



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y

ARQUITECTURA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

SMART GRIDS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL

DISTRITO DE MOQUEGUA PARA MEJORAR

LA CONFIABILIDAD, AÑO 2017

PRESENTADA POR

BACHILLER ALDO CALDERON QUISPE

ASESOR

MGR JUVENAL ANTONIO QUISPE FLORES

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

ELÉCTRICO

MOQUEGUA – PERÚ

2019

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema	1
1.2. Definición del problema	1
1.2.1. Problema general	1
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación	2
1.5. Alcances y limitaciones	3
1.6. Variables	3
1.6.1. Operacionalización de variables	4

1.7. Hipótesis de la investigación	5
1.7.1. Hipótesis general	5
1.7.2. Hipótesis específicas.....	5

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Bases teóricas.....	9
2.3. Definición de términos	12

CAPÍTULO III
MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación.....	14
3.2. Diseño de la investigación	14
3.3. Población y muestra.....	14
3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos	15

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados	16
4.2. Contrastación de hipótesis	39
4.3. Discusión de resultados	40

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
MATRIZ DE CONSISTENCIA	45
APÉNDICES.....	46
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	4
Tabla 2. Alimentadores y sub estaciones existentes en Moquegua.....	19
Tabla 3. Listado de sub estaciones.....	21
Tabla 4. Listado de postes de redes secundarias sección a.....	22
Tabla 5. Listado de postes de redes secundarias sección b.....	23
Tabla 6. Reporte de fallas año 2017 sección a.....	24
Tabla 7. Reporte de fallas año 2017 sección b.....	25
Tabla 8. Cuadro de tiempo.....	28
Tabla 9. Simbología de componentes eléctricos.....	31
Tabla 10. Cuadro de tiempo aplicando Smart Grids.....	37
Tabla 11. Cuadro comparativo de tiempos estimados.....	38
Tabla 12. Matriz de consistencia.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de un Smart Grids.....	7
Figura 2. Elementos eléctricos de una red inteligente.....	11
Figura 3. Mapa de ubicación del proyecto.....	16
Figura 4. Mapa de ubicación del proyecto.....	18
Figura 5. Mapa de ubicación del proyecto.....	18
Figura 6. Mapa de ubicación del proyecto.....	18
Figura 7. Esquema del procedimiento de atención al cliente ante las fallas.....	27
Figura 8. Diagrama de sistema eléctrico con Smart Grids.....	30
Figura 9. Esquema del sistema eléctrico con Smart Grids.....	30
Figura 10. Diagrama unifilar del sistema eléctrico con Smart Grids.....	31

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. plano 01 (ubicación de las sub estaciones).....	47
Apéndice B. plano 02 (ruta de alimentadores existentes en Moquegua).....	47
Apéndice C. plano 03 (diagrama unifilar).....	47
Apéndice D. encuestas realizadas en campo (procedimiento de atención ante las fallas sin Smart Grids y con Smart Grids).....	49
Apéndice E. plano 04 (ubicación de reconectores en la terna D).....	47
Apéndice F. tiempo promedio del procedimiento de atención ante las fallas sin Smart Grids y con Smart Grids).....	49

RESUMEN

Un Smart Grids es una red en la que los circuitos hablan por sí solas y que es capaz de vigilar su consumo. Se trata de una instalación en la que el consumo será visible en todo momento y no solo a través de la factura del recibo de luz, se podrá monitorear y medir el comportamiento eléctrico de cada uno de los aparatos que están conectados a la infraestructura, para lograr este objetivo se incorporarán al Smart Grids un sistema de control de monitorización, capaz de responder automáticamente a las interrupciones del abastecimiento de la energía eléctrica, así se alcanzará una situación en la que tanto el usuario como el distribuidor cuenten con más información acerca del consumo, y en la que se haga un uso más responsable en todo su ciclo desde los alimentadores hasta el sistema doméstico, para este proyecto de todas las ternas existentes en el distrito de Moquegua se ha tomado como modelo la terna D, porque tiene mayor distancia y mayor carga que las demás, que es abastecida por el alimentador O-782 de la sub estación San Antonio perteneciente a la empresa Electrosur s.a.

Palabras clave: sistema de control, redes inteligentes, terna D.

ABSTRACT

A Smart Grids is a network in which the circuits speak for themselves and are able to monitor their consumption. It is an installation in which the consumption will be visible at all times and not only through the electricity bill, you can monitor and measure the electrical behavior of each of the devices that are connected to the infrastructure, to achieve this objective, a monitoring control system will be incorporated into the Smart Grids, capable of automatically responding to interruptions in the supply of electricity, thus achieving a situation in which both the user and the distributor have more information about consumption, and in which a more responsible use is made throughout its cycle from the feeders to the domestic system, for this project of all the existing lists in the district of Moquegua the model D has been taken as a model, because it has greater distance and greater load than the others, which is supplied by the O-782 feeder of the San Antonio sub station belonging to the company Electrosur s.a.

Keywords: control system, Smart Grids, terna D.

INTRODUCCIÓN

En esta tesis se presenta un estudio sobre la implantación de las redes inteligentes o Smart Grids, puesto que es relativamente sencillo encontrar información acerca de qué es un Smart Grids y qué beneficios proporciona y confirmar que realmente es beneficiosa una renovación de la red tradicional o convencional, el estudio analiza las razones que han incitado el cambio de las tradicionales redes convencionales a un Smart Grids como por ejemplo cuando hay un corte de energía eléctrica el personal técnico de ElectroSur procede a restablecer el servicio eléctrico sin embargo los cortes son frecuentes el cual ocasiona que el personal tenga que realizar inspecciones visuales y detectar dónde está la falla, mientras tanto se presenta una considerable pérdida de tiempo, se debe tener en cuenta que los usuarios de esta zona necesitan que cuando haya este tipo de eventos, la solución sea rápida e inmediata ya que la energía eléctrica es de suma importancia, la gran contribución de este proyecto es precisamente lograr disminuir el tiempo de respuesta al restablecer la energía eléctrica en el sistema de distribución del distrito de Moquegua para mejorar la confiabilidad, para ello de todas ternas existentes en el distrito de Moquegua se ha tomado como modelo la terna D, ya que tiene mayor distancia y mayor carga que las demás ternas, nuestra investigación beneficiara a la empresa prestadora de servicios a la vez al usuario, lo que se busca con esta investigación es también aumentar la capacidad del sistema de distribución para hacer frente a los cortes intempestivos que se presenten.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la red de distribución de energía eléctrica del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto – región Moquegua, se presenta el problema de los cortes de energía eléctrica frecuentemente. En tal sentido, el personal de ElectroSur procede a reponer el servicio sin embargo los cortes son frecuentes lo cual ocasiona que el personal tenga que realizar inspecciones visuales y detectar dónde está la falla, lo cual acarrea una considerable pérdida de tiempo. Se debe resaltar que los usuarios de esta zona necesitan que cuando haya estos cortes, la solución sea inmediata ya que la energía eléctrica es de vital importancia.

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿Con la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el sistema de distribución del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto – región Moquegua Año 2017, se puede disminuir el tiempo de respuesta y mejorara su confiabilidad?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿A través de la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el Sistema de Distribución del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Región Moquegua Año 2017, se puede disminuir el tiempo de respuesta?

- ¿La confiabilidad en el Sistema de Distribución del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Región Moquegua Año 2017, tiende a mejorar con la implementación de una red inteligente (Smart Grids)?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Determinar si con la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el Sistema de Distribución del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Región Moquegua Año 2017, se puede disminuir el tiempo de respuesta y mejorar su confiabilidad.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Averiguar si a través de la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el Sistema de Distribución del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Región Moquegua, Año 2017 se puede disminuir el tiempo de respuesta.

- Determinar si la confiabilidad de la red de distribución en el sistema de distribución del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto – región Moquegua, Año 2017 mejorará con la implementación de una red inteligente (Smart Grids).

1.4. Justificación

Nuestra investigación beneficiara a la Empresa encargada de la operación y mantenimiento del sistema eléctrico en el sistema de distribución del distrito de

Moquegua, porque en un corte intempestivo el tiempo de respuesta será menor y a la vez al usuario de la zona, porque tendrá más confiabilidad, muchas de las actuales actividades de investigación y desarrollo relacionadas con Smart Grids comparten una visión común en cuanto a funcionalidad buscando aumentar la capacidad del sistema de distribución para hacer frente a las necesidades cambiantes de los servicios públicos y sus clientes.

