

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES



ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA
FOTOVOLTAICO CON INYECCIÓN A LA RED DE 3kW
EN EL PABELLÓN ADMINISTRATIVO DE LA UNAJ

Bachiller: Junior Torres Yucra

Bachiller: Julissa Condori Ramos

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

Ingeniero en Energías Renovables

Director: Dr. Norman Jesús Beltrán Castañon

Asesor: Ing. Elmer Rodrigo Aquino Larico

Juliaca – Perú

2019

Torres, J. & Condori, J. (2019). Analisis y Evaluacion del sistema fotovoltaico con inyeccion a la red de 3kW en el pabellon administrativo de la UNAJ. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca.

AUTORES: Junior Torres Yucra

Julissa Condori Ramos

TITULO: Analisis y Evaluacion del sistema fotovoltaico con inyeccion a la red de 3kW en el pabellon administrativo de la UNAJ.

PUBLICACION: Juliaca, 2019

DESCRIPCION: Cantidad de Paginas (95 Paginas)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingenieria en Energias Renovables

CODIGO: 02-00001-02/T693

NOTA: Incluye Bibliografia

DIRECTOR: Dr. Norman Beltran Castañon

ASESOR: Ing. Elmer Rodrigo Aquino Larico

PALABRAS CLAVE:

Sistema fotovoltaico, Energía, Eficiencia, Conexión a la red.

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES**

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
CON INYECCIÓN A LA RED DE 3kW EN EL PABELLÓN
ADMINISTRATIVO DE LA UNAJ**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Presentada por:

Bach. Junior Torres Yucra

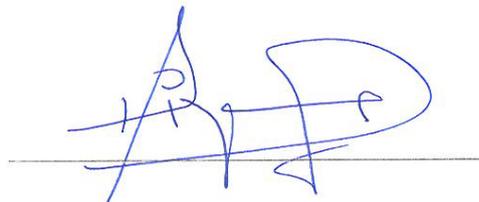
Bach. Julissa Condori Ramos

Sustentada y Aprobada ante el siguiente Jurado:

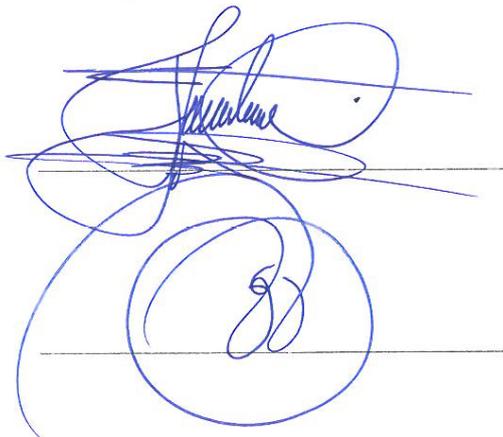
**Msc. Reynaldo Condori Yucra
PRESIDENTE DE JURADO**



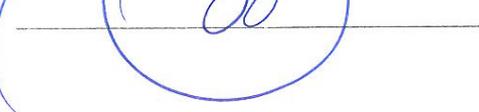
**Dr. Henry Pizarro Viveros
JURADO (Secretario)**



**Msc. Julio Fredy Chura Asero
JURADO (Vocal)**



**Dr. Norman Jesús Beltran Castañón
DIRECTOR DE TESIS**



**Ing. Elmer Rodrigo Aquino
ASESOR DE TESIS**



DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo a mi familia: mis padres Rolando y Patricia, quienes día a día se esfuerzan por brindarme todo su apoyo, cariño y confianza la cual espero no defraudar; a mis hermanos Gary y Carlos por que de ellos aprendo lo hermoso que es ser perseverantes ante los retos que nos presenta la vida.

Julissa Condori Ramos

De manera especial a mis padres Bernardino Bartolomé Torres Quispe y Bertha Yucra Pari , pues ellos fueron los principales cimientos para la construcción de mi vida profesional , sentaron en mi las bases de la responsabilidad y deseos de superación , en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

Junior Torres Yucra

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su cuidado y por la oportunidad que me dio de culminar mis estudios; agradezco también a mis padres, hermanos y amigos quienes acompañaron cada paso de mi vida universitaria.

Como no mencionar a mis docentes, gracias por su tiempo, apoyo y confianza, para la realización de este proyecto de investigación.

Julissa Condori Ramos

A la Escuela Profesional de Energías Renovables por permitirme desarrollar este proyecto de investigación y también un agradecimiento especial al Dr Normán Beltrán Castañon. Por el asesoramiento durante la ejecución del proyecto de investigación.

Junior Torres Yucra

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCION.....	2
CAPITULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Exposicion de la situacion Problemática.....	3
1.2 Formulacion del Problema.....	4
1.2.1 Problema General	4
1.2.2 Problemas Especificos	4
1.3 Hipotesis de la Investigacion.....	5
1.3.1 Hipotesis General.....	5
1.3.2 Hipotesis Especifico	5
1.4 Objetivos de la Investigacion	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivo Especifico.....	5
1.5 Justificacion de la Investigacion.....	6
1.5.1 Justificacion técnica.....	6
1.5.2 Justificacion economica.....	6
1.5.3 Justificacion Ambiental	6
1.5.4 Justificacion Social	6
CAPITULO II.....	7
2. REVISION DE LITERATURA	7
2.1 Calidad de Servicio Electrico	7
2.1.1 Calidad tecnica.....	7
2.1.2 Calidad Comercial	7
2.1.3 Alumbrado Publico	8
2.2 Tipos de Carga.....	8
2.2.1 Carga Lineal.....	8
2.2.2 Carga no Lineal.....	8
2.3 Perturbaciones en los sistemas electricos de potencia.....	8
2.3.1 Transitorios	8
2.3.2 Variaciones de corta Duracion.....	9

2.3.3	Variaciones de larga Duracion.....	9
2.3.4	Desequilibrio de tension	9
2.3.5	Distorsion de la forma de onda	10
2.3.6	Fluctuacion de Tension.....	11
2.3.7	Normatividad de calidad de Energia.....	11
2.4	Energia Solar	11
2.4.1	horas Solar Pico	12
2.5	Energia Solar Fotovoltaica	12
2.5.1	Clasificacion de Paneles Solares.....	13
2.5.2	Parametros de un Panel Solar	13
2.5.3	Configuracion de una Sistema Fotovoltaico	14
2.5.4	Sistema fotovoltaico Aislado	14
2.5.5	Sistema Fotovoltaico a la Red	15
2.6	Marco Legal Nacional de Energias Renovables.....	17
2.7	Antecedentes de la Investigacion	18
CAPITULO III		20
3.	MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1.2	Caracteristicas geograficas.....	20
3.1.3	Diagrama Unifilar	20
3.1.4	Descripcion red primaria	21
3.1.5	Subestacion de Distribucion	22
3.1.6	Tablero de distribucion	22
3.1.7	Detalle de Subestacion.....	23
3.1.8	Maxima demanda.....	23
3.1.9	Clasificacion de cargas	24
3.2	Descripcion del analizador de redes	24
3.2.1	Caracteristicas principales	24
3.2.2	Diagrama de conexiones	25
3.3	Procedimiento y herramientas para Recoleccion de Datos	29
3.3.1	Instrumentos.....	29
3.3.2	Procedimientos.....	30
3.4	Descripción del sistema fotovoltaico de 3kW conectado a la red en el pabellón administrativo de la UNAJ.....	34
3.4.1	Componentes principales	34
3.4.2	Instrumentos de monitoreo	37
3.4.3	Cálculos en base a la norma IEC 61724-2017.....	39
3.4.5	Cálculo de la Irradiación.....	40

3.4.6	Cálculo de la Energía de salida DC	40
3.4.7	Cálculo de la Energía de salida AC	41
3.4.8	Cálculo de la Potencia nominal del arreglo	41
3.4.9	Potencia nominal AC	41
3.4.10	Rendimientos	41
3.4.11	Cálculo del Rendimiento del arreglo FV	41
3.4.12	Cálculo del Rendimiento final del sistema	42
3.4.13	Cálculo del Rendimiento de referencia.....	42
3.4.14	Rendimiento de pérdidas	42
3.4.15	Cálculo de las Pérdidas de captura del arreglo	43
3.4.16	Cálculo de las Pérdidas del balance del sistema	43
3.4.17	Eficiencias	43
3.4.18	Cálculo de la Eficiencia del arreglo (DC)	43
3.4.19	Cálculo de la Eficiencia del sistema (AC)	43
3.4.20	Cálculo de la Eficiencia del balance del sistema	44
3.4.21	Cálculo del Rendimiento Global.....	44
CAPITULO IV		45
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	45
4.1	Evaluacion y Analisis de la Calidad de Energia Electrica.....	45
4.1.1	Analisis de Frecuencia	45
4.1.2	Analisis de Tension.....	46
4.1.3	Analisis de la Corriente.....	48
4.1.4	Analisis de la Potencia.....	49
4.1.5	Analisis de Factor de Potencia.....	51
4.1.6	Analisis Armonicos.....	52
4.1.7	Analisis e Interpretacion de Resultados.....	57
4.2	Resultados de la evaluacion del SFCR-UNAJ de 3kW con inteccion a la red....	59
4.2.1	Comportamiento promedio de la temperatura del modulo fotovoltaico.....	59
4.2.2	Comportamiento de la temperatura de ambiente media mensual.	60
4.2.3	Comportamiento de la irradiación media mensual.	61
4.2.4	Comportamiento de la irradiación promedio diaria mensual.....	62
4.2.5	Comportamiento del promedio mensual de la eficiencia del arreglo.	63
4.2.6	Comportamiento del promedio mensual de la eficiencia del sistema.....	64
4.2.7	Comportamiento de la eficiencia del balance del sistema	65
4.2.8	Comportamiento del rendimiento final y pérdidas del sistema.	65
4.2.9	Comportamiento promedio del rendimiento global del sistema.(PR)	66

4.2.10	Energía continúa y alterna generada por el SFCR-UNAJ.	67
4.2.11	Energía total consumida:	68
4.3	Análisis económico	69
4.3.1	Valor actual neto (VAN).....	70
4.3.2	Tasa interna de retorno (TIR)	71
4.3.3	Periodo de recuperación de la inversión (PRS)	71
4.3.4	Resultados de la evaluación económica.....	71
4.3.5	Expectativas para un mayor ahorro monetario	73
CAPITULO V		74
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1.	CONCLUSIONES.....	75
5.2.	RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zona de Ubicacion.....	20
Tabla 2. Caracteristicas geograficas	20
Tabla 3. Detalles de la subestación eléctrica	23
Tabla 4. Maxima demanda	23
Tabla 5 . Funciones del analizador de redes SENTRON PAC 3200.....	26
Tabla 6. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico SW250.....	35
Tabla 7. Especificaciones técnicas del inversor STECAGRID	37
Tabla 8. Características calculadas según la norma IEC-61724-2017	40
Tabla 9. Valores significativos	45
Tabla 10. Valores significativos de tensión	46
Tabla 11. Valores significativos de Corriente	48
Tabla 12. Valores significativos de potencia.....	49
Tabla 13. Valores significativos del factor de potencia.....	51
Tabla 14. Valores significativos de THD en tensión.....	52
Tabla 15. Límites de corriente armónica	53
Tabla 16. Valores significativos de THD en corriente	56
Tabla 17. Datos del consumo eléctrico 2019.....	58
Tabla 18. Inversión inicial del proyecto	69
Tabla 19. Parámetros utilizados para hallar los indicadores económicos	69
Tabla 20. Flujo de caja	70
Tabla 21. Indicadores económicos	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representacion de las H.S.P.	12
Figura 2. Curvas características de un panel solar	14
Figura 3. Diagrama de un sistema aislado.....	15
Figura 4. Diagrama de un sistema fotovoltaico conectado a la red.....	15
Figura 5. Edificio fotovoltaico conectado a la red	16
Figura 6. Central solar Rubí conectado a la red – Perú (ENEL , 2018)	17
Figura 7. Diagrama unifilar S.E. 100 kVA.....	21
Figura 8. Designacion de conexiones	25
Figura 9. Rotulacion de Conexiones	26
Figura 10. Conexionado de cables.....	27
Figura 11. Tipo de conexiones 3P4W del analizador de Redes SENTRON PAC 3200	27
Figura 12. Tablero electrico y ubicación del SENTRON PAC 3200.....	30
Figura 13. Conexión del sentron PAC3200 con las fases del tablero de distribucion ..	31
Figura 14. Vista del programa	31
Figura 15. Comunicación por cable ethernet.....	32
Figura 16. Vista de la configuración del programa	32
Figura 17. Vista del modelo de medición toma de datos en el programa	33
Figura 18. Procesado de datos en Microsoft Excel	33
Figura 19. Fotografía de los paneles fotovoltaicos y soporte de estructura metalica....	34
Figura 20. Fotografía del inversor STECA GRID 3010	36
Figura 21. Arquitectura del sistema de monitorización.....	38
Figura 22. Interfaz del programa de monitorización en tiempo real.	39
Figura 23. Valores de frecuencia medidos	46
Figura 24. Valores de tensión medidos	47
Figura 25. Valores de corriente medidos.....	48
Figura 26. Valores de potencia activa medidos.....	50
Figura 27. Valores de potencia reactiva medidos.....	50
Figura 28. Valores de potencia reactivo medidos	51
Figura 29. Valores de THD en tensión medidos	53
Figura 30. Valores de THD en corriente medidos.....	57
Figura 1. Valores del consumo energético de enero a mayo de 2019	58
Figura 32. Temperatura del módulo media mensual SFCR-UNAJ.....	60

Figura 33. Temperatura del ambiente media mensual SFCR-UNAJ	61
Figura 34. Irradiancia media mensual SFCR-UNAJ.....	62
Figura 35. Promedio diaria mensual de la irradiación.....	63
Figura 36. Promedio mensual de la eficiencia del arreglo fotovoltaico.	64
Figura 37. Promedio mensual de la eficiencia del sistema.....	64
Figura 38. Promedio mensual de eficiencia del balance del sistema.)	65
Figura 39. Promedio mensual del rendimiento final y pérdidas.....	66
Figura 40. Comportamiento promedio mensual del rendimiento global del sistema....	67
Figura 41. Comportamiento mensual de energía del sistema fotovoltaico en salida del	
Figura 42. Comportamiento del consumo total de energía en la UNAJ.....	68
Figura 43. Ahorro Económico.....	72
Figura 44. Área aprovechable en los techos del pabellón administrativo de la UNAJ .	73

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Especificaciones técnicas de los paneles e inversor	80
Anexo 2: Especificaciones técnicas de los equipos de monitorización.....	83
Anexo 3: Planos eléctricos del SFCR-UNAJ, soporte de los 12 módulos fotovoltaicos	89
Anexo 4: Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico de 3Kw - UNAJ	90

RESUMEN

El interés del presente proyecto de investigación parte de cuantificar la potencia real producida e inyectada a la red eléctrica en 220V monofásico en el pabellón administrativo de la UNAJ por lo que, el presente trabajo se enmarca en el análisis, evaluación técnica y económica del sistema fotovoltaico de 3kW con inyección a la red en el pabellón administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca. El cual cuenta con 12 paneles de 250 Wp, con un inversor de 3kW conectado a la red eléctrica del pabellón administrativo de la UNAJ. Para poder realizar el estudio del comportamiento del sistema fotovoltaico se utilizó la metodología en base a la norma IEC 61724-1, para obtener resultados de potencia, energía, eficiencia global y el comportamiento del sistema solar fotovoltaico, por lo que se obtuvo como resultado en máxima potencia generada por el conjunto de módulos fotovoltaicos de 3180 W, en cuanto a la energía generada en promedio se tiene 430.25 kWh, la eficiencia global en promedio es de 87% y en cuanto al comportamiento del sistema fotovoltaico es favorable para el aprovechamiento del recurso solar. Finalmente se realizó la evaluación energética-económica del sistema fotovoltaico conectado a la red de 3kW, en donde se pudo obtener que los parámetros de la irradiación, la temperatura del ambiente como la temperatura del módulo fotovoltaico y las condiciones extremas de la ciudad de Juliaca son directamente influyentes en el rendimiento y eficiencias evaluadas obteniendo así una energía mensual en promedio de 500kWh y como, como también teniendo como mínimo 5.55 horas de sol de 100W valor totalmente aceptable y un rendimiento del conjunto de paneles y del sistema entre 14% a 16% los cuales también son aceptables. Evaluando los parámetros económicos como el VAN, TIR, PRS y C/B; obteniéndose un periodo de recuperación (PRS) en 11 años con la inversión inicial del proyecto

Palabras clave: sistema fotovoltaico, energía, eficiencia, conexión a la red.

INTRODUCCION

El sistema convencional energético usado en la actualidad contamina y daña en proporciones grandes al medio ambiente, como son las centrales hidráulicas que destruyen hectáreas inmensas de bosques o selvas, flora y fauna; las centrales térmicas contaminan al medio ambiente con CO y CO₂; y las centrales nucleares generan desechos radioactivos y si no se almacenan adecuadamente en contenedores radioactivos, estos causan degeneración y muerte celular a la población más cercana.

En la región de Puno, no se tiene experiencias para evaluación el comportamiento del sistemas fotovoltaicos con inyección a la red eléctrica. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación busca evaluar los parámetros de funcionamiento del sistemas fotovoltaicos con inyección a la red eléctrica de 3Kw, el cual servirá como prototipo para implementar este sistema en el sistema eléctrico de sectores rurales y urbanos.

Como también es de tener una evaluación económica para poder obtener un resultado negativo o positivo en cuanto a estos sistemas fotovoltaicos con inyección a la red,

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Exposicion de la situacion Problemática

Ante el constante y rapido crecimiento de la demanda de energia y el aumento de los impactos climaticos este ultimo debido al uso de las fuentes de energias convencionales como el peroleo y el gas, se tienes una alternativa de salida muy prometedora, el cual es el uso de las energias renovables para adoptar un sistema energetico mas sostenible basado en unamayor participacion de fuentes energeticas renovables.

