

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN
GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO
RURAL DE 22.9 KV. VITOR - YURAMAYO – AREQUIPA”

Tesis presentada por el Bachiller:

Llerena Pastor, Rodrigo Arturo

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:

Mg. Castillo Cáceres Cesar Pio

Arequipa – Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 26 de Febrero del 2021

Dictamen: 001796-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 001796, presentado por:

2012230181 - LLERENA PASTOR RODRIGO ARTURO

Titulado:

**FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACION EOLICA
DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV
VICTOR - YURAMAYO ? AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2107 - CHANI OLLACHICA DEIDAMIA GIOVANNA
DICTAMINADOR**



**2398 - RIVERA ACOSTA VICTOR GONZALO
DICTAMINADOR**



**3244 - SILES NATES FERNANDO DAVID
DICTAMINADOR**



PRESENTACION

El desarrollo de la presente tesis tiene para el autor el objetivo de optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con la cual se demostrará la habilidad para aplicar métodos y técnicas de ingeniería, para diseñar Sistemas de Distribución y la inclusión de la generación con energías renovables, con lo cual estaría preparado para el ejercicio profesional, en las diferentes áreas de la Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

Para esto, se ha desarrollado la tesis titulada “FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9 KV. VITOR - YURAMAYO – AREQUIPA”

En la cual, el autor aplicara y mostrara fundamentos de investigación en los aspectos técnicos, normativos y sustentativos durante la fase de preparación en condiciones de energía eólica, durante la fase de ejecución, al mismo tiempo, se investiga la aplicación de la ingeniería a través de Programas simplificativos. Para proponer la iniciativa de fomentar la instalación de micro generadores rurales, el primer paso es difundir y consolidar Tecnologías de generación de energía limpia y la mención de adoptarse políticas adicionales para incluir la generación y proyectos de libre demanda no regulada dentro del sur del país.



DEDICATORIA:

A mis padres por su invaluable e incondicional apoyo
A mis profesores de la Universidad, por sus enseñanzas
A mis compañeros de trabajo por sus aportes y críticas constructivas
A todos mis ex compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica de la UCSM, con quienes compartí los mejores momentos de estudiante.

Rodrigo Arturo Llerena Pastor

RESUMEN

Los proyectos de Energía Eólica distribuida a gran Escala (Net Billings), cubren entornos de políticas, incluida la coherencia de incentivos y accesibilidad de interconexión, medición neta, permisos, políticas y precios de la electricidad para la energía que sería generada por el viento, es decir por los recursos eólicos, lo que permitiría una producción constante de energía.

Estas condiciones pueden ser un indicador de un posible desarrollo futuro y pueden aumentar significativamente la probabilidad de despliegues eólicos distribuidos. Los sistemas distribuidos existentes como MRT pueden ser incluidos como Net Metering desde condiciones en generación eólica para un sector rural, alimentado en 22.9KV. desde una concesión con datos ya determinados, mencionando temas políticos, recursos eólicos, electricidad y programas de evaluación como una puerta abierta a nuevos estudios e investigaciones.

Palabras Clave: Sistemas de distribución MRT, Generación Distribuida, Aerogeneradores, Energía Eólica, OSINERGMIN, viabilidad de Proyectos, NET METERING

ABSTRACT

Large Scale Distributed Wind Power (Net Billings) projects cover policy environments, including incentive coherence and interconnection accessibility, net metering, permits, policies and electricity prices for energy that would be generated by the wind, in other words, by wind resources, which would allow a constant production of energy.

These conditions can be an indicator of possible future development and can significantly increase the probability of distributed wind deployments. Existing distributed systems such as MRT can be included as Net Metering from wind generation conditions for a rural sector, powered at 22.9KV. from a concession with data already determined, mentioning political issues, wind resources, electricity and evaluation programs as an open door to new studies and research.

Keywords: MRT distribution systems, Distributed Generation, Wind Turbines, Wind Energy, OSINERGMIN, Project viability, NET METERING

INTRODUCCION

Capítulo I: Proporciona una introducción al problema planteado, la relevancia del tema y los objetivos de la investigación.

Capítulo II: Presenta una visión general de la Generación Eólica y los sistemas de distribución MRT, y la situación actual de la Generación Distribuida de energía en el Sur del Perú, indicando con sus principales componentes, los aspectos de Selección, diseño existente del sistema MRT y configuración del Sistema Eólico.

Capítulo III: La atención se centra en Desarrollo de NET METERING, para la viabilidad de investigación para proyectos con Energía distribuida ante los diferentes Reglamentos de las Ley de Concesiones Eléctricas, en lo que respecta a la Generación Distribuida dentro del Marco Jurídico Peruano a través del Decreto Ley N° 25844 emitido por el MINEM

Capítulo IV: Se presenta propuestas con los detalles desarrollados en los Capítulos II y III, mostrando la topología de la Red Primaria en 22.9KV, presentando los instrumentos mencionados y ayuda para el manejo de proyectos piloto y estudios técnicos.

Capítulo V: Se efectúa la finalización del desarrollo de la Tesis con los principales resultados obtenidos, comentarios finales y los trabajos a desarrollarse en un futuro.

La preparación del trabajo de investigación, titulado “FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9 KV. VITOR - YURAMAYO – AREQUIPA”; baso su desarrollo en conocimientos adquiridos durante la carrera, investigación de papers, DOIs y estudios ya comprobados.

INDICE

PRESENTACION	ii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCION.....	vii
INDICE.....	viii
ABREVIATURAS Y ACRONIMOS	xvi
CAPITULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACION	1
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	2
1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
1.4. HIPOTESIS	3
1.4.1. HIPOTESIS GENERAL.....	3
1.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICA	3
1.5. JUSTIFICACION.....	4
1.6. ALCANCES.....	4
1.7. VARIABLES	4
1.7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	4
1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES	5
CAPITULO II.....	10
2. MARCO TEORICO	10
2.1. ANTECEDENTES HISTORICOS	10

2.2.	CONDICIONES EN GENERACIÓN EÓLICA.....	11
2.2.1.	GENERALIDADES	11
2.2.2.	ORIGEN DE VIENTO	11
2.2.3.	ESCALAS Y FLUJO DE VIENTO.....	13
2.2.4.	ESTUDIOS DE MODELADO Y ANALISIS DE VIENTO.....	16
2.3.	AEROGENERADORES.....	19
2.3.1.	TIPOS DE AEROGENERADORES.....	19
2.3.1.1.	AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL (HAWT)	20
2.3.1.2.	AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL (VAWT)	22
2.3.2.	AEROGENERADORES SEGÚN REGULACION DE PAR DE FUERZA .	25
2.3.2.1.	REGULACIÓN POR ENTRADA EN PÉRDIDAS	25
2.3.2.2.	REGULACIÓN POR PASO VARIABLE.....	25
2.3.2.3.	REGULACIÓN EN PUNTA DE PALA	26
2.3.3.	AEROGENERADORES SEGÚN CONTROL DE LA VELOCIDAD	27
2.3.3.1.	AEROGENERADORES CON VELOCIDAD FIJA.....	27
2.3.3.2.	AEROGENERADORES CON VELOCIDAD VARIABLE.....	28
2.3.3.3.	AEROGENERADORES CON VELOCIDAD VARIABLE CON CONVERSIÓN PARCIAL	29
2.3.3.4.	AEROGENERADORES CON VELOCIDAD VARIABLE CON CONVERSIÓN TOTAL	30
2.4.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MONOFASICO RETORNO POR TIERRA (MRT).....	31
2.4.1.	CARACTERISTICAS DE UN SISTEMAS MRT	32
2.4.1.1.	SEGURIDAD.....	32
2.4.1.2.	CALIDAD DE ENERGIA	34
2.4.1.3.	CAPACIDAD DE DEMANDA.....	34
2.4.1.4.	CONFIABILIDAD.....	35
2.5.	IMPACTO Y BIDIRECCION EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA	36

2.5.1.	IMPACTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA REGULACIÓN DE VOLTAJE.....	37
2.5.2.	IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LAS PÉRDIDAS.....	38
2.5.3.	IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LOS ARMÓNICOS.....	39
2.5.4.	IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LOS NIVELES DE CORTOCIRCUITO DE LA RED.....	41
2.6.	ACTUALIDAD DE LA ENERGIA DISTRIBUIDA EN EL ESTADO PERUANO.....	43
2.6.1.	DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE LOS RER (RECURSOS ENERGIA RENOVABLES).....	44
2.6.2.	ENERGIA DISTRIBUIDA - LEY 28832.....	44
2.6.3.	ENERGIA DISTRIBUIDA – DECRETO DE LEY 1221.....	45
2.6.4.	PROPUESTA NORMATIVA - MINEM.....	47
2.6.5.	REMUNERACION DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	48
2.6.5.1.	NET METERING.....	48
2.6.5.2.	NET BILLDING.....	49
2.7.	NORMATIVA ELECTRICA PERUANA.....	50
2.7.1.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD – RD N°046-210 EM/GENERACIÓN DISTRIBUIDAE.....	52
2.7.2.	GENERACIÓN DISTRIBUIDA R.M N°292-2018.....	53
CAPITULO III.....		55
3.DESARROLLO DE BALANCE ENERGETICO BIDIRECCIONAL EN UN SISTEMA MRT.....		55
3.1.	LOCALIZACION.....	55
3.2.	RECURSOS DE ENERGIA EÓLICA.....	55
3.2.1.	EMPLAZAMIENTO.....	55
3.2.2.	VELOCIDADES DE VIENTO.....	56
3.2.3.	POTENCIA EÓLICA.....	56

3.3.	SELECCION DE AEROGENERADORES	59
3.3.1.	DISTRIBUCIÓN DE AEROGENERADORES DE TURBEC-100	59
3.3.2.	DISTRIBUCIÓN DE AEROGENERADORES DE 60KW- ADES	60
3.3.3.	DISTRIBUCIÓN DE AEROGENERADORES DE GAMESA G58-850 KW 62	
3.4.	SISTEMA DE GENERACIÓN ELECTRICA	63
3.4.1.	CONTROL ELECTRONICA DE POTENCIA.....	64
3.4.2.	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 60KVA - 0.44KV/10KV	65
3.5.	SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA.....	66
3.5.1.	CELDA ELECTRICAS - GIS	66
3.6.	SISTEMA DE BIDIRECCION CONECTADO A RED	67
3.6.1.	RECLOSER.....	67
3.7.	ROSA DE VIENTOS.....	68
3.8.	UBICACIÓN RADIAL Y UNIFILAR	69
3.8.1.	CARACTERISTICA DE ALIMENTADOR.....	71
3.8.2.	UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DEL SISTEMA MRT	72
3.8.3.	ESTRUCTURAS TIPICAS DE REDES PRIMARIAS	76
3.9.	FLUJO DE POTENCIA EN UN SISTEMA MRT EXISTENTE.	78
3.10.	DEMANDA DE POBLACION RURAL	79
3.11.	NET METERING EN SISTEMAS RENOVABLES.....	80
	CAPITULO IV	81
4.	LÍNEAMIENTOS E INGENIERIA	81
4.1.	LÍNEAMIENTO DE CONEXIÓN EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA	81
4.2.	CALCULO TEORICO DE ENERGIA PRODUCIDA	82
4.3.	VIABILIDAD ECONOMICA	83
4.3.1.	DATOS DE GENERACIÓN EÓLICA	83
4.3.2.	DATOS DE CONSUMO EN CONSESIONARIA (YURAMAYO).....	83
4.3.3.	INVERSION ENERGIA RENOVABLE	84

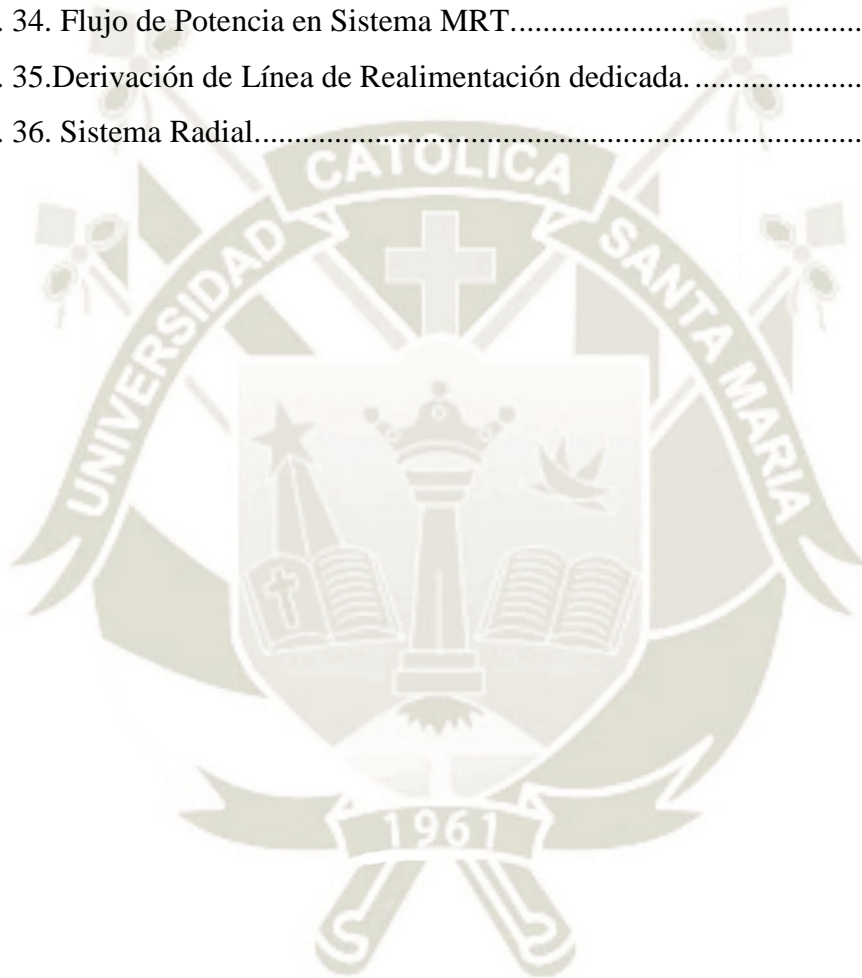
4.3.4. TASA DE INVERSIÓN DE RETORNO	85
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIA	88

INDICE

FIGURAS

Figura. 1. Movimiento a escala global de vientos.	13
Figura. 2. Escala de vientos,	15
Figura. 3. Combinación de múltiples contrastes de viento direcciones,	16
Figura. 4. Dinámica de fluidos computacional, Fuente: Ensayo de vientos y simulación.	17
Figura. 5. Dinámica de Experimental en túneles de viento.	18
Figura. 6. Análisis a escala - parques eólicos.	18
Figura. 7. Partes de un Aerogenerador.	19
Figura. 8. Barlovento y sotavento en Aerogeneradores.	20
Figura. 9. Aerogenerador por regulación por entrada en pérdidas.	25
Figura. 10. Aerogenerador regulación por paso variable.	26
Figura. 11. Aerogenerador con velocidad Fija.	27
Figura. 12. Aerogenerador con velocidad variable.	28
Figura. 13. Aerogeneradores con velocidad variable con conversión total.	30
Figura. 14. Aerogeneradores con velocidad variable con conversión total.	31
Figura. 15. Diagrama de un sistema Monofásico Retorno por tierra.	36
Figura. 16. Onda Sinusoidal pura y en distorsión.	39
Figura. 17. Perfiles de NET METERING y el NET BILLING.	48
Figura. 18. Desarrollo del Net Metering.	49
Figura. 19. Desarrollo del NET BILLING.	49
Figura. 20. Ubicación Geográfica – Yuramayo.	55
Figura. 21. Margen de Velocidades de Viento – Yuramayo.	56
Figura. 22. Diagrama de Alimentación.	63
Figura. 23. Controlador de carga para un sistema de generación Eólica.	65
Figura. 24. Transformador Seco 100KVA.	66
Figura. 25. Celdas Gis.	67
Figura. 26. Recloser Sistema de Protección y gestión.	68

Figura. 27. Dirección de vientos en zona de Yuramayo.....	68
Figura. 28. Diagrama Unifilar de la COES – SISTEMA ELECTRICO REPARTICION LA CANO.....	69
Figura. 29. Diagrama Unifilar de S.E. REPARTICION LA CANO.....	70
Figura. 30. Trazo de Red Eléctrica en MRT y Ubicación – AEROGENERADOR 01.....	73
Figura. 31. Trazo de Red Eléctrica en MRT y Ubicación – AEROGENERADOR 02.....	74
Figura. 32. Trazo de Red Eléctrica en MRT y Ubicación – AEROGENERADOR 03.....	75
Figura. 33. Tipos de Estructuras de MT para un Sistema MRT - ALIMENTADOR VITOR.....	77
Figura. 34. Flujo de Potencia en Sistema MRT.....	78
Figura. 35. Derivación de Línea de Realimentación dedicada.....	81
Figura. 36. Sistema Radial.....	82



GRAFICAS

Grafica 1 Perfiles de tensión con y sin GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	37
Grafica 2. Las contribuciones de fallas debidas a las unidades de GENERACIÓN DISTRIBUIDA 1, 2 y 3 están integradas en el sistema. Es posible que ya no se logre la coordinación del interruptor de fusibles.	42
Grafica 3. Jerarquía de normativa peruana.	50
Grafica 4. División del Sector Eléctrico Peruano.	50
Grafica 5. Curva de energía de un Aerogenerador.	60
Grafica 6. Curva de energía de Aerogenerador ADES 60KW.	61
Grafica 7. Curva de energía de Aerogenerador GAMESA.	62
Grafica 8. Rosa de Viento en Yuramayo.	69

TABLAS

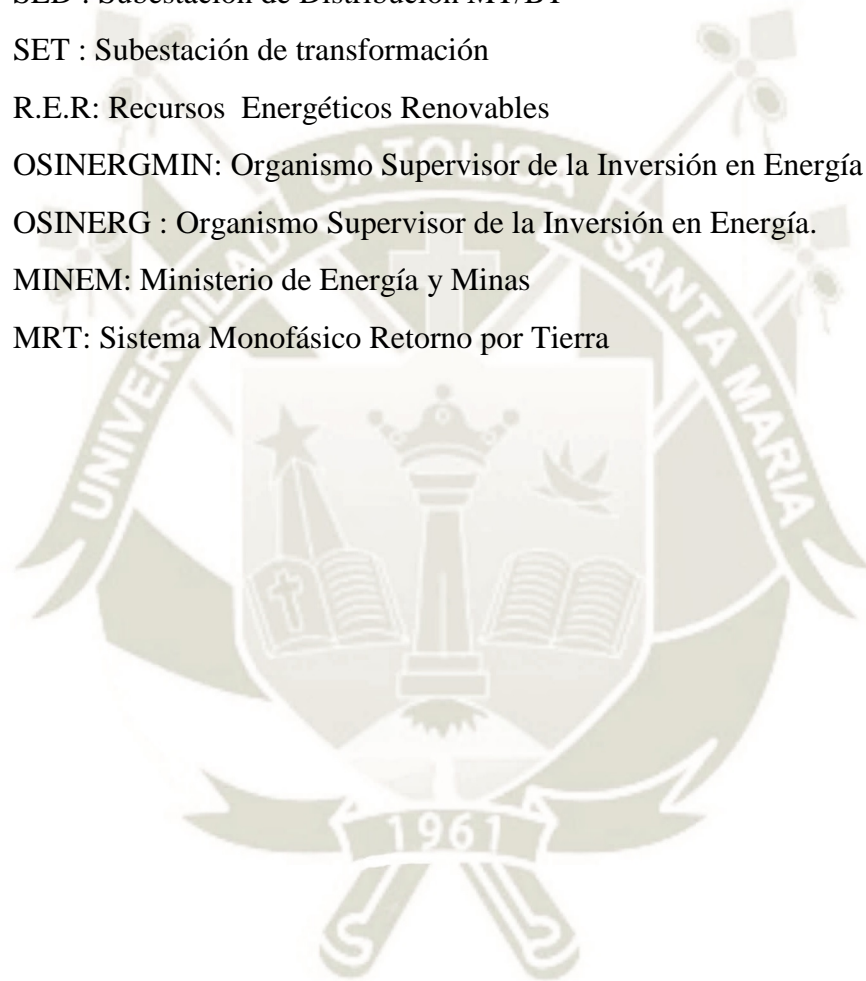
Tabla 1. Cuadro de variables Dependiente e Independiente,	6
Tabla 2. Matriz de consistencia.	9
Tabla 3. Tipos de Aerogeneradores.	21
Tabla 4. Tipos de aerogeneradores Verticales.	24
Tabla 5. Relación de SPAT en transformadores.	33
Tabla 6. Requisitos de inyección de corriente armónica para generadores distribuidos según IEEE 519-1992	41
Tabla 7. Diferencias en Mediana y Micro generación Distribuida.....	47
Tabla 8. Estándares según altura y temperatura.	58
Tabla 9. Cantidad de Aerogeneradores y distribución.	60
Tabla 10. Cantidad de Aerogeneradores y distribución.	62
Tabla 11. Codificación Subestaciones Eléctricas Monofásicas, Potencia, consumo y usuarios abarcado por AEROGENERADOR 01.	72
Tabla 12. Codificación Subestaciones Eléctricas Monofásicas, Potencia, consumo y usuarios abarcado por AEROGENERADOR 02.	73
Tabla 13. Codificación Subestaciones Eléctricas Monofásicas, Potencia, consumo y usuarios abarcado por AEROGENERADOR 03.	74
Tabla 14. Balance Oferta Demanda Sin Proyecto.	79
Tabla 15. Balance Oferta Demanda Con proyecto.	79
Tabla 16. Codificación de Subestaciones Reales y consumo de carga por habitantes.	83

Tabla 17. Venta de energía Eléctrica en Zona Rural - Yuramayo.....	84
Tabla 18. Costos de Energía Eólica en un Sistema MRT costos generales.....	84
Tabla 19. Pagos de consumo en contraste de Inversión para Proyecto.	85



ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

- COES-SINAC : Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
- DGE: Dirección General de Electricidad
- SAIDI : Duración Media de Interrupción por Usuario
- SAIFI : Frecuencia Media de Interrupción por Usuario
- SEIN : Sistema Eléctrico Interconectado Nacional
- SED : Subestación de Distribución MT/BT
- SET : Subestación de transformación
- R.E.R: Recursos Energéticos Renovables
- OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
- OSINERG : Organismo Supervisor de la Inversión en Energía.
- MINEM: Ministerio de Energía y Minas
- MRT: Sistema Monofásico Retorno por Tierra



CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1.1. TEMA DE INVESTIGACION

El tema de investigación basa su desarrollo en conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera, investigación de papers, DOIs y estudios ya comprobados para la elaboración de la tesis “FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV VITOR - YURAMAYO – AREQUIPA”.

El estudio mencionado forma parte de un conjunto de teorías y normativas desarrolladas para la continua investigación y aplicación en sistemas ya existentes, analizando condiciones y esquemas de la Ingeniería Eléctrica y Mecánica asociando la Generación Eólica.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La fuente de energía Eólica es amigable con el medio ambiente, no contamina y es más barata que las otras fuentes de energía. Arequipa tiene espacios para desarrollar la energía geotérmica, solar, eólica, por biomasa, con la que además podría dinamizar la economía.

“La única razón por la que no se invierte es la falta de voluntad política, hay empresas como ENERGY que en cuatro años, invirtió 11 millones de dólares y está dispuesta a invertir 600 millones de dólares más en la región, hay otra empresa española con proyectos de producir 300 millones de dólares”. (HANCCO, 2018)

Por otro lado, en todo Sistema Eléctrico de Potencia se incluye las instalaciones de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, siendo de gran importancia el de llevar la energía desde los centros de generación hasta los consumidores en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

La gran cantidad de inversión ante estos proyectos de potencia, están asignadas a distribución por lo que el diseño y construcción deben de poseer estudios de alta

ingeniería. Dentro de este contexto existe una gran cantidad de Pérdidas técnicas y no técnicas ante fallas en la operación y la calidad del servicio eléctrico.

Dentro de este trabajo de investigación se desea demostrar fundamentos teóricos de los sistemas de distribución Eléctrica en MRT (Monofásico con Retorno por Tierra) desarrolladas desde una generación en función de Aerogeneradores, donde la importancia de todos estos resultados recae en la energía eólica y los sistemas de distribución Eléctrica en Zonas Rurales

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera podemos demostrar que la Generación Eólica dentro de redes de distribución por sistema MRT utilizadas en zonas rurales como Energía Libre sujeta a la Ley de Concesiones Eléctricas y DL 1221, y las redes de distribución eléctrica actuales están en condiciones para la aplicación del NET METERING en los llamados alimentadores por Distribuidoras Publicas?

1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO

- a) ¿Estamos en la posibilidad de desarrollar proyectos pilotos por Aerogeneradores para el atender el suministro eléctrico en zonas rurales donde los estudios de transmisión, transformación y generación son largo plazo?
- b) ¿De qué manera se puede atender los problemas de sistema de distribución convencional en poder atender a nuestros usuarios conociendo la exigencia en la regulación y por la fiscalización que se tienen las empresas en cuanto a la calidad de la energía que a su vez se traduce en penalidades o multas nosotras?
- c) ¿Cuál es la forma de impulsar la generación distribuida y aplicar el NETMETERING?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- El desarrollo e implementación de fuentes de energía renovable mediante sistemas de generación de energía eólica a su vez conectadas a un sistema de distribución MRT (Monofásico Retorno a Tierra), a través de proyectos Pilotos y demostrar la viabilidad técnica y económica de estos proyectos para nuevos aportes en la ingeniera Mecánica, Eléctrica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) El Cambio positivo para la economía y la estabilidad ambiental en la parte Sur de Arequipa.
- b) Desarrollo de Proyectos de inversión para el Sector Privado y Público para la regulación de nuevos costos de Energía, la nueva generación de normas y leyes para el desarrollo del sistema eléctrico.
- c) Contribuir al desarrollo de las Energías renovables en todas las regiones del Perú y poder ayudar en el avance tecnológico.