1.5. Alcances y limitaciones

El alcance de la investigación comprende el sistema de distribución de energía eléctrica de red secundaria, con la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el sistema de distribución del distrito de Moquegua, como limitación tenemos la insuficiencia de las lecturas que se podrían tomar en campo y a la vez hacer una evaluación del tiempo sin energía productos de cortes, las restricciones para poder tomar mediciones entre otras.

1.6. Variables

1.6.1. Independiente.

1.6.1.1. Smart Grids.

Redes de electricidad que pueden integrar de manera inteligente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ellas con el fin de funcionar de manera eficiente, sostenible, económica y garantizar el suministro de electricidad.

1.6.2. Dependientes.

1.6.2.1. Tiempo de respuesta ante las fallas.

Es el tiempo transcurrido desde que un usuario da aviso al concesionario acerca de la falta de energía eléctrica, el mismo que concluye al restablecerse la misma.

1.6.2.2. Confiabilidad.

Capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista sin inconvenientes por un periodo de tiempo determinado o específico y bajo condiciones indicadas, el cual produce resultados consistentes y coherentes.

Tabla 1

Operacionalización de las variables

	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Unidad de medida	Escala
Independiente	Smart Grids	Redes de electricidad que pueden integrar de manera inteligente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ellas con el fin de funcionar de manera eficiente, sostenible, económica y garantizar el suministro de electricidad.	Sistema que registra, monitorea y controla desperfectos eléctricos en una red de distribución de manera autónoma	Adimensional (Cualitativa)	Nominal
	Tiempo de respuesta ante fallas	Tiempo que transcurre cuando se hace una petición y es recepcionada a la vez atendida, proceso en el que se detecta, procesa y se da respuesta	Tiempo en (segundos) que se emplea para restituir la operación del sistema eléctrico	Segundos	Continua
Dependientes	Confiabilidad	Capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista, es una función que expresa una probabilidad de sobrevivencia a través del tiempo	Porcentaje del tiempo efectivo de uso en relación al tiempo total de servicio	Porcentual	Continua

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

La implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el Sistema de Distribución del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Región Moquegua, Año 2017 disminuirá el tiempo de respuesta y mejorara su confiabilidad.

1.7.2. Hipótesis específicas.

- El tiempo de respuesta con la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el sistema de distribución del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto – región Moquegua Año 2017, disminuirá considerablemente respecto de la red actual.

- A través de la implementación de una red inteligente (Smart Grids) en el sistema de distribución del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto – región Moquegua Año 2017 la confiabilidad se mejorara considerablemente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En el presente trabajo empezaremos por hacer referencia a Camacho (2012), quien señala que el concepto de una “Red Inteligente” es complejo y no puede definirse en pocas palabras, este tema encierra un gran número de conceptos, términos y tecnologías, pero sin embargo de una forma simple y sencilla se puede dar a determinar como: una red que integra la generación centralizada a través de grandes plantas generadoras de energías, con la generación distribuida en pequeña escala de energías renovables, el cual el usuario accede a consumir y enviar energía a la red, en conclusión por parte de la demanda de la red se puede transformar en una fuente o en un pozo de energía de una forma controlada (p. 34).

Fernández (2019), señala que la función que realizan en el presente los distribuidores de energía eléctrica deberá acomodarse poco a poco a la nueva realidad de las redes de distribución de energía eléctrica, el objetivo principal de partida de las empresas de distribución seguirá siendo la de respaldar un buen servicio de distribución de electricidad eficiente, aunque para ello deberán proporcionar la integración ordenada de los recursos energéticos distribuidos y de nuevos componentes como el vehículo eléctrico, de esta forma algunas de las

tecnologías que se han comenzado a instalar en las redes de distribución en estos últimos años, mejoraran y experimentarán un mayor desarrollo, como los sistemas de comunicación y gestión de información que faciliten reducir la información almacenada que proviene de los contadores inteligentes y mejorará poco a poco la introducción de procesos automatizados de operación del sistema de distribución. En una fase más avanzada de este proceso, aparecerá la necesidad de lograr una gestión integral del sistema de distribución, con los sistemas cada día más avanzados de comunicaciones y procesos de control de la red con mayor automatización (p. 13).

Por otro lado Velasco (2012) señala que en el presente los sistemas eléctricos operan cada vez más cercanos a los límites de estabilidad, por eso es necesario y fundamental la transición hacia los nuevos sistemas de transmisión que respalden la eficiente entrega de la energía eléctrica, evitando con ello cortes de energía que generen pérdidas significativas en la economía (p. 34).

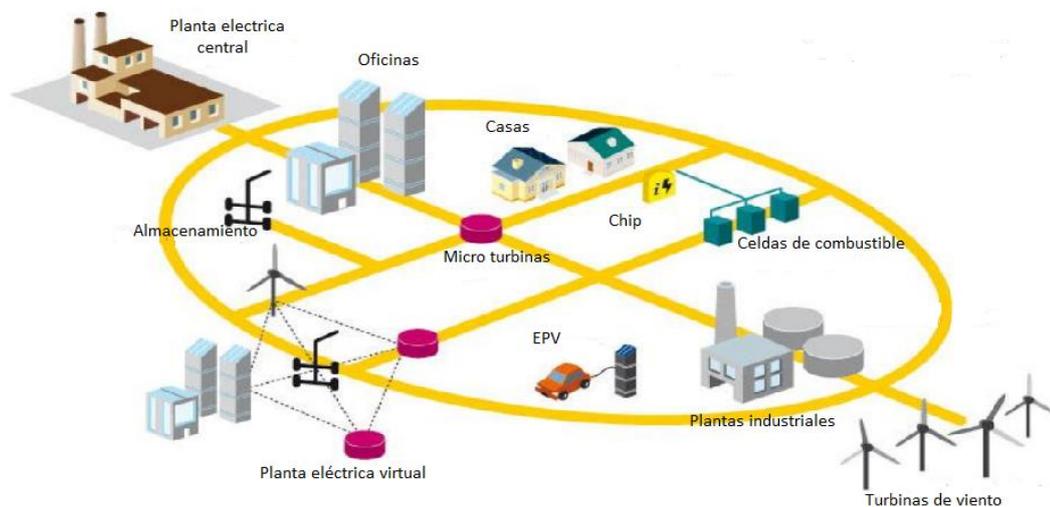


Figura 1. Esquema de un Smart Grids

Fuente: López, 2016

2.1.1. Antecedentes de la aplicación en redes de distribución y su eficiencia.

Es importante resaltar los aportes de Lee (2012) quien indica que en América Latina y el Caribe en el sector energético confrontan una serie de desafíos en los países de la región, el consumo de energía va de la mano con el crecimiento económico y por lo tanto realiza presión para que los países aumenten sus capacidades de generación, transmisión y distribución con la finalidad de garantizar la disponibilidad de energía quiere decir, su seguridad energética, hoy en día los países se enfrentan a grandes desafíos que implica sumar su eficiencia energética y la porción de energía renovable en sus matrices energéticas.

La seguridad energética, la eficiencia energética y para el futuro del sector energético las energías renovables son primordiales para la región, se proyecta retos importantes en la integración de la energía renovable en las redes existentes, para tomar estas cuestiones es necesario hacer cambios normativos, introducir un enfoque holístico de tal forma que los consumidores finales y sus redes gestionan el uso de la energía, algunos países como Italia y República de Corea han adoptado nuevos modelos de distribución que promueven la gestión de la demanda para mejorar la eficiencia energética y facilitar la introducción de la energía renovable, estos conceptos necesitan un nuevo sistema de distribución que actúen con mayor precisión y flexibilidad a los cambios de la gestión de la demanda de energía y un cambio en el concepto actual de la red unidireccional, en conclusión lograr que las redes sean más inteligentes, respecto a la implementación de redes inteligentes, hay muchas alternativas con distintos niveles de sofisticación, sin embargo entre las distintas formas de implementación son estándares las tecnologías avanzada de comunicación que facilitan una mejor disposición de los activos de los sistemas de

energía existentes y el acceso de los consumidores a una amplia gama de servicios, una red inteligente implica la combinación de infraestructura eléctrica e infraestructura de telecomunicaciones, suelen tener características propias la mayoría de las redes inteligentes, una red inteligente facilita una interfaz entre los aparatos de consumo y los recursos tradicionales de generación, transmisión y distribución de energía, la comunicación bidireccional facilita que los consumidores tengan un mejor control del consumo de energía de sus electrodomésticos (pp. 5-6).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Redes de distribución eléctrica-evolución hacia las Smart Grids.