En la actualidad la produccion de energia electrica a traves de las energias renovables, ha tenido un fuerte crecimiento a nivel mundial; según las estadistica publicadas por la agencia Internacional de Energias Renovables (IRENA), el aumento anual del 7,9 por ciento se vio reforzado por las nuevas incorporaciones de energía solar y eólica, que representaron el 84 por ciento del crecimiento. Un tercio de la capacidad de potencia mundial ahora se basa en energías renovables.

En cuanto al contexto de sudamerica el avance de las energias renovables tambien ha ido creciendo contando con una produccion de 11 935 MW de energias renovables de conectados a la red, de los cuales 5469 MW es a traves de la energia solar fotovoltaica; mientras en los sitemas aislados (fuera de la red) se cuenta con una produccion total de 466.333MW, de los cuales 81.808 MW es a traves de la energia solar fotovoltaica (IRENA, 2019)

En Peru en el año 2009 las centrales RER tenían 15,6 MW de potencia instalada y en el 2016 llego a 637,7 MW. La potencia instalada en cuanto a la biomasa empezó con 23,0MW en el año 2010 y en el 2016 alcanzó los 82,5MW, mientras que en el 2012 la potencia instalada en centrales solares fue de 80 MW y en el 2016 llego a los 96,0 MW, asimismo en el 2014, la potencia instalada en centrales eólicas fue de 142,7 MW y en el 2016 alcanzo 239,1 MW, así lo detalla el ministerio de energía y minas. Lo cual nos lleva

a concretar que la participación de los recursos energéticos renovables RER en el sistema interconectado nacional SEIN sigue incrementándose a partir del D.L. N° 1002, que fomenta la participación e inserción de las energías renovables.

En la Universidad Nacional de Juliaca se cuenta con una instalación de sistema solar fotovoltaico de 3kW con inyección a la red, el cual se instaló con el apoyo de la Universidad de Jaen - España, dentro de un convenio el cual enmarca el intercambio de tecnología y conocimientos entre instituciones. Además de ello por fomentar la investigación en el área, y así poder contribuir a la sociedad fomentando la utilización de este tipo de tecnologías los cuales han demostrado ser más sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Teniendo en cuenta todo esto, nuestro interés parte por cuantificar la potencia real producida e inyectada a la red eléctrica en 220V monofásico del pabellón administrativo a través de 12 paneles solares de 250W conectados en serie, con un inversor monofásico de conexión a la red, que conforman el sistema fotovoltaico conectado a la red de 3kW ubicado en el pabellón administrativo de la UNAJ, asimismo conocer el impacto económico de la energía generada e inyectada a la red, por ello planteamos analizar y evaluar el sistema fotovoltaico conectado a la red de 3kW.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿La evaluación técnica y económica del sistema fotovoltaico conectado a la red de 3kW influirá en el costo de facturación en el Pabellón Administrativo de la UNAJ?

1.2.2 Problemas Especificos

- ¿El sistema solar fotovoltaico afectará a la calidad de energía eléctrica del pabellón administrativo de la UNAJ?
- ¿En qué medida el sistema fotovoltaico de 3kW influirá en la evaluación técnica de la curva de demanda-consumo del pabellón administrativo de la UNAJ?

- ¿En qué medida el sistema fotovoltaico de 3kW influirá en la evaluación económica para determinar el ahorro por facturación de energía del sistema eléctrico del pabellón administrativo de la UNAJ?

1.3 Hipotesis de la Investigacion

1.3.1 Hipotesis General

- El sistema solar fotovoltaico de 3kW conectado a la red de la UNAJ influirá en la facturación y calidad de energía eléctrica en el pabellón administrativo de la UNAJ.

1.3.2 Hipotesis Especifico

- Mediante el análisis de la calidad de energía eléctrica se observará la influencia del sistema solar fotovoltaico de 3kW en la red eléctrica del pabellón administrativo de la UNAJ
- Mediante el análisis de los parámetros (radiación, temperatura de la celda, temperatura del ambiente) que influyen en el sistema fotovoltaico de 3kW obtendremos la evaluación técnica de la curva de demanda-consumo del pabellón administrativo de la UNAJ.
- Mediante la evaluación económica del sistema fotovoltaico y del consumo de energía del pabellón administrativo de la UNAJ se logrará obtener el ahorro en cuanto al pago por consumo de energía eléctrica.

1.4 Objetivos de la Investigacion

1.4.1 Objetivo General

- Analizar y evaluar el sistema fotovoltaico conectado a la red de 3kW en el pabellón administrativo de la UNAJ.

1.4.2 Objetivo Especifico

- Analizar el sistema eléctrico del pabellón administrativo de la UNAJ con la conexión del sistema solar fotovoltaico de 3kW.

- Determinar los parámetros que influyen en el comportamiento del sistema fotovoltaico de 3kW, conectado a la red del pabellón administrativo de la UNAJ.
- Realizar la evaluación económica del sistema fotovoltaico de 3kW conectado a la red del pabellón administrativo de la UNAJ.

1.5 Justificación de la Investigación

1.5.1 Justificación técnica

El presente trabajo generará resultados en los cuales se encontrarán la aplicación de las teorías de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red como también generará resultados importantes e indispensables en relación al recurso solar en la ciudad universitaria como el comportamiento de un sistema completo de conexión a la red (independiente de baterías).

1.5.2 Justificación económica

Con el modelo de este proyecto de sistema fotovoltaico conectado a la red el cual genera ahorro en cuanto a la energía consumida por el pabellón administrativo de la UNAJ, se tendrá como modelo para la aplicación e implementación de proyectos viables de sistemas de energías renovables con mayores potencias, los cuales puedan no solo generar ahorro sino independencia energética.

1.5.3 Justificación Ambiental

Al hablar de proyectos con energías renovables claramente se ve un panorama de contribución haciéndole frente al avance de la contaminación del medio ambiente, puesto que con ello se obtendrá disminuir la generación de dióxido de carbono que comúnmente generan las generadoras convencionales con el quemado de combustibles fósiles.

1.5.4 Justificación Social

El presente trabajo despertará el interés de los alumnos de la escuela profesional de ingeniería en energías renovables en cuanto a la investigación en sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red, lo cual llevará a realizar más estudios en el tema y realizar más proyectos con esta base.

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Calidad de Servicio Electrico

Al hablar de calidad en la energía eléctrica, se hace referencia a la calidad de señal de la tensión y corriente como a la confiabilidad y continuidad del servicio de energía eléctrica.

En cuanto al servicio eléctrico en Perú, se enfrentan dos problemas: 1) al no existir competencia en precios tampoco existe competencia en cuanto a calidad, 2) dentro de una zona de concesión no es posible ofrecer diferentes opciones de precio y calidad de producto, con la excepción de los aspectos relacionados con la comercialización del bien o servicio. Es por ello que OSINERGMIN no solo regula precios sino también la calidad, dentro de esta última los que normalmente se regulan son:

2.1.1 Calidad tecnica

- *Calidad del producto:* Los principales aspectos a considerar son: la tensión, la frecuencia y las perturbaciones (Flicker y armónicos).
- *Calidad de suministro:* Se refiere a la ocurrencia de las interrupciones en el sistema eléctrico, se consideran aquellas interrupciones que superan los tres minutos.

2.1.2 Calidad Comercial

Dentro de esta se consideran 3 grandes rubros: atención al cliente, facturación y registro, y la medición del consumo.

2.1.3 Alumbrado Publico

La calidad del alumbrado público está relacionada con los niveles de iluminación de acuerdo a la zona.

2.2 Tipos de Carga

2.2.1 Carga Lineal

Las cargas lineales están formadas por: fuentes de tensión, fuentes de corriente, elementos pasivos (resistencias, inductancias y capacitores) de valores fijos, lo cual conlleva que en el sistema se tenga corriente y voltaje de onda senoidal.

2.2.2 Carga no Lineal

La relación entre la tensión y corriente no es una constante. Demandan una corriente no senoidal, la cual provoca una caída de voltaje no senoidal al pasar por la impedancia del sistema, esto lleva a la producción de una distorsión de voltaje para la carga. (Holguin & Gomezcoello, 2010)

- Efectos de las cargas no lineales en el sistema eléctrico:
- Distorsión de voltaje en el sistema eléctrico
- Altos niveles de voltaje de neutro a tierra
- Sobrecalentamientos en los transformadores
- Bajo factor de potencia.

2.3 Perturbaciones en los sistemas electricos de potencia

2.3.1 Transitorios

Se refiere a los eventos indeseables y de naturaleza momentánea que ocurren en el sistema eléctrico. (Electric, 2010)

- Transitorios de Impulso: Se debe al cambio o alteración repentina del estado estacionario de tensión o corriente, o ambas, en polaridad positiva o negativa, es unidireccional. El origen más común de este tipo de transitorio son los rayos.
- Transitorio Oscilatorio: obedece al cambio o alteración repentina de frecuencia no industrial del estado estacionario de tensión o corriente, o ambas, el cual incluye tanto valores positivo y negativos. Los orígenes más comunes son: el

resultado de la respuesta de un sistema local a un transitorio de impulso, maniobra o energización de condensadores, energización de transformadores, otros.

2.3.2 Variaciones de corta Duracion

Las variaciones de corta duración se originan en condiciones de falla, la energización de grandes cargas, conexiones inestables. Dependiendo de las condiciones del sistema y la localización de la falla, esta puede ser:

- *Interrupción*: se da lugar cuando la tensión de alimentación o la corriente de carga decrecen a menos de 0,1 p.u. por un periodo de tiempo de 0.5 ciclos a 1 minuto.
- *Bajadas de Tensión (SAG)*: Disminución del valor eficaz de la tensión entre el 0,9 y el 0,1 p.u. de la tensión de funcionamiento normal y con una duración desde medio ciclo a 1 minuto.
- *Elevación de Tensión (SWELL)*: Incremento del valor eficaz de la tensión entre el 1,1 y el 1,8 p.u. de la tensión de funcionamiento normal, con una duración de medio ciclo a 1 minuto. (Holguin & Gomezcoello, 2010)

2.3.3 Variaciones de larga Duracion

- *Interrupción sostenida*: se produce cuando la ausencia o falta de tensión es manifestada por un periodo superior a un minuto.
- *Subtensión*: causada por la reducción del valor eficaz (R.M.S.) de la tensión de 0.8 a 0.9 p.u. con una duración mayor a un minuto.
- *Sobretensión*: causada por el incremento del valor eficaz (R.M.S.) de la tensión de 1.1 a 1.2 p.u. con una duración mayor a un minuto. (Carrera Sánchez & Ordoñez Sanclemente , 2011)

2.3.4 Desequilibrio de tension

El desequilibrio de tensión es producto del desbalance de las tensiones entre las tres líneas. Se puede definir como la desviación máxima del promedio de las tres fases de tensiones o corrientes, dividido por el promedio de las tensiones o corrientes de las fases, expresado en porcentaje. Se recomienda que el desequilibrio de tensiones sea menor al 2%. (Santana Chiriboga & Zambrano Orellana , 2013)

2.3.5 Distorsion de la forma de onda

Componentes de Directa. Producido por la presencia de corriente directa en sistemas de potencia de corriente alterna, probablemente manifestado por el efecto de rectificación de media onda, esto puede tener consecuencias en los transformadores ocasionando sobrecalentamiento, así como también puede causar erosión electrolítica en el electrodo de puesta a tierra y otros conductores. (Electric, 2010)

- **Armónicos:** tensiones sinusoidales cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación. Esta distorsión se traduce en una variación de sus valores de frecuencia y amplitud nominal y en una forma de onda diferente a la sinusoidal. Este tipo de distorsión es originada por la presencia de cargas no lineales en el sistema eléctrico, las cuales pueden ser debido a los equipos electrónicos (rectificadores, variadores de velocidad), cargas con inductancias saturables y cargas con arcos de descarga (fluorescentes). (Holguin & Gomezcoello, 2010)
- **Interarmónicos:** tensión sinusoidal cuya frecuencia se sitúa entre las frecuencias de los armónicos, siendo este, un no múltiplo entero de la frecuencia fundamental. La principal fuente de una distorsión interarmónica son los convertidores estáticos de frecuencia, los ciclo convertidores, los motores de inducción y los equipos de arco. (Electric, 2010)
- **Corte:** conocidas como una perturbación periódica de la tensión, estas se presentan cuando la corriente conmuta de una fase a otra. En este tiempo ocurre un cortocircuito momentáneo entre las dos fases produciendo que la tensión este muy cerca a cero, hasta donde lo permitan las impedancias del sistema. (Holguin & Gomezcoello, 2010)
- **Ruido:** Es aquella señal eléctrica indeseada con contenido espectral de banda amplia, menor a 200KHz, superpuesta a la tensión o corriente de los conductores de fase, conductores de neutro o conductores de señal, también conocida como distorsión indeseada de la señal de potencia que no puede ser clasificada como distorsión armónica o transitoria. (Holguin & Gomezcoello, 2010)

2.3.6 Fluctuacion de Tension

- **Fluctuación de tensión Flicker:** es una serie de variaciones o cambios aleatorios de tensión, magnitud que no excede los rangos de 0.9 p.u. a 1.05 p.u. las variaciones de luminancia del alumbrado debido a estas fluctuaciones produce el fenómeno ocular conocido como parpadeo o titilación. (Holguin & Gomezcoello, 2010)

2.3.7 Normatividad de calidad de Energia

El D. S. N° 020-97-EM.- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), el objetivo de esta norma es establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, incluido el alumbrado público, así como las obligaciones de las empresas de electricidad y los clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844.

El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

- Calidad de Producto:
 - Tensión;
 - Frecuencia;
 - Perturbaciones (Flícker y Tensiones Armónicas).
- Calidad de Suministro:
 - Interrupciones.
- Calidad de Servicio Comercial:
 - Trato al Cliente;
 - Medios de Atención;
 - Precisión de Medida.
- Calidad de Alumbrado Público:
 - Deficiencias del Alumbrado.

2.4 Energia Solar

Las horas solar pico se definen como la cantidad de horas al día con una irradiación de 1000 w/m² a una temperatura de 25°C y con una masa de aire (AM) de 1.5.

Es aquella energía que nace a partir de procesos de fusión nuclear originados dentro del sol, al ocurrir este proceso el sol emite la energía generada en forma de fotones a

través del espacio. Se considera que sin la energía solar no existiría vida en la tierra, gracias al sol es que también se generan los distintos tipos de recursos energéticos, como los combustibles fósiles, la energía eólica, la energía hidráulica, son generados indirectamente por la energía del sol (Orbegozo & Arivilca, 2010).

La energía solar directamente se puede aprovechar de dos formas, la primera es el aprovechamiento de la energía emitida por el sol para producir calor, a este proceso se le conoce como energía solar térmica, el cual se puede aprovechar mediante termas o colectores solares.

La segunda es el aprovechamiento de la energía solar para producir electricidad, a este proceso se le conoce como energía solar fotovoltaica, el cual se puede obtener a través de paneles solares fotovoltaicos (BUN-CA, 2002).

2.4.1 horas Solar Pico

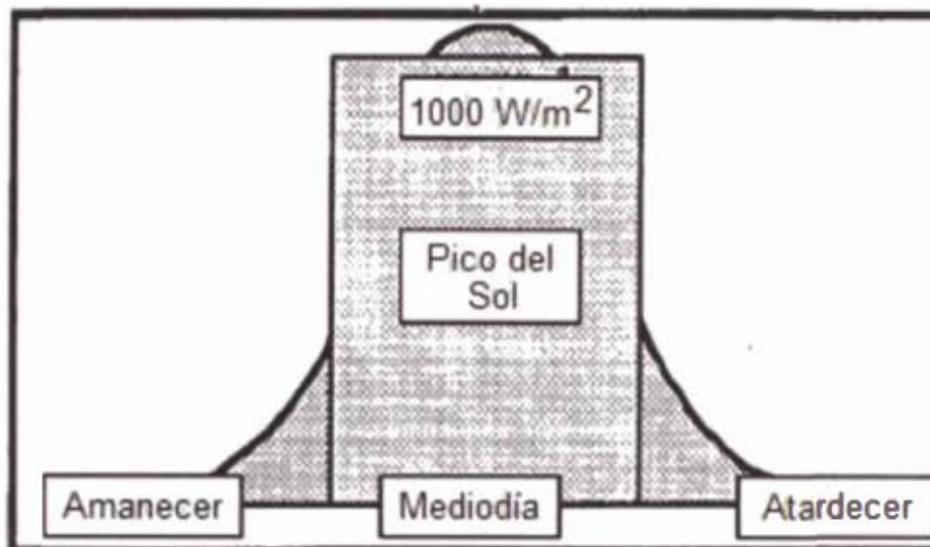


Figura 2. Representacion de las H.S.P.
Fuente: Gonzales (2015)

2.5 Energia Solar Fotovoltaica

En la actualidad existen una gran variedad de paneles fotovoltaicos, sin embargo en el mercado actual encontramos 3 tipos de paneles solares más usados y/o comunes clasificados de acuerdo al material empleado para su fabricación, estos son:

La energía solar fotovoltaica se obtiene mediante la transformación directa de la energía del sol a la energía eléctrica, este proceso se lleva a cabo gracias a la función que cumple una celda solar fotovoltaica, su proceso se basa en recibir y absorber los fotones emitidos por el sol generando corriente eléctrica, debido al efecto de liberación de electrones que ocasionan los fotones al entrar en contacto con algunos materiales semiconductores. En su mayoría un panel fotovoltaico está compuesto de 36 celdas fotovoltaicas (BUN-CA, 2002).