1.4.HIPOTESIS

1.4.1. HIPOTESIS GENERAL

- Está en lo posible desarrollar proyectos para alimentar la teoría aplicada por medio de la generación Eólica a través de aerogeneradores y este conectarlo a un sistema de distribución MRT existente. Para atender el crecimiento de la demanda eléctrica en lugares donde impliquen gran cantidad en Kilómetros de línea de Media Tensión.

1.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICA

- a. Utilizando programas de simulación de flujo de potencia se logrará entender la condición y los parámetros de línea de un sistema de distribución Eléctrica.
- b. Las Estrategias y aprobación de viabilidad sostiene un proyecto piloto, solucionan los problemas en lugares donde existe la preocupación del usuario y parte de la población sin tener una oferta eléctrica.
- c. El tipo de generación aborda un mercado de exportación en diferentes países, estas condiciones atienden primero al predesarrollo Industrial del País con nuevas tecnologías.
- d. La inversión en mejorar las redes de distribución para la captación del NET METERING incluyendo mejoras y mantenimiento a proyectos entregados por MINEM.

1.5.JUSTIFICACION

- En el mundo, la creciente preocupación por los altos costos de la energía, la preocupación ambiental, el reconocimiento del cambio climático, y la inseguridad de abastos de energía han sido factores a favor de buscar fuentes alternas de energía. (VC & TP, Febrero 2017)
- Oportunidades de negocio en el sector eléctrico, ante la demora en los planes de Inversiones de transmisión (PIT), el cual está constituido por el conjunto de instalaciones de transmisión (líneas de transmisión, transformadores de potencia, celdas y equipos de compensación), donde el tiempo para la puesta en servicio es de 3 a 5 años y así formar un SEP (Sistema Eléctrico de Potencia) demorando más aun el suministro en lugares más lejano.
- Planes de Desarrollo en la Ingeniería Mecánica Eléctrica dentro de la zona sur, Investigación y nuevos horizontes en Energías Renovables.

1.6.ALCANCES

- Nos basaremos en desarrollar una investigación del uso de Aerogeneradores conectado a un Sistema de Distribución MRT ya existente para atender el crecimiento de la demanda en los valles de Arequipa – Vitor, conceptos establecidos a lo que rodea la generación Eólica y distribución Eléctrica.

1.7.VARIABLES

1.7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Sistemas de Distribución MRT (Monofásico Retorno por tierra)

Definición conceptual: Los Sistema de distribución con un solo conductor (MRT) logran extenderse muchos kilómetros y este es alimentando de cargas aisladas. Donde en cada uno de estos puntos, la corriente fluye desde la línea, a través del devanado primario de un transformador de distribución, hacia la tierra a través de una toma de tierra (PAT 1 o sistema de Puesta a Tierra). Desde el electrodo, la corriente finalmente encuentra su camino de regreso al transformador principal ubicado en el comienzo de la línea, cerrando circuito.

Definición operativa: Demostrar los parámetros de diseño desde un Sistema de Distribución MRT del ALIMENTADOR [2702] en 22.9KV de la concesionaria

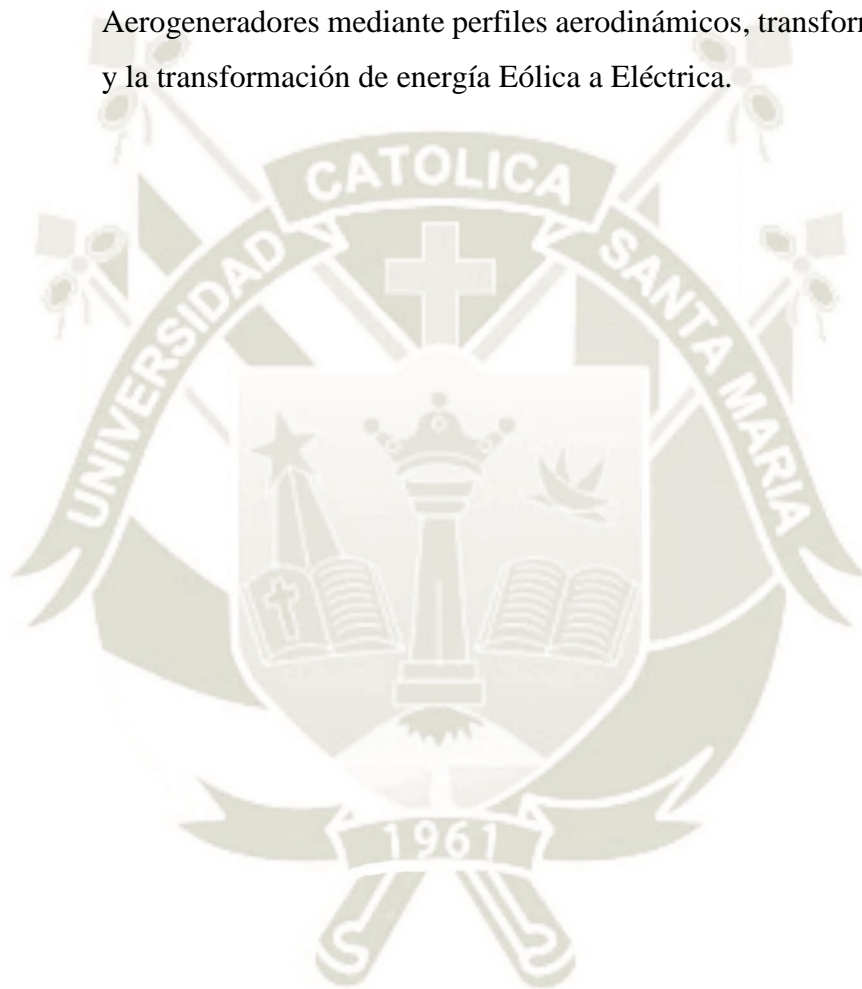
Sociedad Eléctrica Sur Oeste. S.A. como rediseño en niveles de tensión e inversión.

1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- **Generación Eólica por Aerogeneradores**

Definición conceptual: Generadores y electrónica de potencia.

Definición operativa: Demostración del proceso en la Selección de Aerogeneradores mediante perfiles aerodinámicos, transformación y conversión y la transformación de energía Eólica a Eléctrica.



CUADRO DE VARIABLES

“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV

VICTOR - YURAMAYO – AREQUIPA”

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	UNIDAD	INDICADOR	HERRAMIENTAS
VARIABLE DE ESTUDIO: SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA MRT	Variable independiente	Sistema de distribución convencional de corriente de retorno por tierra ,líneas de energía convencionales seguras, más confiable, menos costoso, pero con una eficiencia ligeramente menor que las líneas convencionales, se utiliza principalmente para la electrificación rural , pero también se utiliza para cargas aisladas más grandes, como las bombas de agua.	Calidad de Servicio	Números y %	a. Confiabilidad del Sistema Eléctrico	Saidi y Saifi
					b. Seguridad del Sistema MRT	Fotográficas y Mediciones
					c. Comprometer el mantenimiento	Hojas de Inspección, Reconfiguración DLTCAD
VARIABLE DE ESTUDIO: GENERACIÓN EÓLICA Y AEROGENERADORES	Variable Dependiente	La generación de energía eólica es la generación de energía que convierte la energía eólica en energía eléctrica. El grupo electrógeno eólico absorbe la energía eólica con una pala especialmente diseñada y convierte la energía eólica en energía mecánica, lo que impulsa aún más la rotación del generador y realiza la conversión de la energía eólica en energía eléctrica.	Su función es producir Energía Eléctrica	KW	d. Producción de Energía Eléctrica y Generación Distribuida	NET METERING, ETAP

Tabla 1. Cuadro de variables Dependiente e Independiente,

Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV

VICTOR - YURAMAYO – AREQUIPA”

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
				y = f(x)		
	PROBLEMA GENERAL :	OBJETIVO GENERAL:	HIPOTESIS GENERAL:	VARIABLE DEPENDIENTE (y):	INDICADORES	
“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV VICTOR - YURAMAYO – AREQUIPA”	¿De qué manera podemos demostrar la Generación Eólica dentro de redes de distribución por sistema MRT utilizadas en zonas rurales como Energía Libre sujeta a la Ley de Concesiones Eléctricas y DL 25844?	El desarrollo e implementación de fuentes de energía renovable mediante sistemas de generación de energía eólica a su vez conectadas a un sistema de distribución MRT, a través de proyectos Pilotos	Está en lo posible desarrollar proyectos para alimentar la teoría aplicada por medio de la generación Eólica a través de aerogeneradores y este conectarlo a un sistema de distribución MRT existente. Para atender el crecimiento de la demanda eléctrica en lugares donde impliquen gran cantidad en Kilómetros de línea de Media Tensión.	La generación de energía eólica es la generación de energía que convierte la energía eólica en energía eléctrica. El grupo electrógeno eólico absorbe la energía eólica con una pala especialmente diseñada y convierte la energía eólica en energía mecánica, lo que impulsa aún más la rotación del generador y realiza la conversión de la energía eólica en energía eléctrica.	NET METERING, ETAP FLUJO DE POTENCIA	Explicativa, descriptiva y operativa.
	¿La Redes de distribución eléctrica actuales está en las condiciones para la aplicación del NET METERING, en los llamados alimentadores por Distribuidoras Publicas?	Demostrar la viabilidad técnica y económica de estos proyectos para nuevos aportes en la ingeniera Mecánica, Eléctrica Electrónica.				

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV

VICTOR - YURAMAYO – AREQUIPA”

TITULO	PROBLEMA ESPECIFICO:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPOTESIS ESPECÍFICAS:	VARIABLE INDEPENDIENTE (x):	CRITERIOS DE CALIDAD	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<p>“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV VICTOR - YURAMAYO – AREQUIPA”</p>	<p>a) ¿Estamos en la posibilidad de desarrollar proyectos pilotos por Aerogeneradores para el atender el suministro eléctrico en zonas rurales donde los estudios de transmisión, transformación y generación son largo plazo?</p>	<p>a) El Cambio positivo para la economía y la estabilidad ambiental en la parte Sur de Arequipa.</p>	<p>a. Utilizando programas de simulación de flujo de potencia se logrará entender la condición y los parámetros de línea de un sistema de distribución Eléctrica.</p>	<p>Sistema de distribución convencional de corriente de retorno por tierra ,líneas de energía convencionales seguras, más confiable, menos costoso, pero con una eficiencia ligeramente menor que las líneas convencionales, se utiliza principalmente para la electrificación rural , pero también se utiliza para cargas aisladas más grandes, como las bombas de agua.</p>	<p>a. Confiabilidad del Sistema Eléctrico</p>	<p>Explicativa, descriptiva y operativa.</p>
	<p>b) ¿De qué manera se puede atender los problemas de sistema de distribución convencional en poder atender a nuestros usuarios conociendo la exigencia en la regulación y por la fiscalización que se tienen las empresas en cuanto a la calidad de la energía que a su</p>	<p>b) Desarrollo de Proyectos de inversión para el Sector Privado y Público para la regulación de nuevos costos de Energía, la nueva generación de normas y leyes para el desarrollo del sistema eléctrico.</p>	<p>b. Las Estrategias y aprobación de que tan viable sostiene un proyecto piloto, solucionan los problemas en lugares donde existe la preocupación del usuario y parte de la población sin tener una demanda eléctrica.</p>		<p>b. Seguridad del Sistema MRT</p>	

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“FLUJO DE POTENCIA Y BALANCE DE ENERGIA BIDIRECCIONAL EN GENERACIÓN EÓLICA DISTRIBUIDA APLICADO EN UN SISTEMA ELECTRICO RURAL DE 22.9KV

VICTOR - YURAMAYO – AREQUIPA”

TITULO	PROBLEMA ESPECIFICO:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPOTESIS ESPECÍFICAS:	VARIABLE INDEPENDIENTE (x):	CRITERIOS DE CALIDAD	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
	vez se traduce en penalidades o multas nosotras?					
	c) ¿Cuál es la forma de impulsar la generación distribuida y aplicar el NETMETERING?	c) Contribuir al desarrollo de las Energías renovables en todas las regiones del Perú y poder ayudar en el avance tecnológico dentro de la Energía	c. El tipo de generación aborda un mercado de exportación en diferentes países, estas condiciones atienden primero al		c. Comprometer el mantenimiento	
	d) ¿Estamos en el momento de reactivar la economía desde proyectos con energía Eólica inyectada a la Red Eléctrica, conociendo las irregularidades de Concesionarias ante la falta de regulación y fiscalización por el COVID-19?	d) La penetración en lo que es el de generación distribuida en un país con un recurso Eólico tan atractivo para el autoconsumo en diferentes ámbitos residencial comercial o industrial	d. La inversión en mejorar las redes distribución para la captación del NET METERING incluyendo mejoras y mantenimiento a proyectos entregados por MINEM.			

Tabla 2. Matriz de consistencia.

Fuente :Elaboración propia

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1.ANTECEDENTES HISTORICOS

Los pequeños convertidores de energía eólica pueden ser las principales Fuentes de energía eléctrica para uso residencial y comercial. aplicaciones, así como de micro redes o sistemas de distribución, mientras que la tecnología de grandes turbinas eólicas, a diferencias de las pequeñas, los convertidores aún están bajo estudio y desarrollo intensivos. La mayor parte de estas investigaciones se centran en estas para encontrar la mejor tecnología y mejorar su eficiencia y otras características clave.

Dentro del Perú se tiene en total cuatro los parques eólicos que operan en el país aportando 239 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN),

En 2014 entraron en operación las primeras tres grandes centrales eólicas en el país:

- Marcona (Ica) de 32 MW
- Cupisnique (La Libertad) de 80 MW
- Talara (Piura) de 30 MW

El 11 de marzo de 2016 se integró al SEIN la central eólica de generación eléctrica Tres Hermanas, ubicada en el distrito de Marcona (Ica), la cual cuenta con una potencia instalada de 97.15 MW y demandó una inversión de casi US\$ 197 millones.

En abril de 2016, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) señaló que el potencial eólico aprovechable del Perú es 22 452 MW y a esta fecha se han aprovechado 239 MW en centrales de generación eléctrica, (Szabó, 2019) es decir 1% del potencial total. (VC & TP, Febrero 2017)

A nivel mundial, la energía eólica, solar e hidroeléctrica son las más importantes. en gran medida se explotó los recursos de energía renovable en la Tierra 1 MW y unidades mayores dominan la energía eólica en rápido crecimiento industria de conversión, que en 2017 superó el total instalado capacidad de 539 GW (Global cumulative installed wind power capacity from 2001 to 2017 (in megawatts)., 2018). Esto tiene una razón física simple, como el tamaño de la turbina tiene un efecto exponencial en el Poder entregado. Sin embargo, también las pequeñas turbinas eólicas (SWT) tienen propio

mercado bien definido, (L. H. Hansen, 2001) (Breeze, 2016) estas definiciones están desarrolladas según IEC 61400-2 la Comisión Electrotécnica Internacional, los SWT tienen Área de barrido del rotor inferior a 200 m^2 , potencia nominal hasta 50 kW y generando un voltaje máximo de 1 kV ac. En varios países se utilizan otras definiciones individuales de SWT, principalmente con respecto al límite de potencia superior, que varía en el rango de 15 a 100 kW (Szabó, 2019)

2.2.CONDICIONES EN GENERACIÓN EÓLICA

2.2.1. GENERALIDADES

En la actualidad, la energía eólica se utiliza, principalmente, para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución. Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata y competitiva en muchas regiones (incluso más que otras fuentes de energía convencionales).

Pequeñas instalaciones eólicas pueden proporcionar electricidad en regiones remotas y aisladas que no tienen acceso a la red eléctrica, similar que la energía solar fotovoltaica. Las compañías eléctricas distribuidoras adquieren cada vez más el excedente de electricidad producido por pequeñas instalaciones eólicas domésticas. El auge de la energía eólica ha provocado también la planificación y construcción de parques eólicos marinos -a menudo conocidos como parques eólicos offshore, por su nombre en inglés-, situados cerca de las costas. (VC & TP, Febrero 2017)

2.2.2. ORIGEN DE VIENTO

El viento, considerado a escala planetaria, tiene su origen en las diferencias de presión creadas por la homogeneidad del calentamiento por radiación solar. Por ejemplo, la cantidad de radiación solar absorbida en la superficie terrestre es mayor en el ecuador que en los polos. Adicionalmente, el movimiento de traslación del planeta da lugar a variaciones estacionales en la distribución de radiación. Las variaciones espaciales en la transferencia de calor a la atmósfera crean variaciones en el campo de presión que fuerzan al aire a moverse desde las altas hacia las bajas presiones. Normalmente, la fuerza del gradiente de presión vertical se cancela con la fuerza gravitatoria. Es por ello que el viento sopla predominantemente en el plano horizontal, respondiendo a los

gradientes horizontales de presión. Una vez el movimiento se ha iniciado, aparecen otras fuerzas que condicionan la circulación atmosférica a escala planetaria. La primera de ellas es la fuerza de Coriolis, que aparece por el hecho de encontrarnos en un sistema manifiestamente no inercial como es la Tierra en rotación sobre su eje. Supongamos un cuerpo que siguiera una trayectoria rectilínea de norte a sur sin contacto con la superficie de la Tierra. Visto desde el espacio, el cuerpo efectivamente sigue una trayectoria rectilínea y es la Tierra la que se desplaza debajo de él. Para un observador situado en reposo sobre la superficie, el cuerpo que se desplaza sobre su cabeza aparentará desplazarse hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Esta fuerza ficticia que explica este movimiento en el sistema no inercial es la que llamamos de Coriolis. El equilibrio entre las fuerzas b́arica (o del gradiente de presión) y la fuerza de Coriolis, genera una circulación idealizada a la que llamamos viento geostrófico. Es una buena aproximación al viento real en niveles altos de la atmósfera. El viento geostrófico es paralelo a las isóbaras, o superficies de igual presión. El viento geostrófico es una idealización, dado que la presencia de zonas de altas y bajas presiones hacen que las isóbaras no sean rectas sino curvas. Esto impone una nueva fuerza que actúa sobre el viento, la fuerza centrífuga. El equilibrio de las fuerzas b́arica, de Coriolis y centrífuga, resulta en una circulación conocida como viento del gradiente. Este viento es también paralelo a las isóbaras. Por último, el rozamiento de la superficie terrestre ejerce también una fuerza sobre el viento que distorsiona su movimiento a escala global, frenándolo en diferente medida según las características del suelo, y cuya tendencia es a desviarlo hacia las regiones de baja presión. (VC & TP, Febrero 2017)

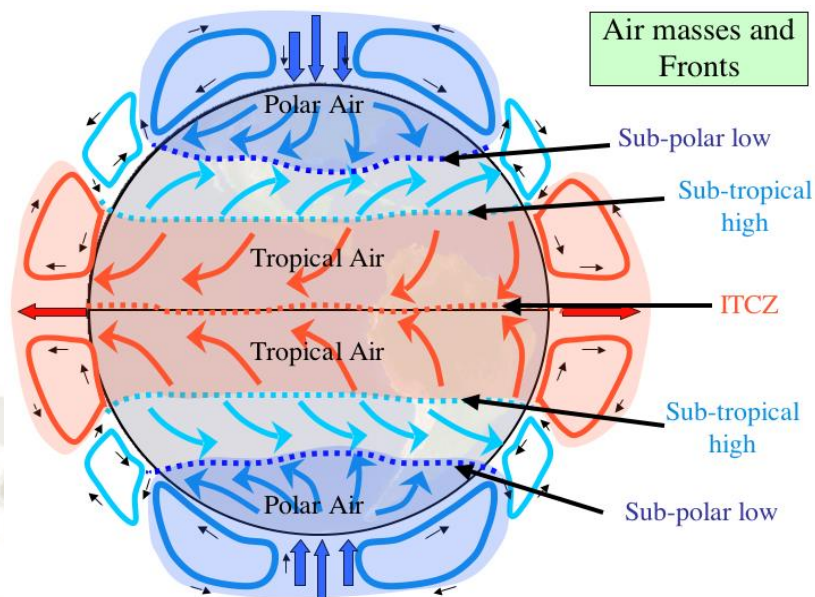


Figura. 1. Movimiento a escala global de vientos.

Fuente: (Breeze, 2016)

2.2.3. ESCALAS Y FLUJO DE VIENTO

Los vientos regionales (ABB, 2015) a aquellas en que los centros de alta o baja presión se forman por el calentamiento o enfriamiento de la baja atmósfera. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Huracanes
- Monzones
- Ciclones extra tropicales (o de latitudes medias)

Se llaman circulaciones terciarias o vientos locales el resto de circulaciones persistentes de pequeña escala, entre las que se encuentran:

- Brisas y terrales
- Vientos de valle y montaña
- Flujo entre pasos de montaña.
- Vientos Foehn
- Tormentas
- Tornados

La cantidad total de capacidad instalada de energía eólica debería aumentar sustancialmente en el futuro décadas a nivel mundial (Division, 2017). Lograr este crecimiento requerirá necesariamente el diseño y la instalación de nuevos grandes parques eólicos y la mejora de los existentes en regiones de alta energía eólica potencial. Los importantes esfuerzos de investigación se han realizado en el campo de la aerodinámica de las turbinas eólicas, y en particular en la optimización de rotores de aerogeneradores de eje horizontal, Glauert (1935), él logró fue importante para el avance de la teoría del impulso de elemento de cuchilla. Esta teoría, que luego extendido con muchas 'reglas de ingeniería', constituye la base de todos los rotores códigos de optimización de diseño utilizados en la industria actual.

Estos avances en la aerodinámica de las turbinas eólicas han llevado a modificaciones Aerogeneradores Verticales, estos alcanzan coeficientes de potencia (basados en la eficiencia aerodinámica) de alrededor de 0.5, que está bastante cerca, dadas las inevitables pérdidas aerodinámicas, Además, razonablemente exacto Se pueden lograr predicciones de la tasa de rendimiento de esas turbinas utilizando esas teorías si el flujo entrante se conoce a priori. Por el contrario, la predicción de aerogeneradores y parques eólicos con rendimientos en condiciones reales sigue siendo un objetivo difícil de alcanzar y uno de los principales desafíos en optimizando el diseño, operación y control de parques eólicos. Esto se debe a la compleja interacción entre las turbinas eólicas y la capa límite atmosférica, que es altamente turbulento, no estacionario (debido a los efectos del ciclo diurno y la variación forzada sinóptica capacidad), modulada por efectos térmicos ubicuos, y a menudo heterogénea (debido a los efectos de topografía y heterogeneidad de la superficie terrestre). Además, dentro de los parques eólicos, los turbulentos los flujos de estela (partículas de un flujo que previamente han pasado por un punto) que se forman a favor del viento de las turbinas son responsables de pérdidas de energía sustanciales, debido a la reducción de la velocidad del viento en las estelas, así como al aumento de las cargas de fatiga y asociados costos de mantenimiento, debido a los niveles de turbulencia aumentados, cualquier mejora en la comprensión y predicción de la interacción de la capa limite atmosférica con turbinas eólicas y parques eólicos puede ayudar potencialmente a aumentar la economía en la viabilidad de proyectos eólicos.

Existe una amplia gama de escalas de flujo atmosférico que afectan a los parques eólicos. Los fenómenos climáticos en macro escala y meso escala son responsables de

la variabilidad de flujo en la atmósfera libre a escalas de longitud horizontal mayores de aproximadamente 2000 km, y en el alcance de 2–2000 km, respectivamente. Esta variabilidad en la atmósfera a gran escala y en movimientos combinados con los efectos moduladores de la fuerza de Coriolis, las fuerzas aerodinámicas en superficies terrestres o marinas, cubiertas de plantas, edificios, topografía y turbinas eólicas, así como estabilidad atmosférica, regulan la estructura y evolución de la capa límite Atmosférica dentro y alrededor con escalas de turbulencia en la capa límite Atmosférica, que abarca desde la escala integral (del orden de 1 km y 100s) hasta la escala de Kolmogorov (del orden de 1 mm y 1 ms), desempeña un papel clave en el ajuste de la Capa Límite Atmosférica, alrededor de turbinas eólicas (incluyendo turbina operativa) y, en última instancia, en su rendimiento.