Castro (2013) establece que en este capítulo se evalúa la evolución de la red eléctrica actual hacia el paradigma de la red inteligente o Smart Grids, para ello se tendrá presente o en cuenta fundamentalmente cuestiones relativas a la automatización de los centros de transformación y la generalización de los sistemas avanzados de gestión de la distribución, no obstante a ello no significa que la problemática no vaya más allá de los centros de transformación ni que sólo se vayan a automatizar estos centros y las subestaciones, ya que se espera que todos los activos sin excepción alguna tanto los nodos así como las líneas de la red de distribución vayan a experimentar cambios ya bien sea para desarrollar la tecnología necesaria o bien para implementar la tecnología disponible en la red, la obligación de instalar contadores inteligentes y sistemas de telegestión supone una oportunidad para poder conocer mejor lo que ocurre en la red de baja tensión por lo que hoy en día el reto de poder evolucionar hacia una red más automatizada recae en gran medida, sobre el tramo de red que se encuentra entre las subestaciones,

centros de transformación y los contadores, esta es la razón por el cual, una vez analizado el contexto europeo y español en relación a los contadores inteligentes.

Para ello, debemos tener en cuenta que las actuaciones que lleva a cabo las empresas de distribución de energía eléctrica se pueden dividir en dos grandes grupos, por una parte están aquellas relativas a las redes eléctricas y su equipamiento quiere decir, el diseño de planificación, mantenimiento y gestión de activos a la red, así como también aspectos relativos a la seguridad y calidad del servicio de energía eléctrica, por otro lado están aquellas que englobándose dentro de las redes inteligentes (Smart Grids) se pueden clasificar según la prioridad que presentan, en primer lugar, estarían las actividades que se están llevando a cabo en la relación con la supervisión, control y automatización de la red y en segundo lugar, aquellas que tienen que ver con los recursos energéticos distribuidos y con la gestión activa de la demanda (p. 45).

2.2.2. Smart Grids.

Lorente (2011) señala, aunque no existe un concepto estandarizado la plataforma Lorente (2011) quien nos indica que aunque no existe un concepto estandarizado, la plataforma tecnológica europea de redes inteligentes determina a las Smart Grids como las redes de electricidad que pueden integrar de una manera inteligente el comportamiento y las acciones de todos los consumidores conectados a ellas (los generadores, los consumidores, los que generan y consumen) con la finalidad de operar de manera eficiente, sostenible, económica y garantizar el suministro de electricidad, esta red inteligente cuenta con productos y servicios de última generación, también como el seguimiento inteligente, control, comunicación y tecnologías de auto-reparación con la finalidad de:

- Aumentar la facilidad de conexión y la operación de los generadores de todos los tamaños y tecnologías.
- Permitir a todos los usuarios desempeñar un papel en la reducción de la operación del sistema.
- Proveer a los consumidores mayor información y opciones para la elección de la oferta.
- Minimizar al máximo el impacto medio ambiental del sistema eléctrico de suministro.
- Lograr conservar o incluso aumentar los niveles existentes de alta fiabilidad, calidad y seguridad de suministro del sistema.
- Conservar y aumentar la eficiencia de los servicios existentes.
- Fomentar la integración de los mercados (p. 9).

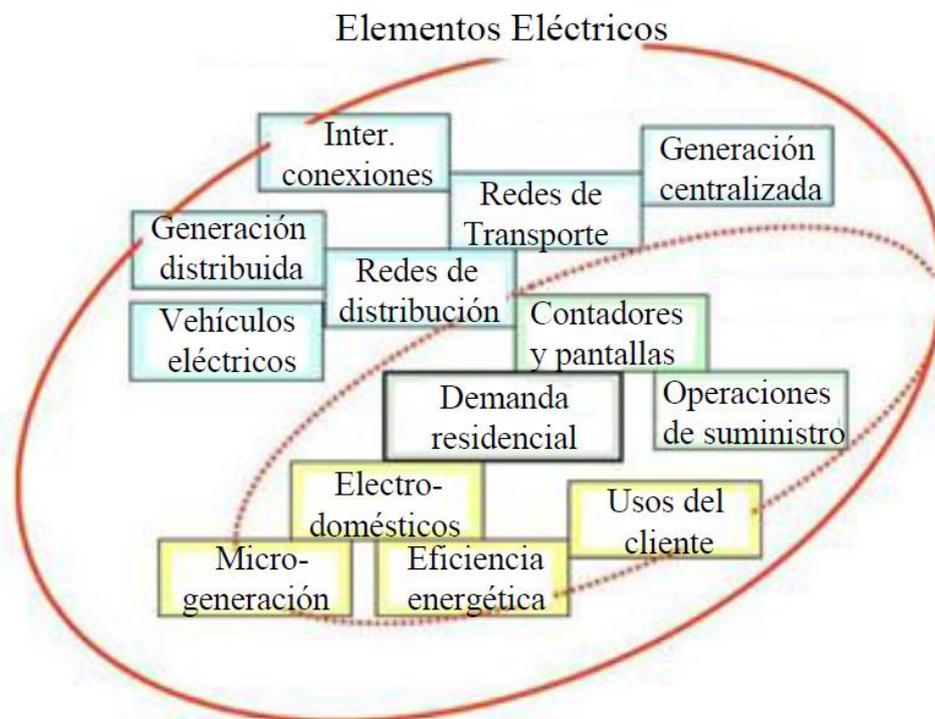


Figura 2. Elementos eléctricos de una red inteligente

Fuente: Lorente, 2011

2.2.3. Evolución de redes de distribución

Castro (2013) acota que las redes eléctricas en la actualidad cumplen su función principal que es el suministro eléctrico seguro de calidad y sostenible, no obstante han de modernizarse para lograr mejoras de eficiencia energética, reducción de emisiones de CO₂ y mejorar la calidad de suministro, para convertir una red eléctrica en inteligente la solución no consiste en implementar completamente una nueva red, si no en hacer evolucionar la existente.

En este sentido debemos tener presente que la red de distribución eléctrica constituida por una gran cantidad de activos con una larga vida útil, que hay que monitorizar y automatizar, lo que conllevara un gran esfuerzo (pp 45-46).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Implementación.

Lee (2012) indica que la implementación de redes inteligentes, hay muchas alternativas con distintos grados de niveles de sofisticación, per sin embargo, entre las diferentes formas de implementación, son estándar las tecnologías avanzadas de comunicación que facilitan un mejor uso de los activos de los sistemas de energía ya existente y el acceso de los consumidores a una amplia gama de servicios, una combinación de infraestructura de comunicaciones y eléctrica es lo que necesita una red inteligente (p. 6).

2.3.2. Red inteligente.

Lee (2012) detalla que el departamento de energía de los Estados Unidos determina a las redes inteligentes como un tipo de tecnología que los consumidores están utilizando para poder modernizar los sistemas de suministro del servicio público de electricidad, según los estándares del siglo XXI, empleando el equipo de

cómputo con base en el control remoto y la automatización, estos sistemas es posible gracias a la tecnología de comunicación bidireccional y al equipo de procesamiento que se ha empleado durante décadas en otras industrias, están iniciando a emplearse en las redes eléctricas, desde centrales eléctricas y parques eólicos hasta los consumidores la energía eléctrica en los hogares y empresas, les ofrecen múltiples beneficios a empresas de servicios públicos y a los usuarios, mayormente son observados en grandes mejoras en la eficiencia energética de la red eléctrica y en los hogares y oficinas de los usuarios de energía (p. 8).

2.3.3. Sistema de distribución.

Ordoñez (2010) acota que un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos eléctricos que permiten energizar de forma muy segura y confiable un número determinado de cargas en diferentes niveles de tensión (p. 26).

2.3.4. Confiabilidad.

Salazar (2015) detalla de que la confiabilidad en los sistemas de distribución de energía eléctrica, es la capacidad para abastecer de servicio de energía eléctrica con la mínima cantidad de interrupciones, como calidad de servicio técnico comercial y producto (p. 2).