2.5.1 Clasificación de Paneles Solares

- De silicio monocristalino
- De silicio policristalino
- De silicio amorfo

2.5.2 Parametros de un Panel Solar

Los datos de un panel solar se especifican en su ficha técnica dándonos a conocer la eficiencia, la intensidad de corriente y la tensión, estos son parámetros que se encuentran bajo condiciones estándares denominados por sus siglas en ingles STC (standard testing condition), estos parámetros son:

- Irradiación: 1000 W/m²
- Temperatura del módulo: 25°C
- Masa de Aire (AM): 1.5

Asimismo encontramos las curvas características en los catálogos de los paneles solares como se muestra en la figura 2

- Curva de Intensidad de Corriente vs Tensión
- Curva de Potencia vs Tensión

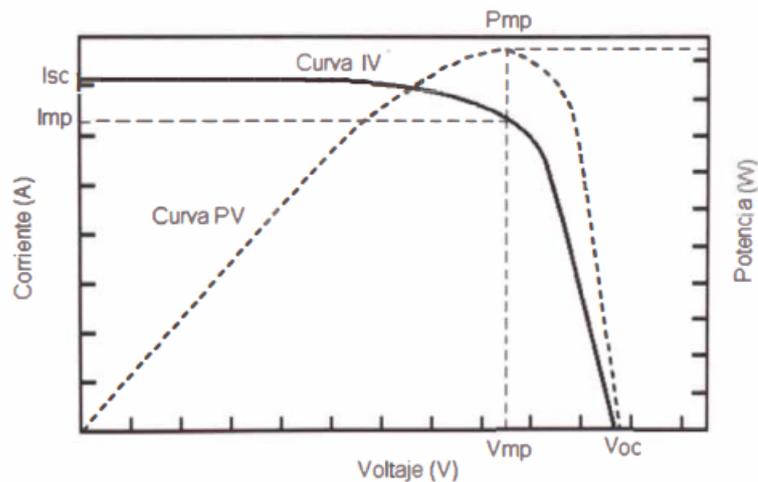


Figura 3. Curvas características de un panel solar
Fuente: Gonzales (2015)

2.5.3 Configuración de una Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico se compone de un conjunto de equipos que permiten la transformación de la energía del sol en energía eléctrica, los componentes son: el generador fotovoltaico, el inversor, el regulador, el inversor, las baterías, el bloque de cableado, el bloque de control, el uso de todos estos equipos dependerá si el sistema es aislado o conectado a la red.

Un sistema fotovoltaico puede producir la cantidad de energía requerida por el usuario, sin embargo esta va estar limitada por la disponibilidad del recurso solar, la capacidad de generación y de almacenamiento de los quipos utilizados (Gonzales I. D., 2015).

Dependiendo de la magnitud de la energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en:

2.5.4 Sistema fotovoltaico Aislado

En la actualidad los sistemas aislados son una buena solución para la generación de energía eléctrica en las zonas donde la energía convencional no puede llegar debido a la lejanía y al difícil acceso a causa de la geografía accidentada, es por ello que instalar un sistema aislado es factible frente al transporte convencional mediante redes de transmisión de la energía convencional. Como se muestra en la figura 3 un sistema aislado básicamente está compuesto por el generador fotovoltaico, el sistema de acumulación (baterías), regulador de carga e inversor.



Figura 4. Diagrama de un sistema aislado

Fuente: BESTER Building a sustainable world, 2016

2.5.5 Sistema Fotovoltaico a la Red

Otra alternativa practicada en los países regulados es la conexión de un sistema fotovoltaico conectado a la red, el cual se puede instalar en los techos, azoteas, y/o espacios abiertos de una vivienda o edificio, aprovechando la energía del sol, generando energía eléctrica para el consumo propio y/o para el sistema eléctrico, de tal forma se pueda obtener la reducción en los recibos por el pago de energía eléctrica y en algunos casos vendiendo la energía excedente a la red. En la figura 4 se muestra el diagrama de un sistema fotovoltaico conectado a la red, el cual consta de dos componentes primordiales: generador fotovoltaico e inversor.

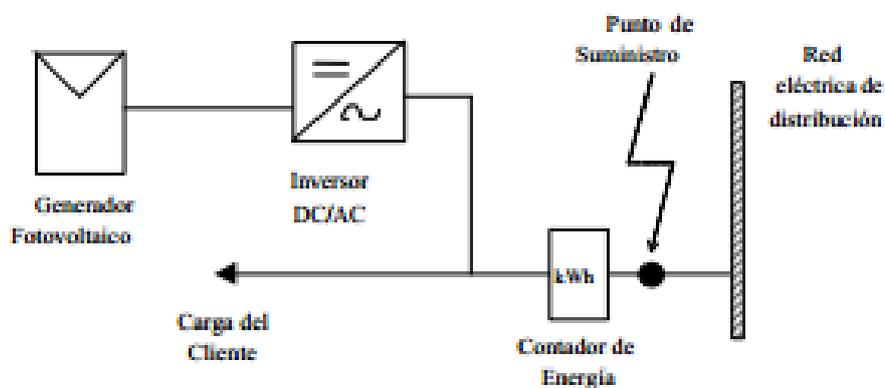


Figura 5. Diagrama de un sistema fotovoltaico conectado a la red

Fuente: Zumarán, 2005

Dentro de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red encontramos:

- *sistemas fotovoltaicos en edificaciones*: Los edificios integrados con sistemas fotovoltaicos conectados a la red (EFCR) tienen como función inyectar la energía eléctrica generada al sistema interconectado. (Cornejo Lalupu , 2013), asimismo estos pueden abastecer la energía que se consume en el edificio para abaratar el costo por energía consumida de la red eléctrica. Estos sistemas son de pequeña o mediano tamaño, es así que suponen una producción en el orden de KW.



Figura 6. Edificio fotovoltaico conectado a la red
Fuente: Caamaño Martín (1998)

- *Centrales solares fotovoltaicas*: estas centrales son agrupaciones grandes de sistemas fotovoltaicos individuales, las cuales están conectadas a la red con la finalidad de vender la energía producida al sistema interconectado nacional, este tipo de centrales contribuyen con la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, puesto que al integrarse un central renovable evitamos la construcción de más centrales convencionales térmicas. Estos sistemas son de gran tamaño, es así que suponen una producción en el orden de MW y GW.



Figura 7. Central solar Rubí conectado a la red – Perú (ENEL , 2018)
Fuente: ENEL , 2018)

2.6 Marco Legal Nacional de Energías Renovables

La base normativa en cuanto recursos energéticos renovables se basa en:

- Decreto Legislativo N° 1002 (02/05/2008), Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con energías renovables.
- Decreto Supremo N° 012-2011-EM (23/03/2011), Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.

2.6.1 Subasta de electricidad con recursos energeticos renovables

Peculiaridades de las subastas mencionadas por OSINERGMIN

- Osinergmin conduce las Subastas que son convocadas cada dos (2) años.
- Se subasta la energía requerida y un adicional hidroeléctrico (< 20 MW).
- Según la política energética, el MINEM fija porcentaje cada 5 años.
- En los primeros cinco años ha sido de 5% de la producción eléctrica nacional.
- Los Contratos RER que resultan de las subastas tienen vigencia de 20 años.
- El adjudicatario se obliga a diseñar, financiar, suministrar los bienes y servicios requeridos para construir, operar y mantener la planta.
- Se remunera (Ingreso Garantizado) considerando lo siguiente:
 - Por la venta de energía a Costo Marginal y Potencia Firme (Ingreso1).

- Con una Prima (Ingreso 2), en caso no cubre el Ingreso Garantizado (Gonzales G. E., 2015).

Los participantes en el proceso de las subastas son:

- MINEM: Aviso preliminar, energía requerida y aprobación de bases
- OSINERGMIN: Convoca subasta, designa comité y determina precio máximo
- COES: límite de potencia en barra
- NOTARIA PUBLICA: Certificación del proceso, custodia de documentos y actas
- POSTORES: participante, postor y adjudicatario (Gonzales G. E., 2015)

2.7 Antecedentes de la Investigación

La energía fotovoltaica generada a través de la instalación de sistema fotovoltaico de 3,3KWp representa el 10,5% de la demanda del edificio, el pico de potencia fotovoltaica requerido para satisfacer la demanda es de aproximadamente 29KWp (Negrão Macêdo, y otros, 2011).

Los sistemas fotovoltaicos son factibles en Brasil siempre en cuando se relacione con la tarifa aplicada a los consumidores residenciales de baja tensión y una subvención mínima del 30% en la adquisición de los quipos del sistema. Sin embargo, aún hay temores de parte de los inversionistas ya que esta tecnología tiene un costo elevado inicial. La posibilidad de incentivar el mayor uso a este tipo de tecnologías es incentivando a los consumidores con los subsidios en la adquisición de los quipos del sistema, es así que se obtendrá un mayor interés en los sistemas fotovoltaicos (Negrão Macêdo, y otros, 2011).

Por medio de la implementación de un sistema fotovoltaico se reduce considerablemente en la facturación por consumo de energía eléctrica en la municipalidad distrital de Morococha, Yauli - Junín, teniendo como resultado una reducción en 24.88% (Lulo Niño , 2017).

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, según la experiencia internacional, son una tecnología que apuesta por entrar a la matriz energética para poder minimizar el costo de energía eléctrica y mitigar los daños al medio ambiente. La energía generada partir de recursos energéticos renovables de un cliente final para consumo propio, puede

llegar a tener excedentes y esta puede ser comercializada a la red como una transacción de compra y venta de energía consentida en la ley de concesiones eléctricas, sin embargo esta normativa no obliga la compra de energía inyectada a la red por el cliente final, pero también es cierto que la normativa no contempla ningún impedimento para que los clientes puedan ser generadoras menores a 500kw, es por ello que el cliente puede negociar directamente con su sistema de distribución (Orsoco Zumaran , 2005).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción y Ubicación de la Infraestructura

3.1.1 Ubicación geográfica

Tabla 1. Zona de Ubicación

Distrito	Provincia	Departamento	Altitud m.s.n.m.
Juliaca	San Román	Puno	3825

3.1.2 Características geográficas

La zona que comprende el proyecto posee una topografía plana, acompañado de las siguientes características:

Tabla 2. Características geográficas

Descripción	Semestres	
	Mayo-Octubre	Noviembre-Abril
Clima	Frígido y seco	Frígido y lluvioso
Temperatura mínima °C	-10 °C	0 °C
Temperatura máxima °C	18 °C	20 °C
Temperatura media °C	12 °C	15 °C
Humedad relativa	0	0
Velocidad del viento Km/h	90	90

3.1.3 Diagrama Unifilar

A continuación se muestra el diagrama unifilar desde La barra de 10kV hasta el tablero de distribución del pabellón administrativo de la UNAJ.

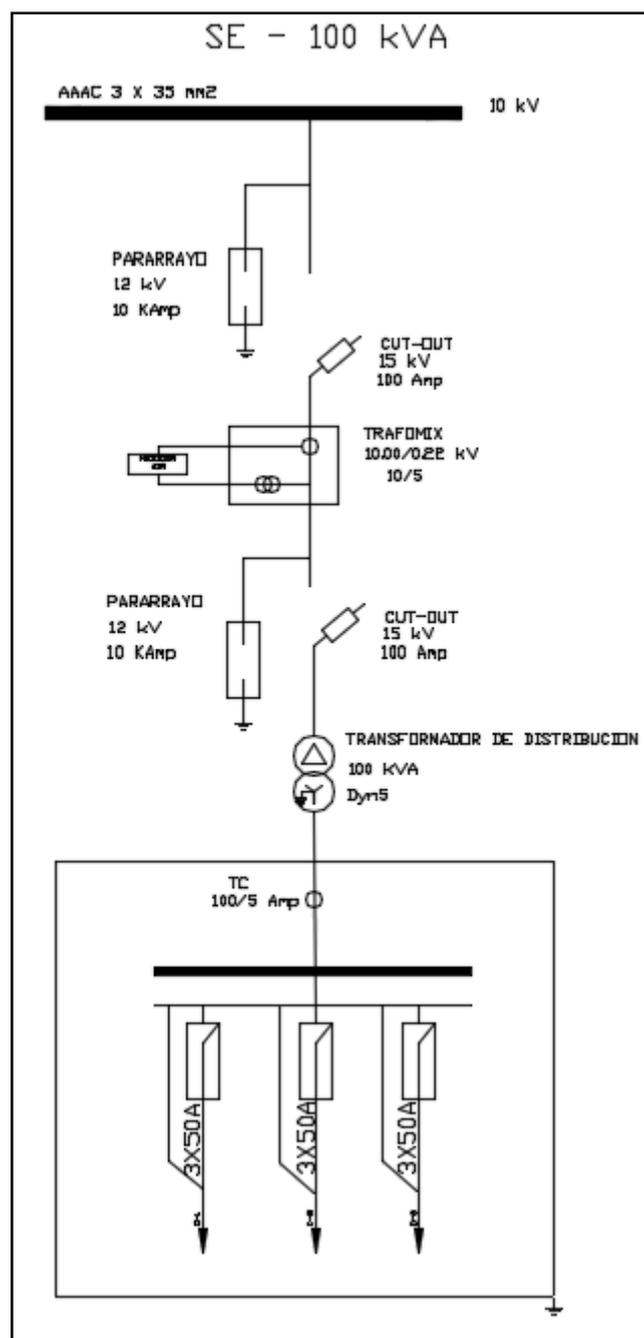


Figura 8. Diagrama unifilar S.E. 100 kVA

3.1.4 Descripción red primaria

La red primaria la cual alimenta a nuestra subestación tiene las siguientes características:

- Tensión nominal : 10KV
- Sistema : trifásico

- Longitud de línea : 0.04Km (vano a vano)
- Conductor : aleación de aluminio
- Sección . 35 mm² – AAAC
- Aislamiento : aisladores de porcelana tipo PIN, clase ANSI 55-5
- Disposición : vertical
- Numero de fases : 3

3.1.5 Subestacion de Distribucion

La subestación de distribución cuenta con las siguientes características:

- Tipo de subestación : aéreo biposte de C°A°C° de 13/400
- Ménsula de FoGo : perfil angular de 64x64x4.8x2250 mm. Long.
- Soporte del transformador: una media loza de C.A.C. de 1.10 m.
- Aisladores. de porcelana tipo PIN clase ANSI 55-5
- Transformador: trifásico de 100KVA, 10/0.38-0.22KV, altura de trabajo 4000m.s.n.m.
- Equipos de protección y maniobra
 - Seccionador: tipo CUT-OUT, 15kV, 100 A, 150 kV BIL, con porta fusible de expulsión, para operación a 4000 msnm, con accesorios de montaje.
 - Pararrayos: de porcelana de 15 kV, 10 kA, 150 kV, NBA. Para operación de 4000msnm. Incluye accesorios de montaje.
- Sistema de puesta a tierra
 - Conductor de cobre desnudo de 25 mm², cableado de 7 hilos temple suave (para ferretería y pararrayos).
 - Conductor de cobre desnudo de 25 mm², cableado de 7 hilos temple suave (para neutro del transformador)
 - Varilla de cobre 16 mm ϕ x 2.40 m. conector Anderson.

3.1.6 Tablero de distribucion

El tablero de distribución es fabricado íntegramente de acero laminado frio de 2mm de espesor y de las siguientes dimensiones 80 cm x 60 cm x 30cm.

El tablero está equipado con :

- 3 interruptores termomagnéticos trifásicos de 50^a, 10Ka, 600V, 60Hz c/u
- 1 contactor electromagnético de 3x80 A, 220 V, 60 Hz. Incluye reloj digital de 220V
- 3 barras de cobre para fase de 40x5x600mm
- 1 barra de neutro de 40x5x400mm
- Aisladores portabarras tipo Al – 0.5/400,500 V.

3.1.7 Detalle de Subestacion

Tabla 3. Detalles de la subestación eléctrica

S. E.	Cto	Descripción	MD (KW)	Potencia Nominal (KVA)
S.E. General	CG-1	Edificio administrativo	65.47	100

Fuente: Elaboración propia

3.1.8 Maxima demanda

Tabla 4. Maxima demanda

CANT	DESCRIPCION	POTENCI A UNIT (W)	F.D.	POTENCI A (W)
25	Acumulador de energia - equipo de ups	30	1.00	750
47	Computadora personal portatil	45	1.00	2115
45	Equipo multifuncional copiadora impresora scanner y/o fax	445	1.00	20025
15	Fotocopiadora en general	1100	1.00	16500
85	Monitor de plasma - pantalla de plasma	23	1.00	1955
85	Unidad central de proceso - cpu	500	1.00	42500
18	Pizarra electronica	310	1.00	5580
9	Impresora laser	300	1.00	2700
5	Impresora (otros)	300	1.00	1500
4	Equipo de sonido (ingles y patrimonio)	230	1.00	920
2	Equipo de sonido (comision organizadora)	3800	1.00	7600
23	Sistema de proyeccion multimedia - proyector multimedia	283	1.00	6509
4	Calefactor	1000	1.00	4000
6	Parlantes en general (mayor a 1/8 uit)	700	1.00	4200
2	Ecuilizador	18	1.00	36
2	Impresora a inyeccion de tinta	11	1.00	22
1	Horno microondas	800	1.00	800

3	Reproductor de dvd/cd/vcd/svcd/mp3 y otros	10	1.00	30
3	Televisor lcd	40	1.00	120
3	Amplificador (otros)	204	1.00	612
2	Proyector de luz led	30	1.00	60
4	Televisor led	35	1.00	140
3	Equipo de control de acceso biometrico	5	1.00	15
1	Equipo para aire acondicionado tipo domestico	2500	1.00	2500
3	Ruteador de red - router	40	1.00	120
6	Servidor	900	1.00	5400
2	Impresora para planos - plotters	120	1.00	240
1	Lavadora electrica industrial	900	1.00	900
3	Televisor lcd	40	1.00	120
2	Aspiradora electrica	800	1.00	1600
2	Lustradora electrica domestica	400	1.00	800
576	Fuorescentes	18	1.00	10368
216	Luminarias braquet	18	1.00	3888
1	Bomba contra incendio	746	1.00	746
1	Bomba jockey	746	1.00	746
1	Bomba de agua	3000	1.00	3000
1	Bomba de desague	746	1.00	746
			TOTAL (W)	149863
			TOTAL (KW)	149.863

3.1.9 Clasificacion de cargas

- Cargas lineales: el pabellon administrativo de la UNAJ cuenta con cargas lineales los cuales representan el 2.40% de toda la maxima demanda.
- Cargas no lineales: el pabellon adminisrativo de la UNAJ cuenta con un representacion de 97.60%, los cuales son los que generan armonicos en la red electrica.