La naturaleza multiescalar de la atmósfera. La turbulencia en una gama tan amplia de escalas hace que el modelado y la medición de El flujo de la Capa Límite Atmosférica y su interacción bidireccional con parques eólicos es particularmente desafiante. Se han utilizado una variedad de enfoques analíticos, computacionales y experimentales en últimos años para estudiar la interacción del flujo turbulento de la Capa Límite Atmosférica con turbinas eólicas y eólicas, algunos de los más relevantes se presentan brevemente a continuación:

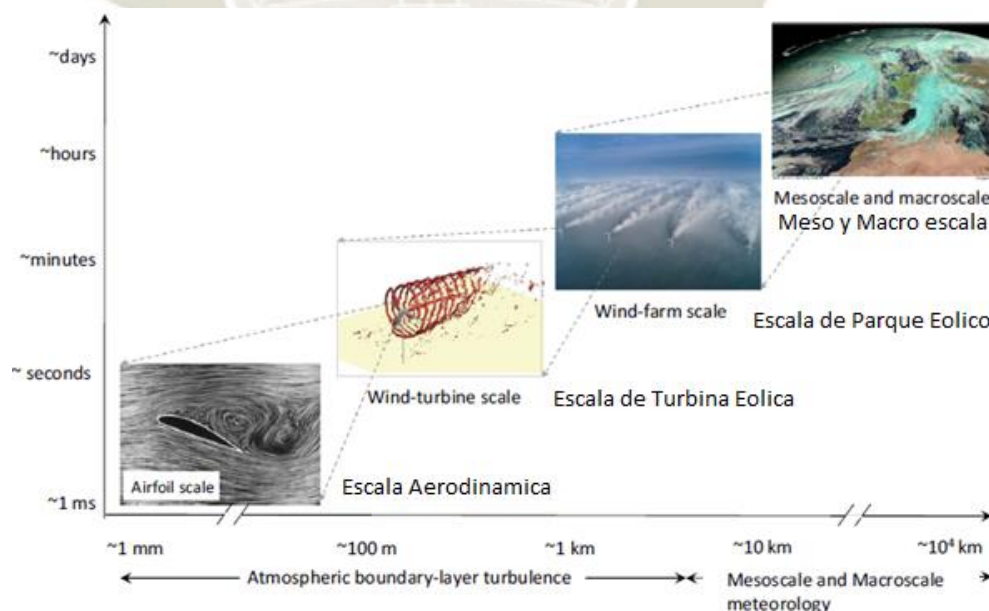


Figura. 2. Escala de vientos,

Fuente: (L. H. Hansen, 2001)

2.2.4. ESTUDIOS DE MODELADO Y ANALISIS DE VIENTO

Los estudios y análisis para tener un mayor panorama en las condiciones de diseño y selección, se debe de conocer ciertas prácticas de laboratorio e ingeniera como lo siguiente:

- Modelado analítico:** Los modelos analíticos simples para el Dicción del déficit de velocidad promedio en estelas de turbinas eólicas a pesar de que son necesariamente menos precisas que las herramientas de simulación numérica más sofisticadas para resolver turbulencias, su simplicidad y bajo costo computacional los hace La opción preferida para optimizar el diseño y el control de los parques eólicos. sobre terreno plano. Esto se debe a que las técnicas de optimización, como la genética algoritmos, optimización de enjambre de partículas, o programación cuadrática secuencial, necesitan la simulación de miles de casos que abarcan la combinación de múltiples contrastes de viento direcciones (direcciones y magnitudes), así como configuraciones y / o control de parques eólicos estrategias.

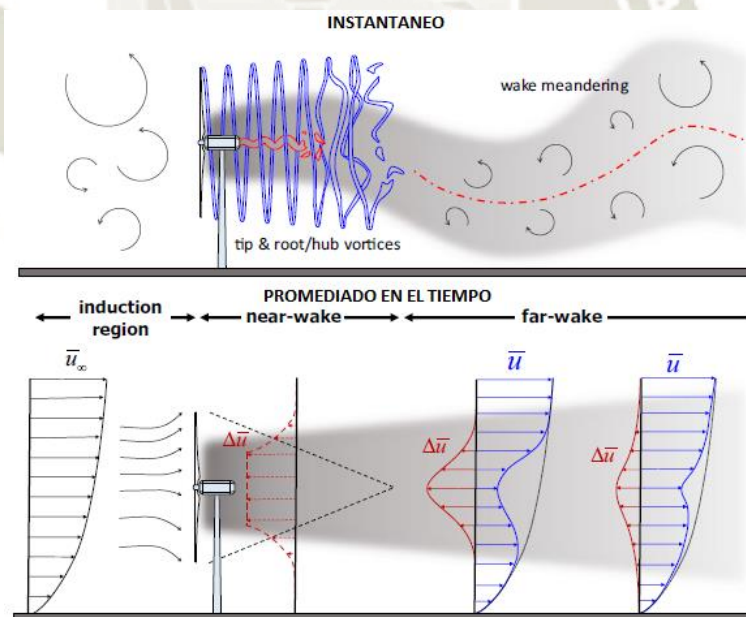


Figura. 3. Combinación de múltiples contrastes de viento direcciones,

Fuente (L. H. Hansen, 2001)

La Figura muestra las regiones de flujo resultantes de la interacción de una turbina eólica y la entrada capa límite turbulento. Se muestran los más característicos instantáneos (arriba) y promediados en el tiempo (abajo) características de flujo

- **Dinámica de fluidos computacional (DFC)** : Navier – Stokes con Reynolds usaron esta técnica ampliamente para estudiar los flujos de aerogeneradores y parques eólicos (por ejemplo, Con el rápido crecimiento de la computación, se han logrado importantes avances en la última década en el desarrollo, validación y aplicación de herramientas DFC para resolver turbulencias, y particularmente grandes para aplicaciones de energía eólica y otros modelos de orden reducido , donde todas las escalas de la turbulencia están parametrizadas, solo requiere parametrización de las escalas más pequeñas (subcuadrícula), mientras que las más grandes y energéticas las escalas se resuelven explícitamente

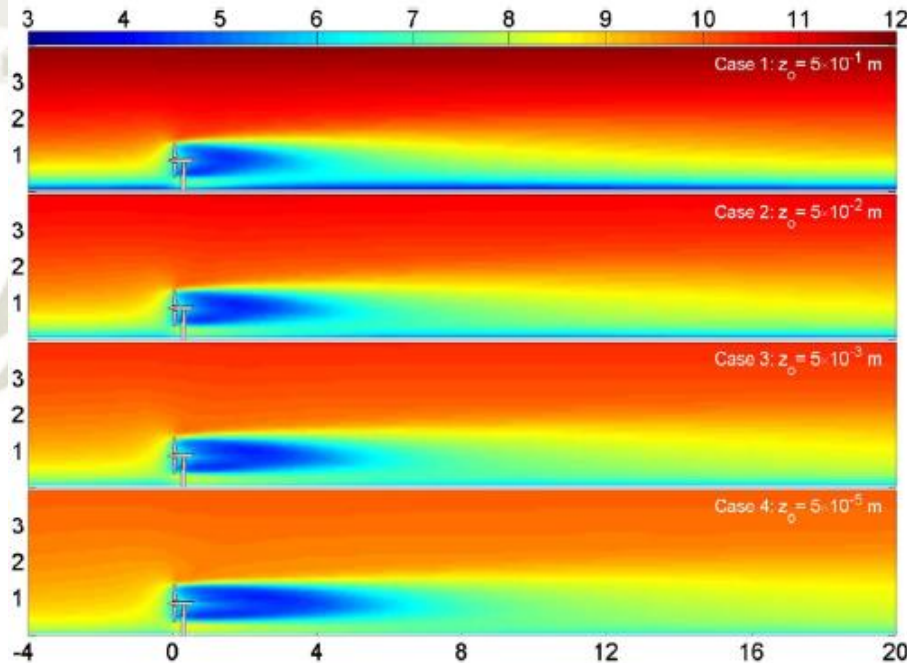


Figura. 4..Dinámica de fluidos computacional, Fuente: Ensayo de vientos y simulación.

Fuente: (L. H. Hansen, 2001)

- **Experimentos en túnel de viento:** se han llevado a cabo numerosos experimentos en túnel de viento en Las últimas décadas para estudiar el flujo de aire alrededor de las turbinas eólicas. Durante los últimos años, también se han realizado experimentos de túnel de viento para estudiar La interacción entre los flujos turbulentos de la capa límite y las turbinas eólicas, Estos experimentos han proporcionado información valiosa sobre la estructura de flujo de las estelas de la turbina en el límite flujos de capa, que exhiben diferencias importantes con

respecto a los flujos de flujo libre. También han proporcionado conjuntos de datos únicos para la validación de modelos analíticos y modelos de DFC

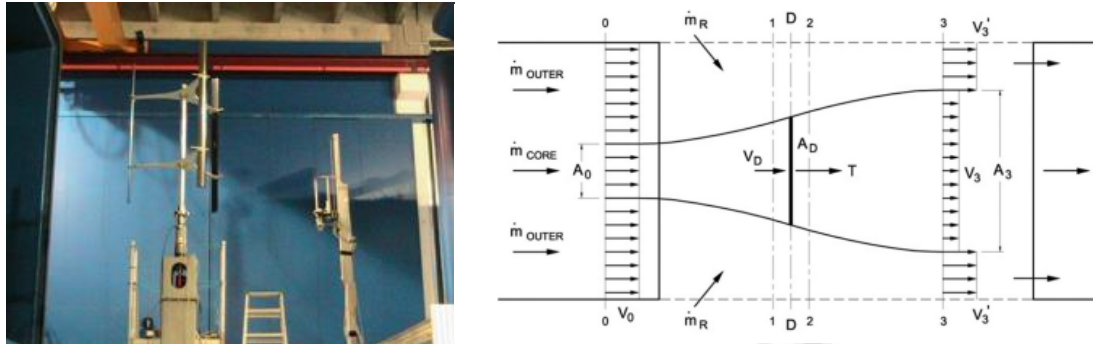


Figura. 5. Dinámica de Experimental en túneles de viento.

Fuente: (L. H. Hansen, 2001)

- Experimentos de campo :** Los experimentos de campo se llevaron a cabo utilizando anemómetros montados en remolques meteorológicos. eres para caracterizar los flujos de estela de turbinas eólicas, Más recientemente, la aplicación de tecnologías de teledetección, como escaneo de lidares del viento y radares, proporciona nuevas ideas sobre el efecto de la turbulencia atmosférica en La estructura y dinámica del flujo alrededor de las turbinas eólicas y parques eólicos, así como conjuntos de datos valiosos para probar modelos numéricos. El presente artículo revisa investigaciones teóricas, experimentales y computacionales recientes. en los flujos de aerogeneradores y parques eólicos, con énfasis en las estelas de las turbinas y su interacción con el Capa Limite Atmosférica.

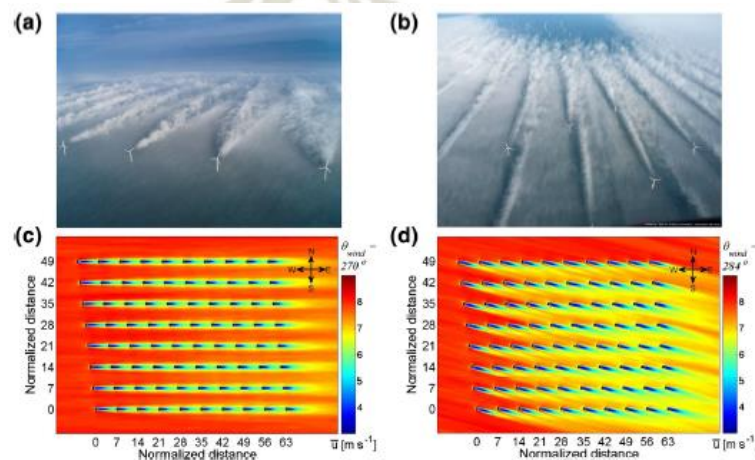


Figura. 6. Análisis a escala - parques eólicos.

Fuente: (L. H. Hansen, 2001)

2.3. AEROGENERADORES

Un aerogenerador es una máquina que transforma, mediante unas aspas oblicuas unidas a un eje común, la energía del viento en energía eléctrica aprovechable. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano (molinos), bombear agua o generar electricidad. Cuando se usa para producir electricidad se le denomina generador de turbina de viento. Las máquinas movidas por el viento tienen un origen remoto y las más antiguas funcionan como molinos. (ABB, 2015)

Las turbinas eólicas aprovechan el poder del viento y lo utilizan para generar electricidad. En pocas palabras, una turbina eólica funciona al contrario que la de un ventilador. En lugar de usar la electricidad para hacer viento, como un ventilador, las turbinas eólicas utilizan el viento para producir electricidad. La energía en el viento da vuelta a dos o tres palas de la hélice, como alrededor de un rotor. El rotor está conectado al eje principal que gira un generador para crear electricidad. (ABB, 2015)

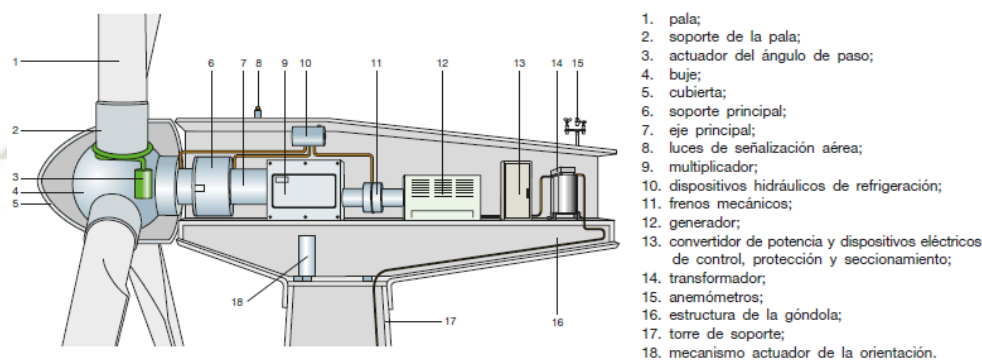


Figura. 7. Partes de un Aerogenerador.

Fuente: (ABB, 2015)

2.3.1. TIPOS DE AEROGENERADORES

Hay dos tipos básicos de turbinas eólicas:

- Aerogeneradores de eje horizontal (HAWT)
- Aerogeneradores de eje vertical (VAWT)

El tamaño de las turbinas eólicas varía ampliamente. La longitud de las palas es el factor más importante para determinar la cantidad de electricidad que puede generar una turbina eólica. Las pequeñas turbinas eólicas que pueden alimentar una sola casa pueden tener una capacidad de generación de electricidad de 10 kilovatios (kW). Las turbinas

eólicas más grandes en operación tienen capacidades de generación de electricidad de hasta 10,000 kW, y se están desarrollando turbinas más grandes. Las turbinas grandes a menudo se agrupan para crear plantas de energía eólica, o parques eólicos, que proporcionan energía a las redes eléctricas. (ABB, 2015)

2.3.1.1. AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL (HAWT)

Las turbinas de eje horizontal tienen palas como las hélices de los aviones, y comúnmente tienen tres palas. Las turbinas de eje horizontal más grandes son tan altas como edificios de 20 pisos y tienen palas de más de 30 metros de largo. Las turbinas más altas con palas más largas generan más electricidad. (ABB, 2015)

Los aerogeneradores de eje horizontal a barlovento, llamados así porque el viento encuentra antes el rotor que la torre, tienen una mayor eficiencia que los aerogeneradores a sotavento, ya que no presentan interferencias aerodinámicas con la torre. En cambio, tienen el inconveniente de no alinearse automáticamente con relación al viento, por lo que necesitan una aleta direccional o un sistema de orientación.

Los aerogeneradores de eje horizontal a sotavento acusan los efectos negativos de la interacción torre-rotor, pero se alinean automáticamente y pueden utilizar un rotor flexible para resistir los vientos fuertes.

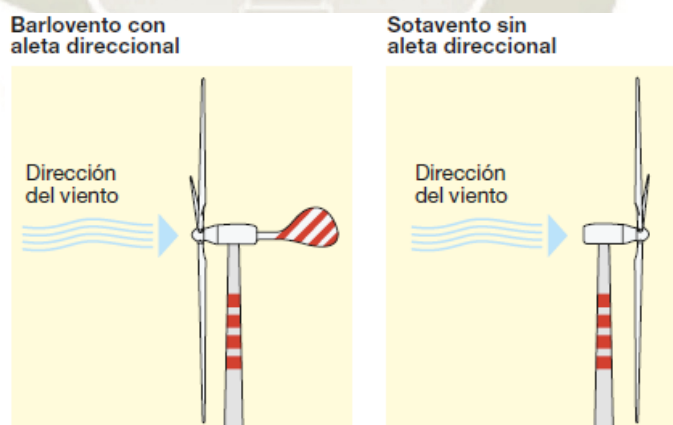


Figura. 8. Barlovento y sotavento en Aerogeneradores.

Fuente: (ABB, 2015)

AEROGENERADORES DE 3 PALAS	AEROGENERADORES DE 1 PALA
	
AEROGENERADORES DE 2 PALAS	AEROGENERADORES MULTIPALAS
	
COMPARACIONES	
<p>De acuerdo a la velocidad de rotación disminuye al crecer el número de palas (mientras que el par aumenta), los rotores de 2 palas giran más rápidamente que los de 3 (40 rpm de media frente a 30 rpm de los tripala), de manera que el ruido aerodinámico es mayor. Además, un rotor de dos palas está sometido a desequilibrios debidos a la variación del viento con la altura; a efectos giroscópicos, cuando la góndola se orienta tiene un momento de inercia inferior cuando las palas están en posición vertical que cuando están horizontales. (ABB, 2015)</p>	

Tabla 3. Tipos de Aerogeneradores.

Fuente: (ABB, 2015)

2.3.1.2. AEROGENERADORES DE EJE VERTICAL (VAWT)

Las turbinas de eje vertical tienen palas que están unidas a la parte superior e inferior de un rotor vertical. El tipo más común de turbina de eje vertical, la turbina eólica Darrieus, llamada así por el ingeniero francés Georges Darrieus, quien patentó el diseño en 1931, parece un batidor de huevos gigante de dos palas. Algunas versiones de la turbina de eje vertical son de 30 metros de alto y 15 metros de ancho. Muy pocas turbinas eólicas de eje vertical están en uso hoy en día porque no funcionan tan bien como las turbinas de eje horizontal. (ABB, 2015)

Se subdividen en:

- Aerogeneradores de Savonius
- Aerogeneradores de Darrieus
- Aerogeneradores de Darrieus- Savonius

AEROGENERADOR SAVONIUS	CARACTERÍSTICAS
	<p>Las principales características del aerogenerador Savonius son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aerogenerador “lento”⁶ con poca eficiencia - utilizable con vientos de poca intensidad y en un rango limitado, necesidad de un control de velocidad adecuado para mantener la eficiencia dentro de unos valores aceptables - imposibilidad de reducir la superficie aerodinámica en caso de velocidad superior a la nominal debido a sus palas fijas, necesidad de un dispositivo mecánico para el paro del aerogenerador, necesidad de una estructura robusta que resista los vientos extremos (debido a la elevada superficie expuesta de las palas) - válido solo para aplicaciones de poca potencia poco ruidoso.
AEROGENERADOR DARRIEUS	CARACTERÍSTICAS
	<p>Son aerogeneradores de eje vertical y de "sustentación", ya que las superficies expuestas al viento presentan un perfil de ala capaz de generar una distribución de la presión a lo largo de la pala y, por tanto, un par en el eje de rotación. Con relación a los aerogeneradores de “resistencia” Savonius, los de tipo Darrieus (y todos los aerogeneradores de "sustentación") proporcionan una mayor eficiencia al tener menos pérdidas por fricción. No obstante, un aerogenerador Darrieus es incapaz de arrancar por sí solo dado que, independientemente de la velocidad del viento, el par de arranque es nulo: como consecuencia, este aerogenerador necesita un dispositivo auxiliar.</p>

<p>AEROGENERADOR DARRIEUS-SAVONIUS</p>	<p>CARACTERISTICAS</p>
	<p>En el aerogenerador híbrido Darrieus-Savonius, el par de arranque lo aporta el aerogenerador coaxial Savonius situado en el interior del aerogenerador Darrieus</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aerogenerador "rápido" - Eficiencia menor que los aerogeneradores de eje horizontal, debido también a que una gran parte de la superficie de las palas gira en las proximidades del eje a poca velocidad - Adaptación a los cambios de dirección del viento - Utilizable con vientos de poca intensidad y en un rango limitado - Utilizable para aplicaciones de gran potencia - Poco ruidoso y con vibraciones que se limitan a la cimentación (apto por tanto para instalaciones sobre edificios) - El multiplicador y el generador eléctrico pueden ubicarse al nivel del suelo - Elevadas fluctuaciones del par mecánico motor

Tabla 4. Tipos de aerogeneradores Verticales.

Fuente: (ABB, 2015)

2.3.2. AEROGENERADORES SEGÚN REGULACION DE PAR DE FUERZA

2.3.2.1. REGULACIÓN POR ENTRADA EN PÉRDIDAS

Son más simple y más barata para adaptar el par de fuerzas generado en las palas acorde a las necesidades de la turbina en cuanto a su rendimiento y seguridad, el funcionamiento viene de un diseño específico en las palas que permiten la creación de turbulencias en caso de que haya vientos muy fuertes, estas turbulencias se van a dar en la zona trasera de las palas esto disminuye la fuerza de sustentación y comienza así el proceso de frenado del movimiento rotativo como vemos en la gráfica

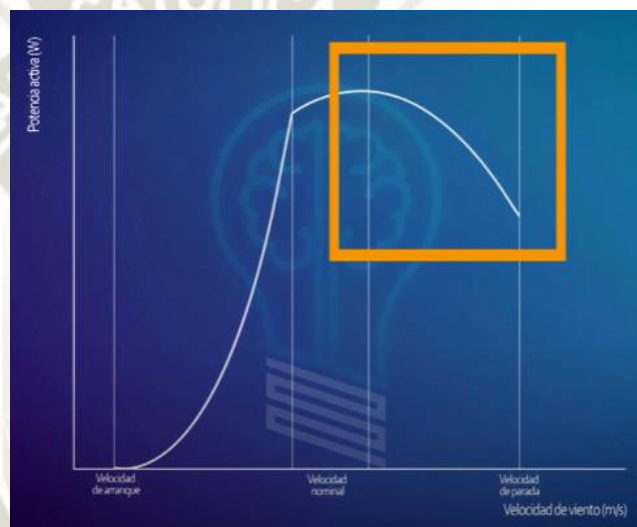


Figura. 9. Aerogenerador por regulación por entrada en pérdidas.

Fuente: (Breeze, 2016)

El comportamiento del aerogenerador con respecto a la potencia generada por este tipo de máquinas, decrece a medida que aumenta la velocidad esto una vez pasada la región de velocidad nominal, cabe destacar en este caso la imposibilidad de mantener una misma potencia generada constante para distintos valores de viento así gracias a este diseño de las palas no se necesitan sistemas de controles electrónicos y el coste de mantenimiento de este tipo de sistemas de regulación será bastante reducido por encontrarse las palas ancladas al buje del aerogenerador formando así una única pieza.

2.3.2.2. REGULACIÓN POR PASO VARIABLE

Este tipo de aerogenerador es el que realiza el control de paso variable consiste en controlar el aprovechamiento del par eólico mediante la posibilidad de que las palas

giren sobre sí mismas, constructivamente cada pala está montada en el buje como piezas independientes la tecnología de control en este sistema, se basa en el uso de microprocesadores que envían una señal de posicionamiento a las palas en función de la velocidad de viento, así se puede aprovechar el recurso eólico maximizando la eficiencia aerodinámica del rotor, con esto se crea una curva de generación de potencia que es constante a velocidad nominal como vemos en esta gráfica

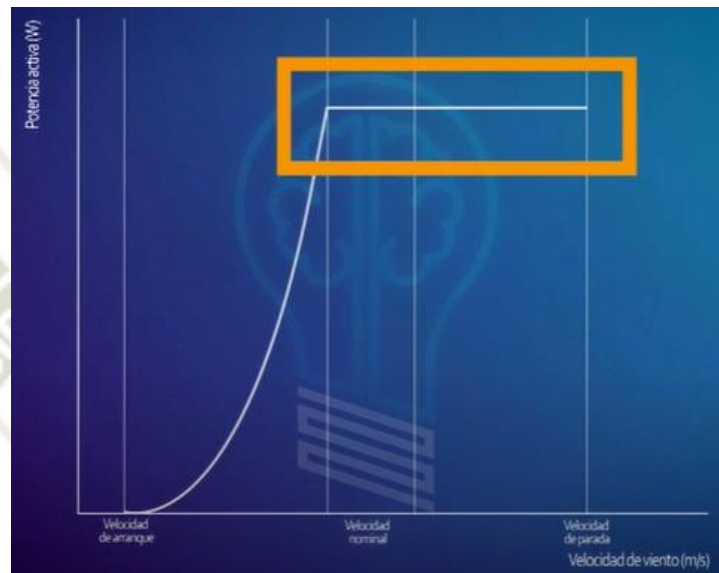


Figura. 10. Aerogenerador regulación por paso variable.

Fuente: (Breeze, 2016)

Además, cuando la velocidad del viento se aproxima a una velocidad de parada, controlan también el frenado de la turbina para poder hacer los giros en las palas, este tipo del generador va a necesitar actuadores que se sitúan en el buje y deben tener potencia suficiente para mover la pala entera, esto añadido al propio sistema de control hace que el precio de este tipo de turbinas sea más elevado en relación al precio de un aerogenerador con regulación puede entrada en pérdida. (Breeze, 2016)

2.3.2.3. REGULACIÓN EN PUNTA DE PALA

Los aerogeneradores que hacen control en la punta de pala, el funcionamiento se basa en el mismo concepto que el caso del control de paso variable en toda la pala, pero en este caso el giro se produce solamente en una pequeña fracción en la punta de la misma, la ventaja es que en este caso los cojinetes deben cargar menos peso y por ello en términos económicos tienen un menor coste (Breeze, 2016)

Para entender la evolución de los aerogeneradores, existe la clasificación que se centra en cómo realizan el control de la velocidad, aquí ya encontramos que hay cuatro tipos de aerogenerador.

2.3.3. AEROGENERADORES SEGÚN CONTROL DE LA VELOCIDAD

2.3.3.1. AEROGENERADORES CON VELOCIDAD FIJA

La velocidad fija en este tipo de aerogenerador suele utilizar en generadores de inducción con rotor de jaula de ardilla como la velocidad que se necesita en el interior del generador, es superior a la velocidad de giro que aporta el viento el primer elemento que nos encontraremos en estos generadores es la caja multiplicadora un juego de engranajes que permite multiplicar la velocidad de giros, hasta los niveles que el generador necesita.