2.3.5. Reconectores.

Gallego (2015) indica que tradicionalmente los reconectores se llegaron a emplear como protección primaria a la salida de la subestación o como protección de secciones de la red ya que está ubicada a lo largo de su recorrido, a través de su característica de reconexión que presenta este elemento, la confiabilidad del sistema mejoran significativamente debido a la propiedad de discriminar fallas permanentes o temporales, a partir de la duración que estas presentan (p. 114).

CAPITULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación

Monrreal (2014) indica que el tipo de investigación, para nuestro trabajo es del tipo adaptativa por cuanto se detallaran los componentes y modo de operación de una red eléctrica con SMART GRIDS relacionando el tiempo de promedio de reposición de la energía eléctrica que actualmente se produce al no contar con esta nueva propuesta (p. 8).

3.2.Diseño de la investigación

Hernández (2010) indica lo siguiente que para nuestro proyecto el diseño de la investigación es no experimental, porque no abra intervención directa del investigador y de tipo correlacional, por que busca relacionar los tiempos empleados en reponer el suministro de energía cuando en las actuales condiciones de nuestro sistema de distribución de energía en contraste con el que produciría al tener una red SMAT GRIDS, con datos recopilados en un mismo periodo o tiempo (p.162 - 163).

3.3.Población y muestra

Población: 236 Sub Estaciones (terna A, B, C, D y E)

Muestra: 98 Sub Estaciones (terna D)

3.4. Descripción de Instrumentos para recolección de datos

Los datos a utilizar son los siguientes:

3.4.1. Datos primarios: se recolectará información de proyectos como una guía para desarrollar nuestro tema de estudio y a la vez se buscará información específica de fuentes escritas como electrónicas, lo cual nos ayudará a tener una idea clara sobre el panorama actual de las redes inteligentes.

3.4.2. Datos secundarios: cada vez que haya un corte de energía se identificará la falla a través de un software Smart Grids el cual recolecta datos en tiempo real del estado normal y fallas del sistema eléctrico a través de esta información enviada a su sistema informático central, el cual actúa en caso de eventos de cortes de energía para que en menos tiempo posible se restablezca y así el usuario no sea afectada por mucho tiempo a raíz de estos cortes.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Descripción del sistema de distribución a analizar.

La zona de este proyecto se encuentra localizada en el distrito de Moquegua en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua, el mismo que se encuentra dentro de la zona de concesión de la empresa ElectroSur S.A, en las siguiente imagenes de detalla la zona de ubicación.

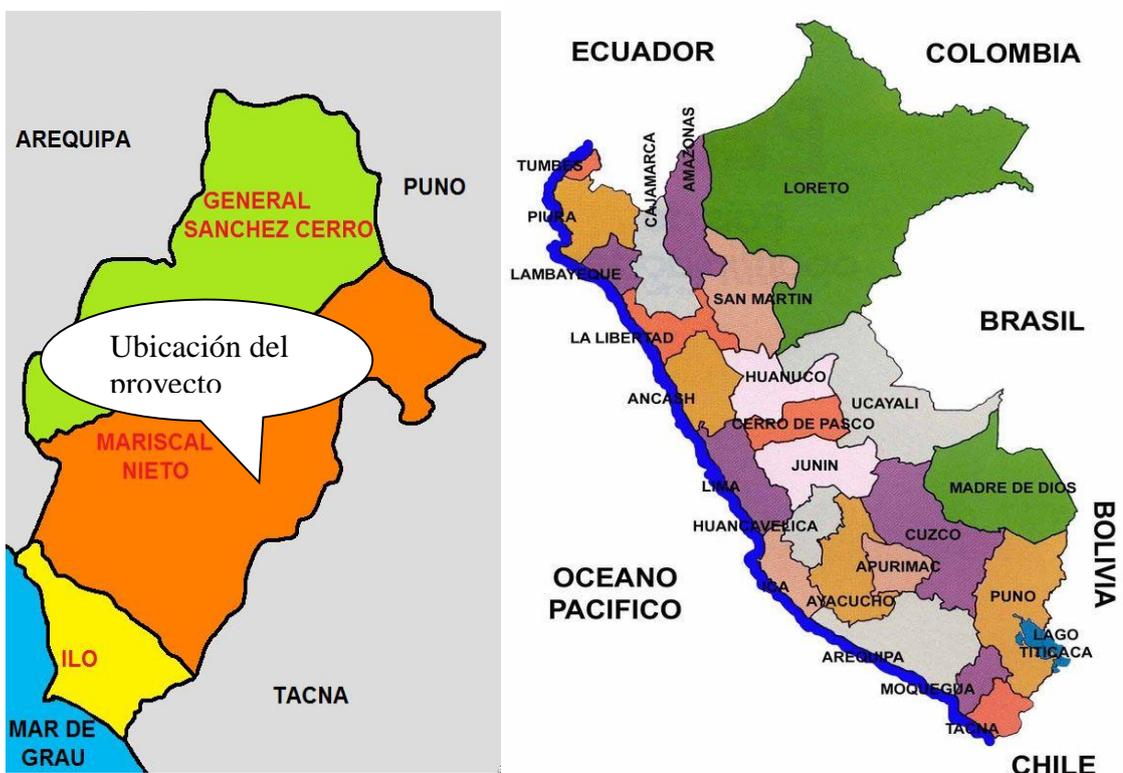


Figura 3. Mapa de ubicación del proyecto

A continuación se dará un concepto general breve sobre la sub estación eléctrica ya que en esta zona contamos con sub estaciones.

Una sub estación eléctrica es una instalación o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia. Su principal función es la producción, conversión, transformación, regulación, repartición y distribución de la energía eléctrica. La subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida, el transformador es el equipo principal de una subestación.

Esta zona cuenta con dos sub estaciones las cuales son:

- Sub estación San Antonio
- Sub estación Alto Zapata

(Ver plano 1, en el apéndice A)

4.1.2. Las características de cada sub estación son las siguientes.

4.1.2.1. Subestación eléctrica San Antonio 10 kV.

- Interruptor de potencia : Alstom 1250A - 25 kA
- Transformador de corriente. : 200/5 / 5 A 15 VA – 5P20, 15 VA – CL 0,2
- Transformador de tensión. : 10 / 0,1 kV 30 VA – CL 0,2

4.1.2.2. Subestación eléctrica Alto Zapata 10/22.9 kV.

- Interruptor de potencia : Alstom 800A - 25 Ka630A – 25 kA
- Transformador de corriente. : 150-300/5 A 15 VA – 5P20, 15 VA – CL 0,2
100-200/5A 15 VA – 5P20, 15 VA – CL 1,0
200-400/ 5 A 15 VA – 5P20, 15 VA – CL 0,2
- Transformador de tensión. : 11 / 0,11/0,11kV 30 VA – CL 0,2

En la figuras 1, 2 y 3 se muestra cada sub estación.



Figura 4. Sub estación San Antonio



Figura 5. Celdas de la sub estación San Antonio



Figura 6. Sub estación Alto Zapata

En estas dos sub estaciones tenemos seis alimentadores que son los siguientes:

- Alimentador (O - 781).
- Alimentador (O - 782).
- Alimentador (O - 481).
- Alimentador (O - 482).
- Alimentador (O - 483).
- Alimentador (O - 484).

Ver plano 2 en el apéndice B

En la tabla 2 se detalla los alimentadores con sus respectivas ternas, tensión y las sub estaciones al que pertenecen.

Tabla 2

Alimentadores y sub estaciones existentes en Moquegua

ITEMS	ALIMENTADOR	TERNA	TENSIÓN	SUB ESTACIÓN
1	O-781	Terna A	10 kV	San Antonio
2	O-782	Terna D,B	10 kV	San Antonio
3	O-481	Terna E	10 kV	Moquegua
4	O-482	Terna C	10 kV	Moquegua
5	O-483	Terna B	10 kV	Moquegua
6	O-484	Terna A	10 Kv	Moquegua

A continuación se menciona las características de los alimentadores

- Tensión nominal : 10,0/22,9 KV.
- Sistema : Trifásico
- Tipo de conductor : Conductor de aleación aluminio tipo

AAAC 3-1x120mm²: 36, 795,72 m cable auto portante M.T.

NA2XSA2Y-S 8,7/15 KV 3-1x120 mm²: 1620,19 m.