3.2 Descripcion del analizador de redes

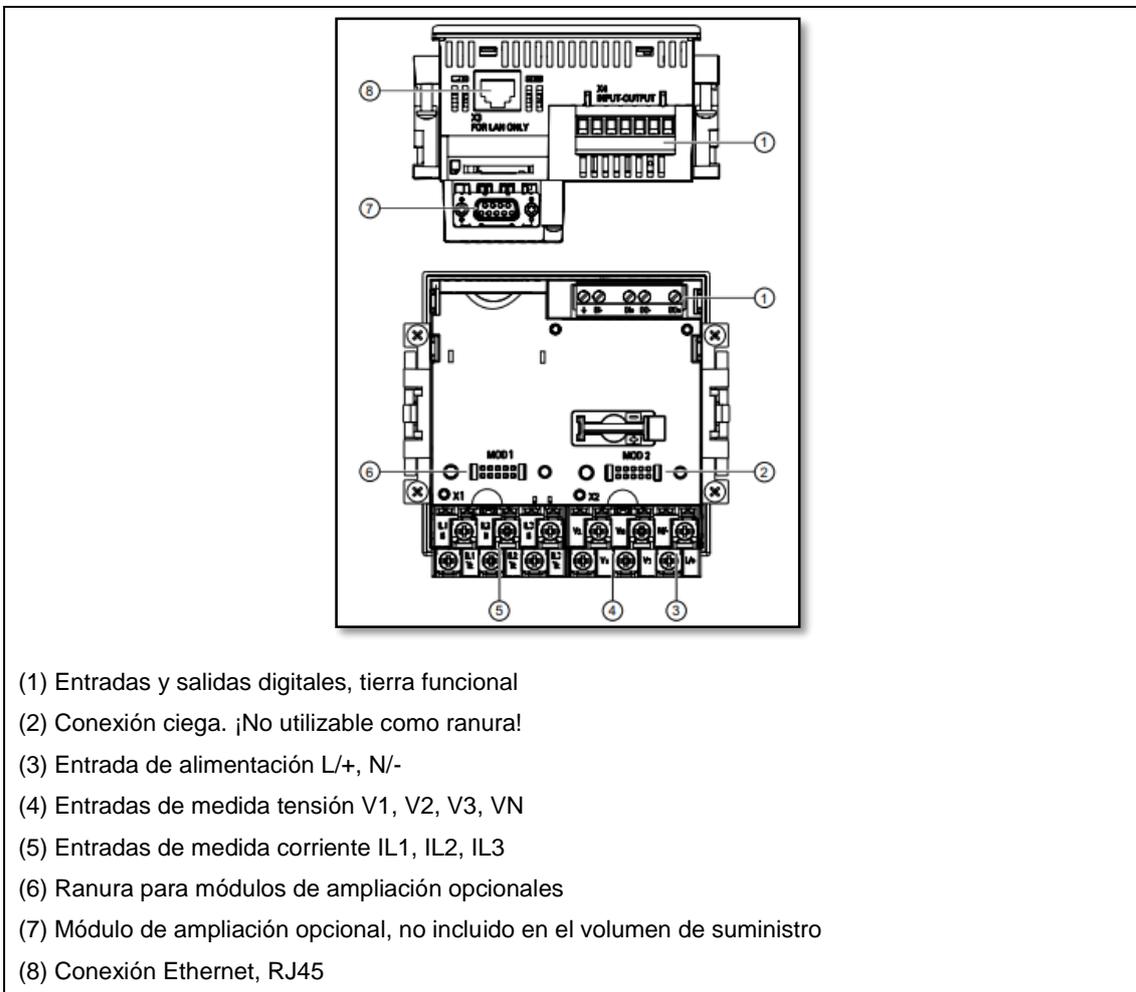
3.2.1 Caracteristicas principales

El analizador de redes SENTRON PAC3200 ofrece la información requerida además de detectar los valores de energía de alimentaciones eléctricas y consumidores individuales de forma precisa y fiable. Puede ser implementado tanto en el sector industrial como en el de infraestructuras, donde quiera que se consuma energía eléctrica.

El analizador registra más de 50 valores eléctricos como tensiones, corrientes, valores de potencia, frecuencia, cos fi, simetría y armónicos (THD), adicional a ello se registran los valores máximos y mínimos de cada uno de los parámetros.

El SENTRON PAC3200 puede integrarse en sistemas de gestión de energía en sistemas de automatización basados en el protocolo de comunicación PROFIBUS a través del módulo de expansión de PROFIBUS, con esto se puede transmitir los datos los valores medidos a sistemas superiores, donde los datos pueden ser procesados para visualización o tareas de control.

3.2.2 Diagrama de conexiones



- (1) Entradas y salidas digitales, tierra funcional
- (2) Conexión ciega. ¡No utilizable como ranura!
- (3) Entrada de alimentación L/+, N/-
- (4) Entradas de medida tensión V1, V2, V3, VN
- (5) Entradas de medida corriente IL1, IL2, IL3
- (6) Ranura para módulos de ampliación opcionales
- (7) Módulo de ampliación opcional, no incluido en el volumen de suministro
- (8) Conexión Ethernet, RJ45

Figura 9. Designacion de conexiones

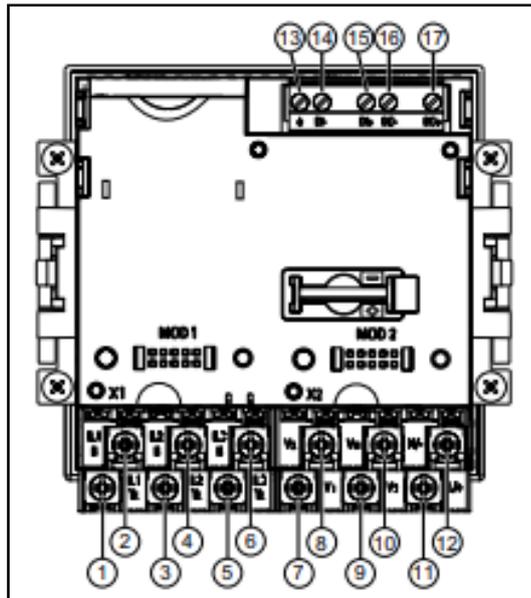


Figura 10. Rotulación de Conexiones

Tabla 5 . Funciones del analizador de redes SENTRON PAC 3200

Nº	BORNE	FUNCION
1	IL1	Corriente de fase, I_{L1} , entrada
2	IL1	Corriente de fase, I_{L1} , salida
3	IL2	Corriente de fase, I_{L2} , entrada
4	IL2	Corriente de fase, I_{L2} , salida
5	IL3	Corriente de fase, I_{L3} , entrada
6	IL3	Corriente de fase, I_{L3} , salida
7	V_1	Tensión de fase
8	V_2	Tensión de fase
9	V_3	Tensión de fase
10	V_N	Conductor neutro
11	L/+	AC: conexión: conductor (tensión de fase) DC: conexión: +
12	N/-	AC: conexión: conductor neutro DC: conexión: -
13	⚡	Tierra funcional
14	DI-	Entrada digital -
15	DI+	Entrada digital +
16	DO-	Salida digital -
17	DO+	Salida digital +

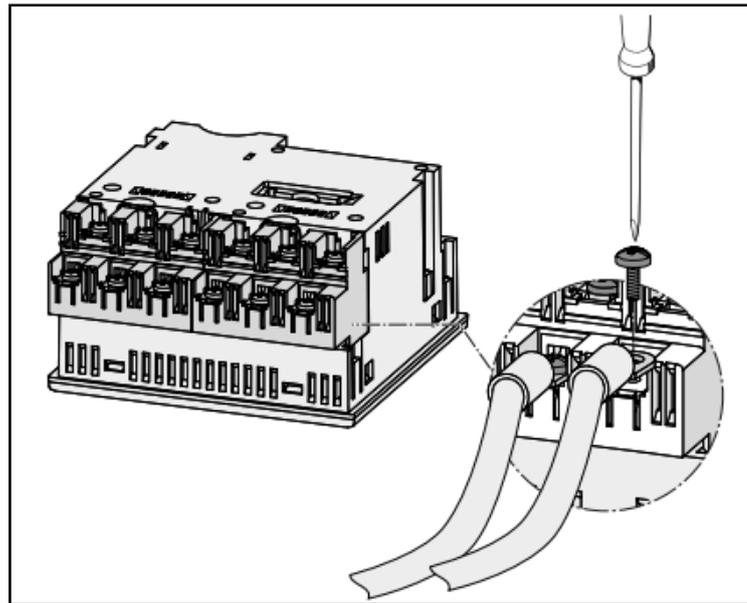


Figura 11. Conexionado de cables

Medición trifásica, cuatro conductores, carga desbalanceada, sin transformador de tensión, con tres transformadores de corriente.

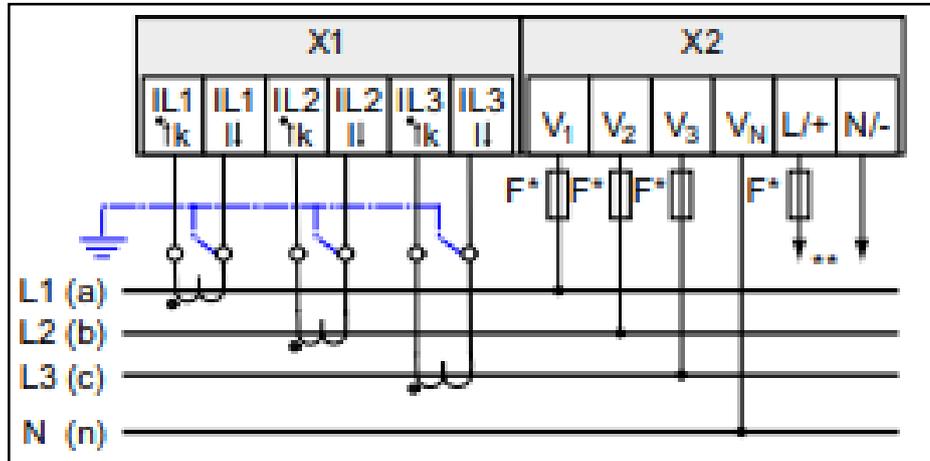


Figura 12. Tipo de conexiones 3P4W del analizador de Redes SENTRON PAC 3200

Para la puesta en servicio del dispositivo es necesario ajustar en sus menús los parámetros de servicio que se muestran a continuación:

- ✓ Tipo de conexión
- ✓ Tensión
 - Medición directa en red o a través de transformador de tensión.

- Tensión de entrada para medición directa en la red
- Tensión primaria y secundaria para medición a través de transformador de tensión
- ✓ Corriente
 - Corriente primaria y secundaria

Aparte se consideran de utilidad los siguientes ajustes:

- ✓ Idioma
- ✓ Clave de acceso
 - Nombre de la magnitud medida

La siguiente tabla nos muestra las diversas designaciones de magnitud con su respectiva unidad de medida.

Magnitud medida	Nombres de las magnitudes medida		Título en pantalla
	Pantalla	Menú principal	
Tensión compuesta UL1-L2 / UL2-L3 / UL3-L1	UL-L	Tensión	2.0
Corriente IL1 / IL2 / IL3	I	Corriente	3.0
Potencia aparente SL1 / SL2 / SL3	S	Potencia aparente	4.0
Potencia activa \pm PL1 / \pm PL2 / \pm PL3	P	Potencia activa	5.0
Potencia reactiva \pm QL1 / \pm QL2 / \pm QL3	Q	Potencia reactiva	6.0
Valores colectivos de potencia:	Σ S, P, Q	Potencia total	7.0
• Potencia aparente total			
• Potencia activa total			
• Potencia reactiva total			
Factor de potencia PFL1 / PFL2 / PFL3	FP	Factor de potencia	8.0
Factor de potencia total	FP TOTAL	Fac.pot. Total	9.0
Frecuencia de Red f	FRECUENCIA	Frecuencia	10.0
THD en tensión THD-UL1/THD-UL2/THD-UL3	THD-U	THD tensión	11.0
THD en corriente THD-IL1 / THD-IL2 / THD-IL3	THD-I	THD corriente	12.0

Energía activa importada/exportada $\pm W_L1..3$	ENERGIA ACTIVA	Energía activa	13.0
• TA Tarifa alta			13.1
• TB Tarifa baja			
Energía reactiva positiva/negativa $\pm W_qL1..3$	ENERGIA REACTIVA	Energía reactiva	14.0
• TA Tarifa alta			14.1
• TB Tarifa baja			
Energía aparente $W_sL1..3$	ENERGIA APARENTE	Energía aparente	15.0
• TA Tarifa alta			
• TB Tarifa baja			
Contador universal	CONTADOR UNIVERSAL	Contador universal	16.0
Contador de horas de funcionamiento Bh	HORAS FUNCIONAMIENTO	Horas funcionamiento	17.0
Desbalance	DESBAL %U, %I	Desbalance	18.0
• Tensión			
• Corriente			
Parámetros ajustables	AJUSTES	Ajustes	20.1

Fuente:SIEMENS

3.3 Procedimiento y herramientas para Recoleccion de Datos

3.3.1 Instrumentos

Para todo el procedimiento de toma de datos se utilizaron las siguientes herramientas:

- Medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200
- 3Transformadores de corriente
- Cable Ethernet comunicación MODBUS
- Computadora
- Tablero para la instalación del medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200
- Programa Powerconfig V3.12

- Acceso a internet

3.3.2 Procedimientos

Para la recolección, toma de datos, almacenamiento de los mismos y su posterior análisis se realizó el proceso mostrado a continuación:

- Identificación

Se identificó el tablero general del pabellón administrativo de la UNAJ así mismo el lugar adecuado para instalación del medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200.



Figura 13. Tablero electrico y ubicación del SENTRON PAC 3200

- Conexión e instalación eléctrica

La conexión e instalación eléctrica se realizó en las fases y neutro del tablero general mediante transformadores de corriente como se muestra en la figura 6, derivándose así hacia el medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200



Figura 14. Conexión del sentron PAC3200 con las fases del tablero de distribución

- Instalación del programa a la computadora

Se procedió con la instalación del programa Powerconfig V3.12 en nuestro ordenador, este programa nos permite medir los distintos parámetros eléctricos especificados en el manual del medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200, nos muestra también las gráficas resultantes y nos da la opción de almacenar datos desde un minuto hasta una hora, en Microsoft Excel.

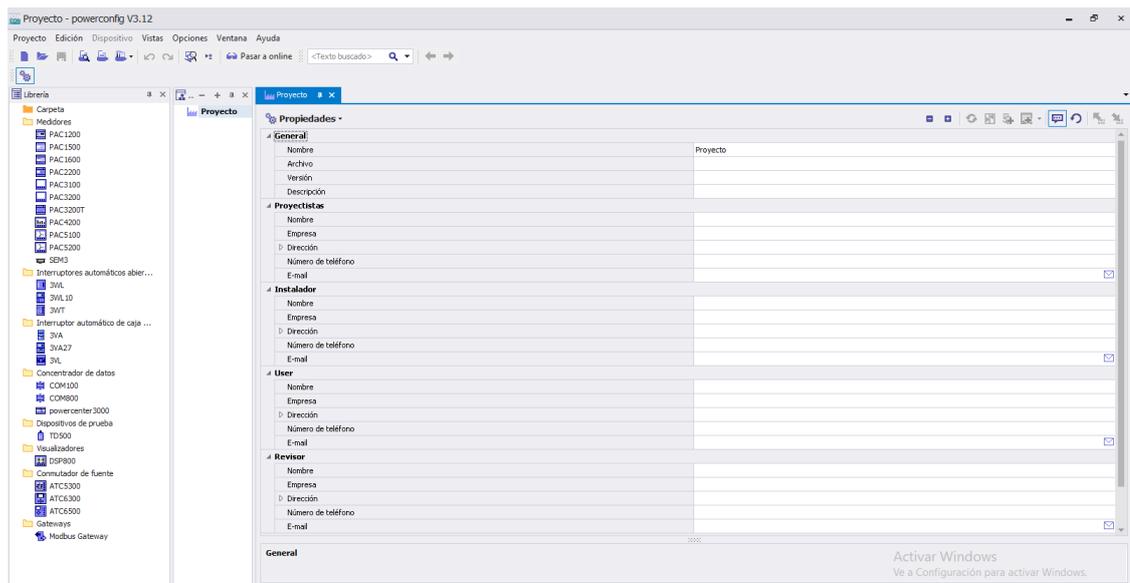


Figura 15. Vista del programa

- Enlace de comunicación

El enlace de comunicación entre el medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200 y nuestro ordenador se realizó mediante cable Ethernet con comunicación MODBUS.

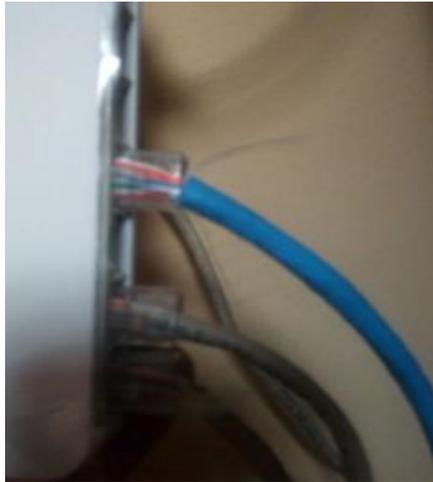


Figura 16. Comunicación por cable ethernet

- Configuración de parámetros

Una vez concluida la instalación y la comunicación se procedió con la configuración de acuerdo a nuestros parámetros nominales existentes en cuanto a la red eléctrica.