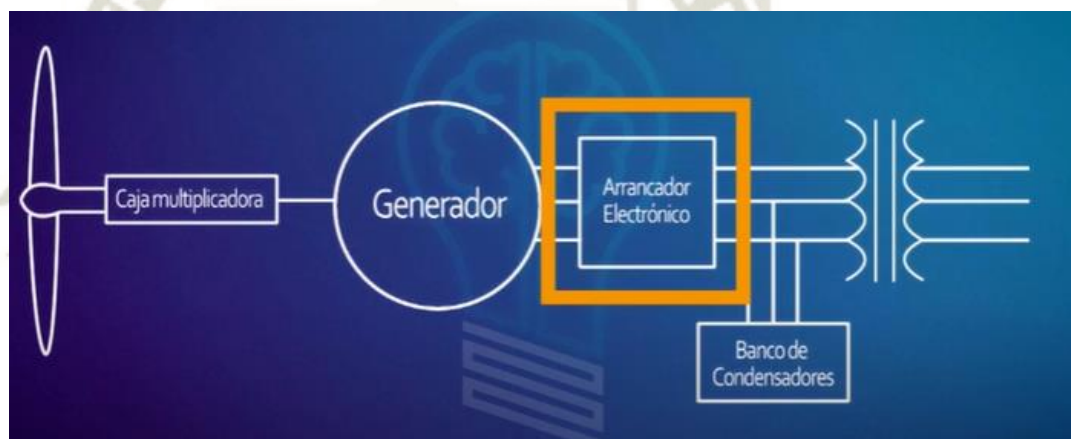


Figura. 11. Aerogenerador con velocidad Fija.

Fuente: (Breeze, 2016)

Las máquinas eléctricas en los generadores eléctricos, se componen de un estator que permanece estático y un rotor que es el que gira, por esta razón es por la que necesitamos crear movimientos giratorios, entre el estator y el rotor va a existir un campo magnético alternativo giratorio, entonces tenemos una especie de vínculo entre ambos un vínculo invisible por campos magnéticos, cuando el rotor gira a causa de la velocidad del viento que se traduce en ese movimiento giratorio, el estator va a recibir esa energía en forma de campo magnético y eso se va a traducir en diferencias de tensión que van a dar lugar a una corriente eléctrica, esa corriente eléctrica es la que luego se inyecta al sistema eléctrico, para iniciar este campo magnético se necesita consumir un pico de corriente

de la red eléctrica y precisamente el arrancador electrónico que hemos conectado al estator tiene por objetivo suavizar dicho pico de corriente, desde este arrancador se conectan directamente al transformador elevador y de ahí a la red, además hay que tener en cuenta que para compensar la potencia reactiva que consumen al generar el campo magnético inicial es necesario conectar en paralelo un banco de condensadores, la velocidad a la que trabaja esta turbina, está fijada a la frecuencia de la red eléctrica por otra parte la generación de potencia activa va a tener lugar cuando el rotor gire a mayor velocidad a la que gira el campo magnético del interior de la máquina, en caso contrario si la velocidad del rotor fuese inferior a la velocidad de sincronismo, que es la velocidad del campo magnético de la máquina eléctrica estaría trabajando como motor en lugar de como generador o sea tendríamos un ventilador en vez de un aerogenerador posteriormente el concepto se fue sofisticando.

2.3.3.2. AEROGENERADORES CON VELOCIDAD VARIABLE

En los Aerogenerador de velocidad variable encontramos como generador una máquina de inducción de rotor bobinado conectado al transformador a través de un arrancador electrónico, se trata de una disposición muy parecida a la del tipo 1, pero con una peculiaridad el rotor del generador está conectado a una resistencia variable dichas resistencias variables son capaces de controlar las corrientes del rotor, ayudando a mantener constante la potencia generada por la máquina, incluso en caso de que haya ráfagas de viento así estamos regulando la velocidad para controlar el par y esto es lo que hace posible que la generación de potencia sea constante.

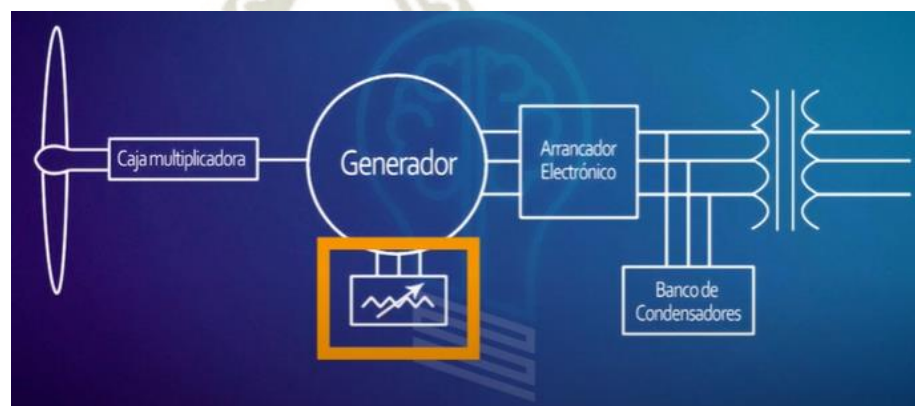


Figura. 12. Aerogenerador con velocidad variable.

Fuente: (Breeze, 2016)

El objetivo de todo esto al final es mejorar progresivamente las capacidades de regulación y control de las máquinas eólicas, aunque en este caso todavía es un sistema muy rudimentario a partir de aquí con los aerogeneradores tipo 3 y tipo 4, llegamos a una nueva generación en esta tecnología que se basa fundamentalmente en la incorporación de electrónica de potencia y el objetivo de todo esto tener mayor control sobre las características de la electricidad que generamos así podemos hacer regulación Y podemos aportar al sistema eléctrico capacidades de regulación, que se basen por ejemplo en la aportación de servicios auxiliares, el objetivo de todo esto es progresivamente ir a las capacidades de las centrales convencionales porque esa va a ser la única manera que tendremos de ir las cada vez sustituyendo

2.3.3.3. AEROGENERADORES CON VELOCIDAD VARIABLE CON CONVERSIÓN PARCIAL

Los aerogeneradores de velocidad variable con conversión parcial tienen un generador de inducción doblemente alimentado se trata de un diseño que mejora considerablemente el funcionamiento de los aerogeneradores de tipo 2 añadiendo al circuito del rotor un convertidor de potencia bidireccional (Breeze, 2016) que pasa de alternada continuo y luego de continua alterna este convertidor va a sustituir a la resistencia variable que pasamos de alterna a continua para luego pasar de continua a alterna donde la importancia es para poder tener control sobre la energía que se genera sobre cómo es la onda de energía, que luego yo inyecto al sistema eléctrico vamos paso a paso el generador me va a dar una onda senoidal que viene dada por los fenómenos que ocurren en el generador ahora bien si esa onda que se genera por los procesos y pasa a corriente continua voy a tener simplemente la corriente continua tal cual, lo cual voy a poder construir una onda alterna ya que esa onda no va a venir definida por los fenómenos, los cuales se ha generado y va a venir definida, por lo que la electrónica de potencia va a irse cada vez asemejando más a una alterna, y esa onda alterna pasa a ser construida en función de lo que a mí me interese inyectar al sistema, ahí está la ventaja en este sistema aumenta el rango de operación del generador mientras que en los aerogeneradores de tipo 1 y 2 únicamente podría generarse energía cuando la velocidad del rotor era mayor a la velocidad del campo magnético, en este caso vamos a poder generar energía también cuando el rotor gira a una velocidad inferior así se podrá trabajar hasta un 50 por ciento de la velocidad de sincronismo hacia los valores positivos y negativos, no existirá dependencia de una determinada velocidad de viento sino que

el aerogenerador puede adaptarse perfectamente a las restricciones y operar con normalidad. (Breeze, 2016)

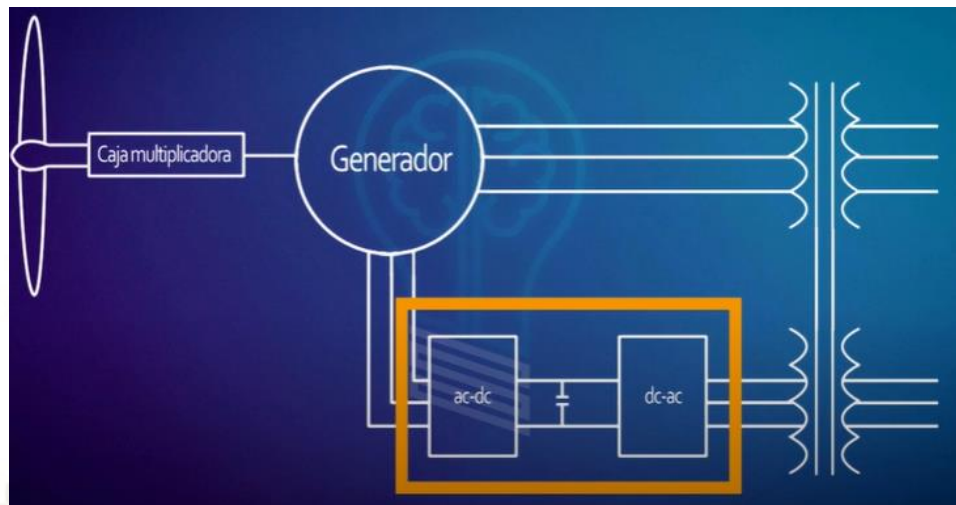


Figura. 13. Aerogeneradores con velocidad variable con conversión total.

Fuente: (Breeze, 2016)

2.3.3.4. AEROGENERADORES CON VELOCIDAD VARIABLE CON CONVERSIÓN TOTAL

Los aerogenerador de velocidad variable con conversión total su diseño es muy similar al tipo 3 con la salvedad de que en este caso tendremos un convertidor de onda completa conectado en serie al circuito del estado hacemos de nuevo de pasar a continua para luego volver a pasar a alterna, pero la diferencia en este, caso es que ya esa conversión no solamente afecta a la energía que sale del rotor sino a toda la energía que me produce el aerogenerador estamos creando así una interfaz completa entre el sistema eléctrico y mi máquina, es decir lo que yo genero aquí arriba en la máquina eléctrica no es lo que ve mi sistema eléctrico mi sistema eléctrico ve la máscara que me ha generado ese puente de convertidores, esa conversión a continua y luego alterna, el funcionamiento es similar que el de los generadores de tipo 3 contando también con la ventaja que otorga el alto rango de operación de las máquinas, además como característica constructiva de los aerogeneradores tipo 4 cabe mencionar que suelen operar con una velocidad más baja en el giro de sus palas y esto es porque tienen generadores con un alto número de pares de polos, ésta a velocidades necesarias hacen posible en muchos casos prescindir de la caja multiplicadora estos son los tipos de aerogeneradores de eje horizontal existentes actualmente los más empleados con respecto al control de potencia mecánica para el frenado son los de regulación por paso variable, es decir los

que podrían hacer un giro en la pala para producir ese frenado y con respecto al control de la velocidad tenemos que actualmente los modelos más predominantes se basan en la filosofía del tipo 3 y del tipo 4 el aerogenerador tipo 3 por ejemplo suele ser empleado con frecuencia en los modelos de GAMESA por su parte del aerogenerador de tipo 4 también se instala con muchísima frecuencia, una de las empresas que más lo emplean, es genérico no en vano también en este tipo de aerogenerador se le llama tipo ENERCON de manera coloquial, además a simple vista se detecta la diferencia entre ambos simplemente echando un vistazo a la góndola si bien la de cualquier modelo de GAMESA es alargada para dejar lugar a todos los componentes mencionados, la góndola de los es más ancha debido al uso de generadores, además como no necesita caja multiplicadora es de una longitud mucho más corta.

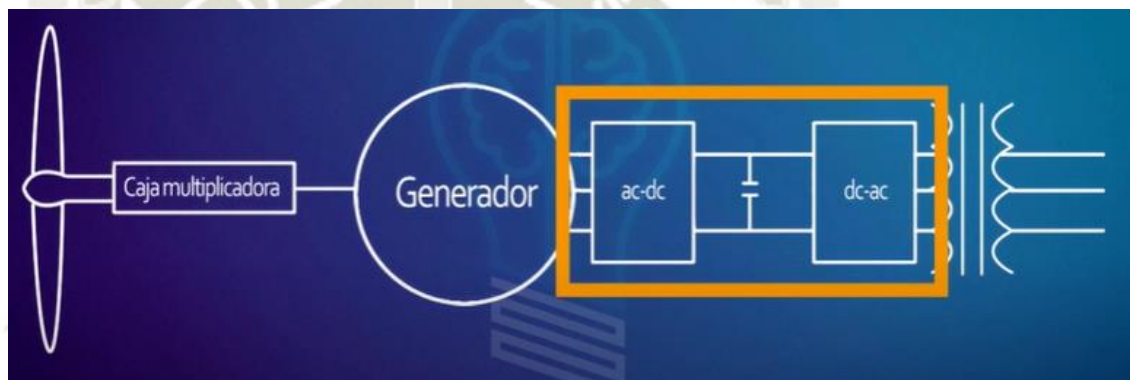


Figura. 14. Aerogeneradores con velocidad variable con conversión total.

Fuente: (Breeze, 2016)

2.4.SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN MONOFASICO RETORNO POR TIERRA (MRT)

Sistemas de distribución de retorno a tierra de un solo cable (MRT) proporcionar electricidad a las zonas rurales desde la red central, donde de otro modo no sería económico, utilizarlo en una combinación de conductores livianos de alta resistencia y un transformador de aislamiento para que la tierra misma forme el retorno.

Los sistemas de distribución (MRT) han sido reconocidos durante mucho tiempo donde es la forma más rentable de distribuir electricidad en distancias a áreas escasamente pobladas. Una buena introducción a esta tecnología se puede encontrar en. El Banco Mundial ha sido fomentando la expansión de sistemas simples para las

electrificaciones reduciendo el coste de la ampliación de la red. Aunque la utilización de MRT se inició en Nueva Zelanda seguido de Australia, otras naciones han utilizado esta tecnología para abastecer también a sus zonas rurales. Dentro del contexto australiano, las redes MRT son ampliamente utilizado con una longitud total estimada en más de 190 000 km. La primera línea MRT fue en Queensland donde se construyó en 1959, y después de una campaña del gobierno estatal para aumentar la electrificación rural, que se expandió rápidamente en la década de 1970 y principios de los 80. Hoy en día, se está construyendo un pequeño MRT nuevo, como la cobertura de las zonas rurales de fácil acceso es casi completar; en consecuencia, la mayor parte de las líneas MRT se encuentran entre 25 y 49 años. Después de unos 30 años aproximadamente el 3% crecimiento compuesto, muchos ahora están alcanzando o superando sus límites de diseño original. A medida que aumenta las cargas en estas redes, el problema de mayores pérdidas y caída de voltaje a altas cargas es ahora un problema común. Por otro lado, en las horas de menor actividad Se observa un mayor nivel de voltaje debido a la carga de la línea con el reciente aumento de la demanda de electricidad de alta potencia en electrodomésticos, el aumento de carga en las redes MRT hace que sea más difícil de mantener una buena regulación de voltaje sin utilizar métodos para mejorar el rendimiento de la red.

Para fundamentar las generalidades de esta tesis, se eligió la línea MRT real contra la cual evaluaremos varias opciones de actualizaciones y remodelaciones.

2.4.1. CARACTERISTICAS DE UN SISTEMAS MRT

2.4.1.1. SEGURIDAD

- Los electrodos de tierra establecen la conexión del sistema de SMRT a la tierra, lo que la resistencia de los mismos debe ser tan baja como sea posible y su valor depende de la resistividad del suelo con el que el electrodo está en contacto. Las varillas de puesta a tierra en el transformador de aislamiento deben tener una resistencia de 1Ω a 2Ω , mientras que el rango para las que están en los transformadores de distribución debe ser de 5Ω a 10Ω , (Monteagudo, 2014) pero en la *GENERACIÓN DISTRIBUIDAE 2015 - BASES PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS Y REDES PRIMARIAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL*, consideran la

resistencia de las puestas a tierra de las subestaciones de distribución, sin tomar en cuenta las de la red secundaria, deben tener los siguientes valores máximos:

- ✓ En subestaciones trifásicas y monofásicas conectadas entre fases: 25 Ω .
- ✓ En transformadores monofásicos de sistemas con retorno total por tierra: los siguientes valores de acuerdo a la potencia de los transformadores

Potencia de transformador kVA	Resistencia de puesta a tierra (Ω)
5	25
10	25
15	20
25	15

Tabla 5. Relación de SPAT en transformadores.

Fuente: (Monteagudo, 2014)

- Se usa un transformador de aislamiento para conectar la línea del sistema MRT con el suministro trifásico para proveer una protección de una falla a tierra en la red. Sin este transformador la corriente en el sistema MRT fluiría hasta el transformador trifásico principal.
- Un sistema MRT extenso puede alimentar a un máximo de hasta 80 transformadores de distribución. Los transformadores se clasifican generalmente en potencias de 5 kV.A, 10 kV.A y 25 kV.A
- Una buena resistencia de tierra es de 5 a 10 ohmios, que se puede medir con un equipo de prueba de tierra especializado. Los sistemas MRT están diseñados para limitar el campo eléctrico en la tierra a 20 voltios por metro para evitar descargas eléctricas a las personas y animales que puedan estar en el área.
- La mayoría de los riesgos de seguridad contra incendios en la distribución eléctrica provienen de equipos viejos: líneas corroídas, aisladores rotos, etc. El costo más bajo del mantenimiento de MRT puede reducir el costo de una operación segura en estos casos.
- Los sistemas MRT evita que las líneas choquen con el viento, una característica sustancial de seguridad contra incendios, pero surgió un problema en la investigación oficial sobre los incendios forestales del Sábado Negro en Victoria,

Australia. Estos demostraron que un conductor MRT roto puede cortocircuitar a tierra a través de una resistencia similar a la carga normal del circuito; en ese caso particular, un árbol. Esto puede causar grandes corrientes sin una indicación de falla a tierra. Esto puede representar un peligro en áreas propensas a incendios donde un conductor puede romperse y la corriente puede atravesar árboles o pasto seco. (Monteagudo, 2014)

2.4.1.2. CALIDAD DE ENERGIA

Las líneas MRT tienden a ser largas, con alta impedancia, por lo que la caída de voltaje a lo largo de la línea a menudo es un problema, causando una mala regulación. Las variaciones en la demanda provocan variaciones en la tensión suministrada. Para combatir esto, algunas instalaciones tienen transformadores variables automáticos en el sitio del cliente para mantener el voltaje recibido dentro de las especificaciones legales. Después de algunos años de experiencia, el inventor recomendó un condensador en serie con la tierra del transformador de aislamiento principal para contrarrestar la reactancia inductiva de los transformadores, el cable y la ruta de retorno a tierra. El plan era mejorar el factor de potencia, reducir las pérdidas y mejorar el rendimiento del voltaje debido al flujo de potencia reactiva. Aunque teóricamente sólido, esto no es una práctica estándar. También permite el uso de un bucle de prueba de CC para distinguir una carga variable legítima de (por ejemplo) un árbol caído, que sería una ruta de CC a tierra.

2.4.1.3. CAPACIDAD DE DEMANDA

- Puede ser posible aumentar el voltaje. Algunas líneas MRT distantes ahora operan a voltajes tan altos como 35 kV. Normalmente, esto requiere cambiar los aisladores y transformadores, pero no se necesitan nuevos polos.
- Si se necesita más capacidad, se puede ejecutar una segunda línea MRT en los mismos polos para proporcionar dos líneas MRT , 180 grados fuera de fase. Esto requiere más aislantes y cables, pero duplica la potencia sin duplicar los polos.
- El servicio de dos fases también es posible con una actualización de dos hilos: Aunque es menos confiable, es más eficiente. A medida que se necesita más potencia, las líneas se pueden actualizar para adaptarse a la carga, desde SWER de un solo cable a dos cables, monofásico y finalmente a tres cables, trifásico. Esto

asegura un uso más eficiente del capital y hace que la instalación inicial sea más asequible.

- El equipo del cliente instalado antes de estas actualizaciones será monofásico y puede reutilizarse después de la actualización. Si se necesitan pequeñas cantidades de energía trifásica, se puede sintetizar económicamente a partir de energía bifásica con equipos en el sitio.

2.4.1.4. CONFIABILIDAD

- El sistema de distribución MRT es relativamente más económico que un sistema de neutro corrido. Sin embargo, esta economía se paga con la inestabilidad del servicio eléctrico, ya que continuamente operan los sistemas de protección cuando hay tormentas (descargas atmosféricas y por las variaciones de tensión).
- Capacidad de corriente limitado, debe definirse previo estudio de ingeniería y normalizarse. Cuando se implementa un sistema MRT se debe tener en cuenta el desbalance que se pudiera producir en relación a las otras dos fases del circuito.
- Debe alimentarse de un transformador conectado a tierra (estrella a tierra) y no de un delta.
- Un SMRT, tiene una alta dependencia del SPAT, debe mantenerse en un valor lo más bajo posible, el valor límite debe definirse previo estudio justificativo.
- Debe evaluarse el sistema de protección ante fallas de alta impedancia, ya que se tiene bajas corrientes que dificultan la actuación de la protección convencional.
- Frente a las corrientes de falla, esta baja a tierra por un solo punto, que puede generar gradientes de potencial peligrosos, más crítico aun si la PAT es de un valor alto o no existe.
- Hurto de SPAT, podría poner en riesgo la seguridad y operación del Sistema MRT
- Se requiere un análisis de Ingeniería Por los riesgos y limitaciones descritas anteriormente, debe ser evaluado para elegir el tipo de sistema de distribución y ésta debe estar normado.

- Se sugiere conformar un grupo de trabajo de normalización con participación de todos los agentes (concedente, regulador, concesionaria y fabricantes.)

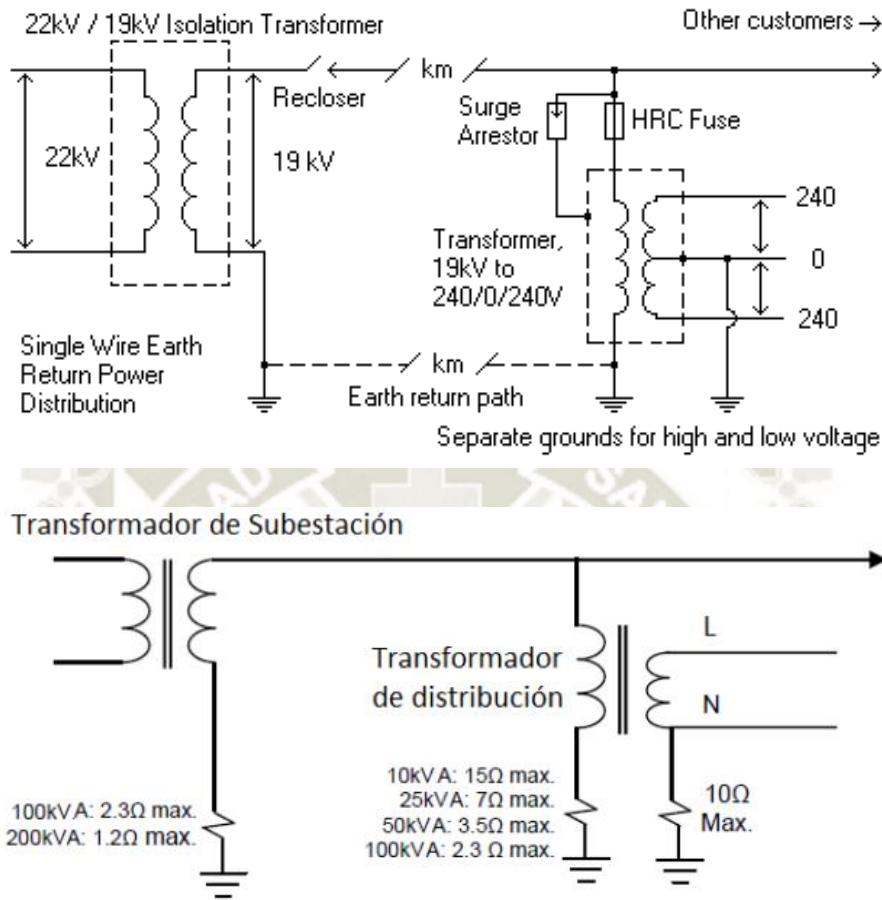


Figura. 15. Diagrama de un sistema Monofásico Retorno por tierra.

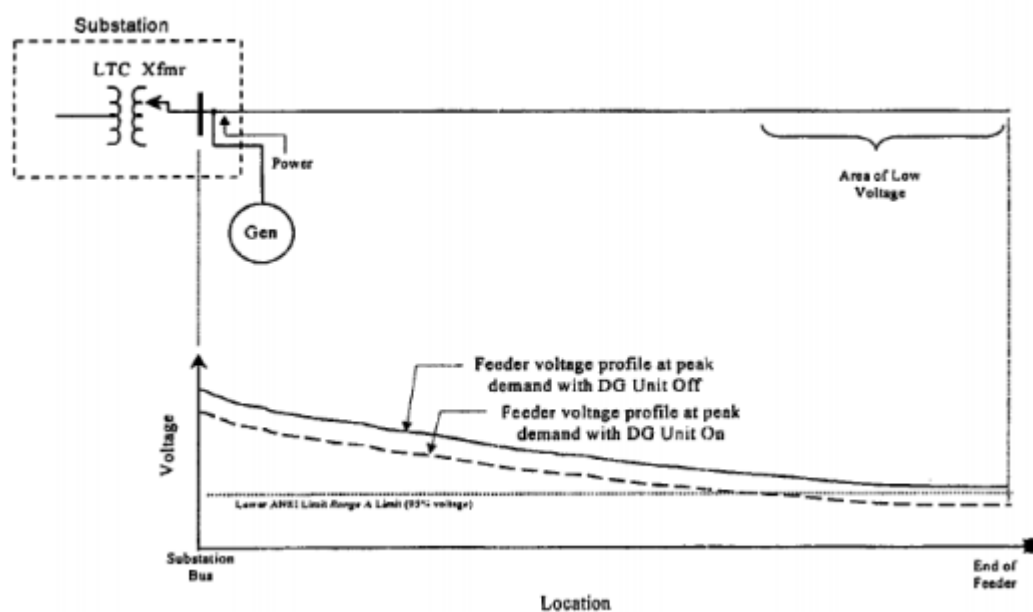
Fuente: (Monteagudo, 2014)

2.5.IMPACTO Y BIDIRECCION EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA

La introducción de GENERACIÓN DISTRIBUIDA en sistemas originalmente radiales y diseñados para operar sin generación en el sistema de distribución, puede afectar significativamente el flujo de energía y las condiciones de voltaje tanto en los clientes como en los equipos de servicios públicos. Estos impactos pueden manifestarse como una influencia positiva o negativa, dependiendo de las características de GENERACIÓN DISTRIBUIDA y las características de operación del sistema de distribución. En ese sentido, se presenta una visión general de los principales problemas encontrados en la integración de GENERACIÓN DISTRIBUIDA a la red distribuida.

