor, por lo general se utilizan motores de combustión interna de carburante diésel para requerimientos altos, mientras que para requerimientos de baja potencia se puede utilizar motores de gasolina o gas o nafta.
- Determinar el tipo de aislamientos o insonorización, en el medio de telecomunicaciones se requiere que sea de bajo nivel de ruido 70 db, a

veces por el área donde se encuentran instalados hay viviendas aledañas y para que no les afecte y cuando se instalan a la intemperie les sirve de protección, no así cuando están dentro de alguna edificación que no necesitan la cabina.

- Determinar el tipo de arranque, normalmente los grupos electrógenos de alta potencia es de arranque automático, mientras los de baja potencia el arranque es manual.
- Determinar si su uso es estacionario porque se encuentra instalado en un sitio, en cambio sí se requiere moverlo por cualquier necesidad se instala en plataformas especiales.
- Por último determinar el tipo de operación que tendrá si es de uso continuo o si va a estar en operación de emergencia, el de uso continuo tiene que ser más resistente y tener mayor potencia que el de uso en emergencia que es puntual.

Tomando en cuenta todo lo expresado anteriormente por Electra Molins (2020) se definen los grupos electrógenos para los sitios de telecomunicaciones en especial los que se encuentran instalados en el área rural teniendo en consideración que hay que instalarle dos tanques de combustible para el almacenaje de diésel con el fin de tener mayor autonomía de operación ante cualquier evento con la red comercial

Uno de los tanques de combustibles se llama tanque diario (TD) y está integrado en la base del grupo electrógeno en la cabina insonorizada, mientras el tanque combustible principal o tanque de combustible mensual (TM) con mayor

capacidad del tanque de combustible diario se instala en otra base cerca al grupo electrógeno para abastecerlo. Ver figura 6.

Figura 6. **Grupo electrógeno con su tanque mensual y tanque diario**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (El Progreso Jutiapa, Jutiapa 2020). Colección particular. Guatemala.

### **7.6.1. Enfriados por aire**

Como indica, Ventageneradores.net (2018) dentro de la diversidad de grupos electrógenos se encuentran los que su sistema de enfriamiento es por el paso del aire en el motor, no utilizan radiador ni refrigerante, de los cuales existe el que se inyecta aire a presión que pasa por las aletas de los cilindros del motor y la culata y de la otra forma es por succión por un ventilador centrífugo que aspira el aire que pasa por los cilindros enfriándolo, no utilizan radiador ni refrigerante para su enfriamiento. El sensor de protección por temperatura se encuentra instalado en la cabeza de un de los cilindros del motor. Ver figura 7.

Figura 7. **Grupo electrógeno enfriado por aire, marca Deutz**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Barberena, Santa Rosa. 2020). Colección particular. Guatemala.

### **7.6.2. Enfriado por agua**

Mientras que los motores convencionales y más empleados son los que su sistema de enfriamiento es utilizando y es más complejo ya que se requieren otros dispositivos internos para enfriar el motor con el uso de una bomba de agua que hace recircular el refrigerante que es enfriado en el radiador por el aire que expulsa el cigüeñal, en este caso el refrigerante circula por dentro del block del motor. Su sensor de temperatura se encuentra instalado en el radiador o en una parte del block del motor o en ambos (SELMEC, 2019).

Figura 8. **Grupo electrógeno enfriado por agua, motor marca *Perkins***



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Barberena, Santa Rosa. 2020). Colección particular. Guatemala.

### **7.7. Funcionamiento básico de un grupo electrógeno**

El grupo electrógeno se construye o compone en dos partes, siendo la primera, el estudio de cómo funciona el motor de combustión interna y la segunda parte cómo funciona el generador. La integración de los dos componentes, hace que por acción del motor de la combustión interna que produce un movimiento rotatorio al estar acoplado al generador produce energía eléctrica como resultado final.

La forma que se puede utilizar según Electra Molins (2020) el grupo electrógeno dentro de las instalaciones del sistema de telecomunicaciones, es como:



- Fuente de operación continua o primaria en los sitios donde no existe tendido eléctrico y es imposible tener el servicio eléctrico o a la red de distribución y el grupo electrógeno es el que energiza los equipos las 24/7.
- Fuente de operación en emergencia en donde entra a operar el grupo electrógeno cuando el suministro de energía falla y alimenta la carga por el tiempo que dure que es variable mientras la falla de energía se encuentre presente.

#### **7.7.1. Funcionamiento del motor de combustión interna**

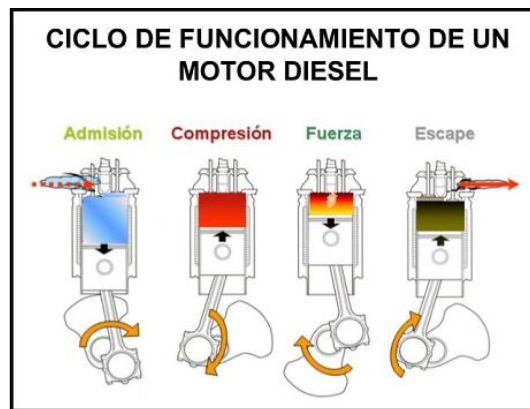
El funcionamiento del motor de combustión interna diésel es térmico y está determinado por la combustión del carburante dentro del motor que no necesita una chispa de ignición, se debe a la compresión y la alta temperatura en un ciclo de 4 tiempos produciendo trabajo mecánico, se considera el motor que tiene cuatro pistones en para entender el proceso según lo describe (Sánchez, 2009).

- Ciclo 1 - Admisión: ingresa a la recámara el aire al cilindro por la acción de succión que el pistón cuando se desplaza hacia el punto más bajo del cilindro.
- Ciclo 2 - Compresión: al cerrarse la válvula de admisión y el pistón comienza a subir a la parte más alta del cilindro donde se comprime el aire al máximo que la temperatura interna del cilindro se eleva previo a inyectar el diésel en rocío dentro del pistón.
- Ciclo 3 - Explosión o combustión: antes de que el aire esté a alta temperatura se inyecta el diésel pulverizado para que en su punto máximo

de compresión se produce la explosión y el producto produce el trabajo mecánico dando la potencia del motor.

- Ciclo 4 - Escape: es la liberación de los gases producidos después de la compresión o explosión que salen del cilindro, ver figura 9.

Figura 9. **Ciclo de funcionamiento de un motor diésel**



Fuente: Térmicas (s.f.). *Máquinas térmicas*. Consultado el 2 de junio de 2020. Recuperado de <https://sites.google.com/site/maquinastermicas14/4-combustion-interna/4-3-los-motores-diésel>.

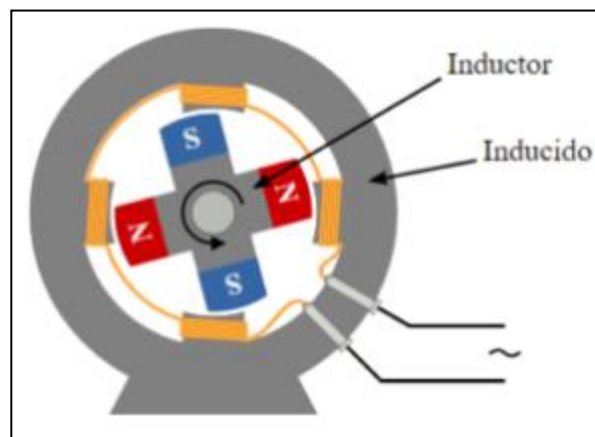
## 7.8. **Funcionamiento del generador eléctrico de corriente alterna**

El generador eléctrico de corriente alterna es conocido como generador síncrono y es utilizado en los grupos electrógenos es en base a la inducción magnética, los generadores de corriente alternan más utilizados son están formados por con bobinas en el rotor y estator (Chapman, 2012).

El rotor es la parte que gira dentro del generador entre el estator que al moverse induce un campo magnético en el devanado inducido, por lo que se le conoce como inductor (Massimobrotto, 2018).

Aunque el estator es la parte fija del generador, tiene las bobinas de inducción ubicadas en unas ranuras. Estas bobinas son las encargadas de generar la corriente eléctrica al ser inducidas por el campo magnético producido por la rotación del rotor. Ver las partes en la figura 10.

Figura 10. **Partes de un generador eléctrico**



Fuente: Massimbrotto (2018). *Alternador para grupo electrógeno*. Consultado el 2 de junio de 2020. Recuperado de <https://massimbrotto.com/category/grupos-electrogenos/>.

Estos generadores necesitan una fuente de energía externa de excitación o la otra forma ser auto excitados por imanes permanentes, como veremos a continuación el funcionamiento de cada uno.

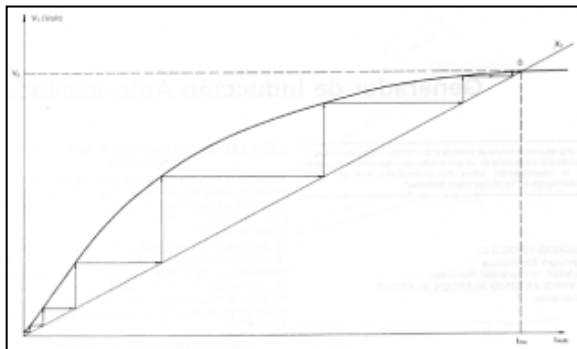
### 7.8.1. **Generadores autoexcitados**

La forma para auto excitar un generador es el campo magnético inicial generará magnetismo residual en el núcleo del electroimán, y también se generará una corriente por medio de una batería cuando el motor comienza a girar según (EnVerd Electric Generators, 2017).