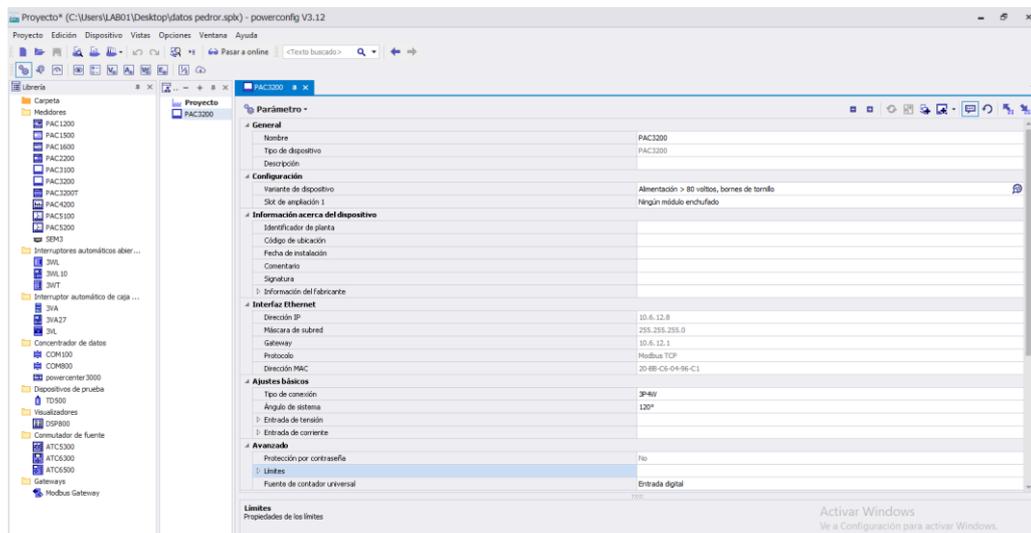


Figura 17. Vista de la configuración del programa

3.4 Descripción del sistema fotovoltaico de 3kW conectado a la red en el pabellón administrativo de la UNAJ

El SFCR de Juliaca se ha instalado en la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ), en el pabellón administrativo de la mencionada Universidad.

Componentes principales y electrónicos del SFCR-UNAJ, son:

3.4.1 Componentes principales

- 12 módulos fotovoltaicos de 250W y estructura metálica.



Figura 20. Fotografía de los paneles fotovoltaicos y soporte de estructura metálica

En la Figura 19 podemos apreciar los 12 paneles fotovoltaicos de la marca SOLARD WORDL Sunmodule Plus SW-250 poly cada una con 60 celdas conectadas en serie , con una potencia máxima de 250Wp , voltage máximo de 30.5 V, voltage d circuito abierto de 37.6 V, corriente de circuito abierto de 8.81 A, corriente máxima de 8.27 A. La estructura metálica, instalados en el pabellón administrativo de la UNAJ en el cuarto nivel .Los cuales tienen una potencia de 3kWp.

Tabla 6. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico SW250

Ubicación		SFCR UNAJ			
Tipo de Célula		Policristalino			
Modelo		SW250			
Parámetros	STC 1000 W/m ²		NOCT 800 W/m ²		
Wp	250 W		194.9 W		
VOC	37.6 V		34.5 V		
Vmpp	30.5 V		28.9 V		
ISC	8.81 A		7.19 A		
Impp	8.27 A		6.74 A		
Medidas del módulo	dimensiones del módulo, mm				
	Largo		Ancho		
	1675		1001		
	dimensión de superficie, m ²				
	Total		de células		
	1.68		1.46		
Parámetros	12 módulos monocristalino				
	STC 1000 W/m ²		NOCT 800 W/m ²		
Wp	3000 W		2338.8 W		
VOC	451.2 V		414 V		
Vmpp	366 V		346.8 V		
ISC	8.81 A		7.19 A		
Impp	8.27 A		6.74 A		
Instalaciones	dimensión de superficie, m ²				
	Total		De células		
	20.12		17.52		
	ángulos de orientación				
	inclinación		Azimut		
	15 grados		0 grados		

En la tabla 6 se puede apreciar las especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos los cuales se muestran de forma completa en el anexo A.

- Inversor de conexión a la red de 3kW.

En la Figura 20 se aprecia el inversor instalado en el laboratorio de control y automatización en el pabellón del edificio administrativo de la UNAJ.



Figura 21. Fotografía del inversor STECA GRID 3010

En la tabla 7 podemos apreciar las características técnicas del inversor STECAGRID DE 3kW de potencia de manera más completa se muestran en el anexo A.

Tabla 7. Especificaciones técnicas del inversor STECAGRID

Ubicación	SFCR UNAJ
Marca y Modelo	STECAGRID 3010x
Datos de entrada CC (generador FV):	
Tensión de entrada máxima	600 V
Tensión mínima de entrada para inyección	125 V
Tensión MPP para potencia nominal	270 V ... 500 V
Corriente de entrada máxima	11,5 A
Máxima potencia de entrada con la máxima potencia activa de salida	3070 W
Potencia FV máxima recomendada	3 800 Wp
Datos de salida CA (conexión a la red):	
Tensión de salida	185 V – 276 V
Tensión de salida nominal	230 V
Corriente máxima de salida	14 A
Potencia máxima activa (cos phi = 1)	3 000 W
Potencia máxima activa (cos phi = 0,95)	3 000 W
Potencia aparente máxima (cos phi = 0,95)	3160 VA
Potencia nominal	3 000 W
Frecuencia nominal	50 Hz y 60 Hz
Consumo propio nocturno	< 1,2 W
Fases de inyección	monofásico
Coefficiente de distorsión (cos phi = 1)	< 2 %
Factor de potencia (cos phi)	0,95 (Ind., Cap.)
	98%
	< 4 W
	sí, integrado
	Interior o exterior
	-15 °C ... +60 °C
	0% ... 100%
	29 dBA
	IP 65
	399 x 657 x 227 mm
	12 g

3.4.2 Instrumentos de monitoreo

El SFCR-UNAJ, adopto el sistema de monitoreo de los SFCR - UNI, SFCR - UNJB, SFCR - UNSA. El cual por el convenio con la universidad de JAEN-ESPAÑA, esto son: un grupo instrumental de la marca CARLO GAVAZZI denominada Array con las

especificaciones técnicas se muestran en el anexo B, este conjunto de equipos electrónicos está formado por 4 componentes:

- Módulo VMU-M: Unidad maestra y registrador de datos.
- Módulo VMU-S: Unidad de registro de los módulos FV.
- Módulo VMU-P: Unidad de registro de variables ambientales.
- Módulo analizador de energía: Unidad de registro de energía eléctrica.

Para el registro de la irradiancia se cuenta con una célula FV de 15x20 cm calibrada el cual está instalado en un extremo derecho del arreglo FV .Como un sensor de temperatura PT1000 a la espalda del módulo para respectiva medición. También un segundo PT1000 para la medición de la temperatura del ambiente estos sensores usan un interfaz RS485, para la conexión con la pc y el registro de datos a la nube un adaptador RS232, como un interfaz en labwied el cual la mostramos en la Figura 21.



Figura 22. Arquitectura del sistema de monitorización

El monitoreo se dan en intervalos de tiempo en cuatro valores cada 1 minuto durante las 24 horas del día. Los registros iniciaron el mes de junio de 2018 a la actualidad. El sistema de monitoreo registra las siguientes características: tensión AC, corriente AC, potencia activa, potencia aparente, potencia, reactiva, frecuencia, factor de potencia, energía total, energía parcial, tensión DC, corriente DC, potencia DC, irradiancia,

temperatura de modulo y temperatura ambiente. Las 9 características iniciales se agrupan información en corriente alterna (AC), los tres siguientes son características en corriente continua (DC) y los tres últimos son características ambientales.

Los datos son almacenados en una PC local la que se encuentra en el laboratorio de control y automatización del cuarto piso en el pabellón administrativo de la universidad nacional de Juliaca y también en un servidor web. Como también, los datos son mostrados a través de una interfaz diseñada en LabVIEW el cual se muestra en tiempo real en la figura 32.

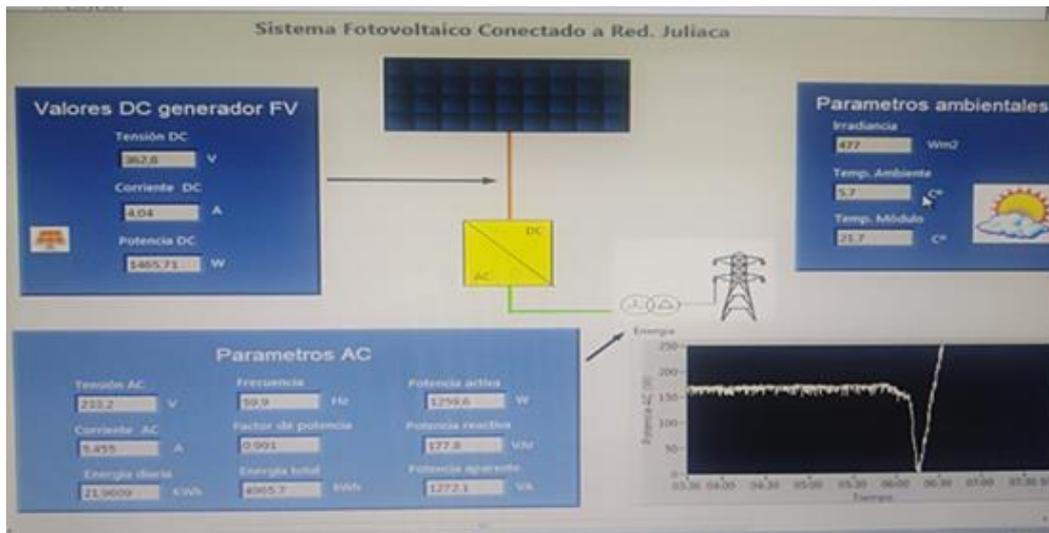


Figura 23. Interfaz del programa de monitorización en tiempo real.

3.4.3 Cálculos en base a la norma IEC 61724-2017.

De acuerdo a la norma IEC 61724-2017 los datos en proceso son los que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Características calculadas según la norma IEC-61724-2017

Característica	Símbolo	Unidad
Irradiación		
Irradiación en el plano	H	kWh·m ⁻²
Energía de salida del arreglo FV (DC)	E_A	kWh
Energía de salida del Sistema FV (AC)	E_{out}	kWh
Potencia nominal del arreglo (DC)	P_0	kW
Potencia nominal del arreglo (AC)	$P_{0, AC}$	kW
Rendimiento del arreglo FV	Y_A	kWh·kW ⁻¹
Rendimiento final del sistema	Y_f	kWh·kW ⁻¹
Rendimiento de referencia	Y_r	kWh·kW ⁻¹
Pérdidas de captura del arreglo	L_C	kWh·kW ⁻¹
Pérdidas del balance del sistema	L_{BOS}	kWh·kW ⁻¹
Eficiencia del arreglo	η_A	-
Eficiencia del sistema	η_f	-
Eficiencia del balance del sistema	η_{BOS}	-

3.4.5 Cálculo de la Irradiación

Se representa por la siguiente ecuación:

$$H = \sum_k Gk \times \tau_k$$

Dónde: H, es la irradiación; G, es la irradiancia; y τ , es un periodo de tiempo.

3.4.6 Cálculo de la Energía de salida DC

La energía de salida del arreglo fotovoltaico se representa por la siguiente ecuación:

$$E_A = \sum P_{A,k} \times \tau_k$$

Dónde: P_A , es la potencia promedio en un intervalo de tiempo.

3.4.7 Cálculo de la Energía de salida AC

La energía de salida AC está representada por la siguiente ecuación:

$$E_{OUT} = \sum P_{OUT} \times \tau_k$$

Dónde: P_{out} , es la potencia activa promedio en un intervalo de tiempo.

3.4.8 Cálculo de la Potencia nominal del arreglo

La potencia nominal del arreglo DC, P_0 , es el total de potencia de salida en DC de todos los módulos FV en condiciones de referencia, que generalmente son las condiciones estándares de prueba los cuales se considera una irradiación de 1000w.m^{-2} y una temperatura de ambiente de 25°C . P_0 puede ser calculado usando la información de la hoja de datos del fabricante.

3.4.9 Potencia nominal AC

La potencia nominal del arreglo AC, $P_{0,AC}$, es menor que P_0 , o la suma de los valores Nominales de los inversores en el sistema a una temperatura de operación nominal.

3.4.10 Rendimientos

Los rendimientos son las relaciones de una cantidad real de energía y la potencia nominal del arreglo P_0 . Estos indican la operación real del arreglo en relación a su capacidad nominal. Los rendimientos tienen unidades de kWh.kW^{-1} , la relación de unidades es equivalente a horas, por lo cual el rendimiento indica la cantidad de tiempo la cual el arreglo requería ser operado a P_0 para proporcionar la cantidad de energía medido durante el periodo reportado.

3.4.11 Cálculo del Rendimiento del arreglo FV

Es la relación entre la energía de salida DC y los kW nominales del arreglo FV instalado en condiciones estándares de medición.

$$Y_A = \frac{E_A}{P_0}$$

Dónde: EA, es la energía de salida DC y P0, es la potencia nominal del arreglo en DC.

3.4.12 Cálculo del Rendimiento final del sistema

Es la relación entre la energía de salida del sistema en AC y los kW nominales del arreglo FV instalado.

$$Y_F = \frac{E_{OUT}}{P_0}$$

Dónde: Eout, es la energía de salida AC y P0, es la potencia nominal del arreglo en DC.

3.4.13 Cálculo del Rendimiento de referencia

Esta puede ser calculado dividiendo la irradiación total entre la irradiancia del plano de referencia del módulo.

$$Y_r = \frac{H_i}{G_{i,ref}}$$

Dónde: Hi, es la irradiación y Gi,ref, es la irradiancia de referencia. El rendimiento de referencia representa el número de horas durante el cual la radiación solar tendría que ser el nivel de irradiación de referencia para contribuir con la misma solar incidente. Si el periodo de reporte es igual a un día, el Yr sería, en efecto, el número equivalente de horas sol en la irradiancia de referencia por día.

3.4.14 Rendimiento de pérdidas

Los rendimientos de pérdidas son calculados por la substracción de rendimientos. Ellos representan la cantidad de tiempo que el arreglo debería ser requerido para operar a su potencia nominal para proporcionar las respectivas pérdidas durante el periodo reportado.

3.4.15 Cálculo de las Pérdidas de captura del arreglo

Las pérdidas de captura del arreglo L_C representa las pérdidas debido a la operación del arreglo, que incluye los efectos de temperatura del arreglo, ensuciamiento, etc., y se define como:

$$L_C = Y_r - Y_A$$

Dónde: Y_r , es el rendimiento de referencia y Y_A , es el rendimiento del arreglo.

3.4.16 Cálculo de las Pérdidas del balance del sistema

Las pérdidas del balance del sistema L_{BOS} representa las pérdidas de los componentes del sistema, que incluye el inversor, todo el cableado y cajas de conexión, y se define como:

$$L_{BOS} = Y_A - Y_F$$

Dónde: Y_A , es el rendimiento del arreglo, y Y_F , es el rendimiento de final del sistema.

3.4.17 Eficiencias

3.4.18 Cálculo de la Eficiencia del arreglo (DC)

La eficiencia media del arreglo sobre un periodo de tiempo está dada por:

$$\eta_a = \frac{E_A}{Hi \times A_a}$$

Donde A_a es el área total del arreglo, correspondiente a la suma de las áreas de las superficies frontales de los módulos FV según lo definido por sus bordes externos.

3.4.19 Cálculo de la Eficiencia del sistema (AC)

La eficiencia media del sistema sobre un periodo de tiempo está definida por:

$$\eta_F = \frac{E_{OUT}}{H_i \times A_a}$$

Dónde: Eout, es la energía de salida AC, y Hi es la irradiación.

3.4.20 Cálculo de la Eficiencia del balance del sistema

La eficiencia media del balance del sistema sobre un periodo de tiempo está definida por:

$$n_{BOS} = - \frac{E_{OUT}}{E_A}$$

Dónde: Eout es la energía de salida AC, y EA es la energía de salida DC.