- Ménsulas : cruceta C.A.V. Z/2,00/500 y ménsula de C.A.V.Z/1,50/500.
- Tipo de estructuras : suspensión, ángulo y anclaje.
- Soportes : postes de C.A.C de 15/500/210/435,
postes de C.A.C de 15/400/210/435.
- Aislamiento : aisladores line post poliméricos 27 Kv, aisladores poliméricos
tipo suspensión 27 kV.
- Seccionadores : tipo CUT-OUT, 27KV. 100 A. 170 kV BILL.

4.1.3. Elección del alimentador a analizar.

De los alimentadores existentes en las sub estaciones ya mencionadas para poder demostrar que mi proyecto es factible, elegí el alimentador O – 782 que alimenta la terna D, ya que tiene mayor distancia y mayor carga en el sistema a diferencia de los demás alimentadores.

4.1.3.1. Descripción del alimentador O – 782.

El alimentador O-782 nace en la sub estación San Antonio y alimenta a la terna D.

Ver plano 3 en el apéndice C

Su sistema de protección es la siguiente consta de 98 sub estaciones y 443 postes de red secundaria, en las tablas 3, 4 y 5 se detalla el listado de sub estaciones y postes de redes secundarias.

Tabla 3*Listado de sub estaciones*

Listado de sub estaciones					
D-005E	D-425E	D-300E	D-545E	D-380E	D-068E
D-120E	D-230E	D-295E	D-547E	D-385E	D-069E
D-122E	D-232E	D-303E	D-735E	D-400E	D-070E
D-124E	D-235E	D-305E	D-550E	D-170E	D-100E
D-126E	D-440E	D-310E	D-555E	D-357E	D-105E
D-115E	D-445E	D-315E	D-560E	D-355E	D-110E
D-130E	D-450E	D-320E	D-390E	D-350E	D-035E
D-132E	D-452E	D-325E	D-570E	D-345E	D-060E
D-134E	D-453E	D-328E	D-740E	D-340E	D-045E
D-136E	D-250E	D-335E	D-575E	D-335	D-050E
D-190E	D-455E	D-530E	D-410E	D-330E	D-030E
D-395E	D-459E	D-342E	D-590E	D-020E	D-055E
D-200E	D-270E	D-535E	D-715E	D-025E	D-065E
D-210E	D-465E	D-540E	D-720E	D-010E	
D-215E	D-470E	D-730E	D-725E	D-015E	
D-217E	D-475E	D-542E	D-370E	D-072E	
D-216E	D-480E	D-399E	D-375E	D-075E	

Fuente: Electrosur s.a, 2015

Tabla 4*Listado de postes de redes secundarias sección a*

Listado de postes de redes secundarias							
B-001	D-832	D-151	D-182	D-191	D-222	D-252	D-413
D-001	D-834	D-152	D-183	D-192	D-223	D-253	D-414
D-002	D-835	D-153	D-184	D-193	D-224	D-254	D-282
D-003	D-836	D-154	D-800	D-194	D-225	D-255	D-283
D-004	D-837	D-155	D-801	D-195	D-226	D-256	D-284
D-005	D-838	D-156	D-802	D-196	D-227	D-257	D-285
D-821	D-839	D-157	D-803	D-197	D-228	D-258	D-286
D-822	D-840	D-158	D-804	D-199	D-229	D-259	D-287
D-823	D-841	D-159	D-805	D-200	D-230	D-260	D-288
D-824	D-842	D-160	D-806	D-201	D-231	D-261	D-289
D-825	D-843	D-161	D-807	D-202	D-232	D-262	D-290
D-826	D-844	D-162	D-808	D-203	D-233	D-263	D-291
D-827	D-845	D-163	D-809	D-204	D-234	D-264	D-292
D-828	D-846	D-164	D-810	D-205	D-235	D-265	D-294
D-852	D-847	D-165	D-811	D-206	D-236	D-266	D-295
D-853	D-848	D-166	D-812	D-207	D-237	D-267	D-737
D-854	D-849	D-168	D-813	D-208	D-238	D-268	D-738
D-855	D-850	D-169	D-814	D-209	D-239	D-269	D-739
D-856	D-851	D-170	D-815	D-210	D-240	D-270	D-298
D-857	D-140	D-171	D-816	D-211	D-241	D-271	D-299
D-858	D-141	D-172	D-817	D-212	D-242	D-272	D-300
D-859	D-142	D-173	D-818	D-213	D-243	D-273	D-301
D-860	D-143	D-174	D-819	D-214	D-244	D-274	D-302
D-861	D-144	D-175	D-820	D-215	D-245	D-275	D-303
D-862	D-145	D-176	D-185	D-216	D-246	D-276	D-304
D-863	D-146	D-177	D-186	D-217	D-247	D-277	D-305
D-864	D-147	D-178	D-187	D-218	D-248	D-278	D-306
D-829	D-148	D-869	D-188	D-219	D-249	D-736	D-307
D-830	D-149	D-870	D-189	D-220	D-250	D-280	D-308
D-831	D-150	D-871	D-190	D-221	D-251	D-281	D-309

Fuente: Electrosur s.a, 2015

Tabla 5*Listado de postes de redes secundarias sección b*

Listado de postes de redes secundarias						
D-310	D-340	D-370	D-400	D-430	D-460	D-490
D-311	D-341	D-371	D-401	D-431	D-461	D-491
D-312	D-342	D-372	D-402	D-432	D-462	D-492
D-313	D-343	D-373	D-403	D-433	D-463	D-493
D-314	D-344	D-374	D-404	D-434	D-464	D-494
D-315	D-345	D-375	D-405	D-435	D-465	D-495
D-316	D-346	D-376	D-406	D-436	D-466	D-496
D-317	D-347	D-377	D-407	D-437	D-467	D-497
D-318	D-348	D-378	D-408	D-438	D-468	D-498
D-319	D-349	D-379	D-409	D-439	D-469	D-499
D-320	D-350	D-380	D-410	D-440	D-470	D-500
D-321	D-351	D-381	D-411	D-441	D-471	D-501
D-322	D-352	D-382	D-412	D-442	D-472	D-502
D-323	D-353	D-383	D-413	D-443	D-473	D-503
D-324	D-354	D-384	D-414	D-444	D-474	D-504
D-325	D-355	D-385	D-415	D-445	D-475	D-505
D-326	D-356	D-386	D-416	D-446	D-476	D-506
D-327	D-357	D-387	D-417	D-447	D-477	D-507
D-328	D-358	D-388	D-418	D-448	D-478	D-508
D-329	D-359	D-389	D-419	D-449	D-479	D-509
D-330	D-360	D-390	D-420	D-450	D-480	D-510
D-331	D-361	D-391	D-421	D-451	D-481	D-511
D-332	D-362	D-392	D-422	D-452	D-482	D-512
D-333	D-363	D-393	D-423	D-453	D-483	
D-334	D-364	D-394	D-424	D-454	D-484	
D-335	D-365	D-395	D-425	D-455	D-485	
D-336	D-366	D-396	D-426	D-456	D-486	
D-337	D-367	D-397	D-427	D-457	D-487	
D-338	D-368	D-398	D-428	D-458	D-488	
D-339	D-369	D-399	D-429	D-459	D-489	

Fuente: Electrosur s.a, 2015

4.1.4. Cuadro de fallas.

Las tablas 6 y 7 muestran los datos reales de las fallas que hubo en el año 2017 facilitados por Electrosur.

Tabla 6

Reporte de fallas año 2017 sección a

Sistema eléctrico	Alimentador	Fecha inicio	Fecha final	Tiempo de corte (horas)
Moquegua	O-782	01/01/2017 01:15	01/01/2017 02:38	01:23
Moquegua	O-782	18/01/2017 10:02	18/01/2017 10:47	00:45
Moquegua	O-782	11/02/2017 09:04	11/02/2017 10:20	01:16
Moquegua	O-782	15/02/2017 21:17	15/02/2017 21:32	00:15
Moquegua	O-782	10/06/2017 04:32	10/06/2017 08:00	03:28
Moquegua	O-782	20/06/2017 15:30	20/06/2017 16:10	00:40
Moquegua	O-782	03/07/2017 07:00	03/07/2017 08:02	01:02
Moquegua	O-782	19/07/2017 11:00	19/07/2017 11:58	00:58
Moquegua	O-782	22/08/2017 13:45	22/08/2017 15:50	02:05
Moquegua	O-782	29/08/2017 18:45	29/08/2017 19:15	00:30
Total de tiempo de corte por fallas en el año 2017				12:22 horas

Fuente: Electrosur s.a, 2018

Tabla 7

Reporte de fallas año 2017 sección b

Naturaleza	Causa
Falla	Falla equipo (transformador, interruptor, seccionador de potencia, etc.).
Falla	Bajo nivel de aislamiento (Aislador Roto/Tensión Inadecuada).
Falla	Falla equipo (transformador, interruptor, seccionador de potencia, etc.).
Falla	Falla equipo (transformador, interruptor, seccionador de potencia, etc.).
Falla	Caída de conductor de red.
Falla	Contacto de red con árbol.
Falla	Bajo nivel de aislamiento (aislador roto/tensión inadecuada).
Falla	Contacto de red con árbol.
Falla	Caída de conductor de red.
Falla	Bajo nivel de aislamiento (aislador roto/tensión inadecuada).