Este magnetismo residual se puede perder sin el generador tiene mucho tiempo de no usarse, por lo que algunos generadores se diseñan para que exciten el campo de forma automática, porque si se pierde el magnetismo residual el generador no produce voltaje de salida.

La forma de cómo se autoexcita es que cuando el rotor gira por la acción del volante del motor, se genera un voltaje de salida en el rotor por el efecto magnético residual inicial que es pequeño comienza a inducir en el estator un voltaje de salida pequeño, éste voltaje es rectificado en la tarjeta reguladora AVR inyectando un voltaje DC en el estator que al circular una corriente induce un campo magnético que va en aumento porque se suma al flujo residual que hará nuevamente el aumento de voltaje inducido para generar otra corriente que producirá otro flujo y se vuelve cíclico hasta que se estabiliza (Torres y Alarcón, 1983). Ver figura 11.

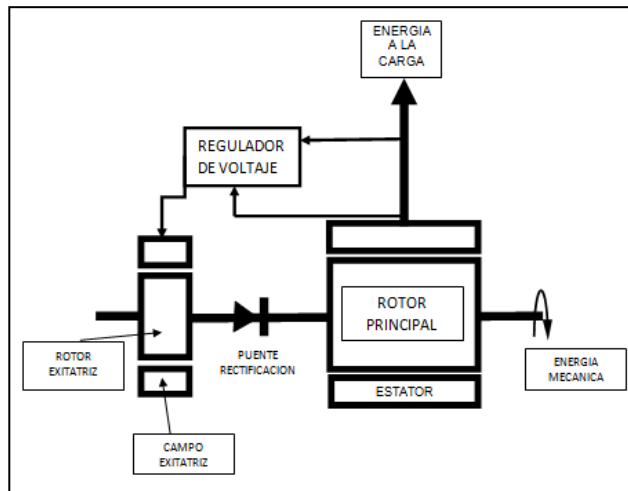
Figura 11. **Gráfica de autoexcitado del generador de inducción**



Fuente: Torres y Alarcón (1983). *Generador de Inducción autoexcitado*. Consultado el 29 de julio de 2020. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingein/article/view/28880/29179>.

En la figura 12, se puede entender la explicación anterior, de cómo interactúan los elementos.

Figura 12. **Diagrama de bloque de un generador autoexcitado**



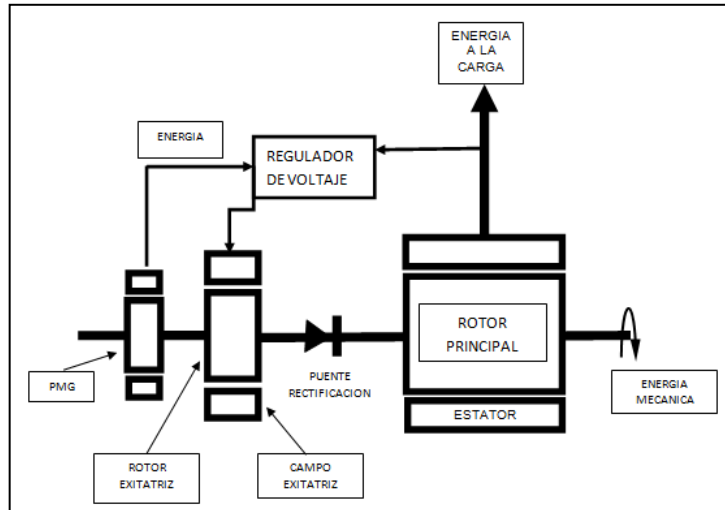
Fuente: Sánchez (2009). *Módulos de control utilizados en motogeneradores de emergencia*.

Consultado el 19 de mayo de 2020. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0159\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0159_ME.pdf).

### 7.8.2. **Los generadores con excitación independiente**

Se puede explicar los generadores con excitación independiente analizando la figura 13. Se ve que el excitador independiente alimenta la tarjeta reguladora con un voltaje ya que no manejan magnetismo residual considerando que es un rotor con imán permanente que produce un campo magnético que se inyecta nuevamente al estator un voltaje, como el principio del autoexcitado. Al sistema de excitación independiente se conoce como PMG que significa *Permanent Magnetic Generator* (Sánchez, 2009).

Figura 13. **Diagrama en bloque de un generador con excitación independiente**



Fuente: Sánchez (2009). *Módulos de control utilizados en motogeneradores de emergencia*. Consultado el 19 de mayo de 2020. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0159\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0159_ME.pdf).

## 7.9. Módulos de control

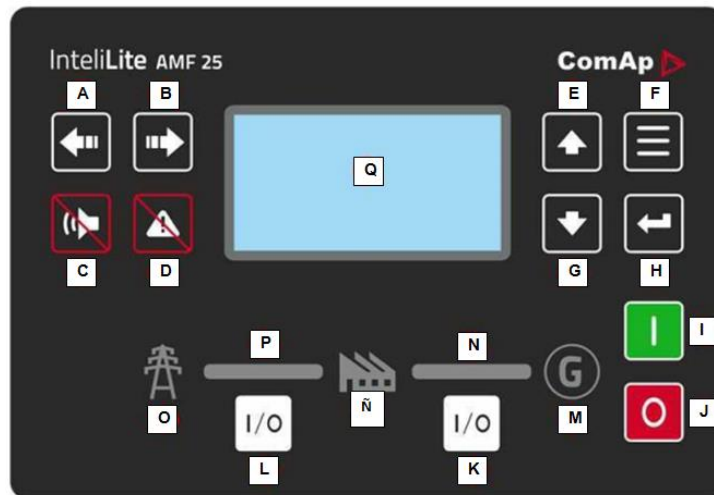
Los módulos de control son dispositivos electrónicos especializados que permiten monitorear parámetros específicos, hay diversidad de marcas y especificaciones pero en nuestro caso de estudio se analiza el panel de control de la tercera generación ComAp de la serie *IntelliLite* AMF 25 para controlar al grupo electrógeno y la tarjeta de comunicación CM-4G-GPS, ambos se pueden adaptar a cualquier marca de grupo electrógeno pero se analizarán al grupo electrógeno que es fabricado para la empresa de telecomunicaciones (ComAp, 2019).

### 7.9.1. Arquitectura del módulo de control

Se presentan la arquitectura del panel de control *InteliLite* AMF 25 es que es programable (ComAp, 2019).

En la figura 14 se identifica cada elemento de control e indicador de tiene el panel de control en la vista frontal.

Figura 14. Interface del operador frontal



Fuente: ComAp (2019). *Control CM-4G-GPS*. Consultado el 29 de julio de 2020. Recuperado de <https://www.comap-control.com/products/detail/cm-4g-gps>.

Se especifica la función de cada uno de los botones que se utiliza en el control *InteliLite* (ComAp, 2019). A continuación, se lista la función de las teclas de la A hasta la Q respectivamente:

- Izquierda: usar este botón para ir a la izquierda o para cambiar el modo.
- Derecha: utilizar este botón para moverse a la derecha o cambiar el modo.

- Para silenciar la alarma: no elimina la alarma.
- Resetear la alarma: el botón reconoce la alarma y desactiva la sirena.
- Hacia arriba: sirve para moverse hacia arriba o incrementa el valor.
- Página: sirve para cambiar entre páginas.
- Hacia abajo: utilice este botón para bajar o disminuir el valor.
- Confirmación de la orden: use para terminar la edición, también puede moverse a la derecha en la página del histórico.
- Encender: inicia la secuencia de arranque, funciona solo en manual.
- Apagar: inicia la secuencia de apagado, puede acelerar el proceso al mantenerlo presionado más de dos segundos.
- Conectado o desconectado el *switch* del lado del generador y del lado de la red, solo accionan en modo manual o en test el circuito del *breaker* del generador GCB o de la red MCB respectivamente.
- Luz indicadora del estado del generador: puede ser verde está bien y rojo hay un problema.
- Barra que indica que el generador o la red está operando con la carga, el interruptor está cerrado.
- Carga: está conectada a la red o al generador cuando está en color verde.