3.4.21 Cálculo del Rendimiento Global

El rendimiento global PR es el cociente del rendimiento final del sistema y su rendimiento de referencia, e indica el efecto global de las pérdidas en la producción del sistema debido a efectos de la temperatura, ineficiencias o fallas en los componentes.

$$PR = \frac{Y_F}{Y_r}$$

CAPITULO IV
4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Evaluacion y Analisis de la Calidad de Energia Electrica

A continuación se muestra el análisis de cada parámetro medido por el analizador de redes SENTRON PAC 3200:

4.1.1 Analisis de Frecuencia

La tabla 9 nos muestra el valor máximo y mínimo de la frecuencia de la red eléctrica, así como también la desviación calculada de acuerdo a lo establecido en la norma técnica de calidad de servicio eléctrico (NTCSE)

Tabla 9. Valores significativos

Descripción	Valor	Diferencia	Desviación (%)
Valor nominal	60		
Valor máximo	60.09	0.09	0.15
Valor mínimo	59.87	0.13	-0.37
valor promedio	59.99	0.02	0.19

En la figura 23, se observa la gráfica resultante de los datos de frecuencia tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200

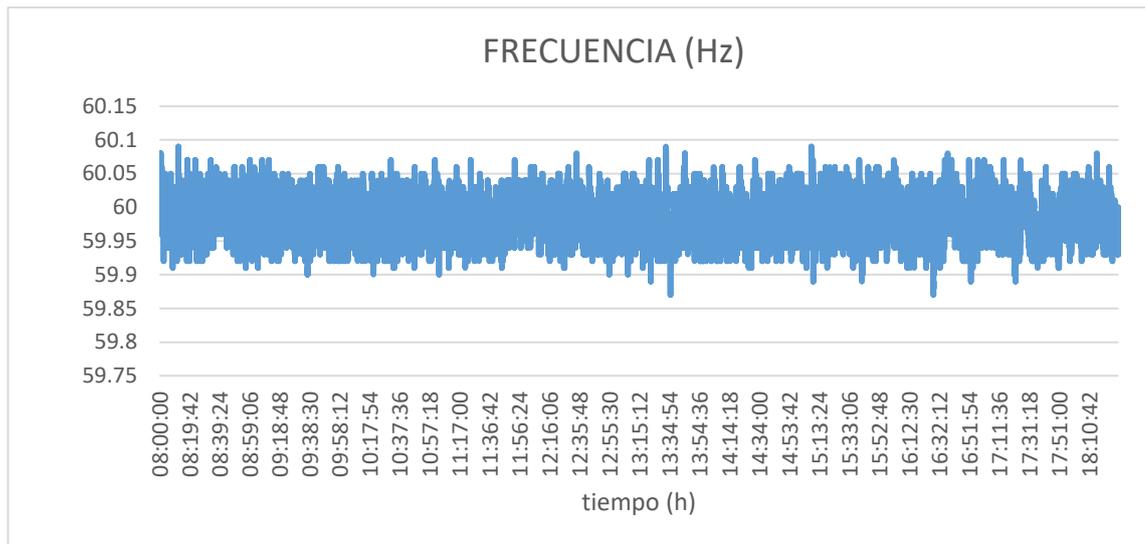


Figura 24. Valores de frecuencia medidos

Mediante la toma de datos a través del analizador de calidad de energía SENTRON PAC 3200, se representaron y graficaron los valores representativos en la tabla 8 y la figura 23 en cuanto al comportamiento y variación de la frecuencia, en los cuales se observa que la desviación del valor máximo con respecto al valor nominal es de 0.15% y la desviación del valor mínimo con respecto al valor nominal es de 0.37%, estos valores son aceptables según la NTCSE, puesto que esta establece un rango límite de hasta +/- 5% de la frecuencia nominal, de todo lo anterior se puede decir que la calidad del servicio eléctrico es buena y no hay problema mayor con respecto a la frecuencia del sistema.

4.1.2 Analisis de Tension

La tabla 10 nos muestra los valores máximos y mínimos de tensión en las tres fases con respecto a neutro: fase R con neutro (R-N), fase S con neutro (S-N) y fase T con neutro (T-N); así como también la desviación calculada de acuerdo a lo establecido en la norma técnica de calidad de servicio eléctrico (NTCSE)

Tabla 10. Valores significativos de tensión

Líneas	Descripción	Tensión (V)	Diferencia	Desviación (%)
	Valor nominal	220.00		
R-N	Valor Máximo	240.60	20.60	8.56
	Valor mínimo	231.10	11.10	4.80
	valor promedio	235.36	15.36	6.53
S-N	Valor máximo	230.40	10.40	4.51
	Valor mínimo	219.00	1.00	-0.46

	valor promedio	225.83	5.83	2.58
T-N	Valor máximo	229.10	9.10	3.97
	Valor mínimo	220.10	0.10	0.05
	valor promedio	228.25	8.25	3.61

En la figura 24, se observa la gráfica resultante de los datos de tensión de cada fase con respecto al neutro tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

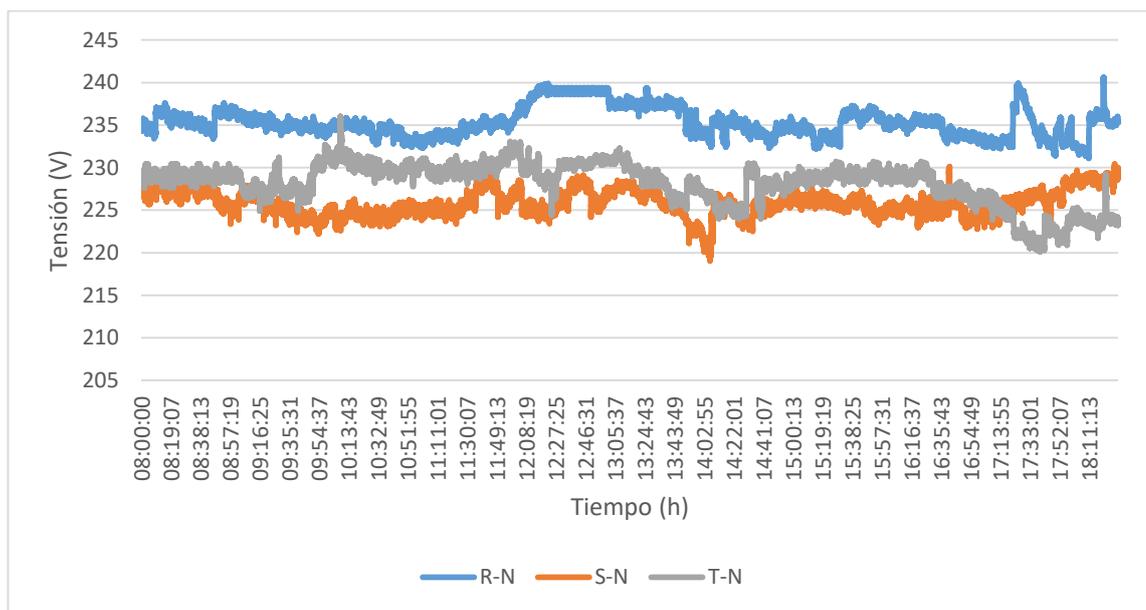


Figura 25. Valores de tensión medidos

Mediante la toma de datos a través del analizador de calidad de energía SENTRON PAC 3200 se representaron y graficaron los valores representativos en la tabla 9 y en la figura 24 en cuanto al comportamiento y variación de la tensión, en los cuales se observa que: la desviación del valor máximo con respecto al valor nominal es de 8.56%, 4.51% y 3.97 para R-N, S-N Y T-N respectivamente, y la desviación del valor mínimo con respecto al valor nominal es de 4.80%, 0.46% y 0.05% para R-N, S-N Y T-N respectivamente. De acuerdo a la NTCSE la caída de tensión en todos sus niveles es de hasta $\pm 5\%$ de la tensión nominal, sin embargo se puede observar que en la fase R-N se da una desviación promedio de $\pm 6.53\%$, esto debido a que existe un desbalance de corrientes debido a las cargas conectadas y desconectadas durante ese tiempo; por los demás valores obtenidos se afirma que se encuentran dentro del rango y por ende son valores aceptables del sistema eléctrico.

4.1.3 Analisis de la Corriente

La tabla 11 nos muestra los valores máximos y mínimos de las corrientes en las tres fases (R, S, y T), en el tiempo antes mencionado.

Tabla 11. Valores significativos de Corriente

Fases	Descripción	Corriente I (A)
R	Valor máximo	8.91
	Valor mínimo	0.00
	valor promedio	0.14
S	Valor máximo	38.26
	Valor mínimo	12.35
	valor promedio	18.91
T	Valor máximo	11.76
	Valor mínimo	0.00
	valor promedio	0.84

En la figura 25, se observa la gráfica resultante de los datos de corriente de cada fase tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

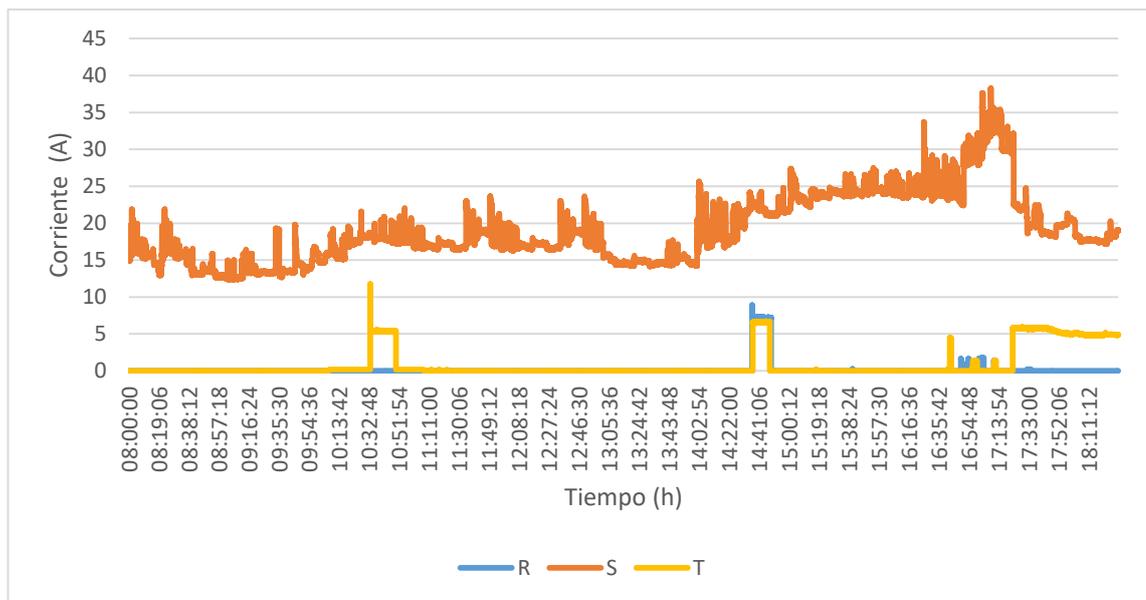


Figura 26. Valores de corriente medidos

A través de los valores tomados por el analizador de calidad de energía SENTRON PAC 3200 se representaron y graficaron los valores representativos en la tabla 12 y la figura 25 en cuanto al comportamiento de la corriente, en los cuales se observa que los valores máximos son de 8.91A, 38.26A y 11.76A para R, S y T, respectivamente, y los valores mínimos son 0A, 12,35A y 0A para R, S y T, respectivamente. Se puede notar también que en la fase S encontramos mayor consumo de corriente eléctrica por encima de las fases R y T, esto se debe a que es en la fase S están conectadas la mayor parte de las cargas existentes en el pabellón administrativo de la UNAJ. Se visualizó que el incremento de consumo de corriente eléctrica en la fase S se dio entre las 4:30 p.m. a 5:30 p.m. que se ocasiono debido al incremento de cargas conectadas en ese momento; así mismo tanto en la R y T existe cargas de consumo momentáneo, es por ello que se visualiza el incremento de consumo de corriente en tiempos específicos, esto puede ser causado por la conexión y desconexión de algunas cargas existentes en esas fases.

4.1.4 Analisis de la Potencia

La tabla 12 nos muestra los valores máximos y mínimos de la potencia activa, reactiva y aparente, en las tres fases (R, S, y T) de la red eléctrica

Tabla 12. Valores significativos de potencia

Fases	Descripción	P (KW)	Q (KVAR)	S (KVA)
R	Valor máximo	2.43	1.34	2.85
	Valor mínimo	0.00	0.00	0.00
	valor promedio	0.03	0.35	0.03
S	Valor máximo	8.14	1.56	8.49
	Valor mínimo	2.53	0.00	2.79
	valor promedio	3.78	0.35	4.27
T	Valor máximo	1.33	1.30	2.60
	Valor mínimo	0.00	0.00	0.00
	valor promedio	0.15	0.04	0.19

En la figura 26, se observa la gráfica resultante de los datos de la potencia activa de cada fase tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

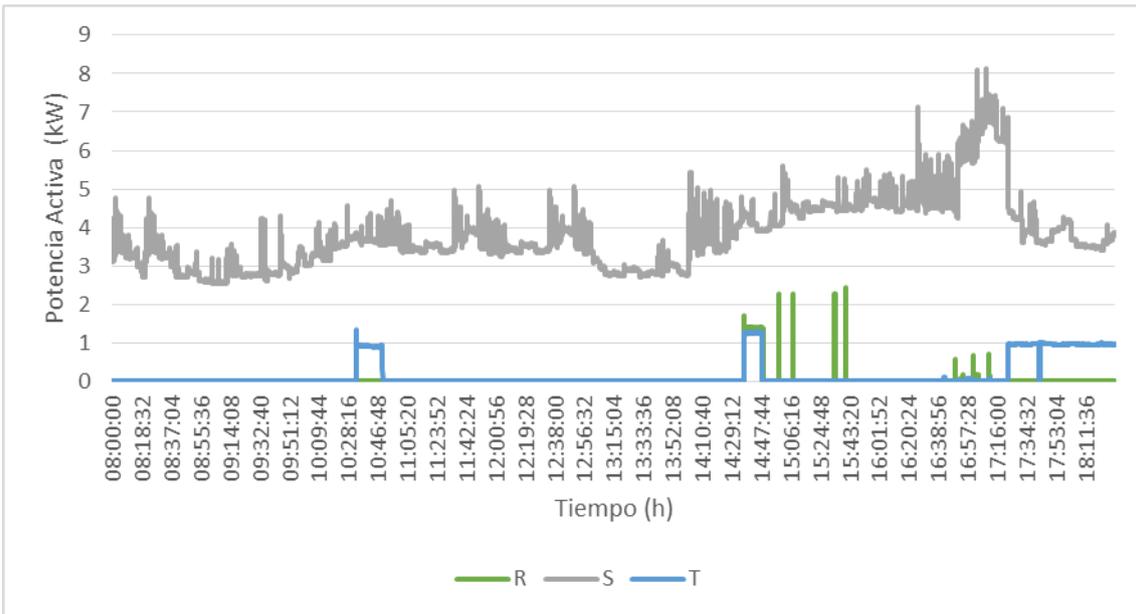


Figura 27. Valores de potencia activa medidos

En la figura 27, se observa la gráfica resultante de los datos de la potencia reactiva de cada fase tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

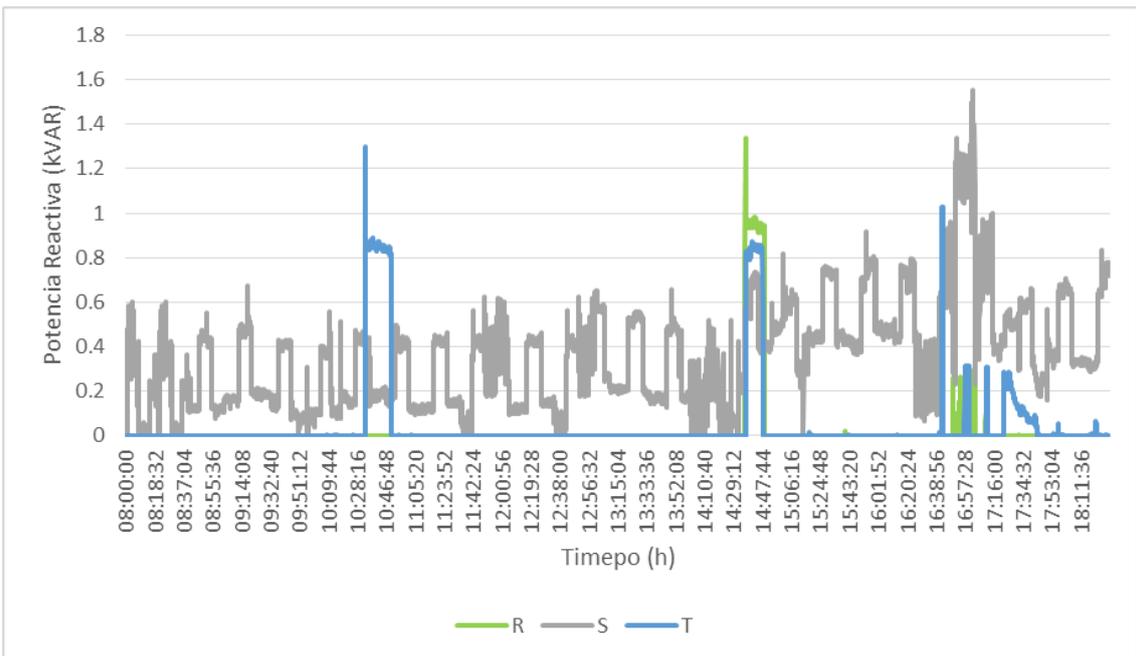


Figura 28. Valores de potencia reactiva medidos

En la figura 28, se observa la gráfica resultante de los datos de la potencia aparente de cada fase tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

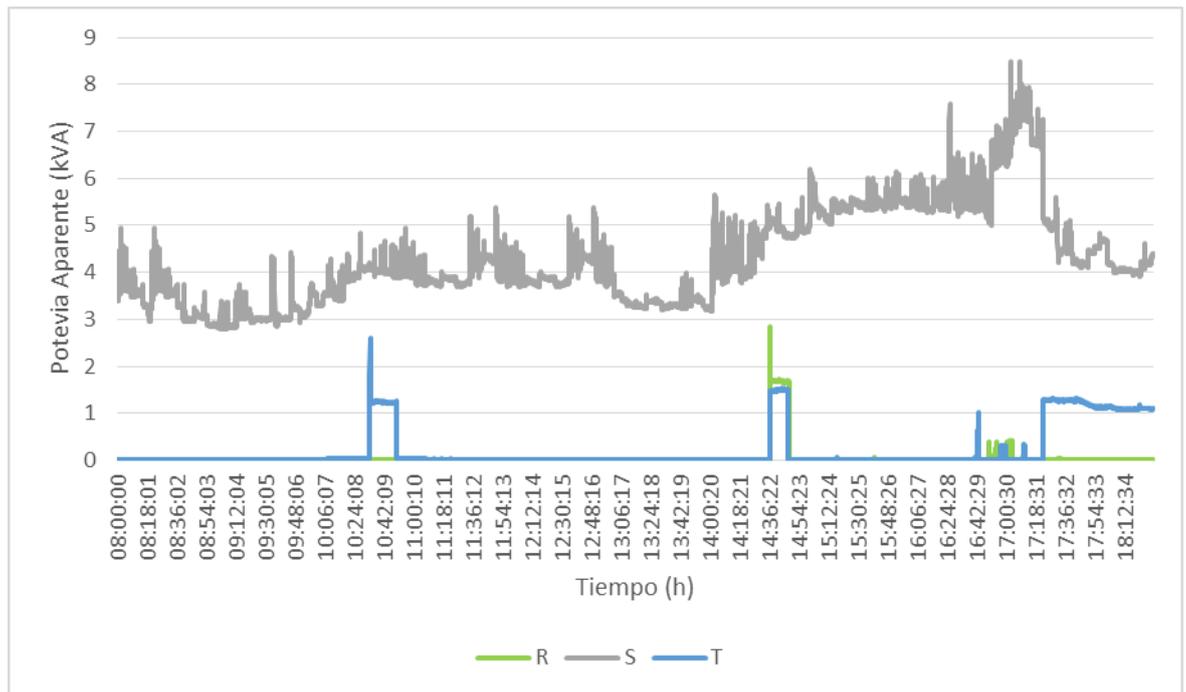


Figura 29. Valores de potencia reactiva medidos

4.1.5 Análisis de Factor de Potencia

La tabla 13 nos muestra los valores máximos y mínimos de del factor de potencia en las tres fases (R, S, y T) de la red eléctrica.