Fuente: Electrosur s.a, 2018

De este análisis hasta el momento no hay un sistema de red inteligente, la longitud de la línea en la terna D es de 51 822,39 Km, a comparación de las demás ternas es la que tiene mayor distancia.

A raíz de estos cuadros podemos estimar el tiempo máximo en el que se restableció la energía es de 3 horas con 28 min, conforme al evento con fecha 10 de junio del 2017 a horas 04:32 pm y se restableció a las 08:00 pm y el tiempo mínimo es de 15 min, conforme al evento con fecha 15 de febrero del 2017 a horas 21:17 y se restableció a las 21:32 pm.

4.1.5. Descripción actual del sistema de respuesta ante fallas.

El actual sistema de respuesta para actuar ante un evento eléctrico (fallas) que interrumpa el abastecimiento normal de la energía se basa en las llamadas del cliente mediante la línea telefónica, esta llamada es recepcionada por la central

luego enviada al área encargada de estos eventos y posteriormente envían al personal (técnico) encargado para dar solución a la falla, a través de un flujograma y un esquema se detalla el proceso de atención al cliente por causa de fallas eléctricas.



Figura 4. Flujograma del actual sistema de respuesta para actuar ante un evento eléctrico (fallas)



Figura 7. Esquema del procedimiento de atención al cliente ante las fallas

En la tabla 8 se detalla un tiempo promedio del procedimiento de atención ante las fallas, estos tiempos se recopilaron en campo a través de unas encuestas.

(Ver encuestas realizadas en campo en el apéndice D)

Tabla 8

Cuadro de tiempos

Evento	Tiempo (min-s)
Inicio	0.00
Llamada del cliente	5.75
Atención de operadora	6.67
Comunicación al jefe de área	9.67
Análisis de solución	31.42
Comunicación a cuadrilla de respuesta	10.33
Desplazamiento a lugar de los hechos	31.25
Atención/solución falla	36.67
restablecimiento de la energía	7.83
Reporte/informe	8.92
La sumatoria total es:	148.50

4.1.6. Ecuación básica respecto a la confiabilidad.

La expresión desarrollada por el ingeniero Lourival Tavares, en la cual la confiabilidad está en función del MTBF y el MTTR.

$$R = f(\text{MTBF}, \text{MTTR})$$

$$R = [(\text{MTBF}) / (8\text{MTBF} + \text{MTTR})] \times 100 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 1}]$$

Donde:

R: confiabilidad.

MTBF: tiempo medio entre fallas.

MTTR: tiempo medio para reparación.

Ahora:

$$\text{MTBF} = (\text{Ht}/\text{p}) \times 100 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 2}]$$

$$\text{MTTR} = (\text{Hp}/\text{p}) \times 100 \dots\dots\dots [\text{Ecuación 3}]$$

Donde.

Ht: Horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación.

p: Número de paros durante el período de evaluación.

Hp: Horas de paro durante el período de evaluación.

A continuación hallaremos el cálculo de la confiabilidad para nuestro proyecto

Ht = Horas del año – Horas de parada

Horas del año = (365 x 24) = 8760 horas

Horas de parada = total de horas paralizadas en el reporte en el año 2017 es
12.22 horas

Ht = 8760 – 12.22

Ht = 8747.78 horas trabajadas

P = 10

Hp = 12.22 horas

Calculando MTBF de la ecuación 2

MTBF = (8747.78/10) × 100

MTBF = 87477.8 horas

Calculando MTTR de la ecuación 3

MTTR = (12.22/10) × 100

MTTR = 122.2 horas

Calculando “R” de la ecuación 1

R = [(8747.78)/(8747.78 + 122.2)]

R = 98.62 %

La confiabilidad actualmente es de 98.62 %, pero aplicando Smart Grids al sistema tiende a mejorar.

4.1.7. Planteamiento técnico.

Se presenta un diagrama de bloques y esquema del sistema eléctrico con Smart Grids

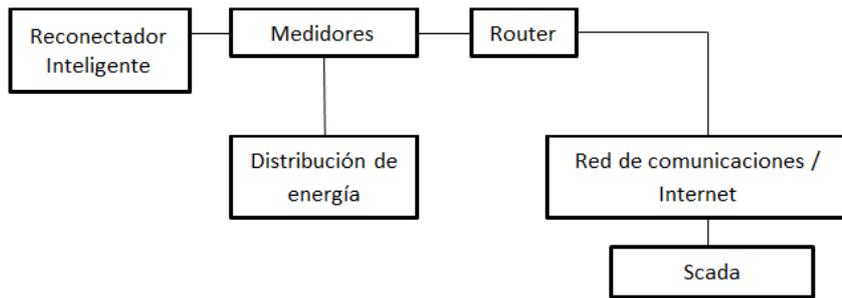


Figura 8. Diagrama del sistema eléctrico con Smart Grids

En pocas palabras un Smart Grids es una red en la que los circuitos hablan por si solas y que es capaz de vigilar su consumo. Se trata de una instalación en la que el consumo será visible en todo momento y no solo a través de la factura del recibo de luz, se podrá monitorear y medir el comportamiento eléctrico de cada uno de los aparatos que están conectados a la infraestructura.



Figura 9. Esquema del sistema eléctrico con Smart Grids

Para lograr este objetivo se incorporarán al Smart Grids un sistema de control de monitorización, capaz de responder automáticamente a las interrupciones del abastecimiento de la energía eléctrica, Así se alcanzará una situación en la que tanto

el usuario como el distribuidor cuenten con más información acerca del consumo, y en la que se haga un uso más responsable en todo su ciclo desde los alimentadores hasta el sistema doméstico, a continuación el diagrama unifilar del sistema eléctrico con Smart Grids.

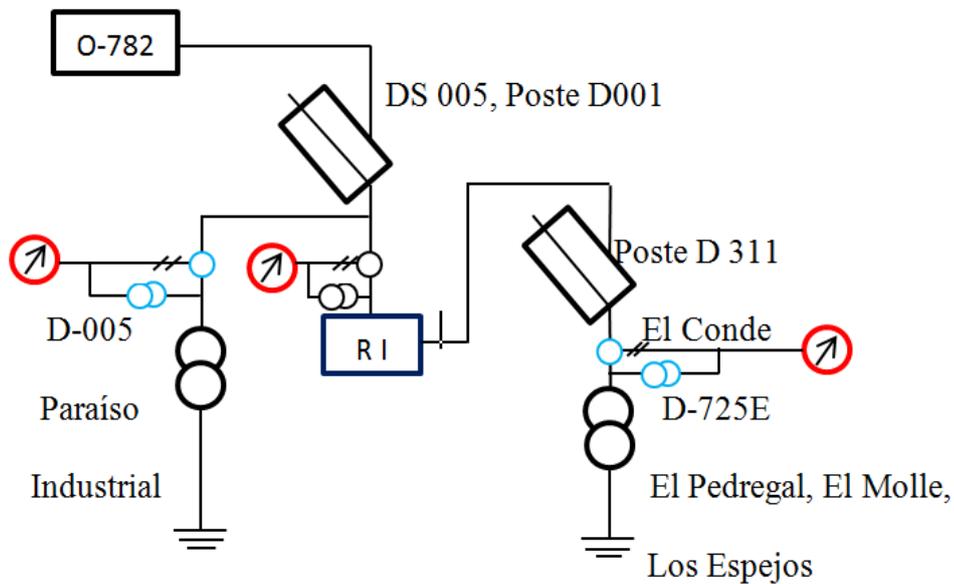


Figura 10. Diagrama unifilar del sistema eléctrico con Smart Grids

Para este diseño de red inteligente (Smart Grids) parte de las redes primarias del alimentador O-782, en la tabla 9 se observa su simbología y descripción del sistema.