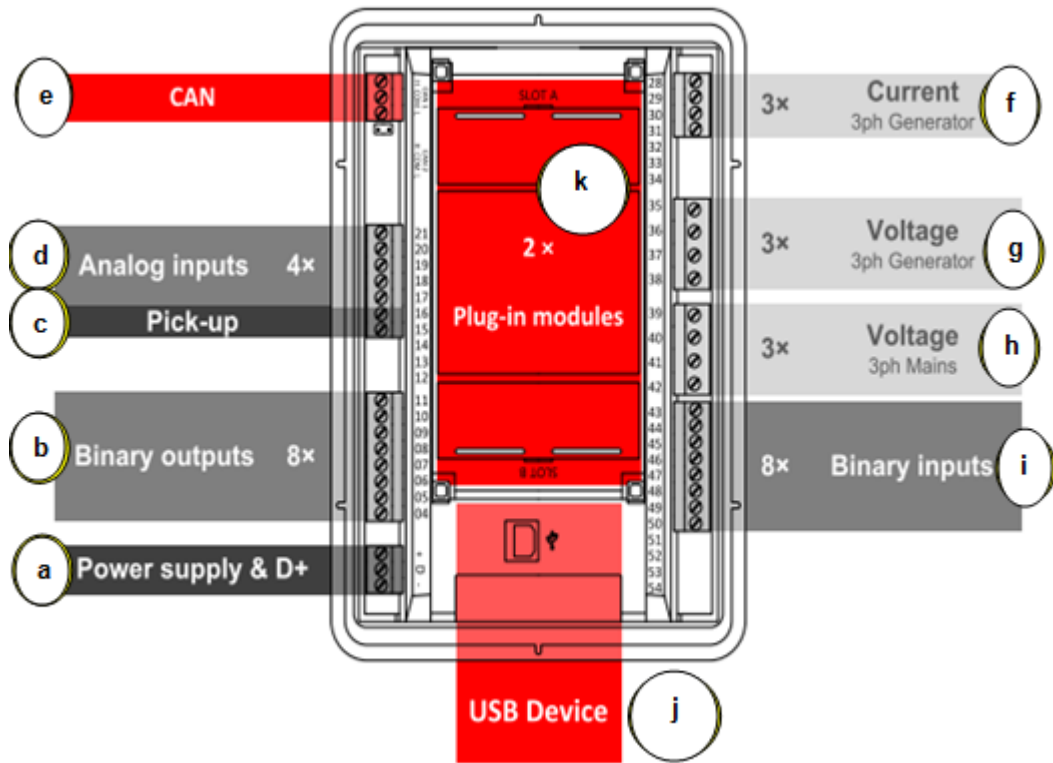


- Pantalla en B/N 132x64 pixeles.
- Indicador de estado de la red: si hay energía en la red está en color verde, de lo contrario estará en color rojo.

En la parte posterior encontramos las borneras de conexiones ver figura 15, en estas borneras sirven para el ingreso y salidas de información el cableado que forma el arnés de control del grupo electrógeno (ComAp, 2019).

Su descripción se da siguiendo el orden de izquierda a derecha y de abajo para arriba para interpretar cada uno de las terminales de conexión definidas por las letras de la a hasta la k en minúscula respectivamente.

Figura 15. **Interface del operador posterior**



Fuente: ComAp (2019). *Control CM-4G-GPS*. Consultado el 29 de julio de 2020. Recuperado de <https://www.comap-control.com/products/detail/cm-4g-gps>.

- Fuente de alimentación, entre 8 a 36 VDC, tiene una protección interna de 2 amperios.
- Salidas binarias, son 8 salidas de las cuales 2 son de alta corriente, 10 Amperios en 10 segundos, 6 salidas de baja corriente 5 amperios a largo plazo, conectado a terminal positivo.
- *Pick-up* magnético, entrada no utilizada en la conexión del grupo electrógeno en estudio, si se quiere ver los valores de verificar la web.

- Entradas analógicas, 4 entradas tipo resistiva, en un rango de 0 a 2500 ohmios con una precisión de 2 % y una precisión de 1.5 % en el rango de 2.5 a 15 Kohmios.
- CAN bus, punto comunicación entre paneles control en una red de 250 kbps.
- Medición de corriente del generador, rango de medición 5 amperios como la máxima corriente permitida 10 A.
- Medición de voltaje del generador, el rango de medición 277 VAC llegando a un máximo de 350 VAC con una precisión 1 %, el rango de la frecuencia es entre 40-70 Hz con una precisión 0,1 Hz.
- Medición de Voltaje de la red principal de energía igual a las características de la medición de voltaje del generador.
- Entradas binarias, 8 entradas con indicación de 0-2 VDC para el contacto cerrado y >6 VDC contacto abierto.
- Puerto de comunicación USB.
- Slots o *Plug-ing* de conexión de tarjetas de expansión o de comunicación remota CM-4G-GPS que estaremos analizando.

Por tanto ComAp (2019) el dispositivo de control tiene diferentes características para proteger el grupo electrógeno en su operación de cualquier falla que tenga y para hacer más fácil su programación, que analizaremos a detalle acuerdo a la necesidad de instalación con la tarjeta CM-4G-GPS: se tiene

acceso a monitoreo remoto y local, es fácil de instalar y su configuración es amigable, es compatible con la tarjeta de comunicación mediante acceso a internet por Ethernet, GPRS, 3G o 4G, también manda mensajes SMS y correos electrónicos.

Como el parte del objetivo es poder monitorear el estado de operación del grupo electrógeno de manera remota se tiene que implementar el módulo de comunicación que se acopla a las necesidades y es de la misma línea *InteliLite* que se presenta en la figura 16 (ComAp, 2016).

Figura 16. **Módulo CM-4G-GPS**



Fuente: ComAp (2016). *Control CM-4G-GPS*. Consultado el 29 de julio de 2020. Recuperado de <https://www.comap-control.com/products/detail/cm-4g-gps>.

Indica ComAp (2016) en su documento el módulo de control CM-4G-GPS, con las características que posee el Módulo que es de ensamble fácil para extensión y especifica los nuevos controladores que maneja *InteliLite*. El módulo de comunicación proporciona conectividad inalámbrica a internet en las bandas

soportadas 4G, 3G y 2G, tiene control y monitoreo remoto, envía mensajes de SMS a correos electrónicos activos, entre otros.

### **7.9.2. Sensores utilizados**

El panel de control *InteliLite* AMF permite utilizar dos tipos de sensores siendo los sensores digitales y los analógicos, ambos dan al panel la información que se necesita para monitorear las alarmas del grupo electrógeno ya sean internas como externas acorde a las necesidades y a la programación realizada en el panel. (SELMEC, 2019).

Los sensores digitales son aquellos que su forma de operación es como un interruptor, solo puede estar abierto o cerrado. Mientras los sensores analógicos son resistivos, lo que indica que no conmutan en dos estados sino que tienen un rango de operación donde varía el valor en función del valor que esté midiendo.

Teniendo en cuenta la diferencia de operación entre los dos tipos de sensor, el panel de control permite programar en las entradas analógicas y las entradas digitales los parámetros más importantes que son: temperatura, presión de aceite y cualquier otro parámetro no menos importante que se quiera monitorear.

Vale la pena mencionar que los sensores analógicos tienen una curva característica de funcionamiento que es importante tomarla en cuenta la momento de asignar el sensor en el programa del panel, con lo que garantiza el buen funcionamiento y se evita tener malas lecturas.

### **7.9.3. Parámetros configurables en el módulo de control**

Dentro de los parámetros más comunes a monitorear y controlar en el grupo electrógeno por medio del panel de control *InteliLite* son las siguientes de acuerdo a ComAp (2019), donde explica el control *InteliLite* AMF 25:

### **7.9.4. Voltaje de operación**

El módulo detecta la entrada de alimentación de 8 a 36 VDC.

### **7.9.5. Entradas digitales tiene 8**

El módulo de control posee varias entradas digitales configurables de para alarmas generadas se puede configurar como pre alarma y de paro con los siguientes dispositivos de accionamiento ante cualquier anomalía en el funcionamiento del grupo electrógeno:

- Interruptores de paro de emergencia: apaga el grupo electrógeno en caso de una falla que ponga en riesgo la seguridad del personal o del equipo. Pueden ser interruptores (NO) normalmente abiertos o (NC) normalmente cerrados.
- Sensores digitales: para proteger al grupo electrógeno apagándolo de acuerdo a cualquiera de las siguientes condiciones que provoque la alta temperatura por falta de refrigerante, baja presión de aceite, que producen que se eleve la temperatura en el block del motor fuera de rango de 90 a 120 grados centígrados.

También se puede programar para como entrada digital cualquier dispositivo que permita a uno como usuario monitorear, puede ser un equipo de aire acondicionado, una estación de rectificadores, entre otros

#### **7.9.6. Entradas analógicas tiene 4**

El módulo de control posee entradas analógicas configurables de monitorear los parámetros de funcionamiento del grupo electrógeno: sensores analógicos: para proteger al grupo electrógeno apagándolo al recibir la señal de la alta temperatura, baja presión de aceite, medición de voltaje, corriente y frecuencia.

#### **7.9.7. Salidas tiene 8**

Con dichas salidas son las que nos permiten controlar los actuadores que tiene el grupo electrógeno para funcionar, indicando específicamente su aplicación para un mejor entendimiento, de 8 salidas hay 2 que se utilizan específicamente que se detallan a continuación:

Salida para controlar la bomba de inyección de pulso constante, encendido-apagado, la cual maneja un voltaje en DC que permite mantenerla activada cuando el motor está operando, al desactivar la salida el motor ya no recibe combustible en los cilindros para funcionar y se apaga.

Salida para el estérter o motor de arranque, de pulso, permite el paso de un voltaje DC que energiza el estérter para que encienda el motor y es de pulso porque al encender el motor a ciertas revoluciones en el arranque se desconecta la salida no dejando pasar el voltaje DC.

Quedando 6 para cualquier uso que se quiera pudiéndose configurar dentro de las aplicaciones que necesite.

#### **7.10. Sistemas de gestión y monitoreo remoto**

ComAp (2020), los productos comunicaciones remotas, son los controles incorporan la tecnología de conexión *AirGate* para hacer que el acceso a Internet sea lo más simple posible. Esta tecnología *AirGate* fue diseñada para superar los problemas que comúnmente se enfrentan al intentar conectar equipos remotos mediante comunicaciones basadas en Internet.

Con esta tecnología los controladores se pueden conectar a cualquier infraestructura que de internet, negociando los negociando firewalls y sistemas VPN y eliminando el requisito de direcciones IP públicas y estáticas otra característica es que una vez que se activa la tecnología *AirGate* en el controlador, aunque se cambie la dirección IP, la "Nuestras herramientas de configuración y monitoreo harán un seguimiento del equipo remoto" (ComAp, 2020, p. 54).