Tabla 13. Valores significativos del factor de potencia

Fases	Descripción	fdp
R	Valor máximo	1.00
	Valor mínimo	0.00
	valor promedio	0.02
S	Valor máximo	0.98
	Valor mínimo	0.81
	valor promedio	0.89
T	Valor máximo	0.89
	Valor mínimo	0.00
	valor promedio	0.12

A través de los valores tomados por el analizador de calidad de energía SENTRON PAC 3200 se representaron y graficaron los valores representativos en la tabla 13 y las figuras 26, 27 y 28 en cuanto al comportamiento de la potencia activa, reactiva y aparente respectivamente, en los cuales se observa que el mayor consumo de potencia tanto activa,

reactiva y aparente se da en la fase S debido a que la mayor parte de las cargas están conectadas a esta, generando así mayor consumo de energía eléctrica. Se visualiza que el comportamiento por lo general es constante, sin embargo existe picos de consumo entre las 4:30 p.m. a 5:30p.m. que se ocasiono debido al incremento de cargas conectadas en ese momento como ya se observó en la figura del consumo de corriente eléctrica, así mismo tanto en la fase R y T existe cargas de consumo momentáneo, es por ello que se visualiza el incremento de las potencias (activa, reactiva aparente) en tiempos específicos, esto puede ser causado por la conexión y desconexión de algunas cargas existentes en estas fases .

El máximo valor alcanzado en el tiempo de evaluación fue de 8.49 kVA, lo cual representa el trabajo del transformador a un 8.49% puesto que la potencia nominal del transformador es de 100kVA, de todo esto se entiende que podemos conectar aún más cargas a nuestras líneas, para así tener un mayor trabajo del transformador.

En la figura 29, se observa la gráfica resultante de los datos del factor de potencia de cada fase, tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

4.1.6 Analisis Armonicos

- Armónicos de tensión THD-R

La tabla 14 nos muestra los valores máximos y mínimos de la THD-R (distorsión armónica total) de tensión, en las tres fases (R, S y T) de la red eléctrica

Tabla 14. Valores significativos de THD en tensión

THD-R EN TENSION (%)		
Fases	Descripción	THD-R (%)
R	Valor máximo	3%
	Valor mínimo	0%
	valor promedio	1%
S	Valor máximo	4%
	Valor mínimo	2%
	valor promedio	3%
T	Valor máximo	3%
	Valor mínimo	0%
	valor promedio	1%

En la figura 29, se observa la gráfica resultante de los datos de la THD-R de cada línea, tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

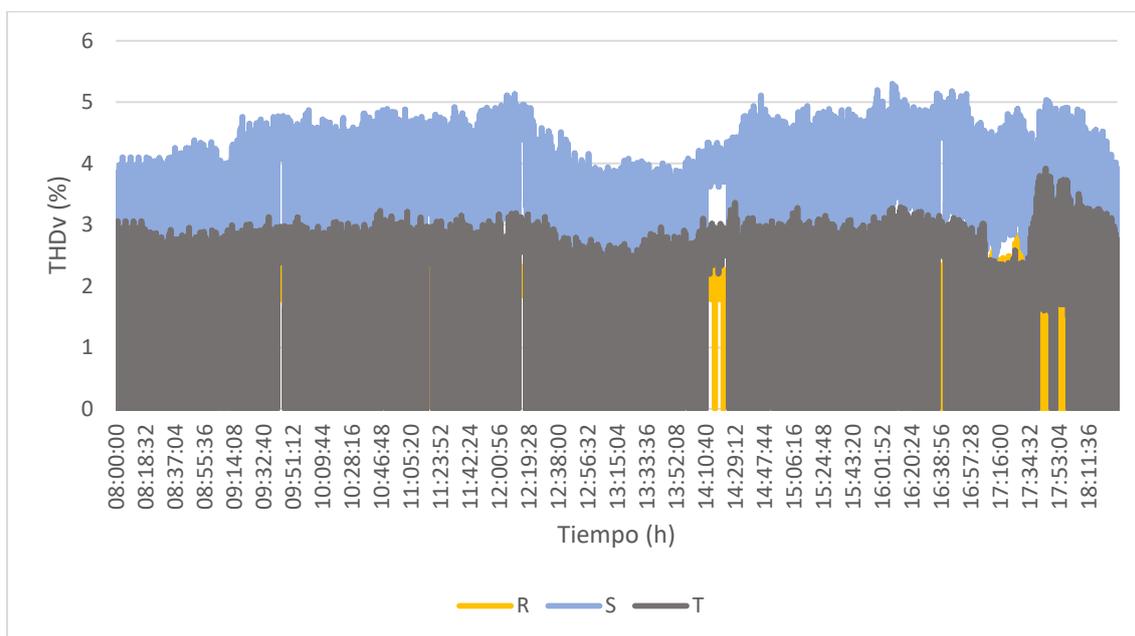


Figura 30. Valores de THD en tensión medidos

De acuerdo a los valores tomados mediante el analizador de calidad de energía SENTRON PAC 3200 se representaron y graficaron los valores representativos en la tabla 14 y figura 29, se observa que los valores mostrados se encuentran dentro del límite normativo es cual es de 5% según la NTCSE, afirmando de con esto que no se cuenta con armónicos de tensión considerables en la red eléctrica analizada.

- **Armónicos de corriente THD**

Mediante los datos tomados con el medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200 se pudo obtener los distintos valores mostrados en la tabla 17, para realizar el análisis nos basaremos en la norma del IEEE – 519, el cual detalla los valores permisibles en la tabla 15

Tabla 15. Límites de corriente armónica

I_{sc}/I_l	Orden de Armónicos Impares h					THD (%)
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 - 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 - 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 - 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Para realizar nuestro análisis haremos uso de las siguientes formulas:

$$I_l = \frac{S_T}{\sqrt{3} V_{IN}}$$

Donde:

S_T : Potencia Aparente

I_l : Intensidad de Linea

V_{IN} : Voltaje Nominal

Por lo tanto:

$$I_l = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} (220)}$$

$$I_l = 262.74 \text{ A}$$

Por la configuración Delta se conoce que:

$$I_F = \frac{I_l}{\sqrt{3}}$$

Donde:

I_F : Intensidad de Fase

I_l : Intensidad de Linea

$$I_F = \frac{262.74 \text{ A}}{\sqrt{3}}$$

$$I_F = 151.87 \text{ A}$$

Luego para hallar la impedancia, se calcula mediante la siguiente expresión

$$Z_{cc} = \frac{V_{ccF}}{I_{nF}}$$

Donde:

Z_{cc} : Impedancia de corto circuito

V_{ccF} : Voltaje de cortocircuito de Fase

I_{nF} : Corriente nominal en fase

Para esto hallaremos el voltaje de cortocircuito en línea y por ende el voltaje de cortocircuito de fase, puesto que de acuerdo a la configuración delta estos dos últimos son iguales, se tiene la siguiente expresión:

$$V_{ccl}\% = \frac{V_{ccl}}{V_{IN}} * 100$$

Donde:

$V_{ccl}\%$: Voltaje de corto circuito expresado en porcentaje

V_{ccl} : Voltaje de cortocircuito de línea

V_{IN} : Voltaje de alimentación

$$V_{ccl} = \frac{3.9}{100} * 220$$

$$V_{ccl} = 8.76 V$$

$$V_{ccl} = V_{ccF}$$

Entonces se tiene que de la impedancia resultante sería:

$$Z_{cc} = \frac{8.76 V}{151.87 A}$$

$$Z_{cc} = 0.058 \Omega$$

Ahora procederemos a hallar la corriente de cortocircuito mediante la siguiente expresión:

$$I_{sc} = \frac{V_{ef}}{Z_{cc}}$$

Donde:

I_{sc} : Corriente máxima de cortocircuito

V_{ef} : Tensión efectiva del generador

Z_{cc} : Impedancia equivalente del transformador

$$I_{sc} = \frac{230 V}{0.058 \Omega}$$

$$I_{sc} = 3.81 \text{ kA}$$

Finalmente hallaremos:

$$\frac{I_{sc}}{I_l} = \frac{3.81 \text{ kA}}{262.74 \text{ A}} = 14.5$$

Donde:

I_{sc} : Corriente maxima de cortocircuito

I_l : Corriente de Linea

Esto nos indica el rango de los armónicos de corrientes detallados en la tabla 16, del cual podemos decir que nuestra relación es < 20 encontrándose en un rango de hasta 5%. La tabla 16 nos muestra los valores máximos y mínimos de la THDi (distorsión armónica total de corriente), en las tres fases (R, S y T) de la red eléctrica

Tabla 16. Valores significativos de THD en corriente

<i>Fases</i>	<i>Descripción</i>	<i>THD-R (%)</i>
<i>R</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>74.94</i>
	<i>Valor mínimo</i>	<i>6.70</i>
<i>S</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>53.35</i>
	<i>Valor mínimo</i>	<i>23.44</i>
<i>T</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>69.27</i>
	<i>Valor mínimo</i>	<i>7.46</i>

En la figura 30, se observa la gráfica resultante de los datos de la THD-R de corriente de cada fase, tomados mediante el analizador de redes SENTRON PAC 3200.

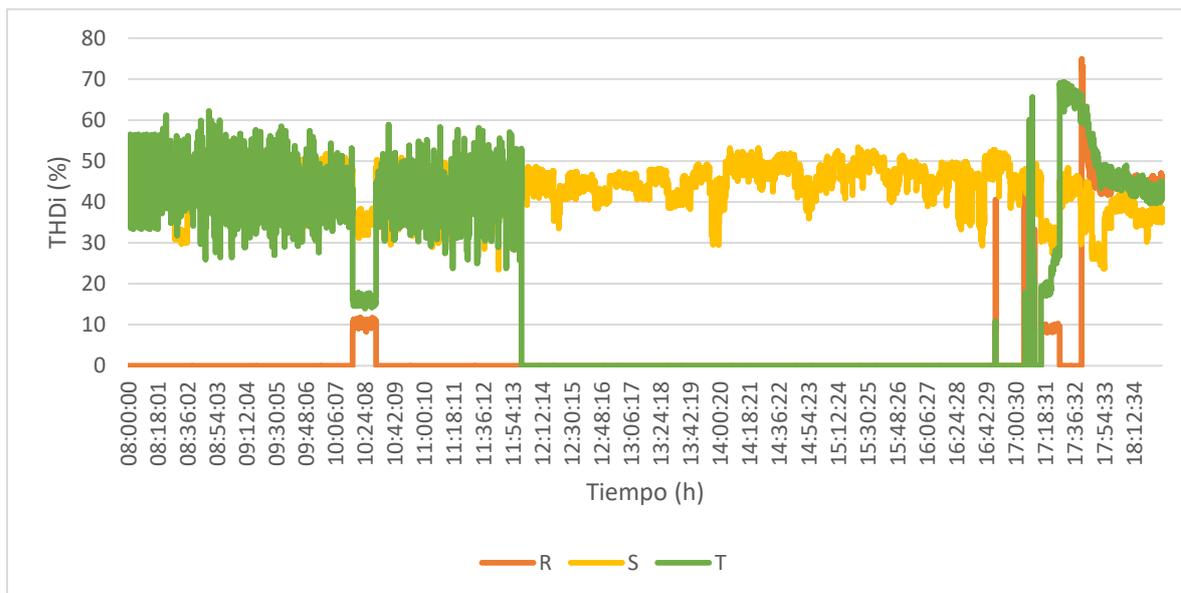


Figura 31. Valores de THD en corriente medidos

De acuerdo a la tabla 16 nos muestra los valores representativos del total de armónicos de corriente, los cuales se obtuvieron mediante el medidor de calidad de energía SENTRON PAC 3200, se observa entonces que los valores medidos se encuentran fuera del rango especificado líneas arriba, esto se debe a las cargas no lineales con las que cuenta el pabellón administrativo de la UNAJ lo cual contribuye a la generación de armónicos en corriente.

Por todo esto se tiene que evaluar la posibilidad de mitigar estos armónicos a través de filtros de armónicos, para ello se tiene que hacer un estudio detallado y más profundo, puesto que se requiere saber la clase de armónicos que están afectando a la red; y eso se podría realizar con un análisis de acuerdo a norma con los días requeridos de medición y equipos certificados que midan también el orden de armónicos (3era, 5ta, 7ma y demás).

4.1.7 Analisis e Interpretacion de Resultados

- **Datos del suministro eléctrico**

El pabellón administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca tiene las siguientes características en cuanto a su suministro eléctrico:

- Tarifa MT3
- Potencia contratada de 200.00 KW
- Tensión (10kV)

- Calificación presente en fuera de punta
- Potencia del transformador 100kVA

• **Datos del consumo eléctrico 2019**

En la tabla 17 se muestra la energía consumida por el pabellón administrativo de la UNAJ en horas fuera de punta y en horas punta, el precio total que se muestra solo refleja el costo de energía (kW.h).

Tabla 17. Datos del consumo eléctrico 2019

MES	Energía Hora Fuera de Punta (kW.h)	Precio Unitario S/.	Energía Hora Punta (kW.h)	Precio Unitario S/.	Precio Total de Energía S/.
2019/01	10,385.33	0.1968	2,249.78	0.24	2,583.78
2019/02	13,203.23	0.2022	2,954.25	0.2469	3,399.10
2019/03	11,953.35	0.2038	2,704.28	0.2489	3,109.19
2019/04	14,316.75	0.2038	2,954.25	0.2489	3,653.07
2019/05	16,930.13	0.2006	3,636.00	0.2469	4,293.91
2019/06	18,407.25	0.2002	3,976.88	0.2467	4,666.23
2019/07	17,702.78	0.2002	3,772.35	0.2467	4,474.74
2019/08	12,589.65	0.1961	2,522.48	0.2418	3,078.77
2019/09	15,725.70	0.1949	3,454.20	0.2404	3,895.33

En la figura 31 se observa la comparación entre el consumo de energía en horas punta y fuera de punta.

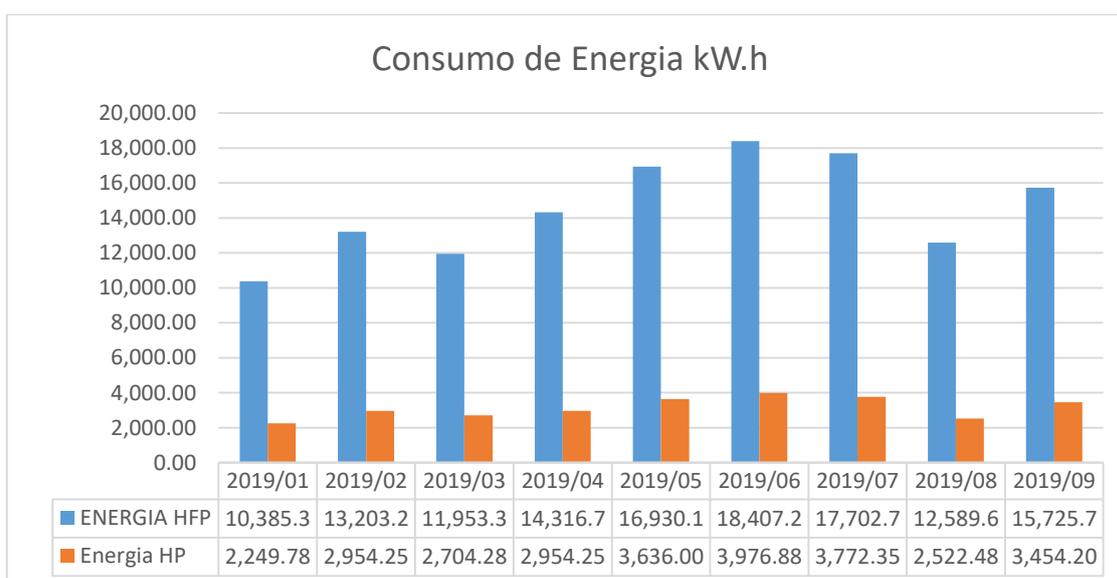


Figura 32. Valores del consumo energético de enero a mayo de 2019

De acuerdo a la tabla 17 y la figura 31, se observa que el consumo de energía eléctrica del pabellón administrativo, es mucho mayor en horas fuera de punta en comparación al consumo en horas de punta, es por ello que el suministro eléctrico se encuentra calificado en horas fuera de punta.