2.5.1. IMPACTO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LA REGULACIÓN DE VOLTAJE

Los sistemas de distribución radial regulan la tensión con la ayuda de transformadores de cambio de tomas de carga (LTC) en las subestaciones, además de reguladores de línea en alimentadores de distribución y condensadores de derivación en alimentadores a lo largo de la línea. La regulación de voltaje se basa en un flujo de energía unidireccional donde los reguladores están equipados con compensación de caída de línea. La conexión de generación distribuida puede producir cambios en el perfil de voltaje a lo largo de un alimentador al cambiar la dirección y la magnitud de los flujos de potencia real y reactiva. no obstante, el impacto de la generación distribuida en la regulación de voltaje puede ser positivo o negativo según el sistema de distribución y las características del generador distribuido, así como la ubicación de la generación distribuida.



Grafica 1 Perfiles de tensión con y sin GENERACIÓN DISTRIBUIDA.

Fuente: (Sarabia, 2011)

La generación distribuida está instalado aguas abajo del transformador LTC que está equipado con un compensador de caída de línea (LDC). se muestra que el voltaje se vuelve más bajo en el alimentador con generación distribuida que sin generación distribuida instalado en la red. el regulador de voltaje será engañado, estableciendo un voltaje más bajo que el requerido para un servicio suficiente. el generación distribuida reduce la carga observada desde el lado del control de compensación de carga, lo que

hace que el regulador establezca menos voltaje al final del alimentador. Este fenómeno tiene el efecto contrario al esperado con la introducción de generación distribuida (soporte de voltaje). hay dos posibles soluciones frente a este problema: la primera solución es mover la unidad de generación distribuida al lado aguas arriba del regulador, mientras que la segunda solución es agregar controles de regulador para compensar la salida de generación distribuida. la instalación de unidades generación distribuida a lo largo de los alimentadores de distribución de energía puede causar una sobretensión debido a una inyección excesiva de energía activa y reactiva. por ejemplo, un pequeño sistema de generación distribuida que comparte un transformador de distribución común con varias cargas puede aumentar la tensión en el lado secundario, lo que es suficiente para provocar una alta tensión en estos clientes. Esto puede suceder si la ubicación del transformador de distribución está en un punto del alimentador donde el voltaje primario está cerca o por encima de los límites fijos; por ejemplo: límite superior de ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Normas) 126 voltios en una base de 120 voltios.

durante las condiciones de funcionamiento normal, sin generación distribuida, el voltaje recibido en los terminales de carga es menor que el voltaje en el primario del transformador. la conexión de generación distribuida puede provocar un flujo de potencia inverso, tal vez incluso elevando un poco el voltaje, y el voltaje recibido en el sitio del cliente podría ser mayor que en el lado primario del transformador de distribución. para cualquier unidad generación distribuida de pequeña escala (<10MW), el impacto en el alimentador primario es insignificante. No obstante, si la capacidad agregada aumenta hasta los umbrales críticos, entonces es necesario un análisis de regulación de voltaje para asegurarse de que el voltaje del alimentador se fijará dentro de los límites adecuados.

2.5.2. IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LAS PÉRDIDAS

Uno de los principales impactos de la generación distribuida son las pérdidas en un alimentador. la ubicación de las unidades de generación distribuida es un criterio importante que hay que analizar para poder conseguir una mayor fiabilidad del sistema con pérdidas reducidas. según, ubicar unidades generación distribuida para minimizar las pérdidas es similar a ubicar los bancos de capacitores para reducir las pérdidas. La principal diferencia entre ambas situaciones es que generación distribuida puede

contribuir con potencia activa y potencia reactiva (P y Q). Por otro lado, los bancos de condensadores solo contribuyen con el flujo de potencia reactiva (Q). (Minas, 2018) Principalmente, los generadores en el sistema operan con un rango de factor de potencia entre 0.85 retardo y unidad, pero la presencia de inversores y generadores síncronos proporciona una contribución a la compensación de potencia reactiva (corriente principal). la ubicación óptima de generación distribuida se puede obtener utilizando un software de análisis de flujo de carga, que puede investigar la ubicación adecuada de generación distribuida dentro del sistema para reducir las pérdidas. por ejemplo: si los alimentadores tienen pérdidas elevadas, la adición de varias generación distribuida de pequeña capacidad mostrará un efecto positivo importante sobre las pérdidas y tendrá un gran beneficio para el sistema. Por otro lado, si se agregan unidades más grandes, deben instalarse considerando los límites de capacidad del alimentador. Por ejemplo: la capacidad del alimentador puede estar limitada ya que las líneas aéreas y los cables tienen características térmicas que no se pueden exceder (Minas, 2018). La mayoría de las unidades de generación distribuida son propiedad de los clientes. los operadores de la red no pueden decidir la ubicación de las unidades de generación distribuida. Normalmente, se supone que las pérdidas disminuyen cuando la generación se realiza más cerca del sitio de carga. Sin embargo, como se mencionó, el aumento local del flujo de energía en los cables de baja tensión puede tener consecuencias no deseadas debido a las características térmicas.

2.5.3. IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LOS ARMÓNICOS

Una onda que no sigue una onda sinusoidal "pura" se considera armónicamente distorsionada.

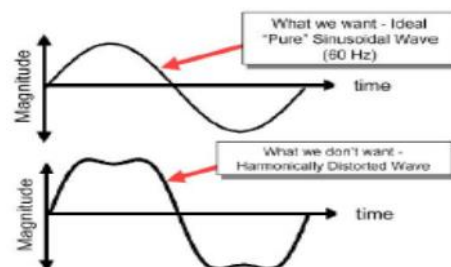


Figura. 16. Onda Sinusoidal pura y en distorsión.

Fuente: (Sarabia, 2011)

Los armónicos siempre están presentes en los sistemas de energía hasta cierto punto. Pueden ser causadas, por ejemplo, por: falta de linealidad en la impedancia de excitación del transformador o cargas como luces fluorescentes, equipos de conversión de CA a CC, variadores de velocidad, equipos de potencia conmutada, hornos de arco y otros equipos. generación distribuida puede ser una fuente de armónicos para la red. Los armónicos producidos pueden ser de la propia unidad de generación (generador síncrono) o de los equipos de electrónica de potencia como los inversores. En el caso de los inversores, su contribución a las corrientes armónicas se debe en parte a los inversores de potencia de tipo SCR (Silicon Controlled-Rectifier) que producen altos niveles de corrientes armónicas. Hoy en día, los inversores están diseñados con tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) que utiliza modulación de ancho (Sarabia, 2011) de pulso para generar la onda sinusoidal "pura" inyectada. Esta nueva tecnología produce una salida más limpia con menos armónicos que debería satisfacer los estándares IEEE 1547-2003. Los generadores rotativos son otra fuente de armónicos, que depende del diseño del devanado del generador (paso de las bobinas), no linealidad del núcleo, puesta a tierra y otros factores que pueden resultar en una propagación significativa de armónicos.

Cuando se comparan diferentes tonos de generador síncrono, la mejor configuración encontrada es con un paso de bobinado de $2/3$ ya que son los menos productores de tercer armónico. El tercer armónico es aditivo en el neutro y suele ser el más frecuente. Por otro lado, los generadores de paso de bobinado de $2/3$ tienen una impedancia más baja y pueden hacer que fluyan más corrientes armónicas desde otras fuentes conectadas en paralelo con él. Por lo tanto, la disposición de conexión a tierra del generador y el transformador elevador tendrá un impacto principal en la limitación de la penetración de armónicos en el alimentador. Se pueden elegir esquemas de puesta a tierra para eliminar o disminuir la inyección del tercer armónico al sistema de suministro. Esto tendería a limitarlo únicamente al sitio de generación distribuida. normalmente, al comparar la contribución armónica de la generación distribuida con los otros impactos que la generación distribuida puede tener en el sistema eléctrico, se concluye que no son un gran problema. Sin embargo, en algunos instantes pueden surgir problemas y los niveles pueden exceder el estándar IEEE-519 (estos niveles se muestran en la tabla). Estos problemas generalmente son causados por resonancia con bancos de capacitores o problemas con equipos que son sensibles a los armónicos. En el peor de los casos, es

posible que sea necesario desconectar el equipo de la generación distribuida como consecuencia del calentamiento adicional causado por los armónicos.

Harmonic order	Allowed Level Relative to fundamental (odd harmonics)*
< 11 th	4%
< 11 th to < 17 th	2%
< 17 th to 23 rd	1.5%
< 23 rd to 35 th	0.6%
35 th or greater	0.3%
Total Harmonic Distortion	5%

Tabla 6. Requisitos de inyección de corriente armónica para generadores distribuidos según IEEE 519-1992

Fuente: (Sarabia, 2011)

*Los armónicos pares están limitados al 25 de los valores impares.

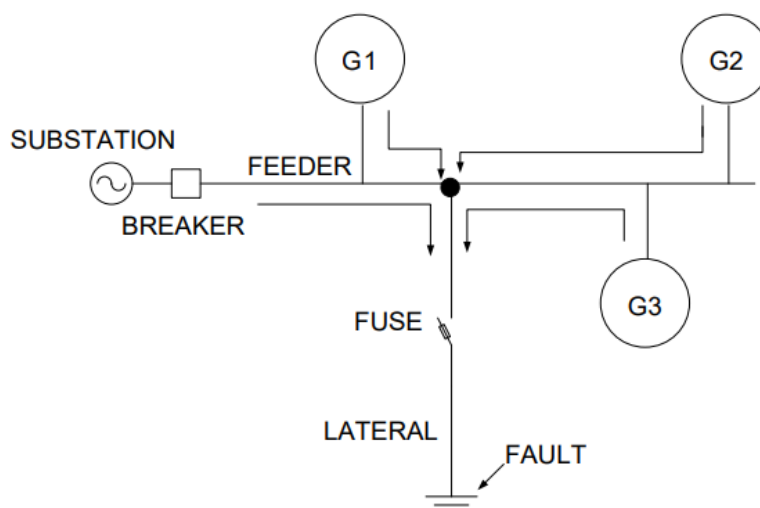
El diseño de una instalación de generación distribuida debe revisarse para determinar si los armónicos se confinarán dentro del sitio de generación distribuida o también se inyectarán en el sistema de servicios públicos. Además, la instalación debe cumplir con el estándar IEEE-519.

Se debería considerar el impacto de las corrientes de generación distribuida en los niveles de distorsión de la tensión de fondo de la red pública. Los límites para la distorsión de voltaje del sistema de la red pública son 5% para THD (distorsión armónica total) y 3% para cualquier armónico individual.

2.5.4. IMPACTO DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN LOS NIVELES DE CORTOCIRCUITO DE LA RED

La presencia de generación distribuida en una red afecta los niveles de cortocircuito de la red. crea un aumento en las corrientes de falla en comparación con las condiciones normales en las que no hay ningún generación distribuida instalado en la red. la contribución de falla de un solo generación distribuida pequeño no es grande, pero, aun así, será un aumento en la corriente de falla. en el caso de muchas unidades pequeñas, o pocas unidades grandes, los niveles de cortocircuito pueden alterarse lo suficiente como para causar una falta de coordinación entre los dispositivos de protección, como fusibles o relés. la influencia de la generación distribuida en las fallas depende de algunos factores, como el tamaño de generación de la generación distribuida, la distancia de la generación distribuida desde la ubicación de la falla y el tipo de generación distribuida.

esto podría afectar la confiabilidad y seguridad del sistema de distribución. (Sarabia, 2011) en el caso de un generación distribuida pequeño integrado en el sistema, tendrá poco efecto en el aumento del nivel de corrientes de cortocircuito. por otro lado, si se instalan muchas unidades pequeñas o algunas unidades grandes en el sistema, pueden alterar los niveles de cortocircuito lo suficiente como para causar una falta de coordinación del interruptor de fusibles. esto podría afectar la confiabilidad y seguridad del sistema de distribución. la figura muestra un lateral con fusibles típico en un alimentador donde se utiliza el ahorro de fusibles (relé selectivo de fallas) y los generación distribuida están integrados en el sistema. en este caso, si la corriente de falla es lo suficientemente grande, es posible que el fusible ya no se coordine con el disyuntor del alimentador durante una falla. esto puede conducir a operaciones de fusibles innecesarias y una menor confiabilidad en el lateral.



Grafica 2. Las contribuciones de fallas debidas a las unidades de GENERACIÓN DISTRIBUIDA 1, 2 y 3 están integradas en el sistema. Es posible que ya no se logre la coordinación del interruptor de fusibles.

Fuente: (Sarabia, 2011)

Si la generación distribuida está ubicada entre la subestación de servicio público y la falla, se puede observar una disminución en la corriente de falla de la subestación de servicio público. esta disminución debe investigarse para detectar problemas mínimos de disparo o coordinación. por otro lado, si la fuente de generación distribuida (o las fuentes de generación distribuida combinadas) es fuerte en comparación con la fuente de la subestación de servicio público, puede tener un impacto significativo en la corriente de falla proveniente de la subestación de servicio. esto puede provocar fallos en el disparo, disparo secuencial o problemas de coordinación. la naturaleza de la

generación distribuida también afecta los niveles de cortocircuito. la generación distribuida que más contribuye a las fallas es el generador síncrono. durante los primeros ciclos su contribución es igual al generador de inducción y al generador síncrono auto excitado, mientras que después de los primeros ciclos el generador síncrono es el tipo de generación distribuida que más corriente de falla contribuye. el tipo de generación distribuida que aporta la menor cantidad de corriente de falla es el tipo de generación distribuida con interfaz de inversor; en algunos tipos de inversor, la contribución de falla dura menos de un ciclo. aunque unos pocos ciclos son cortos, en algunos casos puede ser lo suficientemente largo como para afectar la coordinación del interruptor de fusible y las funciones del interruptor.

2.6. ACTUALIDAD DE LA ENERGIA DISTRIBUIDA EN EL ESTADO PERUANO

La matriz energética en cuanto a energías renovables en el interior del país la electrificación es menor del 65%, entonces con esta generación distribuida aprovecharemos a hacer generación Eólica y solar lo cual va a incrementar el porcentaje de generación.

La dirección de eficiencia energética está motivando e impulsando la generación solar y Eólica en el país, nosotros somos miembros de la alianza solar internacional y el Ministerio Energía y Minas a través de esta dirección tiene especialistas de la india con la finalidad de mejorar este incrementar este porcentaje de generación eólica y solar, Por otro lado la india tiene el 65% de su matriz energética es solar, también hay en ciertas contras de esta normativa por ejemplo para los distribuidores que tienen que proyectar su demanda , se le va a cortar y no van a saber qué hacen con la parte sobrante, lo bueno puede mejorar también en las pérdidas, es decir va a haber que trabajar en este tema en el corto plazo, lo mejor va a haber deficiencias y ahí va a jugar un papel importante OSINERGMIN de tal manera que en el largo plazo el desarrollo energético y a través de mejoras continuas llegar a un WIN TO WIN de la oferta y demanda donde los que la demanda tendrá que pagar un precio justo y los empresarios de la oferta tendrán también su utilidad en un mediano y largo plazo.

2.6.1. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE LOS RER (RECURSOS ENERGIA RENOVABLES)

Los sistemas eléctricos de muchos países de la región se componen de un conjunto de centrales de generación, una red de transmisión de alta tensión y un sistema de distribución local que abastece a clientes industriales y residenciales. Esta infraestructura es vulnerable a varias amenazas a la confiabilidad del sistema, como cortes de electricidad o pérdidas no anticipadas de componentes, las cuales son controladas en la actualidad con sistemas tradicionales (reserva de capacidad y equipos de protección y racionamiento). Frente a esta situación, la introducción de las Smart grid (redes inteligentes, en español) aparece como alternativa interesante.

En Perú existe una iniciativa por parte del gobierno para fomentar la introducción de Smart grids en el sistema eléctrico nacional, por lo que es necesario analizar sus alcances a futuro.

Así, en setiembre de 2010 se presentó el Proyecto de Ley N° 4335, en el que se proponía promover el desarrollo de las redes eléctricas inteligentes en el país, con el objetivo de lograr una mayor eficiencia del sistema eléctrico, mejorar el monitoreo y el control del consumo eficiente de electricidad, y contribuir a un mayor uso de energías renovables y generación distribuida, proporcionando un beneficio mayor que los costos correspondientes. Según información del Congreso de la República, este proyecto de ley se encuentra en la Comisión de Energía y Minas desde la fecha en la que se presentó. La introducción de Smart grids en el sistema eléctrico peruano por medio de la ejecución de proyectos de redes eléctricas inteligentes (REI) ayudará a tener control sobre la generación distribuida producida y así lograr mitigar su impacto en las redes de distribución. Para apoyar la implementación de las redes eléctricas inteligentes, se requiere desarrollar el marco legal que lo soporte.

2.6.2. ENERGIA DISTRIBUIDA - LEY 28832

La Ley N° 28832 se establecen medidas para la promoción de la generación distribuida y cogeneración eficientes, según las siguientes disposiciones:

- ✓ La venta de sus excedentes no contratados de energía al mercado de corto plazo, asignados a los generadores de mayor transferencia en dicho mercado

- ✓ El uso de las redes de distribución, pagando únicamente el costo incremental incurrido por el distribuidor.

En esta norma se definen como RER a las energías renovables no convencionales tales como biomasa, eólica, solar, geotermia, mareomotriz y a las centrales hidroeléctricas que tengan un tamaño menor o igual a 20 MW (centrales hidroeléctricas RER). En el artículo 6 se señala que los generadores con RER que tengan características de cogeneración o generación distribuida pagarán por el uso de redes de distribución, conforme lo señala el inciso b) de la Octava Disposición Complementaria Final de la Ley N° 28832.

2.6.3. ENERGIA DISTRIBUIDA – DECRETO DE LEY 1221

Por otro lado, mediante el D.L. N° 1221, publicado el 24 de setiembre de 2015, se modificaron diversos artículos de la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) con el objetivo de garantizar la ampliación efectiva de la frontera eléctrica en el ámbito nacional, y el suministro de energía eléctrica con estándares de calidad y seguridad, manteniendo la sostenibilidad del mercado eléctrico. Al respecto, el artículo 1 del D.L. N° 1221 señala las modificaciones a los artículos, entre los que cabe destacar la modificación realizada al artículo 64 de la LCE, en donde en adición al Valor Agregado de Distribución (VAD) se incorpora un cargo asociado a la innovación tecnológica en los sistemas de distribución, equivalente a un porcentaje máximo de los ingresos anuales que tengan como objetivo el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica y/o eficiencia energética.

Estos deberán ser propuestos y sustentados por las empresas y aprobados por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). Así, mediante el Decreto Supremo (D.S.) N° 018-2016-EM, publicado el 24 de julio de 2016, se establecen las disposiciones reglamentarias correspondientes para la adecuación del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (RLCE), aprobado por el DS N° 009-93-EM, con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 1 del D.L. N° 1221. En el artículo 2 del DS N° 018-2016-EM se incorpora el artículo 144-A al RLCE, en el cual se indica que los proyectos de innovación tecnológica y/o eficiencia energética (PITEC), a los que hace referencia el artículo 64 de la LCE, tendrán las siguientes especificaciones.

- a) En primer lugar, en cada fijación tarifaria del VAD, las empresas distribuidoras podrán presentar los PITEC para ser aprobados por OSINERGMIN, siempre que justifiquen los beneficios que generarán a los usuarios para su incorporación en el VAD.
- b) En segundo lugar, OSINERGMIN será el encargado de establecer en los términos de referencia del VAD, los procedimientos y los criterios técnicos y económicos para la aprobación de los PITEC. Así como los mecanismos de control y demás aspectos necesarios para la implementación de los PITEC dentro del periodo regulatorio.
- c) En tercer lugar, el VAD comprenderá un cargo adicional, por unidad de potencia suministrada, para la ejecución de los PITEC, que cubrirá los costos de inversión a la tasa establecida en el artículo 79 de la LCE; los costos de operación, mantenimiento y de ser el caso, los costos de inversión remanentes de instalaciones existentes. Cabe indicar que este cargo será incorporado en cada fijación tarifaria del VAD y tendrá como límite máximo el 1 % de los ingresos registrados de cada empresa distribuidora en el año anterior a la fijación tarifaria. Los costos serán distribuidos y recaudados en el periodo de fijación tarifaria. Finalmente, OSINERGMIN revisará la ejecución de los PITEC y, de ser necesario, establecerá en la siguiente fijación del VAD el monto que las empresas distribuidoras deberán descontar, actualizado con la tasa establecida en el artículo 79 de la LCE.

2.6.4. PROPUESTA NORMATIVA - MINEM

La normativa que ha desarrollado el ministerio lo clasifica en dos no una mediana generación distribuida y una micro generación distribuida.

- a) Mediana generación distribuida (MGD): está enfocado esencialmente a un productor de energía cerca de los centros de consumo que esencialmente es un vendedor de energía es como un generador típico actualmente convencional simplemente que está acercando al mismo consumo de la red
- b) Micro generación distribuida (MCD): esto está enfocado a las personas que producen principalmente esa energía pero que abastecen sus propias necesidades y esencialmente son consumidor de energía

Aspecto	Propuesta MGD	Propuesta MCD
Definición	Red de Distribución en MT	Red de Distribución en MT y BT
Límite de Capacidad	<200kW, 10MWJ]	<0kW, 200kWJ]
Tipo de Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> Según Ley 28832 	<ul style="list-style-type: none"> Biomasa, Eólica, Solar, Hidráulica y Cogeneración.
Conexión	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de Conexión Convenio de Conexión y Operación Las inversiones adicionales asumidas por el Interesado 	<ul style="list-style-type: none"> Ídem, con plazos más ajustados.
Operación	<ul style="list-style-type: none"> Coordina con la EDE y el EDE con el COES Venta de Excedentes Procedimiento MGD 	<ul style="list-style-type: none"> No coordina el despacho La producción solo es para autoconsumo Procedimiento MCD

	Aspecto	Propuesta MGD	Propuesta MCD
Régimen Comercial y Tarifario	Modalidad de Contratación	<ul style="list-style-type: none"> Contrato con la EDE Contrato con el Usuario Libre Participación en Licitaciones de Suministro Inyecciones al MME 	<ul style="list-style-type: none"> Autoconsumo de Energía del Usuario.
	Potencia y Energía	<ul style="list-style-type: none"> Mercado Regulado: Precio tope, la Tarifa en Barra. Mercado Libre: Libremente pactado. 	<ul style="list-style-type: none"> Crédito de Energía en los meses siguientes, como límite un año calendario.
	Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> Peajes aplicado con la MD coincidente. 	<ul style="list-style-type: none"> Peaje según la normativa vigente.
	Energía y Potencia Firme	<ul style="list-style-type: none"> Mismo Tratamiento que los Procedimiento COES. 	<ul style="list-style-type: none"> No existe reconocimiento.

Tabla 7. Diferencias en Mediana y Micro generación Distribuida.

Fuente: (UNI, 2018)

2.6.5. REMUNERACION DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.

La generación distribuida maneja en los excedentes que pueden dar la generación distribuida si tienes un consumo, ejemplo una vivienda residencial consume próximamente 3KW de potencia contratada se instalan más paneles solares entonces sabemos la curva de color verde de la figura es típico perfil de carga, y la parte en amarillo sería lo que genera el panel solar, la intersección es llamado el autoconsumo y la curva de color amarillo serían los excedentes, entonces lo que se cuestiona bastante es este tratamiento cómo se le dan o cómo se le remunera a estos excedentes, la experiencia nacional nos dice que tenemos distintas formas de remunerar tenemos el NET METERING y el NET BILLING.

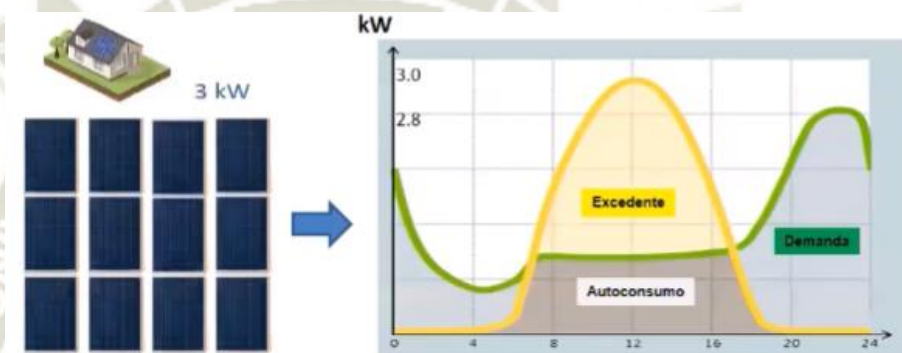


Figura. 17. Perfiles de NET METERING y el NET BILLING.