Con estos controladores se puede escoger el método de comunicación que mejor se adapte a la aplicación que se busque con un monitoreo remoto, siendo por medio de RS232, Ethernet, USB, GPRS, 3G, o hasta la conexión 4G / LTE, donde el controlador por medio de la tarjeta de expansión interna o una puerta de enlace de comunicaciones externa para permitir al usuario seleccionar el protocolo de comunicación idóneo a sus necesidades.

Con esto ComAp (2020), se ha esforzado por estar con tecnología de punta en el desarrollo de las capacidades de comunicación remota de sus controladores. Desde Ethernet local hasta monitoreo y administración remotos a



través de un teléfono inteligente o una computadora por el sistema WebSupervisor como también se puede configurar para que envíe mensajes por SMS o por correo electrónico.

## **7.11. Diseño de instalaciones para protección remota**

Se tiene que considerar los diferentes escenarios de los sitios donde se puede implementar el sistema, por lo que se tiene que hacer una visita para tener los datos reales, para realizar un buen diseño.

### **7.11.1. Evaluación de infraestructura física del sitio**

La evaluación física de la infraestructura eléctrica y del área, sirve para determinar las condiciones en que se encuentran los ductos de canalización, cajas de registro, cableado eléctrico dentro del sitio de telefonía, para realizar las mejoras e implementar el sistema de control de acceso al sitio.

Dentro de las distribución de los sitios de telefonía móvil se encuentra por lo general dentro de un área limitada por pared de block de alta resistencia, en su parte superior se instala *RAZOR RIBBON* para protección un portón de dos piezas, una base de concreto para el grupo electrógeno y una base de concreto para el tanque mensual, una base de concreto para instalar los equipos de comunicación (recepción y transmisión) dentro del APM, una base para la torre donde se encuentran instaladas las antenas.

Toda el área dentro del perímetro tiene esparcido piedrín de 3/4 de grosor para evitar que crezca la maleza,

Las acciones tomadas para evitar que los accesorios periféricos del grupo electrógeno y el cable de cobre por el alto índice de robos en el área, en la figura 17, se observa al grupo electrógeno con una jaula metálica que lo protege, no así al tanque mensual TM y al APM, también cabe mencionar que no se mira las cajas de registro ni la canalización de tubería donde va el cableado del grupo electrógeno hacia los tableros y el de la acometida.

Figura 17. **Distribución de un sitio móvil sin caseta**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Cuilapa, Santa Rosa. 2020). Colección particular. Guatemala.

## 7.12. **Canalización**

Al no tener la ubicación de las cajas de registro y al no poder definir las trayectorias de instalación de la tubería existente, no se puede definir el estado en que se encuentra, esto obliga a hacer una nueva distribución de la tubería para poder implementar el sistema para controlar el acceso al sitio de telefonía

móvil, con esto se logrará cubrir el área donde se ha identificado cómo áreas más vulnerables de acceso que han encontrado los ladrones que ingresan a robar al sitio (Código Eléctrico Nacional, 2014).

Esa distribución nueva tiene que cumplir con los estándares internacionales norma NEC, junto con el estándar que exige la empresa de telecomunicación donde se implemente el sistema de monitoreo de acceso. Ver figura 18.

Figura 18. **Accesorios de canalización en el suelo**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Cuilapa, Santa Rosa. 2020). Colección particular. Guatemala.

### **7.13. Cableado**

La instalación del nuevo cable tiene que ser de acuerdo a la norma NEC de la mano con la norma establecida por la empresa de Telecomunicaciones, respetando los códigos de colores y calibres acorde a las capacidades de amperaje que soporten (Código Eléctrico Nacional 2014).

#### **7.14. Tipos de sensores de movimiento a utilizar**

Para implementar un mejor sistema de protección y monitoreo de ingreso al sitio se considera la utilización de sensores de movimiento por lo que analizaremos la mejor alternativa que se encuentre en el mercado para poderlo implementar al panel de control *InteliLite* AMF 25 y pueda transferir el SMS la tarjeta CM-4G-GPS.

Por tanto indica MonederoSmart (2019), los criterios a tomar en cuenta para seleccionar el sensor son los siguientes:

- Su montaje tiene que ser de pared.
- Resistente a la intemperie porque será instalado en el exterior.
- Voltaje de alimentación puede estar entre el rango de 12VDC a 48VDC, para ser alimentado desde el cargador de batería del grupo electrógeno, de no encontrar en el mercado con esa alimentación se puede instalar en voltaje 120VAC pero requiere de un Inversor DC-AC.
- Sea configurable la sensibilidad y el área de protección.

Existen diferentes tipos de sensores ver tabla I, los cuales van acorde a la aplicación que se necesite (MonederoSmart, 2019).

Tabla I. Tipo de sensores para su uso

Tipo de detector	Tipo de sensor	Usos comunes	Características
Sensor de movimiento pasivo (PIR)	Funciona mediante sensores infrarrojos.	Es el más utilizado en alarmas domésticas.	Detecta cambios en la temperatura y movimiento. Detecta variaciones de energía en el espacio correspondiente.
De movimiento por microondas	Sensores activos.	Vigilancia.	Emite pulsos a través del llamado efecto "Doppler". Las ondas rebotan en la superficie y detectan los cambios.
Por ultrasonidos	Sensores activos.	Vigilancia.	Emiten pulsos de ultrasonidos.
Por vibración	Sensores activos.	Vigilancia.	Detectan las vibraciones sobre las superficies en las que se encuentran colocados.
Duales	Sensores duales.	Domótica. Vigilancia.	Combinan receptores pasivos y activos. Tienen mayor confiabilidad ante falsas alarmas.
Reflexivos	Sensores activos.	Vigilancia.	Emiten un haz de luz LED que une el emisor y el receptor. Si un cuerpo obstruye el haz, suena la alarma.
De contacto	Sensores activos.	Vigilancia.	Son lo más económicos. Se disparan cuando se abre la puerta o ventana a las que están sujetos.

Fuente: MonederoSmart (2019). *Que son los sensores de movimiento*. Consultado el 29 de julio de 2020. Recuperado de [https://www.monederosmart.com/sensores-de-movimiento/#Que\\_son\\_los\\_sensores\\_de\\_movimiento](https://www.monederosmart.com/sensores-de-movimiento/#Que_son_los_sensores_de_movimiento).

## **7.15. Fuente alternativa de energía**

Se requiere de un dispositivo que nos permita mantener la alimentación eléctrica a los sensores el tiempo necesario en que enciende el grupo electrógeno y la transferencia toma la carga, para evitar pierda la alimentación y se apague dando falla en el sistema.

### **7.15.1. Inversor AC-DC**

En la instalación de los sensores con voltaje de alimentación en VAC, se tiene el inconveniente que al tener micro cortes o cortes total de la red comercial se verán afectados por la falta de energía mientras el grupo electrógeno se enciende y energía todo el sitios lo que afectaría enviando falsas señales.

Para evitar estos inconvenientes se requiere de un inversor que funcione como respaldo ante dichos eventos, la forma de funcionar es que el Inversor .se alimente de 12 VDC de la batería del grupo electrógeno y alimente con 120 VAC los sensores (MppSolar, 2020).

Existen dos tipos de inversores los de onda pura son más caros y los de inversores de onda modificada son más económicos, la diferencia es la forma en que generan la forma de la onda sinusoidal al que suministra la red comercial, el más económico pueda ser que no funciones con ciertos equipos o incluso los dañe y eso se debe a la forma que está fabricado por la calidad de los filtros que utiliza (Coelectrix, 2018), en la figura 19 se presenta un inversor como muestra del equipo.

Figura 19. **Inversor de corriente 300W onda sinusoidal pura**



Fuente: Coelectrix (2018). *Inversores de corriente*. Consultado el 29 de julio de 2020.  
Recuperado de <https://coelectrix.com/inversor-de-corriente>.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sitios de telefonía móvil

2.1.1. Concepto básico

2.1.2. Cómo funciona una red de telefonía

2.1.3. Tipos de distribución o infraestructura de sitios de telefonía móvil

2.2. Grupo electrógeno

2.2.1. Diferencia entre grupo electrógeno y generador eléctrico

2.2.2. Tipo de grupos electrógenos

2.2.2.1. Enfriados por aire

2.2.2.2. Enfriado por agua

2.2.3. Funcionamiento básico de un grupo electrógeno



- 2.2.4. Funcionamiento del generador eléctrico de corriente alterna
    - 2.2.4.1. Generadores autoexcitados
    - 2.2.4.2. Generadores con excitación independiente
  - 2.2.5. Módulos de control
    - 2.2.5.1. Descripción general
    - 2.2.5.2. Arquitectura del módulo de control
    - 2.2.5.3. Sensores utilizados
    - 2.2.5.4. Parámetros configurables en el módulo de control
    - 2.2.5.5. Voltaje de operación
    - 2.2.5.6. Entradas digitales
    - 2.2.5.7. Entradas analógicas
    - 2.2.5.8. Salidas
  - 2.3. Sistemas de gestión y monitoreo remoto
  - 2.4. Diseño de instalaciones para protección remota
    - 2.4.1. Evaluación de infraestructura física del sitio
    - 2.4.2. Canalización
    - 2.4.3. Cableado
  - 2.5. Tipos de sensores de movimiento a utilizar
  - 2.6. Fuente alternativa de energía
    - 2.6.1. Inversor AC-DC
3. RECOLECCIÓN DE DATOS
- 3.1. Evaluación del estado del grupo electrógeno
  - 3.2. Evaluación del panel de control de grupo electrógeno
  - 3.3. Determinación de tipo de daño del grupo electrógeno

4. DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL MONITOREO REMOTO
5. INSTALACIÓN DE SENSORES PERIMETRALES PARA MONITOREO
6. DETERMINACIÓN DE COSTO BENEFICIO Y DE AHORRO ENERGÉTICO
7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES



## 9. METODOLOGÍA

### 9.1. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo cuantitativo descriptivo. En este se implementará un sistema de protección de acceso remoto para un sitio de telefonía móvil integrado en el grupo electrógeno, a través de un ensayo a pequeña escala, para poder reducir el índice de robo y daño a los equipos dentro de los sitios.