Tabla 9

Simbología de componentes eléctricos

Símbolo	Descripción
	Reconectador inteligente
	Medidor
	Transformador de potencia
	Transformador de corriente

4.1.7.1. Selección de componentes de Smart Grids y especificaciones técnicas.

4.1.7.1.1. Relé de protección de alimentador sel-75.

El relé de protección de alimentador SEL-751 es fundamental en aplicaciones de sobre corriente direccional, detecta donde están las fallas, detección de arco eléctrico y detección de fallas de alta impedancia, el sencillo montaje y los trabajos rápidos de ajustes hacen posible que el SEL-751 sea la solución para poder proteger el alimentador de plantas industriales y empresas eléctricas. El SEL-751 también facilita una protección completa de alimentador, con elementos de sobre corriente, sobre voltaje, bajo voltaje, potencia direccional, cable IEC/línea térmica, desfasamiento vectorial, falla a tierra sensible (SEF), invasión de carga y frecuencia. Seleccione la opción de la pantalla táctil a color de 5 pulgadas, 800 x 480 píxeles, para ajustar, monitorear y controlar directamente su sistema.

4.1.7.1.2. Relé de protección de transformador sel-787.

Este relé protege y supervisa la mayoría de las aplicaciones industriales de transformador con el versátil relé de protección de transformador SEL-787, aplica dos entradas de devanado trifásico, una entrada de falla de tierra restringida (REF) monofásica opcional y entradas de voltaje trifásico y así poder obtener una extensa protección del transformador, los beneficios se incluyen automatización y flexibilidad avanzadas, puertos de comunicaciones de cobre o fibra óptica, unitarios o duales, datos de administración de activos y modernización fácil de la mayoría de los relés electromecánicos

4.1.7.1.3. Relé de protección diferencial de línea SEL 387L.

El relé diferencial de corriente y sobrecorriente SEL-387L facilita protección, control y medición de transformadores, barras, interruptores y alimentadores, en

sus características se tiene en cuenta cuatro entradas de corriente trifásica con protección independiente de diferencial con restricción y sin restricción, características programables de diferencial de pendiente unitaria o dual, supervisor de interruptor, supervisor de voltaje del banco de baterías.

4.1.7.1.4. Relé medidor de energía sel-735.

El medidor de calidad de energía y facturación SEL-735 ahora conforme completamente con la norma de calidad de energía IEC 61000-4-30 Clase A. Con medición de Clase A confiable, cuando hay anomalías en el sistema de potencia, los operadores pueden identificar estos problemas y a la vez aislar su fuente con mucha seguridad.

Para estas aplicaciones de medición de facturación de alta precisión, el SEL-735 sobrepasa o va más allá de los requisitos de precisión de ANSI C12., dentro de un rango amplio de corrientes, entonces a consecuencia hace que el SEL-735 sea la opción principal para las aplicaciones de generación, intercambio, transmisión, distribución e industriales.

4.1.7.1.5. Controlador discreto SEL DPAC 2440.

El DPAC SEL-2440 es un controlador discreto de automatización programable de 48 puntos, ideal para las aplicaciones de empresas suministradoras de energía e industriales que necesitan tarjetas de entradas y salidas robustas y confiables a un precio muy económico, unas de sus características es que es rápido y poderoso, un excelente comunicador y fácil de mantener y soportar, a la vez cumple con las estrictas normas para relés de protección, Entre las opciones existentes de montaje y así poder satisfacer las necesidades de su aplicación.

4.1.7.1.6. Controlador de recloser SEL-351R.

Este control es derivado del principal relé de distribución de SEL, su sistema de protección SEL-351, combina funciones de control de reconectador convencionales con características de retransmisión de SEL tecnológicamente avanzadas, tales como elementos direccionales de fase y tierra, disparo y control de baja, sobrefrecuencia multinivel y medición de alta precisión. La compatibilidad con el cable de control estándar y las dimensiones de montaje hacen posible que la actualización sea veloz y conveniente, mientras que la configuración simple y los grandes controles del operador hacen que el SEL-351R sea muy fácil de usar.

A continuación mencionaremos un breve concepto respecto a los tipos de equipos y servidor que utilizaremos:

4.1.7.1.7. Equipos de medición.

Es el conjunto de equipos que se usan para realizar mediciones de dispositivos eléctricos o electrónicos, como por ejemplo tenemos el amperímetro, voltímetro.

4.1.7.1.8. Servidor.

Un servidor de red es un ordenador que ofrece el acceso a los recursos compartidos entre las estaciones de trabajo u otros servidores conectados en una red informática como por ejemplo tenemos la computadora diseñada para el almacenamiento de datos.

4.1.7.1.9. Equipos de protección.

Estos equipos se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia con la finalidad de evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera sencilla y posteriormente extenderse sin control de forma encadenada. Los sistemas de protección tienen la función de aislar la parte donde

se ha iniciado la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, disminuir la posibilidad de un incendio, disminuir el peligro para las personas, disminuir el riesgo de daños a los equipos eléctricos adyacentes, como ejemplo tenemos reconectores y seccionadores

4.1.7.1.10. Equipos para red de comunicaciones.

Es un conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia entre equipos autónomos, usualmente se trata de enviar datos, audio y vídeo por ondas electromagnéticas a través de distintos medios como por ejemplo la fibra óptica, vía wifi.

Para este proyecto también colocaremos reconectores en la terna D, 01 reconector de unión y 02 de intermedio.

(Ver plano P-04 en el apéndice E)

4.1.7.2. Descripción del sistema de control y monitoreo.

En este proyecto se realizará la implementación de un sistema de control de monitorización para la distribución de energía eléctrica, contara con un centro de control ubicado en la sub estación Alto Zapata.

El análisis de este proyecto es para el mejoramiento del tiempo de respuesta para la atención ante los cortes de energía eléctrica, sugiere adicionar nuevos equipos al Sistema de control convencional, para obtener un nuevo panorama respecto al control y protección de la energía que se distribuye al usuario, tal razón se sustenta en la implementación de un sistema de control y monitoreo.

En el sistema de control se utilizara conjuntos de instrumentos, equipos electrónicos de adquisición para control de eventos, de tal forma que sea posible el arranque, control y protección de los reconectores, así mismo los equipos de

telemetría eléctricos como por ejemplo: el medidor, amperímetro, voltímetro, etc.

Todo este conjunto hará posible que el sistema de control de los equipos como el recloser y su control a distancia, sean soluciones de Smart Grids (redes inteligentes) orientadas directamente al problema de las fallas del sistema de distribución de energía eléctrica.

4.1.7.2.1. Partes del nuevo sistema de control y monitoreo.

Se refiere a los elementos electrónicos de telemetría que hacen posible el control y monitoreo de los recloser al mismo tiempo la línea de distribución eléctrica, estos equipos deberán cumplir con las normas nacionales e internacionales vigentes el cual garanticen su trabajo y así poder tener una confiabilidad respecto al trabajo a realizar.

4.1.7.2.2. Sistema de comunicación - red industrial.

En este sistema se utilizara equipos y elementos electrónicos que tienen la función de emitir y recibir información en forma de datos para el nuevo sistema de control que viene a ser parte de una red inteligente (Smart Grids).

4.1.7.2.3. Descripción del funcionamiento del sistema de monitoreo.

La forma como van a funcionar los equipos y sistemas dentro del sistema del monitoreo es básicamente un sistema de recloser en serie, en donde el recloser se constituye en el principio del sistema de control que viene a ser la encargada de desconectar o reconectar la red eléctrica ante una posible falla y así poder tomar las medidas necesarias para proteger el sistema eléctrico, el cual esta compuesto por un conjuntos de equipos que son parte de una red inteligente (Smart Grids).