Fuente: (Cazco, 2017)

2.6.5.1. NET METERING

El NET METERING que es simplemente un balance de energía acá tenemos una vivienda si está los paneles solares es un sistema de generación distribuida y tenemos por otro lado de un medidor direccional que tomaría la demanda que consume de la red, entonces la diferencia neta sería la parte que vería el medidor para la facturación, la parte de la demanda en azul, verde el autoconsumo y amarillo sería la parte que está exportando a la red entonces esta exportación es la que al final va a meterse con la demanda en azul, el autoconsumo, este tendría de consumo CERO y el azul con el naranja el neto solamente acá de energía no sirve consumir 100 MW/hora, para proceder a producir se hace un neto de la 24 horas entonces su facturación sería CERO cercano, pagarían entonces el NET METERING de su balance de energía acá no ve los periodos horarios si es quien en esta hora valió más el precio de energía o qué otras opciones tarifarias se pueden manejar

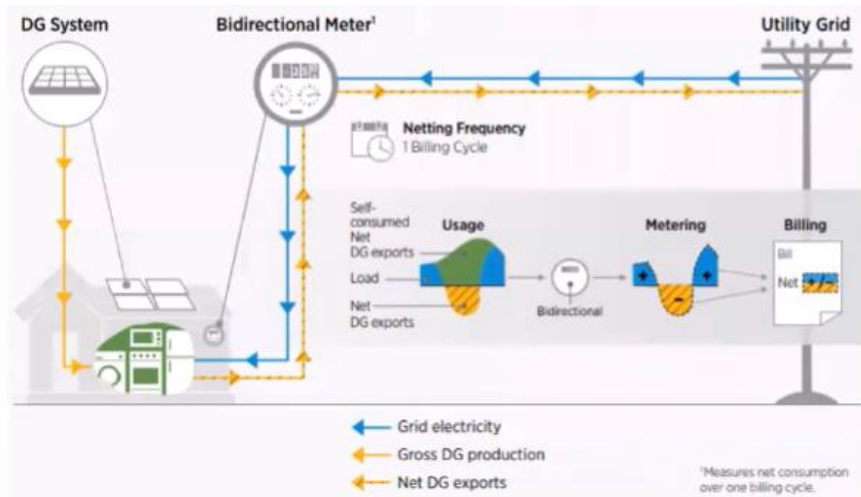


Figura. 18. Desarrollo del Net Metering.

Fuente: (Cazco, 2017)

2.6.5.2. NET BILLING

El NET BUILDING esté es similar forma, se tiene una demanda y su autoconsumo va a exportación pero a diferencia del otro si diferencia por los precios horarios de que se tiene en el sistema, entonces en la parte de acá como sabemos la mínima demanda se tiene menores precios de energía quizás en la hora punta en las noches, tenemos un pico de energía cuesta más eso se valoriza, y de igual forma también se valoriza la parte de exportación, entonces valorizado las energías en ambos lados se hace un NET BILLING.

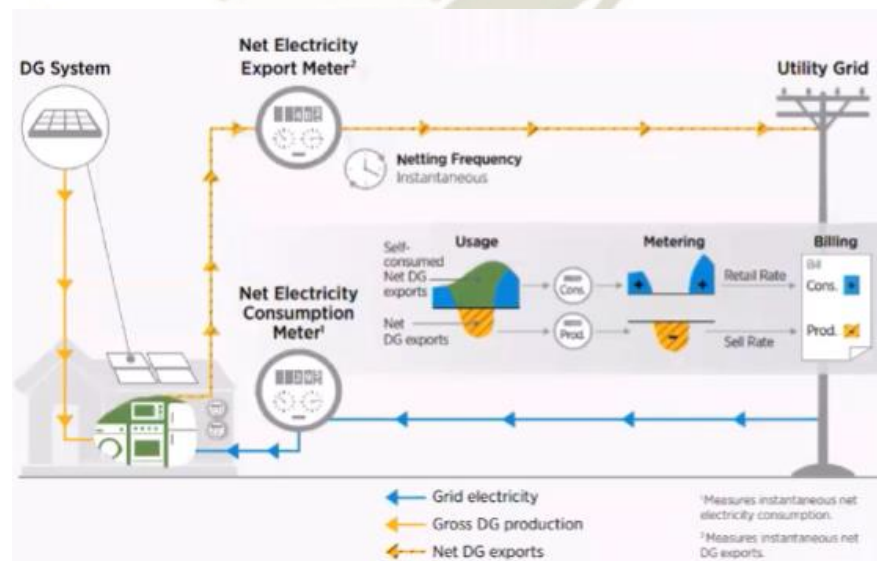


Figura. 19. Desarrollo del NET BILLING.

Fuente: (Cazco, 2017)

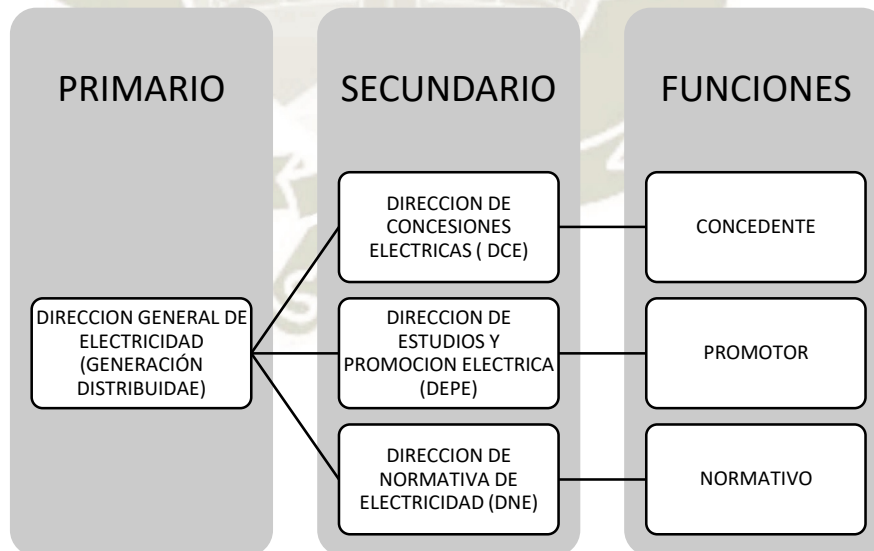
2.7. NORMATIVA ELECTRICA PERUANA

La ley de concesiones eléctricas en el cuadro de Generación Distribuida es una actividad que requiere una concesión acorde a la normativa vigente, la cual se debe entender la estructura conformada en el estado peruano.



Grafica 3. Jerarquía de normativa peruana.

Fuente: (UNI, 2018)



Grafica 4. División del Sector Eléctrico Peruano.

Fuente: Elaboración Propia

Las Concesiones en generación se dividen en 2 según ley:

Concesión Definitiva: Permite desarrollar actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, tiene plazo indefinido y otorga con R.S (Art.24.ley)

Concesión Temporal: Permite realizar estudios de generación y transmisión de energía eléctrica, tiene plazo definido como máximo 2 años y otorga con R.M (Art.23.ley), ya no se practica solo en casos de solicitar una servidumbre temporal sobre áreas donde se podrá instalar algunos aspectos de los estudios.

GENERACIÓN	TRANSMISION	DISTRIBUCIÓN
HIDROELECTRICA, SOLAR, EÓLICA, BIOMASA		
Cuando la potencia instalada de Central > 500KW Art 3 – LCE Si la Central es de 0.5 – 20 MW se denomina Concesion Definitiva RER DL.1002	Cuando las instalaciones afectan bienes del estado o requieren imposicion de servidumbre por parte del estado	Se requiere Concesión con carácter de servicio publico de electricidad cuando la Demanda > 500KW

Estas son otorgadas por MINEM y Gobiernos Regionales. Donde en muchas veces al tener una solicitud recurren a la GENERACIÓN DISTRIBUIDAE para hacer su evaluación debido a los continuos cambios

la solicitud para la obtención de concesión definitiva, será presentada al ministerio de energía y minas, con los siguientes datos y requisitos:

- a) Identificación y domicilio legal del solicitante. sí es persona jurídica debe presentar la escritura pública de constitución social y certificado de vigencia del poder de su representante legal, debidamente inscritos en los registros públicos
- b) Autorización del uso de recursos naturales de propiedad del estado, cuando corresponda;
- c) Memoria descriptiva y pianos completas del proyecto, con los estudios del proyecto a un nivel de factibilidad, por lo menos;
- d) Calendario de ejecución de obras, con la indicación del inicio y la puesta en operación comercial;

- e) Presupuesto del proyecto
- f) Especificación de las servidumbres requeridas
- g) Delimitación de la zona de concesión en coordenadas UTM (WGS84) y contrato formal de suministro de energía, en el caso de concesiones de distribución
- h) Resolución aprobatoria del instrumento ambiental
- i) Garantía de Fiel cumplimiento de ejecución de obras que señale el reglamento;
- j) Sustento verificable del compromiso de inversionistas para el aporte de capital con fines de la ejecución de las obras, tratándose de concesión de generación
- k) Informe favorable emitido por una entidad clasificadora de riesgo calificada, respecto de la solvencia financiera del solicitante, tratándose de concesión de generación
- l) Certificado de conformidad del estudio de preoperatividad emitido por el COES cuando corresponda.

2.7.1. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD – RD N°046-210 EM/GENERACIÓN DISTRIBUIDAE

La OSCE (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado) realiza una observación al momento de brindar factibilidades en para una concesión donde Aprueban “*contenido mínimo de Estudio de Factibilidad aplicable a los derechos eléctricos previstos en la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento*”

- Resumen Ejecutivo
- Conclusiones y recomendaciones
- Aspectos generales
- Área de proyecto
- Estudio de mercado eléctrico
- Estudio de Hidrología, Eólico, Solar, Biomasa
- Estudio Topográfico
- Estudio de Geología y Geotecnia
- Análisis de sistema Eléctrico
- Ingeniería de Proyecto
- Estándares de Construcción y equipamiento
- Información sobre servidumbres y afectación de bienes públicos
- Instrumento Ambiental

- Costos, Presupuesto y cronograma de ejecución
- Evaluación Económica y financiera
- Análisis de sensibilidad
- Planos completos

2.7.2. GENERACIÓN DISTRIBUIDA R.M N°292-2018

Las diferencias existentes en ambas normativas se establecen según sus alcances. ya que existe un proyecto de reglamento de generación distribuida A través de la Resolución Ministerial N° 292-2018-MEN/DM. publicada el 2 de agosto de 2018, el Ministerio de Energía y Minas del Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación distribuida en Perú.

NORMATIVA SOBRE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA		
ITEM	LEY N°28832	D.L. N° 1221
Conexión	Red de un Distribuidor	Sistema de distribución
Agente	Generadores con título habilitante	Usuarios Regulados
Tecnología	Hidroeléctrica Térmica, RER	RER y Cogeneración
Reglas Comerciales	Contratos, venta de excedentes no contratados al MCO	Se establecerá en el Reglamento
Límite de Potencia	Se establecerá en el reglamento	Se establecerá en el Reglamento
Vigencia	Vigente	No vigente entrara en vigencia cuando salga el reglamento

Este proyecto de reglamentación de la generación distribuida presenta dos divisiones:

- Mediana Generación Distribuida (MGENERACIÓN DISTRIBUIDA) con capacidad mayor a 200 kW y menor a 10 MW, que fue planteada para la comercialización en el mercado mayorista, a través de contratos PPA.

- Micro generación Distribuida (MCD), que establece una capacidad máxima de 200 kW, es decir, pensada para el autoconsumo de energía renovable.

Hasta ahora, el mercado no logra despegar como su potencial lo ofrece, por eso el Ministerio de Energía empezó a trabajar ya en 2018 en un nuevo marco legal que haga más atractivas las conexiones para los usuarios particulares, sean comerciales, industriales o residenciales.

El director general de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas, Javier Campos, contó en una entrevista exclusiva para Energía Estratégica que “se está reformulando la propuesta”, por lo que confía que “en un mediano plazo podemos estar contando con este reglamento aprobado”. (REVISTAENERGIA.PE., 2019)



CAPITULO III

3.DESARROLLO DE BALANCE ENERGETICO BIDIRECCIONAL EN UN SISTEMA MRT

3.1.LOCALIZACION

La Irrigación de YURAMAYO, se ubica en el departamento de Arequipa, en la provincia de Arequipa, entre las coordenadas -16.397922, -71.889850.



Figura. 20. Ubicación Geográfica – Yuramayo.

Fuente: Elaboración Propia

DEPARTAMENTO: AREQUIPA

PROVINCIA: AREQUIPA

DISTRITO: VITOR

LOCALIDAD: IRRIGACION YURAMAYO

3.2.RECURSOS DE ENERGIA EÓLICA

Para enriquecer el uso de Energías renovables a través de 03 Aerogeneradores de 100KW, para introducir esta potencia en un Sistema de distribución Monofásico Retorno a Tierra (MRT) desarrollado en el año 2011, se considera lo siguiente:

3.2.1. EMPLAZAMIENTO

Las irrigaciones de Yuramayo está en terrenos, donde se caracteriza por una elevación, de 1500 m.s.n.m., Las características ambientales han sido tomadas de las estaciones de Vitor consideradas

- Temperatura máxima: 29.2 ° C
- Temperatura mínima: 7.1 ° C
- Temperatura promedio: 20.1 ° C
- Humedad relativa promedio: 48.0 %
- Velocidad del viento máxima: 28.1km/h
- Polución: Ligera

Los terrenos en el área se caracterizan por ser accidentada con laderas de cerros, quebradas, y con de pampas, con vías accesibles.

3.2.2. VELOCIDADES DE VIENTO

Se tomó datos de viento según características de ubicación y de estación en una altura de 1500m.s.n.m, muestra valores de una velocidad promedio de 8 m/s

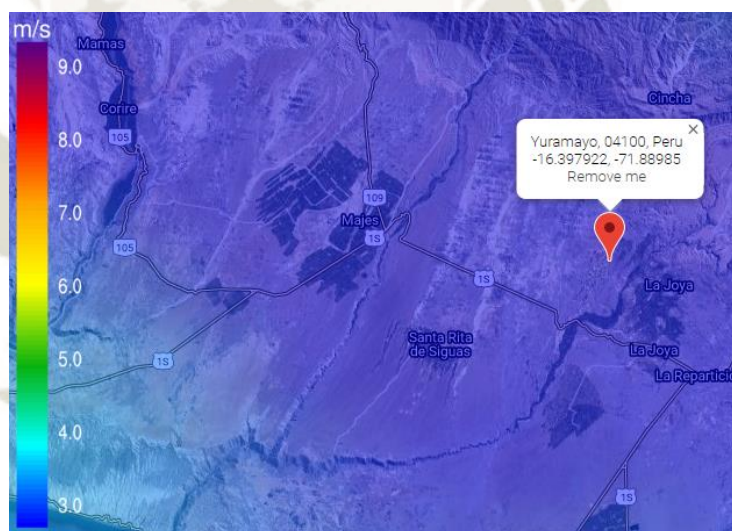


Figura. 21. Margen de Velocidades de Viento – Yuramayo.

Fuente: Pagina Web Windy 2020

3.2.3. POTENCIA EÓLICA

El potencial eólico que se dispone en un sitio depende de diversos aspectos entre los cuales se destacan la permanencia de estados atmosféricos con velocidades de viento elevadas asociados, la topografía, la rugosidad del terreno circundante al sitio, los estados termodinámicos de la atmósfera y la altitud sobre el nivel del mar.

La energía cinética de una masa u objeto m en movimiento, y con una velocidad v se describe por:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (\text{J, Julios}) \quad (1)$$

Entonces:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} m \frac{v^2}{t} \quad (\text{W, Vatios}) \quad (2)$$

la densidad de la materia ρ está dada por la masa entre su volumen V , es decir:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Kg/m}^3) \quad (3)$$

$$m = \rho * V \quad (\text{Kg}) \quad (4)$$

A su vez el volumen se puede interpretar como un área A por unidad de longitud l .

$$V = A * l \quad (\text{m}^3) \quad (5)$$

Tenemos la ecuación, reemplazando en la ecuación (2)

$$P = \frac{1}{2} \rho * A * l * \frac{v^2}{t} \quad (\text{W, Vatios}) \quad (6)$$

Asumiendo que “ l ”, es la distancia recorrida en un tiempo determinado tenemos la ecuación, 7

$$V = \frac{l}{t}$$

$$P = \frac{1}{2} \rho * A * v * v^2 \quad (\text{W, Vatios}) \quad (7)$$

En la ecuación (8) ρ es la densidad del aire, kg/m^3 ; A es el área de la superficie que atraviesa la corriente de aire m^2 , y “ v ” es la velocidad media del viento, m/s .

$$P = \frac{1}{2} \rho * A * v^3 \quad (\text{W, Vatios}) \quad (8)$$

El flujo de aire que incide en un área específica circular A y con un diámetro D en metro ($A = \pi D^2 / 4$), tenemos:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * \frac{\pi * D^2}{4} * v^3 \quad (\text{W, Vatios}) \quad (9)$$

En este caso “ ρ ” es la densidad del aire en el punto a tratar, cuyo valor, es por ejemplo de 1,225 kg/m³ a 15°C y a una presión de 1 atm, “Hm” es la altura del sitio en metros. Esta ecuación es válida hasta una altura sobre el nivel del mar de 6.000.

$$\rho = \rho_0 * e^{-\left(\frac{0.297 * H_m}{3048}\right)} \quad (\text{W, Vatios}) \quad (10)$$

En otras literaturas, la densidad está regida por tablas , según la altura:

Temperatura °C	Temperatura °K	Densidad (ρ) kg/m ³	Relación de densidad K_T
-15	5.0	1.368	1.12
-10	14.0	1.342	1.10
-5	23.	1.317	1.07
0	32.0	1.293	1.05
5	41.0	1.269	1.04
10	50.0	1.247	1.02
15	59.0	1.225	1.00
20	68.0	1.204	0.98
25	77.0	1.184	0.97
30	86.0	1.165	0.95
35	95.0	1.146	0.94
40	10.4	1.127	0.92

	Altitud H _m (metros)	Densidad ρ (kg/m ³)	Altitud, H _m (metros)	Densidad ρ (kg/m ³)
1	0	1.225	1600	1.034
2	200	1.201	1800	1.010
3	400	1.177	2000	0.986
4	600	1.153	2200	0.962
5	800	1.129	2400	0.938
6	1000	1.106	2600	0.915
7	1200	1.082	2800	0.867
8	1400	1.058	3000	0.867

Tabla 8. Estándares según altura y temperatura.

Fuente: (VC & TP, Febrero 2017)

3.3. SELECCION DE AEROGENERADORES

3.3.1. DISTRIBUCIÓN DE AEROGENERADORES DE TURBEC

El aerogenerador más usado para lugares agrícolas es el T100, el cual está diseñado para la generación distribuida, tanto para la conexión a red como para sistemas de redes aisladas. Es una solución excelente para la generación eléctrica en un amplio rango de aplicaciones como parques industriales, fabricas, granjas, bodegas, puertos, canteras, edificios públicos, dentro de bombeo o tratamiento de agua, gasolineras eléctricas, asentamientos agrícolas, etc.

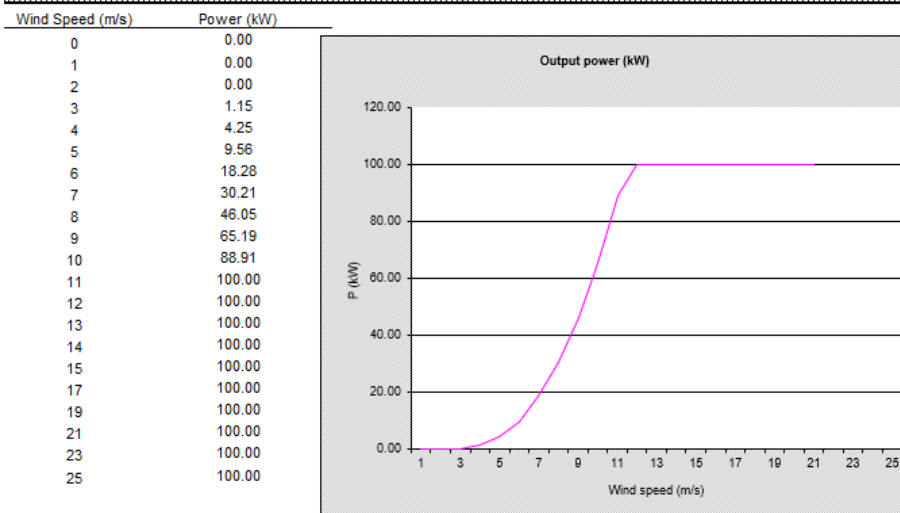
Su instalación y conexión a la red de distribuida local, en baja tensión en casos no es necesario el uso de transformador, solo aislamiento, tiene alta fiabilidad y elevado rendimiento, se ha concebido tener una elevada disponibilidad con un mantenimiento reducido, diseñado bajo normas IEC-61400

- Esta optimizado para la producción a velocidades de viento de 3 a 10 (m/s)
- Elevada eficiencia mecánica
- Tipo de Aerogenerador TURBEC-100
- Generador Síncrono con imanes permanentes 8 polos



Datos:	
Velocidad del viento (m/s) =	8.340
altitud (m) =	1,700
anemometro altura (m) =	34
torre altura (m) =	34
Cizalluda de viento =	0.140
Factor de Turbulenciar =	10%
Velocidad media del viento U =	8.34
Weibull k =	2
Weibull c =	9.370786517

Curva de energía eólica de un aerogenerador específico:



Grafica 5. Curva de energía de un Aerogenerador.

Fuente: Elaboración Propia

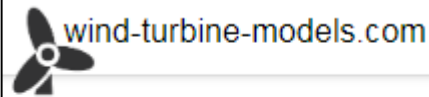
Velocidad (m/seg)	Circuito	Aerogeneradores	Potencia (KW)	Factor de Potencia
8	1	AG N°1	100	0.8
8	2	AG N°2	100	0.8
8	3	AG N°3	100	0.8
POTENCIA ACTIVA TOTAL			300 KW	
POTENCIA APARENTE TOTAL			375KVA	

Tabla 9. Cantidad de Aerogeneradores y distribución.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. DISTRIBUCIÓN DE AEROGENERADORES DE 60KW-ADES

También evaluamos la curva del fabricante considerando la velocidad calculada en la zona ya mencionada en esta investigación siendo de: 8m/s., teniendo un promedio de potencia de 60Kw por aerogenerador, considerando reportes geográficos en su variación.



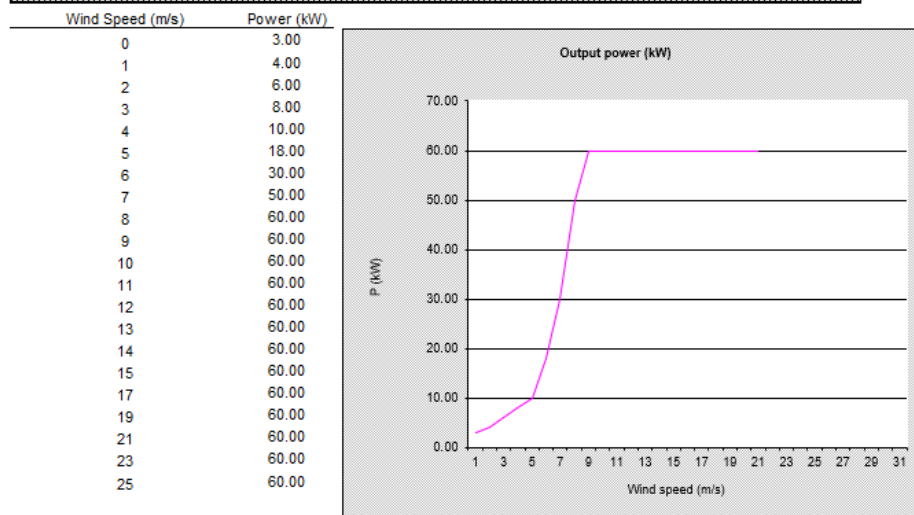
ADES ADES 60

Datasheet

Power

Rated power:	60.0 kW
Cut-in wind speed:	3.5 m/s
Rated wind speed:	8.0 m/s
Cut-out wind speed:	20.0 m/s
Survival wind speed:	-
Wind zone (DIBT):	-
Wind class (IEC):	-

Curva de energía eólica de un aerogenerador específico:



Grafica 6. Curva de energía de Aerogenerador ADES 60KW.

Fuente: Elaboración Propia

Según la gráfica la velocidad es de 8.0m/s., teniendo un promedio de potencia de 60 KW por aerogenerador, considerando reportes geográficos en su variación.

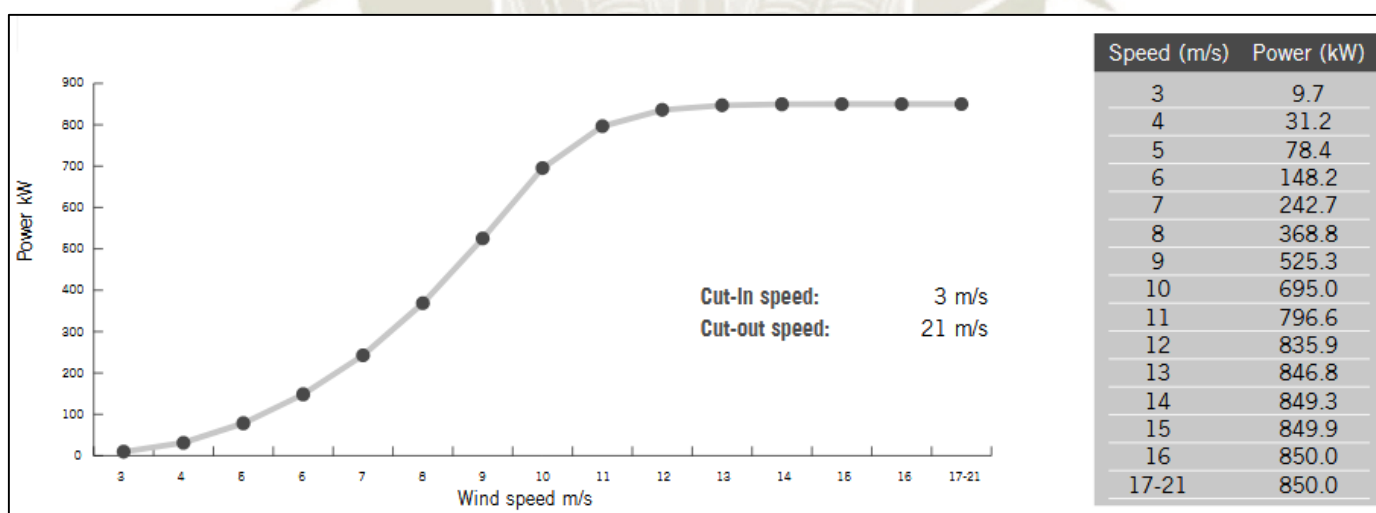
Velocidad (m/seg)	Circuito	Aerogeneradores	Potencia (KW)	Factor de Potencia
8	1	AG N°1	60	0.8
8		AG N°2	60	0.8
8	2	AG N°3	60	0.8
8		AG N°4	60	0.8
8	3	AG N°5	60	0.8
8		AG N°6	60	0.8
POTENCIA ACTIVA TOTAL			300 KW	
POTENCIA APARENTE TOTAL			375KVA	

Tabla 10. Cantidad de Aerogeneradores y distribución.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. DISTRIBUCIÓN DE AEROGENERADORES DE GAMESA G58-850 KW

Evaluamos la curva del fabricante considerando la velocidad calculada en la zona ya mencionada en esta investigación siendo de: 8 m/s., teniendo un promedio de potencia de interpolación 368.8 KW por aerogenerador, considerando reportes geográficos en su variación.