### 9.2. Definición de variables

A continuación, en la tabla II se presentan las definiciones de las variables de éste estudio.

Tabla II. Definición de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Consumo de combustible	Cantidad de combustible consumido.	Se medirá en galones a partir de toma de inventario según registro del mantenimiento en galones, Gl.
Corriente eléctrica	La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica que recorre un material, debido al movimiento de cargas en el interior del mismo en un circuito eléctrico en función del tiempo.	Se medirá en amperios, utilizando un medidor especializado amperímetro para el rango elegido.
Energía eléctrica	Es el producto de la potencia de un dispositivo por el tiempo empleado.	Su unidad de medida es el kWh y utilizando un medidor especializado vatímetro para el rango elegido.

Continuación tabla II.

Frecuencia	La frecuencia es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico.	Se medirá en hercios (Hz), utilizando un medidor especializado para el rango elegido.
Operación y mantenimiento del grupo electrógeno	Se mide el valor monetario del costo del equipo en función del uso en un período determinado.	El costo de mantener el equipo en condiciones óptimas de operación, se mide en moneda nacional GTQ o en moneda americana USD.
Tiempo	Se considera el período determinado en el cual se realiza una acción.	Se emplea las medidas en minutos utilizando un cronómetro.
Voltaje de batería	Es la energía por unidad de carga que proporciona una pila o fuente de alimentación.	Se medirá en voltios (V), utilizando un medidor especializado para el rango elegido.
Voltaje	La tensión eléctrica o diferencia de potencial (también denominada voltaje) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.	Se medirá en voltios (V), utilizando un medidor especializado para el rango elegido.

Fuente: elaboración propia.

### 9.3. Fases del estudio

A continuación, se presenta la descripción de las fases del estudio.

#### 9.3.1. Fase 1: exploración bibliográfica

En esta primera fase se revisará toda la bibliografía pertinente para la explicación del tema de estudio y de todos sus componentes. Con esta información se establecerá la base para implementar el sistema de protección remoto de acceso para un sitio de telefonía móvil integrado en el grupo electrógeno, lo que permitirá ampliar conceptos y definiciones puntuales de la operación del grupo electrógeno.

### 9.3.2. Fase 2: recolección de datos

Debido a que esta investigación está basada en la implementación de un sistema de gestión y monitoreo remoto que se llevará a cabo mediante la utilización de las herramientas disponibles para los paneles de control *InteliLite*, que para la recolección de datos es necesario la utilización de equipos de medición como multímetro de gancho (*Fluke*) para medir los parámetros que determinan el funcionamiento adecuado del grupo electrógeno del caso de estudio y se derivarán en distintas etapas siendo estas:

- Evaluación del estado del grupo electrógeno.

Se debe evaluar el estado en que se encuentra el grupo electrógeno. Esto se presenta en la tabla III electrógeno.

Tabla III. Estado del grupo electrógeno

Pregunta	Respuesta SI	Respuesta NO
¿El grupo electrógeno está en condiciones de funcionar?		
¿Tiene combustible diésel para funcionar?		
¿Hay indicios de daño o sabotaje visible en el equipo?		

Fuente: elaboración propia.

Se debe tomar en cuenta los valores nominales de los parámetros eléctricos del estado del grupo electrógeno en los bornes de salida al estar operando como se observa en la tabla IV.

Tabla IV. **Datos de operación del grupo electrógeno**

Símbolo	Descripción	Dato
V	Voltaje medido en la salida	
RPM	Revoluciones por minuto	
F	Frecuencia	

Fuente: elaboración propia.

- Evaluación del panel de control del grupo electrógeno

Para implementar la tarjeta de comunicación descrita en el marco teórico en la figura 15 que se instala dentro panel de control también definido en el marco teórico en la figura 14 porque ambos tienen que ser compatible por lo que se hace la siguiente tabla V para seguir el proceso.

Tabla V. **Tipo de panel del grupo electrógeno**

Pregunta	Respuesta SI	Respuesta NO
¿Tiene panel de control marca Intelilite AMF25?		
¿Funciona el panel de control existente?		
¿Tiene slot disponibles para implementar la tarjeta?		

Fuente: elaboración propia.

### 9.3.3. Fase 3: riesgos de daño del grupo electrógeno

El daño que puede sufrir un grupo electrógeno depende del tiempo que tengan los ladrones en el sitio, lo que les permite ocasionar desde un leve daño hasta un daño severo, llegando a dejar inservible el grupo electrógeno, por lo que se hace necesario contestar las siguientes tablas según sea el caso.

En la tabla III, si alguna respuesta es No, completar los datos en la tabla VI.

Tabla VI. **Listado de equipo dañado o robado**

Pregunta	Dañado por uso	Robado
Alternador		
Batería		
Cableado eléctrico, arnés de control y potencia		
Cargador de batería		
Diésel		
Estárter o motor de arranque		
Mangueras de combustible o refrigerante		
Panel de control		
Radiador		

Fuente: elaboración propia.

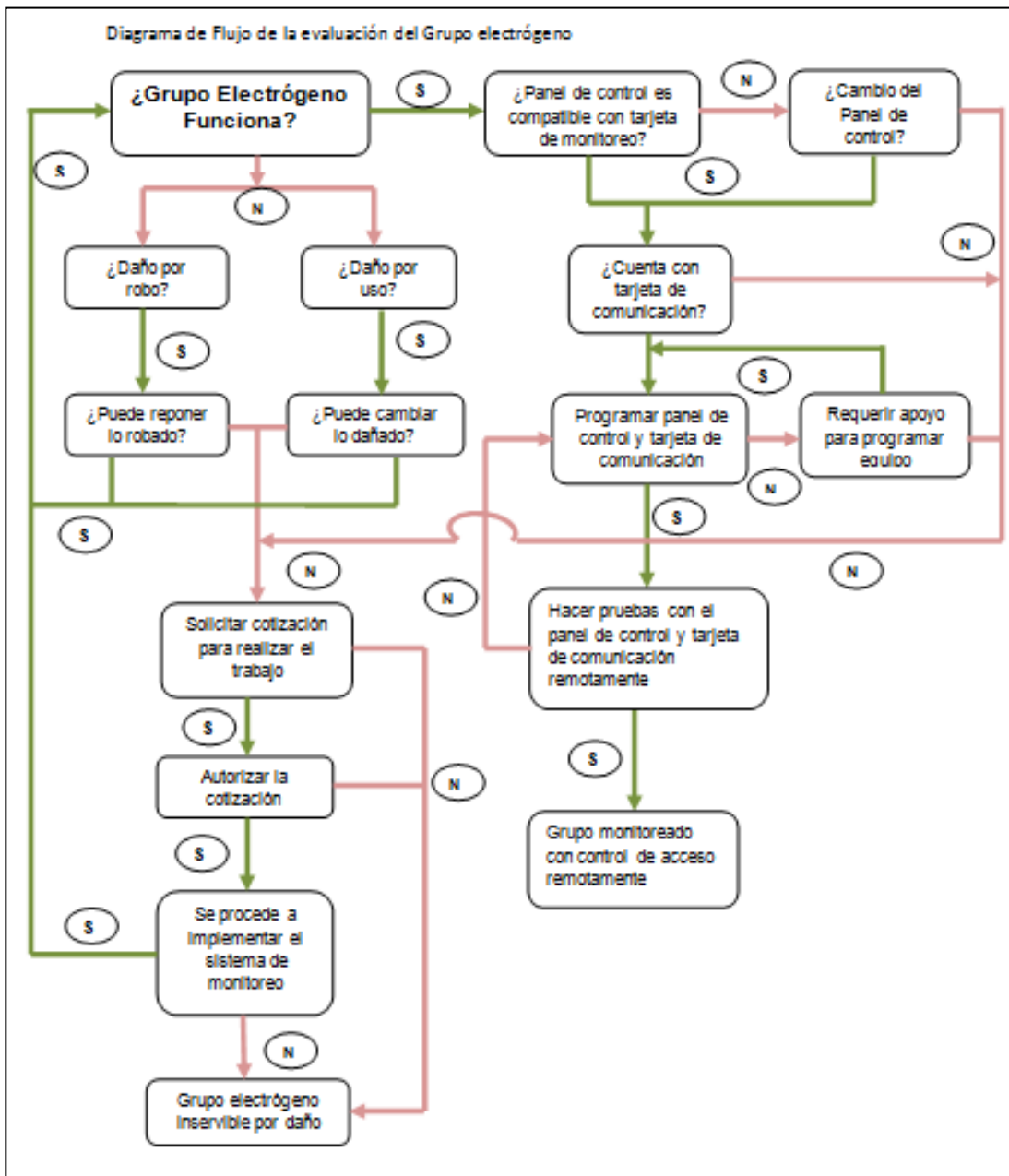
#### **9.3.4. Fase 4: determinación de viabilidad del monitoreo remoto**

Si los componentes del grupo electrógeno no tienen los requisitos mínimos para poder implementar un monitoreo este no se puede dar, por lo mismo es necesario determinar si el grupo electrógeno es candidato para implementar un monitoreo remoto, a continuación se presenta un diagrama de flujo para la toma de decisión de la instalación de un monitoreo remoto en cualquier grupo electrógeno.