4.1.7.3. *Tabla propuesto con los tiempos de respuesta ante las fallas aplicando Smart Grids.*

En la tabla 10 proponemos los tiempos de respuesta promedio estimado del procedimiento de atención ante las fallas, data que proviene de las encuestas aplicadas en campo al personal técnico de distintas empresas que dan sus servicios (encuestas aplicadas en campo, en el apéndice D)

Tabla 10

cuadro de tiempo aplicando Smart Grids

Evento	Tiempo (min-s)
Inicio	0.00
Llamada del cliente	4.83
Atención de operadora	5.92
Comunicación al jefe de área	8.12
Análisis de solución	10.33
Comunicación a cuadrilla de respuesta	8.16
Desplazamiento a lugar de los hechos	17.92
Atención/solución falla	17.42
restablecimiento de la energía	5.50
Reporte/informe	8.67
La sumatoria total es :	86.92

4.1.7.4. *Tabla comparativa de las fallas con los tiempos de respuesta actual y tiempo de respuesta propuesto aplicando Smart Grids.*

se realiza una comparación de tiempos estimados de respuesta ante las fallas y así poder sacar nuestras conclusiones si realmente hay una diferencia notoria entre el sistema actual y el sistema con Smart Grids.

Tabla 11*Cuadro comparativo de tiempos estimados*

Evento	Tiempo (min-s) Sistema actual	Tiempo (min-s) Sistema con Smart Grids
Inicio	0.00	0.00
Llamada del cliente	5.75	4.83
Atención de operadora	6.67	5.92
Comunicación al jefe de área	9.67	8.12
Análisis de solución	31.42	10.33
Comunicación a cuadrilla de respuesta	10.33	8.16
Desplazamiento a lugar de los hechos	31.25	17.92
Atención/solución falla	36.67	17.42
restablecimiento de la energía	7.83	5.50
Reporte/informe	8.92	8.67
La sumatoria total es	148.50 min	86.92 min

Después de esta comparación entre ambas tablas, notamos que si hay una diferencia de tiempo que es de 61 minutos con 58 segundos y es un resultado positivo.

4.1.7.5. Datos de la confiabilidad para después con Smart Grids.

El tiempo estimado en restablecer la energía eléctrica en los cuadros ya visto anteriormente a través de las encuestas es de 148.50 minutos sin Smart Grids y con Smart Grids es 86.92 minutos, yendo a porcentajes tenemos un valor de 58.5 %, porque $(148.50 \times 58.5)/100$ es igual a 86.87 el cual es el dato que más se aproxima a 86.92 minutos con Smart Grids, el cual hay una diferencia de 41.5 % y es lo que se ahorró en tiempo, ahora el tiempo total de horas paralizadas fue de 12.22 horas, teniendo como referencia los datos anteriores 12.22 a un 58.5 % es 7.14 horas el cual trabajaremos con ese dato.

Ht = Horas del año – Horas de parada

Horas del año = $(365 \times 24) = 8760$ h

$$H_t = 8760 - 7.14$$

$$H_t = 8752.86 \text{ horas trabajadas}$$

$$P = 10$$

$$H_p = 7.14 \text{ h}$$

Calculando MTBF de la ecuación 2

$$MTBF = (8752.86/10) \times 100$$

$$MTBF = 87528.6 \text{ h}$$

Calculando MTTR de la ecuación 3

$$MTTR = (7.14/10) \times 100$$

$$MTTR = 71.4 \text{ h}$$

Calculando "R" de la ecuación 1

$$R = [(87528.6)/(87528.6 + 71.4)]$$

$$R = 99.92 \%$$

4.1.8. Descripción de las modificaciones a los indicadores

Con la implementación del nuevo sistema, se espera modificar las condiciones del Sistema de Control, se espera que los indicadores varíen respecto de los actuales por lo tanto esperamos los siguientes resultados:

- Reducción del tiempo de respuesta ante las fallas
- Reducir el tiempo de atención a las interrupciones del suministro a los usuarios
- Aumento de la confiabilidad, con la reducción del tiempo de respuesta mejora la confiabilidad.

4.2. Contrastación de hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos, se aprecia que el tiempo de respuesta ante las fallas eléctricas en el sistema eléctrico disminuye de 148.50 min sin Smart Grids

a 86.92 minutos con Smart Grids, lo que nos permite mejorar la confiabilidad de un 98.62 % sin Smart Grids a 99.92 % con Smart Grids.

4.3. Discusión de resultados

En nuestro resultado general se logró mejorar el tiempo de respuesta y es posible que mejore la confiabilidad, ahora en el primer resultado específico el tiempo de respuesta se redujo desde 148.50 minutos hasta 86.92 minutos, siendo un total de 61 minutos con 58 segundos y en nuestro segundo resultado específico la confiabilidad sin empleo de Smart Grids actualmente es de 98.62 % y usando Smart Grids es 99.92 % por lo tanto mejorara su confiabilidad.

A partir de los resultados encontrados en esta investigación se acepta la la aplicación de esta tecnología (Smart Grids) que sea capaz de responder automáticamente en el menos tiempo posible a las interrupciones del abastecimiento de la energía eléctrica debido a los cortes, así se alcanzará una situación en la que tanto el usuario como el distribuidor cuenten con más información acerca del consumo, y en la que se haga un uso más responsable en todo su ciclo desde los alimentadores hasta el sistema doméstico.

Estos resultados tienen relación con otros proyectos de investigación como por ejemplo: Ccaico Fernández Víctor, Gamarra Vásquez Jorge Luis (2015), Marco Vinicio Herrera García (2013), el cual indican si a una red convencional se implementa los equipos necesarios para que sea una red inteligente (Smart Grids) se podrá mejorar el tiempo de respuesta para restablecer la energía eléctrica ante los cortes, ello es acorde con lo que se ha hallado en este estudio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se puede concluir a través de nuestro resultado general que se logró mejorar el tiempo de respuesta y es posible que mejore la confiabilidad.

También llegamos a la conclusión de que en el primer resultado específico gracias las encuestas realizadas en campo, el tiempo de respuesta se redujo desde 148.50 minutos hasta 86.92 minutos, siendo un total de 61 minutos con 58 segundos por lo tanto hay una diferencia de tiempo considerable.

Ahora hablamos de porcentajes podemos decir que en el segundo resultado específico la confiabilidad sin empleo de Smart Grids actualmente es de 98.62 % y usando Smart Grids es 99.92 % se observa que el porcentaje aumenta, por lo tanto mejorara su confiabilidad.

5.2. Recomendaciones

Para poder mejorar el tiempo de respuesta y a la vez mejore la confiabilidad se recomienda la instalación de componentes de última generación a nuestra red convencional del sistema eléctrico para que pueda ser una red inteligente (Smart Grids) y la aplicación de un sistema de control, monitorización y comunicación, así poder mejorar la confiabilidad para el usuario ya que el principal afectado es el.

Para poder reducir el tiempo de respuesta tal como se puede observar en los resultados a través de las encuestas realizadas en campo se recomienda la incorporación a la red inteligente (Smart Grids) un sistema de control de monitorización que sea capaz de responder a las interrupciones de abastecimiento de energía eléctrica.

A través de los cálculos realizados anteriormente se observa que el porcentaje de la confiabilidad aumenta aplicando (Smart Grids), para lograr este objetivo se recomienda la instalación de equipos, componentes necesarios de última generación a la red convencional y contar con el personal calificado, si la empresa no puede aplicar esta tecnología se recomienda tener un plan de emergencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camacho, A. (2012). *Redes de transmisión inteligente, beneficios y riesgos*. Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Castro, U. (2013). *Redes de distribución eléctrica del futuro*. Instituto Vasco de Competitividad, Vasco, España.
- Fernández, J. (2019). *Las redes inteligentes y el papel del distribuidor de energía eléctrica*. Instituto Vasco de Competitividad, Vasco, España.
- Gallego, J. (2015). *Ubicación óptima de reconectores y fusibles en sistemas de distribución*. Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-hill Interamerican editores S.A. de C.V, Ciudad de México, México.
- Lee, Y. (2012). *Las redes inteligentes de energía y su implementación en ciudades sostenibles*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, EE.UU.
- López, J. (2016). *Estudio de la situación de la Smart Grids*. Universidad de Cantabria, Cantabria, España.
- Lorente, R. (2011). *Estudio sobre el estado actual de las Smart Grids*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- Ordoñez, J. (2010). *Sistema de potencia y diseño de maquinarias*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Monrreal, D. (2014). *Investigación Tecnológica e Innovación en el Programa Nacional de Formación en Ingeniería de Mantenimiento*. Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas, Ciudad de Cabimas, Venezuela.
- Salazar, G. (2015). *Análisis de confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica*

eléctrica con penetración de generación distribuida. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Velasco, R. (2012). *Redes de transmisión inteligente, beneficios y riesgos.* Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México.