Grafica 7. Curva de energía de Aerogenerador GAMESA.

Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de Aerogenerador muestra dimensiones muy grandes en comparación de ADES 60KW, y en la evaluación antes mencionada puede considerarse una distribución menor.

Velocidad (m/seg)	Circuito	Aerogeneradores	Potencia (KW)	Factor de Potencia
8	1	AG N°1	368.8	0.8
POTENCIA ACTIVA TOTAL			368.8	

3.4.SISTEMA DE GENERACIÓN ELECTRICA

La mayoría de turbinas eólicas del mundo utilizan un generador asíncrono trifásico (de jaula bobinada), también llamado generador de inducción, para generar corriente alterna. Fuera de la industria eólica y de las pequeñas unidades hidroeléctricas, este tipo de generadores no está muy extendido; pero es muy usado en la industrial para otras aplicaciones donde se necesita convertir energía eléctrica en energía mecánica.

En los aerogeneradores de velocidad variable puede usarse un generador asíncrono de jaula de ardilla interponiendo un convertidor electrónico entre el generador y la red. Este convertidor desacopla y desvincula la frecuencia del campo magnético rotativo de la frecuencia de la red; la frecuencia del campo magnético rotativo se modula para controlar la velocidad de rotación del rotor. De forma análoga a la configuración doblemente alimentado, se dispone un sistema electrónico de potencia, pero esta vez conectado al estator del generador.

Por ello, y a diferencia de la configuración anterior, el convertidor debe gestionar la totalidad de la potencia generada.

Al tratarse de un generador de inducción, seguirá necesitando absorber potencia reactiva para funcionar, la cual puede ser aportada por el propio convertidor.

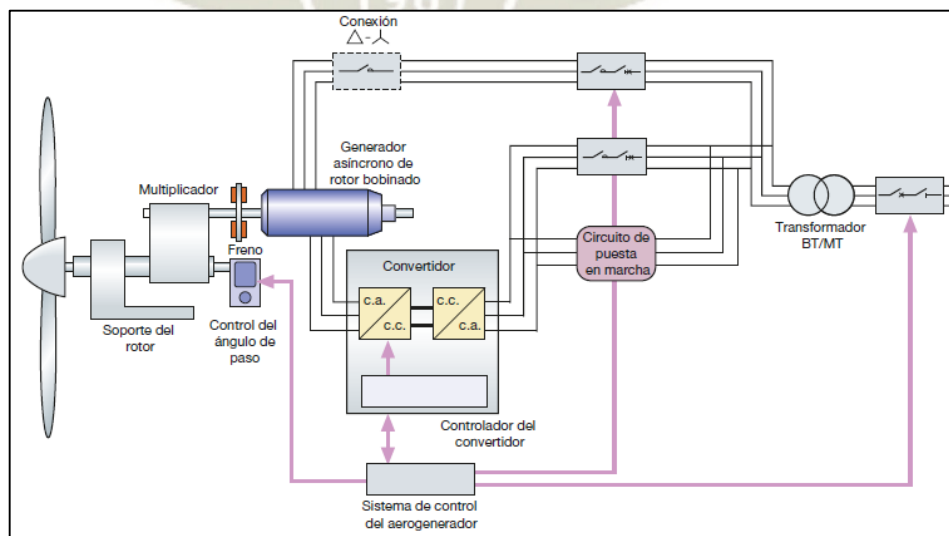


Figura. 22. Diagrama de Alimentación.

Fuente: (ABB, 2015)

El generador de ADES, al igual que TURBEC brinda un voltaje de hasta 500 V en AC, lo cual pasara a un control de frenado y puesta en marcha del sistema.

3.4.1. CONTROL ELECTRONICA DE POTENCIA

En general, los aerogeneradores modernos de eje horizontal se diseñan para trabajar con velocidades del viento que varían entre 3 y 24 m/s de promedio. La primera es la llamada velocidad de conexión y la segunda la velocidad de corte. Básicamente, el aerogenerador comienza produciendo energía eléctrica cuando la velocidad del viento supera la velocidad de conexión y, a medida que la velocidad del viento aumenta, la potencia generada es mayor, siguiendo la llamada curva de potencia.

Asimismo, es necesario un sistema de control de las velocidades de rotación para que, en caso de vientos excesivamente fuertes, que podrían poner en peligro la instalación, haga girar a las palas de la hélice de tal forma que éstas presenten la mínima oposición al viento, con lo que la hélice se detendría.

Para aerogeneradores de gran potencia, algunos tipos de sistemas pasivos, utilizan características aerodinámicas de las palas que hacen que aún en condiciones de vientos muy fuertes el rotor se detenga. Esto se debe a que él mismo entra en un régimen llamado "pérdida aerodinámica"

Control electrónico de la potencia, mediante este control se puede variar la velocidad del rotor, controladas por un microprocesador y accionadas por interruptores estáticos, de esta forma se consigue el deslizamiento del generador y con ello la velocidad del rotor.

EQUIPO	DESCRIPCION
	<p>Controlador de carga del generador de turbina eólica 60KW para el sistema de energía eólica en la red, el sistema de inversión está incorporado.</p> <p>Marca: Wind turbine rated power</p>
<p>FUENTE</p>	<p>https://spanish.alibaba.com/</p>

Figura. 23. Controlador de carga para un sistema de generación Eólica.

Fuente: Pagina Web Alibaba

3.4.2. TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 60KVA - 0.44KV/10KV

El transformador tipo seco aplica el principio de la corriente convencional de aire, donde el aire caliente sube, dejando un vacío que es ocupado ductos de ventilación aire fresco del exterior, en el caso las torres en su interior son huecas, donde la cantidad correcta de aire al interior es el adecuado para el proceso de enfriamiento.

El punto más importante es el mantenimiento y la limpieza de este tipo de transformadores.

EQUIPO	DESCRIPCION
	<p>Transformador Seco 100KVA</p> <p>Marca: ABB</p> <p>Tensión nominal: 10kV a 35kV</p> <p>Capacidad nominal:100kVA</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta seguridad y fiabilidad en funcionamiento. - Pérdida económica y eficiente para reducir la red y trabajo. - Bajo aumento de la temperatura. - Bajo ruido. - Operación en lugar húmedo con alta capacidad a prueba de humedad.
FUENTE	https://spanish.alibaba.com/

Figura. 24. Transformador Seco 100KVA.

Fuente: Pagina Web Alibaba

3.5.SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

3.5.1. CELDAS ELECTRICAS - GIS

Para el Sistemas Eléctricos de Distribución Primaria, se instalan Celdas de operación y protección para el cual serán instalados a la salida del recorrido del transformador seco de vía ductos

La terminología GIS contiene indica hexafluoruro de azufre en estado gaseoso (fórmula química SF₆) como medio de aislamiento. Los compartimentos de gas cumplen los requisitos aplicables a los sistemas a presión sellados conforme a la norma IEC 62271-1. No es necesario ningún tratamiento de gas o vacío adicional durante la vida útil prevista de las celdas. La tasa de fuga de las celdas es inferior

al 0,1% anual. La densidad del SF6 en los compartimentos de gas se monitoriza permanentemente durante la operación de las celdas por medio de sensores de densidad (sensores de presión con compensación de temperatura).


EQUIPO	DESCRIPCION
	<p>Celda Gis</p> <p>Marca: ABB</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contiene Gas SF6 - 3 bloques (Relé de Protección, cabina de maniobras y medidores) - Incorpora banco de condensadores.
FUENTE	https://slideplayer.com/slide/10695567/

Figura. 25. Celdas Gis.

Fuente: Catalogo ABB 2018

3.6.SISTEMA DE BIDIRECCION CONECTADO A RED

3.6.1. RECLOSER.

Las empresas de servicios públicos que emplean sistemas trifásicos aislados o de alta impedancia (redes trifásicas sin una conexión directa de neutro a tierra) ahora están mejorando estos esquemas de protección inteligente al introducir nuevas técnicas para lidiar con fallas a tierra monofásicas al tiempo que garantizan la continuidad del suministro, también son usados en SMART GRID para la energía distribuida. Un reconectador automático realiza mediciones de voltaje en los seis bujes, medición de corriente en las tres fases, protección bidireccional y una amplia calidad de energía y capacidad de registro de datos, todo contenido en una carcasa de acero inoxidable que forma la única unidad dieléctrica sólida con ventilación de falla de arco interno controlada en el mercado.

EQUIPO	DESCRIPCION
	<p>Recloser Marca: ABB</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestión y monitoreo de voltaje y flujo de potencia bidireccional (ejm.: redes en anillo con control de lazo)
FUENTE	Catálogos ABB - Reconectores

Figura. 26. Recloser Sistema de Protección y gestión.

Fuente: Catálogos ABB - Reconectores

3.7. ROSA DE VIENTOS

Entre los resultados encontrados en las estaciones de monitoreo con mayor potencial eólico, de acuerdo con la velocidad media y su distribución de frecuencias, para estos sitios, en los periodos: 2017-2020 se seleccionaron como representativas las mostradas. Las direcciones dominantes de viento, las frecuencias y las velocidades de viento, dentro de los rangos o clases y su frecuencia respectiva o el porcentaje en que se producen para cada rango de velocidad, se puede apreciar en estas figuras.

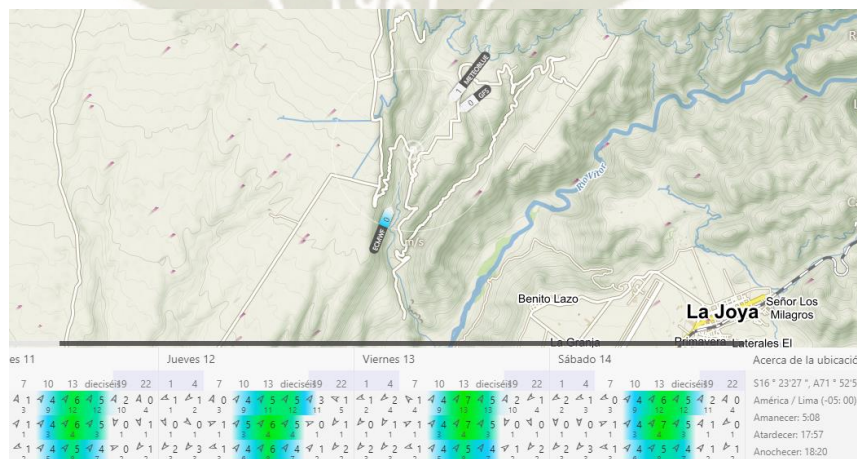


Figura. 27. Dirección de vientos en zona de Yuramayo.

Fuente: Pagina web Windy



Grafica 8. Rosa de Viento en Yuramayo.

Fuente: Pagina web Windy

3.8. UBICACIÓN RADIAL Y UNIFILAR

La ubicación del sistema de distribución MRT pertenece al sistema eléctrico Repartición – La Cano, la cual esta transformada desde 138KV a 22.9KV, denominado como sistema de distribución desde la barra en 22.9KV y concesionado por SEAL

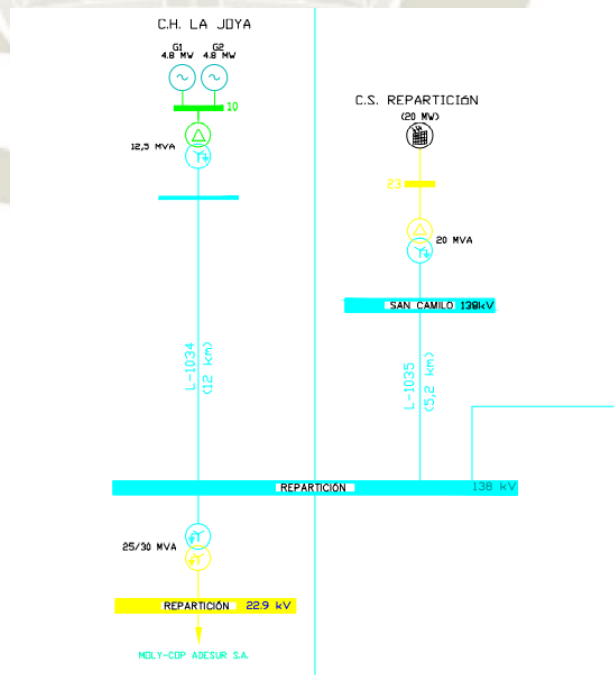


Figura. 28. Diagrama Unifilar de la COES – SISTEMA ELECTRICO REPARTICION LA CANO.

Fuente: Elaboración Propia

Para tener un mejor entendimiento del sistema en 22.9KV, se dibujó de la siguiente forma, teniendo 5 alimentadores dirigidos para el uso de la demanda en la parte de la Joya, San camilo y Vitor, distritos de Arequipa, los cuales presentan gran longitud de línea.

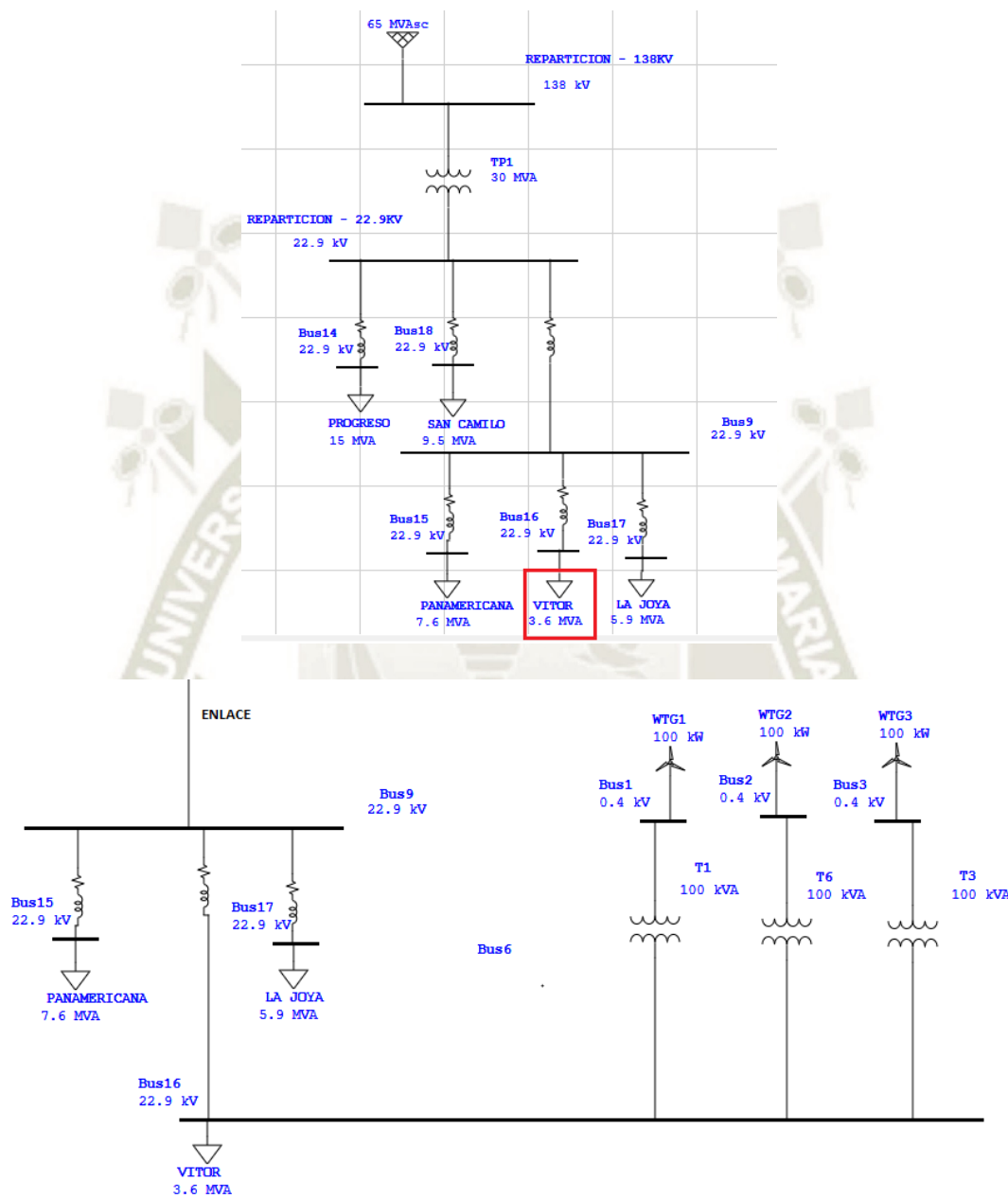


Figura. 29. Diagrama Unifilar de S.E. REPARTICION LA CANO.

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene propuesto manejar un sistema bidireccional en el FEEDER o Alimentador Vitor con tensión en 22.9KV, se plantea la instalación de 03 Aerogeneradores de 100KW, con la finalidad de integrar una generación distribuida en poca demanda, dentro de la Irrigación Yuramayo así

tener un perfil para presentar como Micro generación distribuida (MCD), considerando los altos niveles de tecnología acogidos a la bidireccionalidad del flujo de potencia y carga.

3.8.1. CARACTERISTICA DE ALIMENTADOR

Las REDES PRIMARIAS cuenta Las principales características:

- Tensión nominal del sistema: 22,9KV
- Configuración: 1 ϕ -MRT
- Tensión Máxima de Servicio: 25 Kv
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Potencia: 0,90 (atraso)
- Conexión del Neutro: Efectivamente puesto a tierra.
- Estructura Monopastos, conformado por postes de 12 m de Concreto Armado Centrifugado.
- Cruceta La cruceta debe ser Tornillo y deben ser tratados bajo el método vacío - presión, con el preservante compuesto de sales CCA-tipo C - factor Oxido 70% y una concentración de 5 %. La retención del preservante CCA-C en la madera de las crucetas tipo Tornillo debe ser de 3 kg/m³ como mínimo.
- Conductores Aleación de aluminio de 25 mm² AAAC.
- Aislador Porcelana, tipo Pin ANSI 56-3 y suspensión polimérica
- Secc. Fusible Tipo Cut Out, 27 kV, 150 kV-BIL, 100 A.
- Pararrayos Oxido Metálico 21 kV clase distribución.
- Retenidas Cable de acero SM de 10 mm ϕ , varilla de anclaje de 2,4 m x 16 mm ϕ , bloque de anclaje de 0,4 x 0,4 x 0,20m.
- Puesta a tierra Compuesto por varilla de acero recubierto de cobre de 2,4 m x 16 mm ϕ , conductor bajada de Cu 16 mm².

3.8.2. UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DEL SISTEMA MRT

ENERGIA EÓLICA	
DESCRIPCION	DATOS
Potencia Nominal (KW):	300
Potencia Máxima (KW):	270
Potencia Anual (KW):	1260000
Tensión (V)	240
Hora Anual (Horas)	8760

Subestación	Fases	Mes Energía (kW-h)	Potencia(KVA)	Usuarios
7850	1F 220V	319	5	7
7852	1F 220V	474	5	12
7853	1F 220V	900	5	9
7854	1F 220V	991	5	7
7855	1F 220V	661	10	25

Tabla 11. Codificación Subestaciones Eléctricas Monofásicas, Potencia, consumo y usuarios abarcado por AEROGENERADOR 01.

Fuente: Elaboración Propia



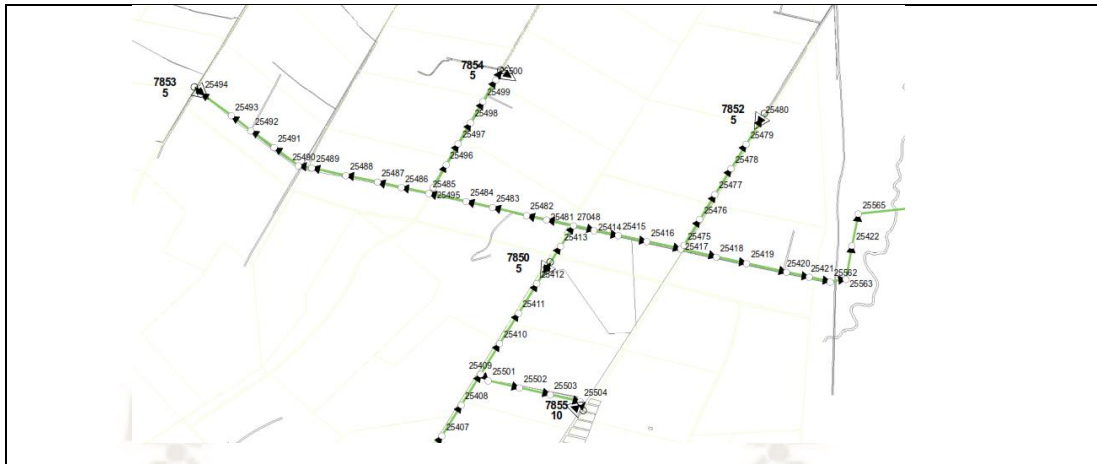


Figura. 30. Trazo de Red Eléctrica en MRT y Ubicación – AEROGENERADOR 01..

Fuente: Elaboración Propia

Subestación	Fases	Mes Energía (kW-h)	Potencia(KVA)	Usuarios
7856	1F 220V	537	10	14
7857	1F 220V	346	5	7
7858	1F 220V	882	10	14
7859	1F 220V	1023	15	16
7860	1F 220V	1415	15	74

Tabla 12. Codificación Subestaciones Eléctricas Monofásicas, Potencia, consumo y usuarios abarcado por AEROGENERADOR 02.

Fuente: Elaboración Propia

UBICACIÓN DE AEROGENERAR 02



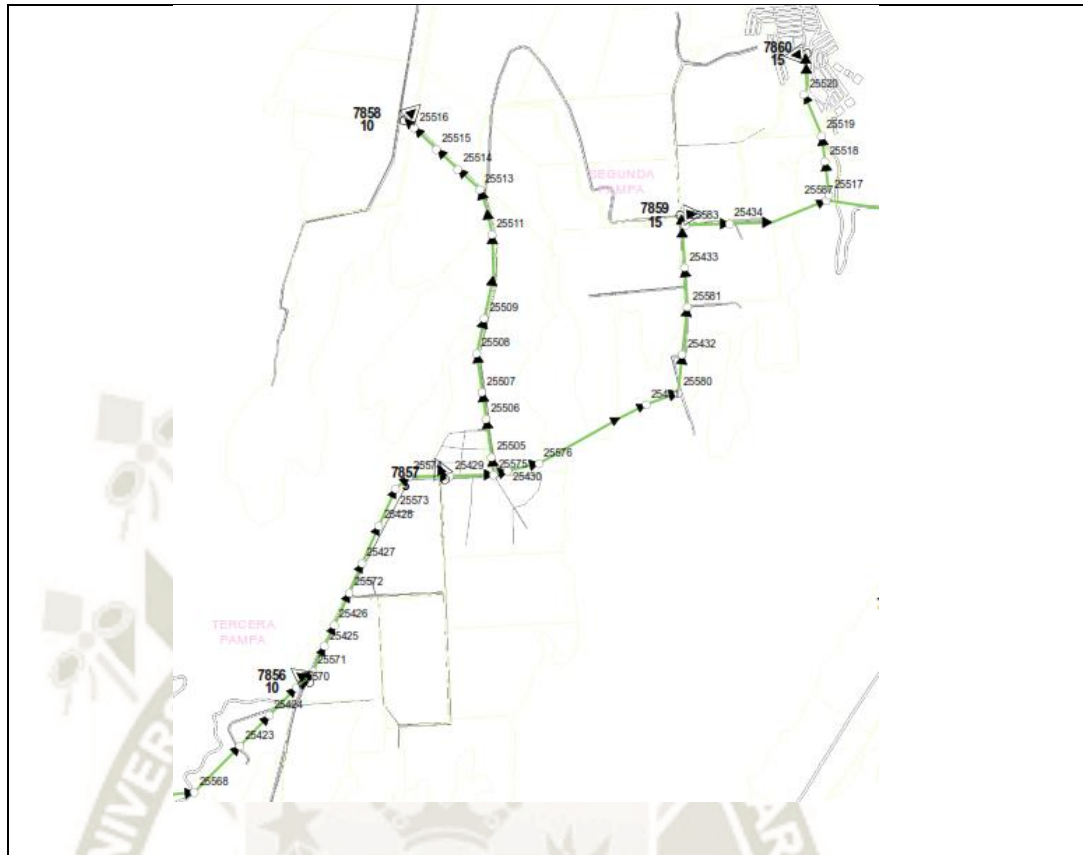


Figura. 31. Trazo de Red Eléctrica en MRT y Ubicación – AEROGENERADOR 02.