Se presenta el diagrama de flujo para determinar si es factible la implementación del sistema de monitoreo en el grupo electrógeno con el panel *InteliLite*, para tener control de acceso al sitio, vía remota, ver figura 20.



Figura 20. Diagrama de flujo






Fuente: elaboración propia.

Con base en la viabilidad del grupo electrógeno se puede implementar el monitoreo remoto donde se instala la tarjeta de comunicación que se adecúa al panel de control *InteliLite* AMF 25 de la mejor manera, siendo la explicada en el marco teórico, se presentan una secuencia donde se aprecia mejor su implementación, programación y visualización del sistema que se instalará en el monitoreo remoto de la línea ComAp.

Proceso para instalar y programar la tarjeta de comunicación control CM-4G-GPS en la secuencia, (ComAp, 2016). Ver tabla VII.

Tabla VII. **Instalación de módulo de comunicación remoto y visualización de parámetros**

Descripción	Imagen
Tarjeta de comunicación sin SIM propuesta a ser instalada en el panel de control <i>InteliLite</i> AMF 25.	
Tarjeta de comunicación con SIM, donde se instala en el panel de control.	
Software de programación de tarjeta de comunicación con SIM y parámetros de protección del grupo electrógeno.	

Continuación tabla VII.

<p>Software de programación de tarjeta de comunicación con SIM y parámetros de protección del grupo electrógeno.</p>	
<p>Interacción con el panel de control, lecturas que proporciona.</p>	
<p>Interacción con el panel de control, lecturas que proporciona.</p>	

Fuente: elaboración propia.

### 9.3.5. Fase 5: instalación de sensores perimetrales para monitoreo

Parte de la implementación del sistema de monitoreo es que deberán de instalar sensores de movimiento para determinar si alguna persona anda dentro del sitio sin autorización con lo cual ayudará a evitar el daño al grupo electrógeno y equipos de comunicación. Ver figuras 21 y 22.

Figura 21. **Instalación de sensores de movimiento y proximidad**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Cuilapa, Santa Rosa. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 22. **Ubicación de sensores de movimiento y proximidad**

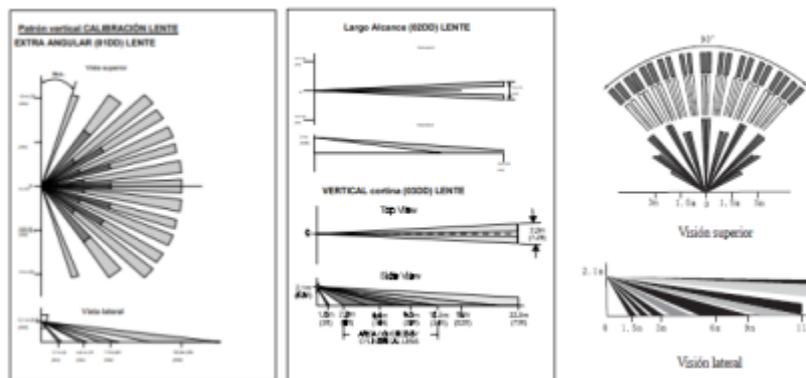


Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Cuilapa, Santa Rosa. 2020). Colección particular. Guatemala.

Indica Syscom (s.f.), la ubicación de los sensores depende del equipo o del área que se quiera proteger, por lo que el diseño es variado, para efecto de implementación, se dan las siguientes recomendaciones para tener la mejor cobertura en el caso en mención que son:

- Considerar los puntos más vulnerables de acceso, no necesariamente la puerta principal en nuestros casos.
- Tener en cuenta que el sensor a utilizar tiene que tener como mínimo los siguientes alcances de: visión lateral entre 6 y 20 metros y como visión superior entre 11 y 22 metros dependiendo del modelo a elegir y del diseño, ver figura 23.

Figura 23. **Especificaciones del detector de movimiento infrarrojo**



Fuente: Syscom (s.f.). *Detector doble elemento. Detección incluso en condiciones adversas.*

Consultado el 8 de agosto de 2020. Recuperado de

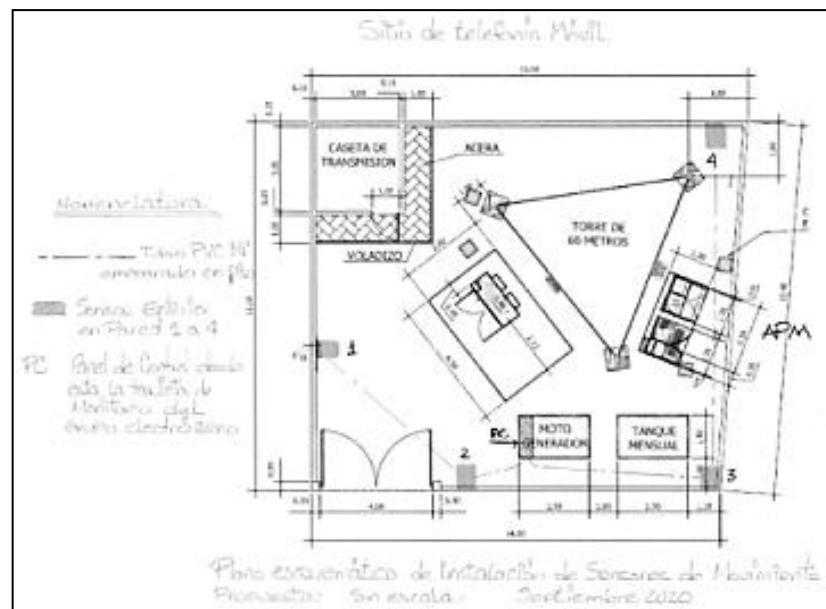
<https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2020/03/18/4ee0d/D&D%20Instructions.en.es.pdf>.

- La forma de montaje es para ser instalado sobre puesto en la pared, como se observa en las figuras 21 y 22.
- Tiene que ser configurable su sensibilidad y distancia en su alcance.
- No tiene que estar montado en superficies que absorban el calor, sea en puertas o frente a superficies reflectantes que sea brillante la pintura.

- No instalarlo encima de una puerta o ventana, tampoco en frente de una ventila de aire u objetos en movimiento.

Sin embargo es necesario hacer un estudio previo del área, ya que en la instalación de las alarmas siempre se enfoca en lo que se quiere proteger, por lo que se presenta el siguiente diseño cómo ejemplo, ver figura 24.

Figura 24. **Esquema de ubicación de sensores acorde a la necesidad**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Guatemala, Guatemala. 2020). Colección particular.  
Guatemala.

### 9.3.6. Fase 6: determinación de costos

La determinación de los costos varía dependiendo de la evaluación realizada al momento de visitar el sitio y determinar el grado del daño que tenga el mismo, con lo cual se hace necesario hacer el inventario de lo que se tenga

que arreglar o reponer para que el grupo electrógeno quede operando en forma automática. Por lo que se genera la tabla VIII, donde se tiene que incluir los accesorios o periféricos a remplazar en forma general.

Tabla VIII. **Listado de equipo dañado o robado**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Alternador	U			
2	Batería	U			
3	Cableado eléctrico, arnés de control y potencia	M			
4	Cargador de batería	U			
5	Diésel	Gl			
6	Estárter o motor de arranque	U			
7	Mangueras de combustible o refrigerante	U			
8	Panel de control	U			
9	Radiador	U			
10	Mano de obra por instalación	Global			
				Sub total	
				IVA 12 %	
				Total	

Fuente: elaboración propia.

Siempre que el valor de la instalación del sistema de monitorea sea menor que el valor de reposición de lo robado se obtendrá un beneficio en el costo. por lo que se hace la comparación para determinar cuánto se ahorra con dicha implementación, es necesario decir que los sitios son objeto de robos por lo que se tiene que considerar la comparación con un año de eventos ocurridos en el sitio, se presenta la tabla IX de costo de implementar el sistema de monitoreo.

Tabla IX. **Cálculo de implementar el sistema de monitoreo**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Panel de Control <i>InteliLite</i> AMF 25	U	1		
2	Tarjeta de comunicación y control CM-4G-GPS	U	1		
3	Cableado eléctrico, arnés de control y potencia	M	50		
4	Terminales y accesorios	Global	1		
5	Sensores de movimiento	U	4		
6	Inversor de voltaje DC-AC	U	1		
7	Tubería y accesorio de sensores	Global	1		
8	Cableado de sensores	Global	1		
9	Mano de obra por el trabajo	Global	1		
				Sub total	
				IVA 12 %	
				Total	

Fuente: elaboración propia.

### 9.3.7. Fase 7: determinación de los beneficios

Lo que se quiere obtener con la implementación del sistema de monitoreo remoto, se pretende reducir el daño ocasionado por el ingreso de ladrones al sitio que al dañar el equipo electrógeno deja sin respaldo de energía el sitio que en un momento determinado afecta la comunicación entre los usuarios del servicio, como se observa en la figura 25.



Figura 25. **Daño causado al grupo electrógeno**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Cuilapa, Santa Rosa. 2020). Colección particular.  
Guatemala.

Otro beneficio que se obtendrá es minimizar la contaminación ambiental que se tiene cuando derraman diésel al estar robando el mismo, ya que se tiene el dato de que con el derrame del diésel se contamina el suelo, los cultivos y el agua, siendo perjudicial al ser humano de cualquier manera, (Cavazos, Pérez y Mauricio, 2014), ver figura 26.

Figura 26. **Derrame de diésel por robo**



Fuente: [Fotografía de Justo Estrada]. (Cuilapa, Santa Rosa. 2020). Colección particular.  
Guatemala.

### **9.3.8. Fase 8: presentación y discusión de resultados**

En esta etapa se presentarán y se discutirán los resultados obtenidos en el estudio realizado.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la información obtenida para implementar el sistema de monitoreo de acceso remoto en el grupo electrógeno. Se realizará el análisis técnico económico y ambiental de la implementación, por lo que se compararán los costos para ver la viabilidad del proyecto y en el análisis ambiental se determina la cantidad del hidrocarburo ahorrado en la reposición del mismo al momento que se lo roban, por medio de tablas son utilizadas:

A continuación, se describen las herramientas de recolección de datos históricos de incidentes:

- Tabla de estado del grupo electrógeno.
- Tabla de datos de operación del grupo electrógeno.
- Tabla de tipo de panel de control del grupo electrógeno.
- Tabla de tipo de daño que tiene el grupo electrógeno.
- Diagrama de factibilidad para implementar el sistema.
- Tabla de instalación del módulo y visualización de parámetros de programación.
- Tabla de registro de incidentes del experimento
- Tabla determinación de costo por los daños del equipo.
- Tabla determinación de costo por implementar el sistema de monitoreo.

Las herramientas estadísticas son las siguientes:

- Promedio del costo del mantenimiento mensual.
- Promedio del costo de combustible consumido mensual,

- Gráfico de barras comparativos entre costo de implementación y costo de mantenimiento.
- Gráfico de frecuencia de eventos del experimento.
- Gráfico de frecuencias de incidentes históricos.

# 11. CRONOGRAMA

Tabla X. Cronograma de actividades

Actividad	Año 2021																	
	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	I	II	IV	I	II	IV	I	II	IV	I	II	IV	I	II	IV	I	II	IV
Fase 1: exploración Bibliográfica																		
Fase 2: recolección de datos																		
Fase 3: riesgos de daño del grupo electrógeno																		
Fase 4: determinación de viabilidad del monitoreo remoto																		
Fase 5: instalación de sensores perimetrales para monitoreo																		
Fase 6: determinación de costos																		
Fase 7: determinación de los beneficios																		
Fase 8: presentación y discusión de resultados																		

Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizará con recursos de la empresa de telecomunicaciones en apoyo al estudiante que estudia la maestría en Energía y Ambiente, detallando la inversión a cubrir en la siguiente tabla XI.

Tabla XI. Recursos necesarios para la investigación

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Panel de Control IntelliLite AMF 25.	U	1	Q 2,000.00	Q 2,000.00
2	Tarjeta de comunicación y control CM-4G-GPS.	U	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00
3	Cableado eléctrico, arnés de control y potencia.	M	50	Q 12.50	Q 625.00
4	Terminales y accesorios.	Global	1	Q 75.00	Q 75.00
5	Sensores de movimiento.	U	4	Q 250.00	Q 1,000.00
6	Inversor de voltaje DC-AC.	U	1	Q 425.00	Q 425.00
7	Tubería y accesorio de sensores.	Global	1	Q 275.00	Q 275.00
8	Cableado de sensores.	Global	1	Q 300.00	Q 300.00
9	Mano de obra por el trabajo.	Global	1	Q 850.00	Q 850.00
	Combustible.	Global	1	Q 250.00	Q 250.00
	Asesor de tesis.	Global	1	Q 2,500.00	Q 2,500.00
				Total	Q 9,800.00

Fuente: elaboración propia.

Siendo los recursos suficientes aportados por la compañía para la investigación, más el estudiante que costeará los gastos del asesor, combustible y mano de obra, se considera factible la realización del estudio.





### 13. REFERENCIAS

1. App Inventor. (s.f.). *¿Qué es?, ¿Cómo funciona?* [Mensaje de blog]. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/appinventorcuriosidades27/>.
2. Ariza, M. (4 de diciembre, 2015). *¿Cómo funcionan los teléfonos móviles?* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://innovationtechnologiestp.wordpress.com/2015/04/12/como-funcionan-los-telefonos-moviles/>.
3. Arrequip. (14 de abril, 2019). *Cálculo de diésel por hora que utiliza un grupo electrógeno.* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://arrequip.cl/como-calculan-la-cantidad-de-combustible-utilizada-por-un-generator/>.
4. Beltrán, C., Feldman, S. y Petenello, M. (Abril de 2014). Efecto del agregado de diésel-oil sobre algunos parámetros microbiológicos del suelo con y sin presencia de plantas. *Terra Latinoamericana*, vol 32(4), pp. 301-309.
5. Castillo, J. (2019). *Desarrollo de un plan de mantenimiento, basado en el modelo de gestión de calidad TPM, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones.* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12463/1/Jos%C3%A9%20Antonio%20Castillo%20Ch%C3%A1vez.pdf>.

6. Cavazos, J., Pérez, B. y Mauricio, A. (Octubre de 2014). Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelos agrícolas de Acatzingo, Puebla, México. *ASyD*, vol 11(4), pp. 539-550.
7. Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*. México: McGraw-Hill.
8. Coches.com. (27 de marzo, 2019). Motor de arranque: qué es y cómo funciona. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://noticias coches.com/consejos/motor-de-arranque-que-es-y-como-funciona/332703>.
9. Código Eléctrico Nacional. (2014). *Avisos y cláusulas exoneratorias concerniente al uso de documentos NFPA*. México: Código Eléctrico Nacional. Recuperado de [https://www.academia.edu/42674546/C%C3%B3digo\\_El%C3%A9ctrico\\_Nacional\\_2014\\_NFPA\\_70\\_Espa%C3%B1ol](https://www.academia.edu/42674546/C%C3%B3digo_El%C3%A9ctrico_Nacional_2014_NFPA_70_Espa%C3%B1ol).
10. Coelectrix. (29 de abril, 2018). Inversores de corriente. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://coelectrix.com/inversor-de-corriente>.
11. Colíndres, M. (2015). *Prototipo de aplicación móvil Android para la localización de vehículos con reporte de robo, hurto o estafa en Guatemala*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2829/1/Michael%20Antony%20Col%C3%ADndres%20Hern%C3%A1ndez.pdf>.

12. ComAp. (10 de agosto, 2016). Control CM-4G-GPS. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.comap-control.com/products/detail/cm-4g-gps>.
13. ComAp. (2 de junio, 2019). Control IntelliLite AMF 25. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.comap-control.com/products/detail/intelilite-amf25>.
14. ComAp. (2 de junio, 2020). Productos comunicaciones remotas. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.comap-control.com/products/features/remote-communications>.
15. Electra Molins. (4 de abril, 2020). ¿Qué tipos de grupos electrógenos existen? [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://electramolins.com/tipos-grupos-electrogenos/>.
16. EnVerd Generadores Eléctricos. (10 de junio, 2017). ¿Cómo funciona la autoexcitación en los generadores eléctricos?. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://generadoreselectricos.org/blog/como-funciona-autoexcitacion/>.
17. Fernández, F. y Duarte, J. (Octubre, 2015). Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico. *Entramado*, vol 11(2), pp. 262-271.
18. Generadores Eléctricos. (s.f.). Diferencia entre un grupo electrógeno y un generador eléctrico. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://generadoreselectricos.pro/diferencias-grupo-electrogeno-generador-electrico/>.

19. Herrera, R. (2018). *Análisis de la gestión de mantenimiento proactivo con base al diagnóstico de fallas recurrentes y normas de mantenimiento del fabricante Brush de generadores eléctricos, para un generador trifásico modelo BDAX 82.445 ERH de 160 MVA.* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10259/1/Ronald%20Ottoniel%20Herrera%20D%C3%ADaz.pdf>.
20. Joskowicz, J. (2015). *Conceptos básicos de telefonía.* Montevideo, Uruguay: Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería. Recuperado de: <https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Conceptos%20Basicos%20de%20Telefonia.pdf>.
21. León, M. (2015). *Infraestructura para una BTS de telefonía móvil urbana.* (Tesis de maestría). Universidad de Sevilla, España. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12306/fichero/Infraestructura+para+una+BTS+urbana.pdf>.
22. Massimobrotto. (22 de febrero, 2018). Alternador para grupo electrógeno. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://massimobrotto.com/category/grupos-electrogenos/>.
23. MonederoSmart. (6 de febrero, 2019). Que son los sensores de movimiento. [Mensaje de blog]. Recuperado de [https://www.monederosmart.com/sensores-de-movimiento/#Que\\_son\\_los\\_sensores\\_de\\_movimiento](https://www.monederosmart.com/sensores-de-movimiento/#Que_son_los_sensores_de_movimiento).