Fuente: Elaboración Propia

Subestación	Fases	Mes Energía (kW-h)	Potencia(KVA)	Usuarios
7861	1F 220V	1290	25	66
7862	1F 220V	904	10	19
7863	1F 220V	576	5	18
7864	1F 220V	1241	10	17

Tabla 13. Codificación Subestaciones Eléctricas Monofásicas, Potencia, consumo y usuarios abarcado por AEROGENERADOR 03.

Fuente: Elaboración Propia

UBICACIÓN DE AEROGENERADOR 03



Figura. 32. Trazo de Red Eléctrica en MRT y Ubicación – AEROGENERADOR 03

Fuente: Elaboración Propia

La ubicación de los aerogeneradores conforma una propuesta de proyecto, dejando de lado temas de precisión y alcances de un proyecto, el tema de investigación comprende entender la realidad de la Generación Distribuida en un nivel de tensión inestable ante posibles fallas de este alimentador.

3.8.3. ESTRUCTURAS TÍPICAS DE REDES PRIMARIAS

Imágenes (Muestra de Campo)	Descripción
	<p>Estructuras con Sistema MRT en lugares lejanos del centro de transformación, concentrados en todas las derivaciones del alimentador VITOR, en irrigaciones de parcelas con soporte de redes secundarias para usuario final</p>
	<p>Transformadores con Sistema MRT en lugares lejanos al centro de transformación , características de 25, 20, 15, 10, 5 KVA, distribuida en todas las parcelas destinadas a servicio de usuario final</p>
	<p>Red Primaria distribuida de forma troncal para las derivaciones insertadas en sistema MRT , con armados normalizados por la Dirección General de Electricidad (GENERACIÓN DISTRIBUIDAE) y el Ministerio de Energía y Minas</p>


Imágenes (Muestra de Campo)	Descripción
	<p>Armado de TRIO para vanos mayores de 1 km distribuida de forma troncal alimentar más sistemas MRT considerando el balance de carga en toda su troncal, desde el punto más lejano de transformación</p>

Figura. 33. Tipos de Estructuras de MT para un Sistema MRT - ALIMENTADOR VITOR.

Fuente: Elaboración Propia

3.9.FLUJO DE POTENCIA EN UN SISTEMA MRT EXISTENTE.

En el sistema MRT destinado como estudio se simula en ETAP según los impactos establecidos al momento de implantar una bidireccionalidad de energía, este problema abarca el desarrollo de nuevas propuestas

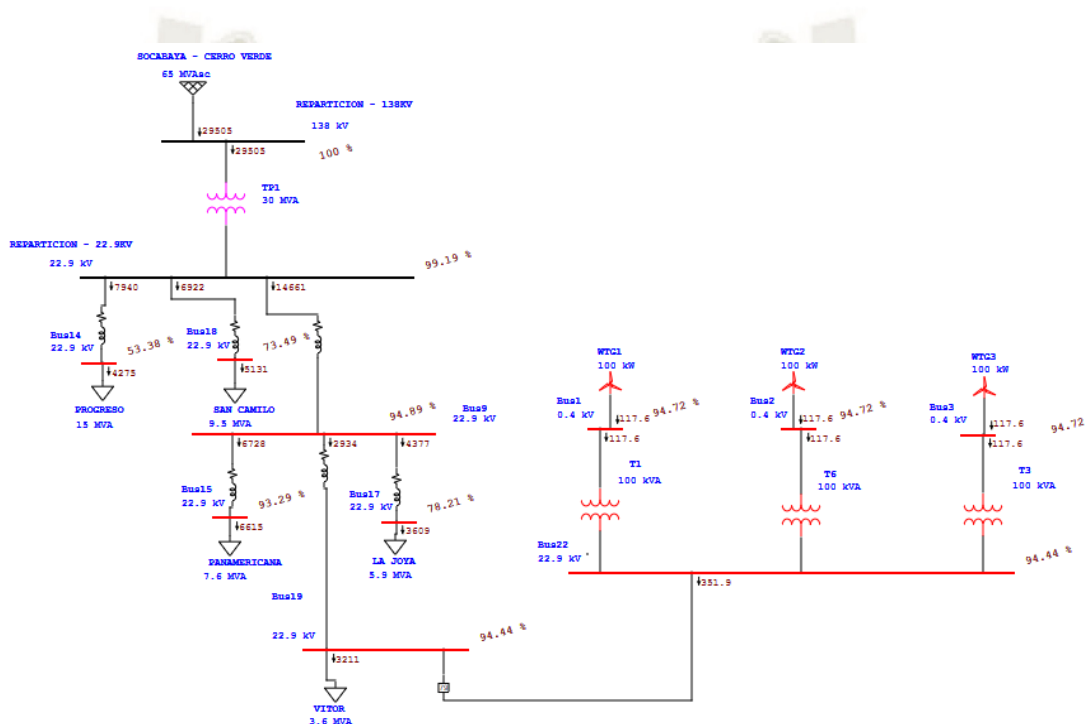


Figura. 34. Flujo de Potencia en Sistema MRT.

Fuente: Elaboración Propia

El sistema inestable del ALIMENTADOR que reparte a la lejanía del Distrito de VITOR, llamado YURAMAYO son muestra del elevado kilometraje de red distribuido a esos lugares dando un 94.44%, considerando que se puede instalar transformadores elevadores para mejorar la calidad de producto entre otras mejoras.

La consideración de insertar Generación Eólica para un sistema MRT, ayudara en el manejo e investigación de la zona como nuevas tendencias en generación, SOLAR o BIOMASA

3.10. DEMANDA DE POBLACION RURAL

Balance Oferta Demanda Sin Proyecto, tenemos el siguiente cuadro

AÑO	MAXIMA DEMANDA	OFERTA	BALANCE
	SER YURAMAYO	KW	KW
2020	200.92	0	-200.92
2021	210.81	0	-210.81
2022	215.21	0	-215.21
2023	220.32	0	-220.32
2024	230.45	0	-230.45
2025	241.92	0	-241.92
2026	250.83	0	-250.83
2027	259.84	0	-259.84
2028	268.96	0	-268.96
2029	278.18	0	-278.18
2030	287.52	0	-287.52
2031	296.97	0	-296.97

Tabla 14. Balance Oferta Demanda Sin Proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

Balance Oferta Demanda Con Proyecto, tenemos el siguiente cuadro

AÑO	MAXIMA DEMANDA	OFERTA	BALANCE
	SER YURAMAYO	KW	KW
2020	200.92	300	-200.92
2021	210.81	300	-210.81
2022	215.21	300	-215.21
2023	220.32	300	-220.32
2024	230.45	300	-230.45
2025	241.92	300	-241.92
2026	250.83	300	-250.83
2027	259.84	300	-259.84
2028	268.96	300	-268.96
2029	278.18	300	-278.18
2030	287.52	300	-287.52
2031	296.97	300	-296.97

Tabla 15. Balance Oferta Demanda Con proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

Según los análisis el proyecto se llevaría a 11 años, debido a que la demanda en la zona es 100% actividades de agricultura.

3.11. NET METERING EN SISTEMAS RENOVABLES

Los Medidores inteligentes e infraestructura de comunicación: una Smart grid utiliza técnicas de medición basadas en tecnología electrónica digital avanzada. En este sentido, se prevé el reemplazo de transductores de corriente y transductores de voltaje electromecánicos por unos de tipo óptico o electrónico. La ventaja de usar esta nueva tecnología se basa en una mayor precisión y un menor costo de mantenimiento. Además, implementaría la tecnología Wide-Área Measurement System (WAMS), una red que monitorea y transmite información en tiempo real a una escala regional o nacional.

Acciones de control y protección: son importantes para la operación segura de una red eléctrica. Al respecto, se pueden establecer subestaciones inteligentes que trabajen como una unidad inteligente dentro de un esquema de protección especial para mejorar la confiabilidad del sistema.

Sistema de gestión de base de datos: su finalidad es administrar y compartir la información en las subestaciones y centros de control y transmitirla a la red de comunicación. Asimismo, la visualización de información en tiempo real brinda una mejor figura de la situación de la operación de la red.

Interfaces inteligentes: debido al interés en utilizar recursos renovables, generación distribuida y un adecuado almacenamiento para abastecer la demanda futura, las Smart grids deben brindar interfaces inteligentes de control para los recursos distribuidos con la finalidad de que puedan ser integrados a la red.

CAPITULO IV

4. LÍNEAMIENTOS E INGENIERIA

4.1. LÍNEAMIENTO DE CONEXIÓN EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Lo mencionado en el Capítulo II al todavía no contar con una normativa vigente desde el 2018, se considera como bases de lineamiento normativas de países vecinos como Colombia, los cuales se encuentran muy familiarizados con temas de generación distribuida.

Mencionando lo siguiente:

- Autogeneradores de Pequeña Escala [AGPE] con potencia instalada entre 0.1 MW y 1 MW, con y sin entrega de excedentes de energía a la red.
- Autogeneradores de Gran Escala [AGGE] con potencia instalada mayor a 1 MW y menor o igual a 5 MW, con y sin entrega de excedentes de energía a la red.

Los análisis eléctricos para estudios de conexión en un esquema de conexión a la red MT, donde la conexión implica la construcción de dos líneas dedicadas directamente desde la subestación primaria. Dicho esquema, a la vez que ofrece un buen nivel de confiabilidad, no garantiza la continuidad del servicio en caso de interrupciones del servicio en la subestación primaria.

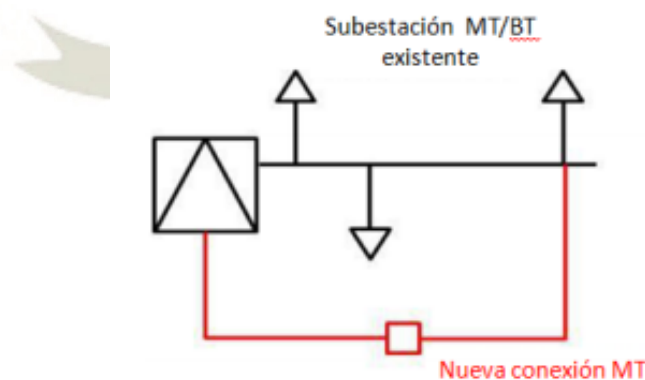


Figura. 35. Derivación de Línea de Realimentación dedicada.

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, los parámetros eléctricos de los equipos objeto de la conexión, fuentes de generación (paneles, inversores, generadores, transformadores en caso de que apliquen,

etc.), así como los criterios de operación del sistema indicando si entregará o no excedentes de energía a la red.

La conexión y respuesta a la generación distribuida se realiza a partir de un RECLOSER uniformizando la bidireccionalidad, como se muestra en la imagen también es usado como reconectores en sistemas radiales.

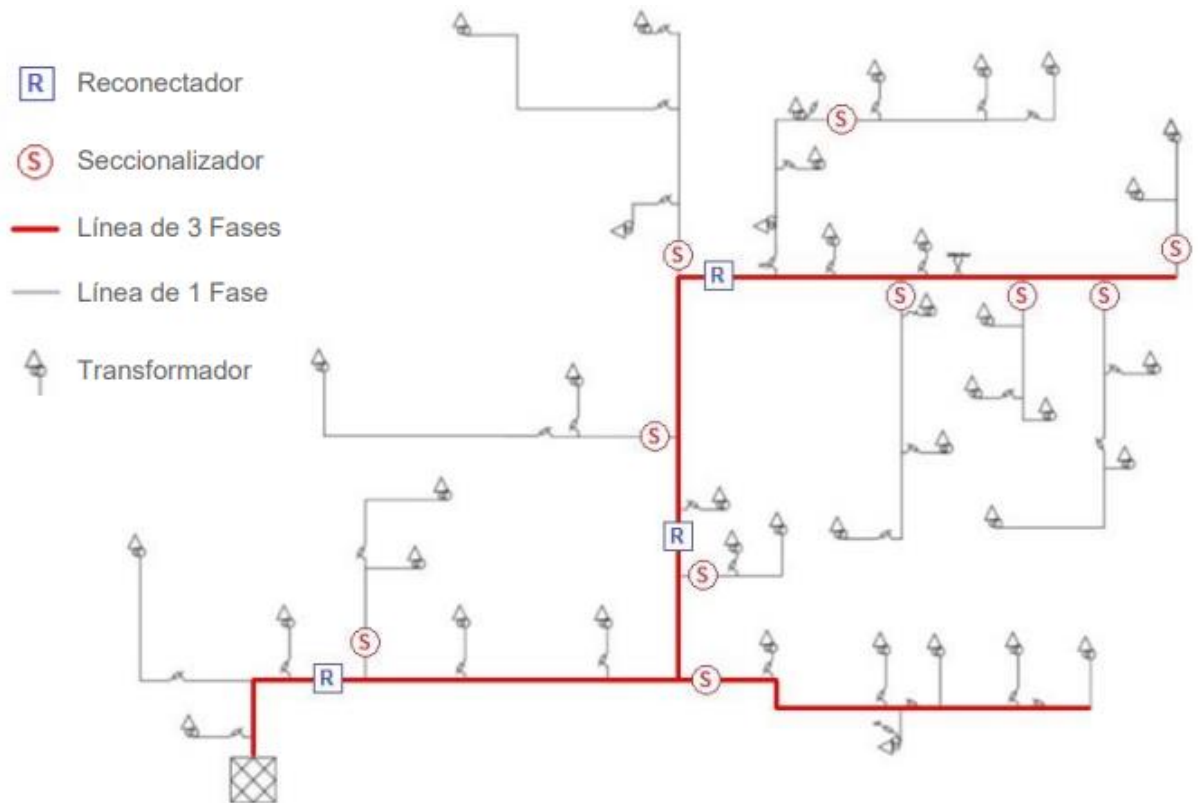


Figura. 36. Sistema Radial.

Fuente: Elaboración Propia

4.2.CALCULO TEORICO DE ENERGIA PRODUCIDA

Para el primer año posterior a la entrada en la operación del proyecto es de 300KW del cual requiere un estudio de los siguientes puntos considerando la conexión de Energía distribuida dentro de un sistema

- Calculo teórico de la energía producida
- Escenarios de estudio
- Nivel de carga de líneas y transformadores (Flujos de carga BT y MT)
- Contribución a la corriente de cortocircuito
- Incremento de corriente de falla a tierra

- Variaciones rápidas de tensión
- Variaciones lentas de tensión
- Análisis para evitar el funcionamiento en isla
Análisis de pérdida

4.3.VIABILIDAD ECONOMICA

4.3.1. DATOS DE GENERACIÓN EÓLICA

ENERGIA EÓLICA	
DESCRIPCION	DATOS
Potencia Nominal (KW):	300
Potencia Máxima (KW):	270
Potencia Anual (KW):	1260000
Tensión (V)	240
Hora Anual (Horas)	8760

4.3.2. DATOS DE CONSUMO EN CONSESIONARIA (YURAMAYO)

Subestación	Fases	Mes Energía (kw-h)	Potencia(KVA)	Usuarios
7845	1F 220V	323	5	9
7846	1F 220V	2500	25	17
7847	1F 220V	527	5	9
7848	1F 220V	115	5	9
7849	1F 220V	1968	5	11
7850	1F 220V	319	5	7
7851	1F 220V	248	5	7
7852	1F 220V	474	5	12
7853	1F 220V	900	5	9
7854	1F 220V	991	5	7
7855	1F 220V	661	10	25
7856	1F 220V	537	10	14
7857	1F 220V	346	5	7
7858	1F 220V	882	10	14
7859	1F 220V	1023	15	16
7860	1F 220V	1415	15	74
7861	1F 220V	1290	25	66
7862	1F 220V	904	10	19
7863	1F 220V	576	5	18
7864	1F 220V	1241	10	17
8861	3F 400V	2350	25	25
TOTAL		19590	205	392

Tabla 16. Codificación de Subestaciones Reales y consumo de carga por habitantes.

Fuente: Elaboración Propia

VENTA DE ENERGIA SEAL - YURAMAYO - VITOR	
DESCRIPCION	DATOS
Potencia Contratada por Usuario (KW)	3
Usuarios	392
Potencia Contratada Total (KW)	1176
Potencia Instalada SEAL (KVA)	195
Hora Anual (Horas)	8760
Cargo por Energía Activa (ctm. S/./kW.h)	0.4646
Energía a Plena Carga - Anual (KW-h)	10301760
Costo a Plena Carga - Anual (Soles)	S/ 4,786,197.70
Energía a Plena Carga - Mensual/SEAL (KW-h)	11760
Energía Registrada - Mensual/SEAL (KW-h)	19590
Energía a Plena Carga - ANUAL/SEAL (KW-h)	235080
Costo Carga - ANUAL/SEAL (KW-h)	S/ 109,218.17

Tabla 17. Venta de energía Eléctrica en Zona Rural - Yuramayo

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. INVERSION ENERGIA RENOVABLE

COSTO DE ENERGIA EÓLICA EN SISTEMA MRT		
Aerogeneradores 100KW(Und)	3	SOLES
Costo de Aerogenerador (50000 dólares)	150000	S/ 538,500.00
Ingeniera	S/ 20,000.00	S/ 20,000.00
Obras Civiles	S/ 80,000.00	S/ 80,000.00
Sistema Eléctrico	S/ 50,000.00	S/ 50,000.00
Costo Total (Soles)	S/ 688,500.00	

Tabla 18. Costos de Energía Eólica en un Sistema MRT costos generales.

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. TASA DE INVERSION DE RETORNO

La TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, a los 7 años donde la inversión no tiene riesgo. Si la tasa de rendimiento del proyecto (TIR) supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza, Es factible

AÑO DE OPERACIÓN	PAGOS DE CONSUMO EN CONSECION		INVERSION ANUAL	
1	S/	109,218.17	S/	114,750.00
2	S/	218,436.34	S/	229,500.00
3	S/	327,654.50	S/	344,250.00
4	S/	436,872.67	S/	459,000.00
5	S/	546,090.84	S/	573,750.00
6	S/	655,309.01	S/	688,500.00
7	S/	764,527.18	-S/	76,027.18
8	S/	109,218.17	-S/	33,190.99
9	S/	218,436.34	-S/	251,627.33
10	S/	327,654.50	-S/	579,281.83

Tabla 19. Pagos de consumo en contraste de Inversión para Proyecto.

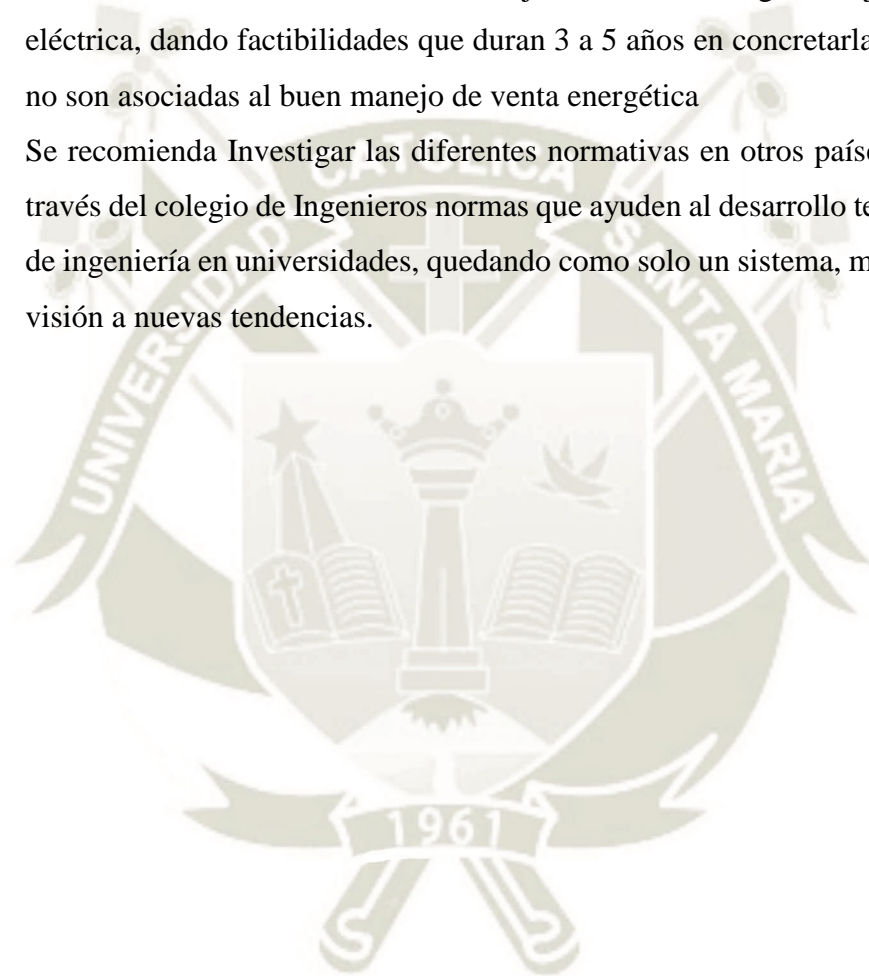
Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- A nivel de países, las políticas de promoción de generación en base a RER no son completamente homogéneas y dependen del grado de desarrollo del mercado Eléctrico. Por ejemplo, al realizar un análisis comparativo de las políticas aplicadas en Estados Unidos, Canadá, Chile y Perú, se aprecia que en los dos primeros países las políticas han estado orientadas a facilitar la competencia en el mercado mediante la reducción de los costos de entrada, así como la promoción de la participación de los agentes privados, mientras que en Chile y Perú el fomento a las inversiones en RER requiere de mayor participación del gobierno.
- En el todo el marco de la generación distribuida desde varias evaluaciones, no se establece ningún alineamiento para manejar proyectos en compromisos de los consumidores, los sistemas de tarifas están manejados al antojo del sistema y de cuotas, por no desarrollar nuevos argumentos en Generación distribuida
- El término Bidireccionalidad agrupa diversos tipos de tecnología, tanto en el segmento de empresas generadoras como en el segmento clientes finales. En ese sentido, se puede referir, por ejemplo, a medidores inteligentes que calculan la producción, el consumo y las tarifas en tiempo real, o a instrumentos de comunicación (sensores y redes de comunicación) que transmiten información del estado de la red eléctrica en tiempo real.
- La generación Eólica muestra una gran importancia en la región sur a través del cambio climático, del cual no se tiene actualizado desde el 2008, sin tener estaciones actualizadas, en referencia velocidades y otros parámetros de suma importancia en temas de generación.
- Los alimentadores en todo el sistema eléctrico de Arequipa son muy deficientes por estar manejados por el estado, la falta de mantenimiento y demás observaciones por medio de la fiscalización, no cubre la inversión para mejoras en la ingeniería, enfocadas solo en mantenimiento e indicadores mal orientados a la mejorar la continua ingeniería.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda conocer a profundidad temas de normativa y políticas dentro del desarrollo profesional del estudiante, ya que en muchas oportunidades salen de la universidad inclinados por un sistema público dirigido a regular el balance energético.
- La elevada crisis energética esta en no desarrollar proyectos pilotos a diferencia de inversiones al 80% construcción, dejando de lado lugares lejanos sin cobertura eléctrica, dando factibilidades que duran 3 a 5 años en concretarlas por directivas que no son asociadas al buen manejo de venta energética
- Se recomienda Investigar las diferentes normativas en otros países para consolidar a través del colegio de Ingenieros normas que ayuden al desarrollo tecnológico y soporte de ingeniería en universidades, quedando como solo un sistema, mas no un enfoque de visión a nuevas tendencias.



REFERENCIA

- ABB. (2015). Cuaderno de aplicaciones técnicas N°12. *Plantas Eólicas*, 119.
- Breeze, P. (2016). *Wind Power Generation*. London (UK). *Academic Press*.
- Cazco, D. A. (2017). *Sistemas NetMetering y NetBilling para generación distribuida*. Centro America: ResearchGate.
- Division, E. (2017). *REN21*. Paris, Francia: Renewables Global Futures Report.
- Global cumulative installed wind power capacity from 2001 to 2017 (in megawatts)*. (01 de Agosto de 2018). Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/268363/installed-wind-powercapacity-worldwide/>
- HANCCO, N. (2018). Arequipa tiene potencial para producir energía renovable para el sur del Perú. *CORREO*, <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/arequipa-tiene-potencial-para-producir-energia-renovable-para-el-sur-del-peru-823277/>.
- K. Shea, B. H. (2012). *Build Your Own Small Wind Power System*. New York (USA). McGraw-Hill.
- L. H. Hansen, L. H.-J. (2001). *Conceptual survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines*. Roskilde - Dinamarca: RISOR-1205.
- Minas, M. d. (31 de Julio de 2018). Autorizan publicación de proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida. *EL PERUANO*, pág. 2.
- Monteagudo, R. M. (2014). Circuitos de distribución monofásicos con retorno por tierra. Santa Clara: UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS.
- REVISTAENERGIA.PE. (26 de 09 de 2019). *Perú demora el nuevo reglamento para incentivar generación distribuida*. Obtenido de <https://revistaenergia.pe/peru-demora-el-nuevo-reglamento-para-incentivar-generación-distribuida/>

Sarabia, A. F. (2011). *Impact of distributed generation on distribution system*. DENMARK:
AALBORG UNIVERSITY.

Szabó, L. (2019). *A Survey on Modular Variable Reluctance Generators for Small Wind
Turbines*. 400114 Cluj-Napoca, Romania : Technical University of Cluj-Napoca .

UNI, E. C. (15 de OCTUBRE de 2018). Foro "Reglamento de las Ley de Concesiones Eléctricas
Generación Distribuida - Decreto Ley N° 25844". (OSINERGMIN, Entrevistador)

VC, O. -A., & TP, J. F. (Febrero 2017). *La industria de la energía renovable en el Perú*. PERU:
Biblioteca Nacional del Perú - GRÁFICA BIBLIOS S.A.