24. Morillo, E. (25 de mayo, 2019). Diferencias entre grupos electrógenos y generadores eléctricos ¿Cuál usar? [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://morillo.es/diferencias-entre-grupos-electrogenos-y-generadores-electricos-cual-usar/>.
25. MppSolar. (2 de junio, 2020). Como funciona un inversor. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.equipar.es/el-mejor-inversor-de-corriente-barato/>.
26. Ochoa, A. (2016). *Diseño e implementación de una interfaz de control y monitoreo de un Dron de vigilancia para un parque o área verde de recreación*. (Tesis de maestría). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/8937/1696-Ochoa%20Perez%2c%20Alan%20Elvis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
27. Ortiz, G. (2018). *Implementación del sistema GPS e indicadores de desempeño para el control y monitoreo de los técnicos ruteros de una empresa de servicios informáticos y de telecomunicaciones, para incrementar su productividad y competitividad*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10322/1/Gabriel%20Jos%C3%A9%20Ortiz%20Flores.pdf>.
28. ProgramoErgoSum. (s.f.). ¿Qué es AppInventor? [Mensaje de blog]. Recuperado de: <https://www.programoergosum.com/cursos-online/appinventor/27-curso-de-programacion-con-app-inventor/primeros-pasos>.

29. Rivera, S. (2007). *Especificaciones técnicas para la construcción de sitios de telefonía celular*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2748\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2748_C.pdf).
30. Sánchez, M. (2009). *Módulos de control utilizados en motogeneradores de emergencia*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0159\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0159_ME.pdf).
31. SELMEC. (2019). *Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas Eléctricas*. Guatemala: Grupo Condumex.
32. Syscom. (s.f.). Detector doble elemento. Detección incluso en condiciones adversas. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://ftp3.syscom.mx/usuarios/ftp/2020/03/18/4ee0d/D&D%20Instructions.en.es.pdf>.
33. Tecnicos Carpi. (s.f.). Grupos Electrógenos 30KVA con motor diésel Deutz serie DA30E. [Mensaje de blog]. Recuperado de <http://www.tecnicosgruposeselectrogenos.com/es/11-60-kva/5395-grupo-electrogeno-30-kva-con-motor-diésel-deutz-serie-da30e.html>.
34. Tecnología. (s.f.). Telefonía móvil. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/telefonía-movil.htm>.
35. Térmicas, M. (s.f.). Máquinas Térmicas. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://sites.google.com/site/maquinastermicas14/4-combustion-interna/4-3-los-motores-diésel>.

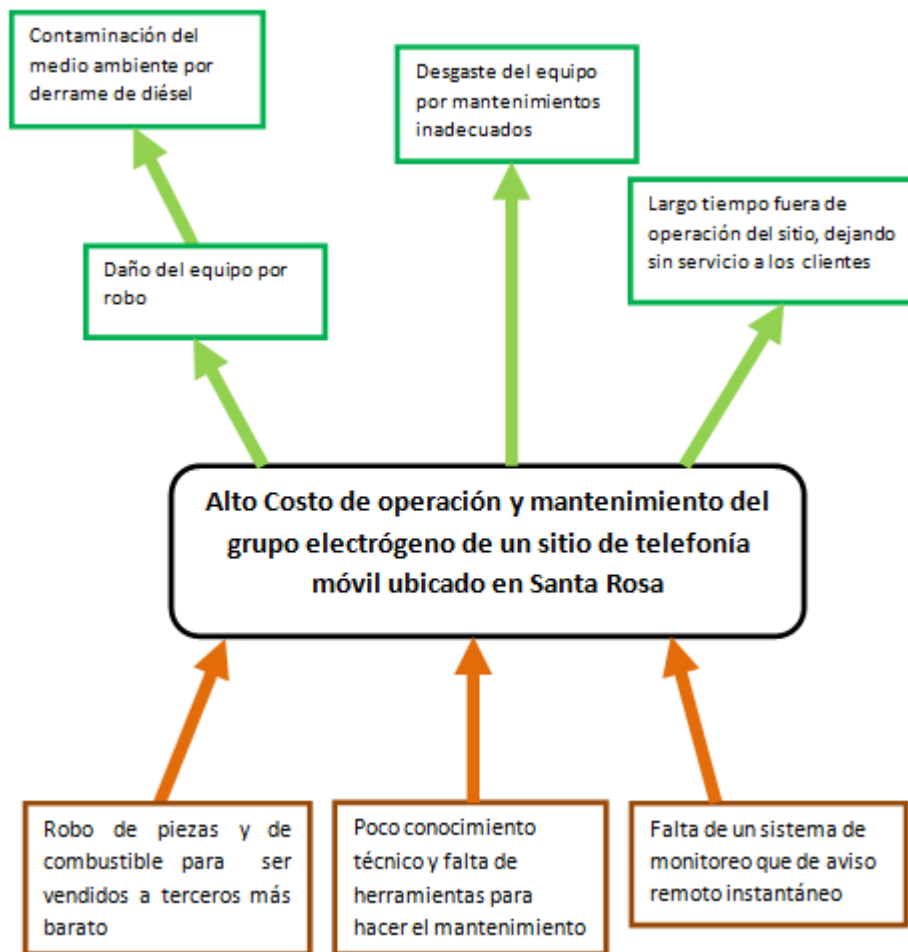
36. Torres, H. y Alarcón, A. (5 de enero, 1983). Generador de Inducción auto-excitado. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingeinv/article/view/28880/29179>.
37. Ventageneradores.net. (5 de julio, 2018). Los sistemas de refrigeración de los grupos electrógenos. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.ventageneradores.net/blog/sistemas-refrigeracion-grupos-electrogenos/>.
38. Yerro, N. (2019). *Diseño y construcción de un sistema de monitoreo remoto de instalaciones automáticas*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Recuperado de <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/394/NYerroAvincetto-TFG-IEI-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.





## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. **Árbol de problema**



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Problema	Objetivos	Variables	Metodología	Plan de acción
<b>Pregunta principal:</b> ¿Cómo implementar un sistema de protección remoto de acceso para un grupo electrógeno en un sitio de telefonía móvil?	<b>Objetivo principal:</b> Implementar un sistema de protección remoto de acceso para un sitio de telefonía móvil integrado en el grupo electrógeno.	Determinar el estado de funcionamiento del grupo electrógeno.	Exploración bibliográfica de los equipos a implementar, Tarjeta GPS, Panel de Control <i>InteliLite ComAp</i> , sensores de movimiento.  Cuestionario de conocimiento de operación del grupo electrógeno a los encargados del mantenimiento del grupo electrógeno.	Implementar el equipo de control dentro del panel del grupo electrógeno (2 días)
<b>Pregunta auxiliar:</b> 1. ¿Qué riesgos se presentan actualmente para el funcionamiento del grupo electrógeno en el sitio de telefonía móvil?	<b>Objetivo secundario:</b> 1. Detallar los riesgos que se presentan actualmente para el funcionamiento del grupo electrógeno en el sitio de telefonía móvil.	Tipos de componentes del grupo electrógeno.	Exploración de la existencia de los repuestos en el mercado de Guatemala o de importación.  Revisar historial de incidencia de robo  Revisar historial de incidencia de falla.	Hacer una lista de los componentes dañados del grupo electrógeno.
<b>Pregunta auxiliar:</b> 2. ¿Cuál es la mejor alternativa de monitoreo de acceso para el sitio de telefonía móvil?	<b>Objetivo secundario:</b> 2. Establecer la mejor alternativa de monitoreo de acceso para el sitio de telefonía móvil.	Tipos de tarjeta de comunicación GPS.  Tipos de panel de control instalados en los grupos electrógeno.  Software de programación para la tarjeta y panel de control.  Distribución eléctrica y tuberías de acceso a los puntos de interés dentro del área a proteger.  Costos de instalación de la infraestructura.  Valor de voltaje de control AC y de potencia DC.	Exploración bibliográfica de los elementos a utilizar en la implementación del sistema de protección.  Observación de la distribución de la instalación eléctrica en el sitio con el grupo electrógeno.  Evaluación de costo de los cambios que sean necesarios para implementar el sistema.	Hacer mediciones de los parámetros eléctricos de la instalación y del grupo electrógeno (2 días).  Instalación de dispositivos de control (1 día).  Programar tarjeta y panel de control (1 día).  Realizar encuesta sobre mejoras en la protección (2 días)

## Continuación apéndice 2.

<b>Pregunta auxiliar:</b> 3. ¿Cómo se medirá el impacto de la instalación de un sistema de monitoreo?	<b>Objetivo secundario:</b> 3. Identificar el impacto de la instalación de un sistema de monitoreo.	Falsas alarmas por detección por movimiento por presencia de un animal.	Evaluar el tiempo de respuesta de la atención de la falla del grupo electrógeno.	Análisis de los datos de incidencias reportadas en la atención de fallas del grupo electrógeno. (30 días)
		Sensibilidad del equipo de detección de movimiento.	Evaluar el costo de operación del grupo electrógeno por atención de fallas.	Medir costo de operación del grupo electrógeno después de instalar el equipo de control de acceso. (30 días)
<b>Pregunta auxiliar:</b> 4. ¿Qué beneficios se obtiene con la instalación de un sistema de monitoreo de acceso?	<b>Objetivo secundario:</b> 4. Determinar los beneficios que se obtienen con la instalación de un sistema de monitoreo de acceso.	Ahorro de combustible.	Análisis financiero. Análisis del tiempo de operación del grupo electrógeno.	Realizar el análisis del costo de operación del grupo electrógeno. (30 días)
		Continuidad en la operación del grupo electrógeno.		

Fuente: elaboración propia.