4.2 Resultados de la evaluación del SFCR-UNAJ de 3kW con integración a la red

4.2.1 Comportamiento promedio de la temperatura del módulo fotovoltaico

En la figura 32, podemos apreciar el comportamiento de la temperatura del módulo media mensual. En el periodo de tiempo de las 06:00 a.m. hasta las 18:00 p.m. se tienen las temperaturas más bajas sobre todo en el mes de Junio que se obtuvo $-4,15^{\circ}\text{C}$ y el mayor en el mes de Marzo de $7,88^{\circ}\text{C}$. En las horas de las 6:00 a.m. el pico más alto de temperaturas de módulos, son en el periodo de tiempo de las 11:30-11:45

a.m. Así alcanzando la mayor temperatura en el mes de Agosto con una temperatura de $46,88^{\circ}\text{C}$ y la menor de $19,09^{\circ}\text{C}$ en el mes de Marzo del presente año. A partir de las 08:00 horas la temperatura del módulo es creciente hasta las 11:00 horas Por lo que el mes con más baja temperatura es el de Marzo y la temperatura máxima se da entre los meses de Agosto y Setiembre.

Por lo que se puede apreciar que en el mes de agosto se a obtenido una de las temperaturas más altas pero consecuentemente es uno de los meses con mejor irradiación y mayor flujo de vientos los que permiten que este panel fotovoltaico se ventile. Es aceptable este comportamiento de temperaturas puesto que se encuentra dentro del rango de trabajo del panel fotovoltaico en donde su eficiencia no es perjudicada mas bien estos fenomenos naturales aporta para que se pueda aprovechar de manera significativa la energía producida por el sistema fotovoltaico conectado a ala red en el pabellón administrativo de la UNAJ.

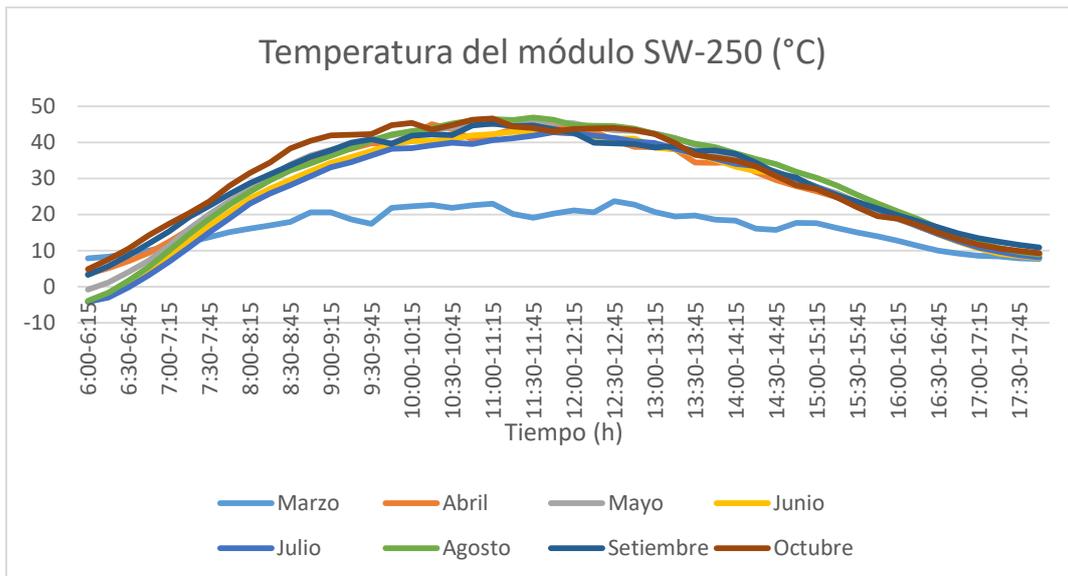


Figura 33. Temperatura del módulo media mensual SFCR-UNAJ.

4.2.2 Comportamiento de la temperatura de ambiente media mensual.

En la figura 33, podemos apreciar el comportamiento de la temperatura del ambiente media mensual en el periodo de tiempo desde las 06:00 a.m. Horas hasta las 18:00p.m. horas en la que se puede puntualizar que entre las 06:00 hasta las 13:00 horas la temperatura del ambiente es creciente obteniendo como valor mínimo de 0,16 °C en el mes de Agosto y como un valor máximo alcanzado de 20,98°C en el mes de Setiembre. Y desde a partir de las 14:00 hasta las 18:00 horas la temperatura media mensual decrece hasta llegar a una temperatura promedio de 12,43°C en todos los meses las temperaturas finales estan en esos intervalos de temperatura.

Como también en el periodo de tiempo de 6:30am a 7:45am se obtiene un pico de elevación brusca de cambio de temperatura los cuales son producidos por la salida de la estrella llamada sol y generan fenomenmos naturales como en plena puesta del

sol en lugares donde no son cubiertos por el los rayos solares estos lugares son cogelados mostrandose una escarcha de hielo y de esta manera son que se presentan estas condiciones extremas en la ciudad de Juliaca por lo que son favorables para el trabajo que realizan los paneles solares creando una estabilidad de temperatura en el ambiente como tambien lo aportan los vientos los cuales aportan con la refrigeración en el medio.

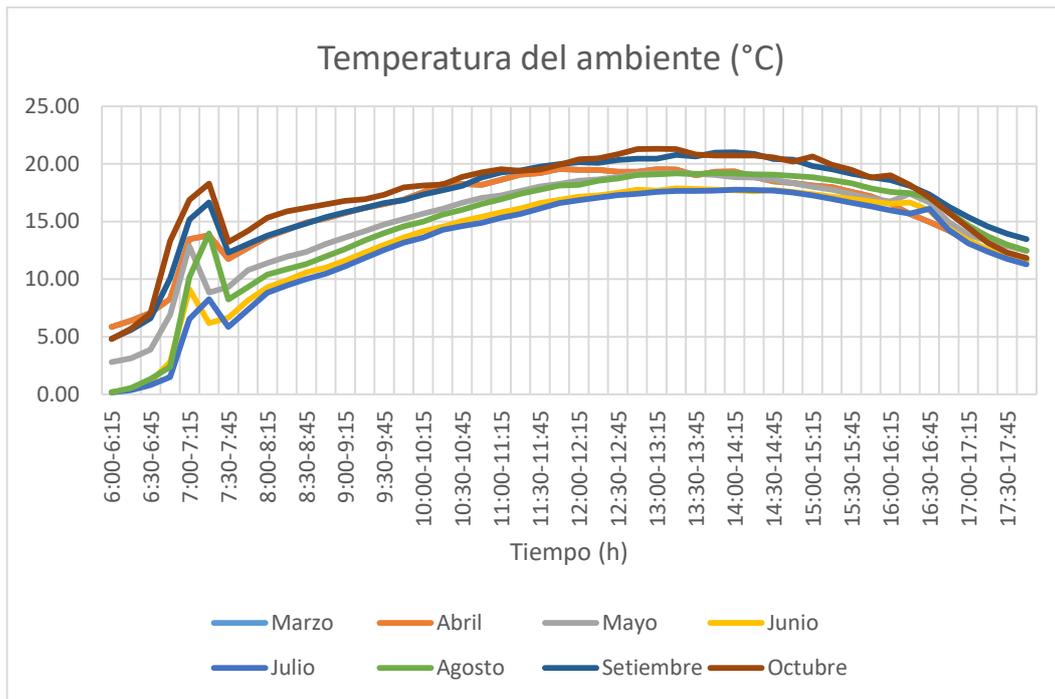


Figura 34. Temperatura del ambiente media mensual SFCR-UNAJ.

4.2.3 Comportamiento de la irradiación media mensual.

En la figura 34, se tiene el comportamiento de la irradiancia media mensual, el crecimiento de la irradiancia se da desde las 06:00 am hasta las 11:00 am en la cual como máximo valor de 976,83 W/m² el mencionado dato, se da en el mes de Agosto y como valor mínimo se da en todos los meses con un valor de 864,45 W/m². Por lo que en general en las 18:00p.m. la irradiancia cae a 0W/m².

Cabe mencionar que los valores mostrados son el promedio de cada mes. Por lo que es importante aclarar que se registraron datos que sobre pasan los valores estándar con un valor de 1120 W.m⁻² en periodos de tiempo de 30 a 42 min en los meses de Octubre y Agosto por los demás meses de evaluación también sobrepasan los valores estándar pero en menor magnitud.

Como es de conocimiento de todos que el calentamiento global se encuentra en aumento por lo que este parámetro es muy importante a considerar para dimensionar sistemas fotovoltaicos solares. Puesto que para años posteriores la irradiación se presentara en mayor magnitud

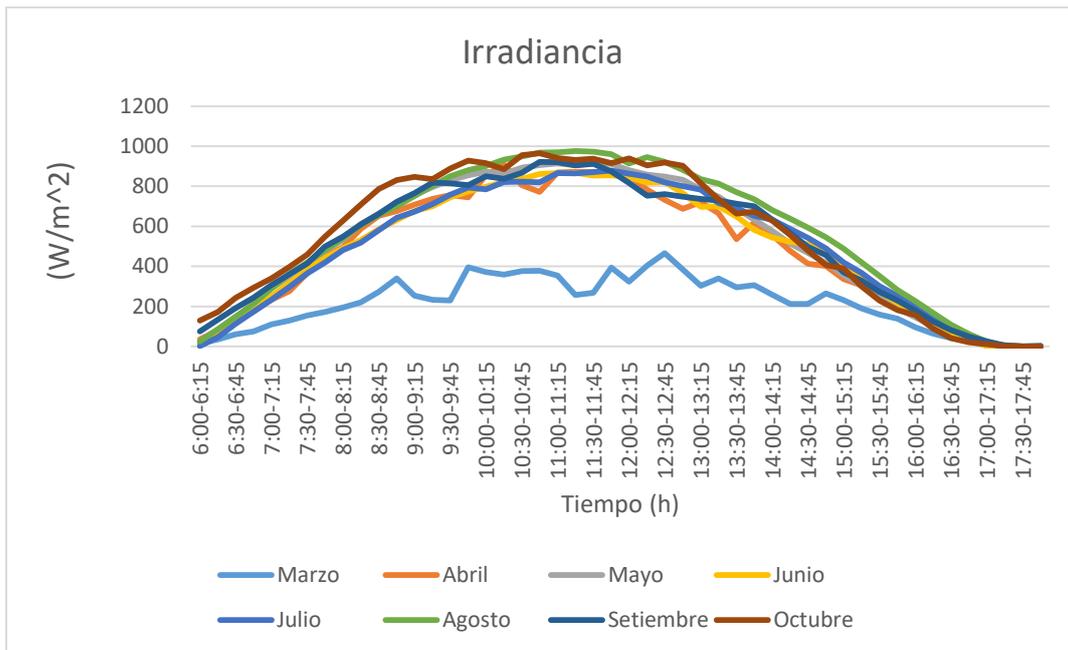


Figura 35. Irradiancia media mensual SFCR-UNAJ.

4.2.4 Comportamiento de la irradiación promedio diaria mensual.

En la figura 35 se grafica los valores máximos y mínimos del promedio diario mensual, de la irradiación la cual se divide entre 1000 w/m² el valor de irradiancia estándar por lo que obtenemos las horas equivalentes de sol promedio diario. En lo que se obtuvo un valor mínimo 5,55 horas en el mes de abril y marzo y un valor máximo de 6,96 horas de sol diario en el mes de Octubre.

Con este dato tan importante se puede afirmar que la ciudad de Juliaca cuenta con un gran potencial solar.

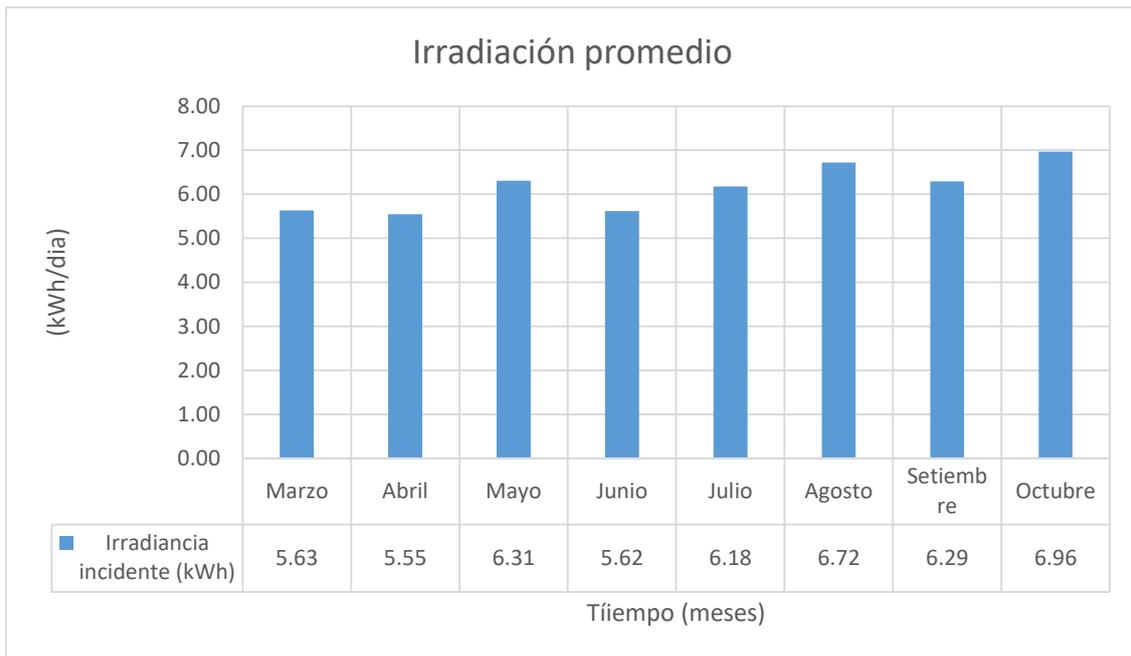


Figura 36. Promedio diaria mensual de la irradiación.

4.2.5 Comportamiento del promedio mensual de la eficiencia del arreglo.

En la figura 36 se representa el comportamiento de la eficiencia del arreglo fotovoltaico (nA). Directamente la eficiencia del conjunto de 12 paneles fotovoltaicos en los diferentes meses de evaluación y monitoreo, por lo que se tiene casi una eficiencia uniforme en donde se tienen variaciones notorias son los meses de Agosto y Setiembre por las grandes intensidades de irradiación pero no significativas. En los mencionados meses se tenía la mayor cantidad corrientes de viento. Los valores máximos obtenidos son en el mes de Junio con una eficiencia de 15,52%. Por las condiciones que se presentaron en este mes en particular.

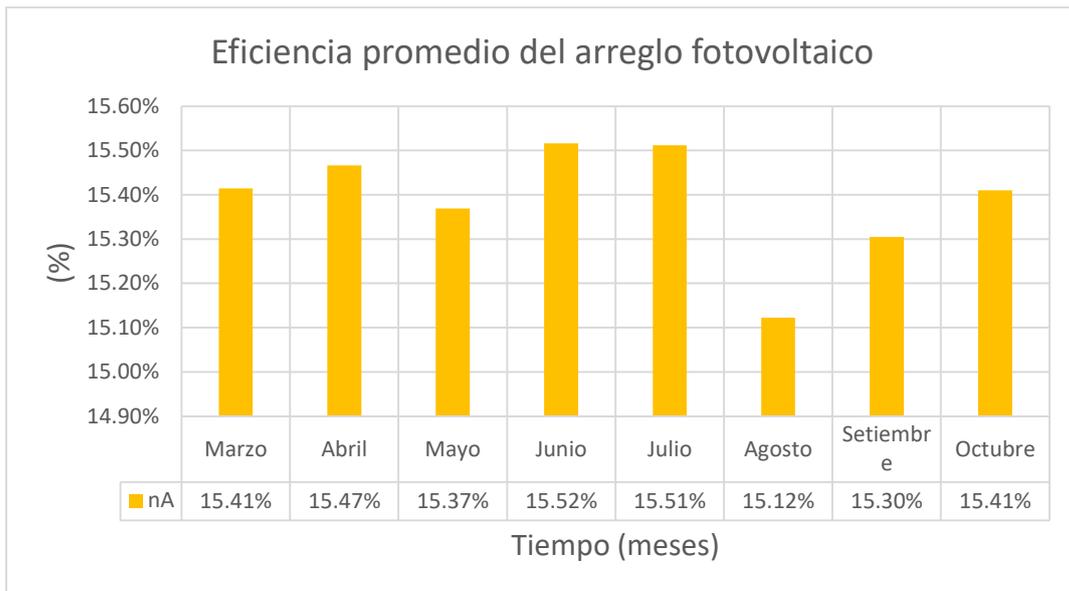


Figura 37. Promedio mensual de la eficiencia del arreglo fotovoltaico.

4.2.6 Comportamiento del promedio mensual de la eficiencia del sistema.

En la figura 37, se muestra el comportamiento promedio mensual de la eficiencia del sistema. En donde se encuentran valores aceptables. Con valor máximo de 13,69% en el mes de Octubre y un valor mínimo de 13,29 en el mes de Marzo..

En esta evaluación se tiene en consideración la energía solar (irradiación con respecto al área de paneles), con la energía alterna de salida del inversor por lo que se tiene valores aceptables y considerados por la eficiencia de los paneles fotovoltaicos que tienen una eficiencia de 16.10%.



Figura 38. Promedio mensual de la eficiencia del sistema.

4.2.7 Comportamiento de la eficiencia del balance del sistema

En la Figura 38 se muestra en comportamiento promedio mensual de la eficiencia del balance del sistema el cual es casi constante y oscila entre 86% y 88.86% por lo que estos valores son aceptables puesto que nuestro inversor se encuentra a una diferencia de 7 a 8 % de la eficiencia ideal de nuestro inversor, consideramos que este valor se debe a las condiciones que se encuentra el equipo .

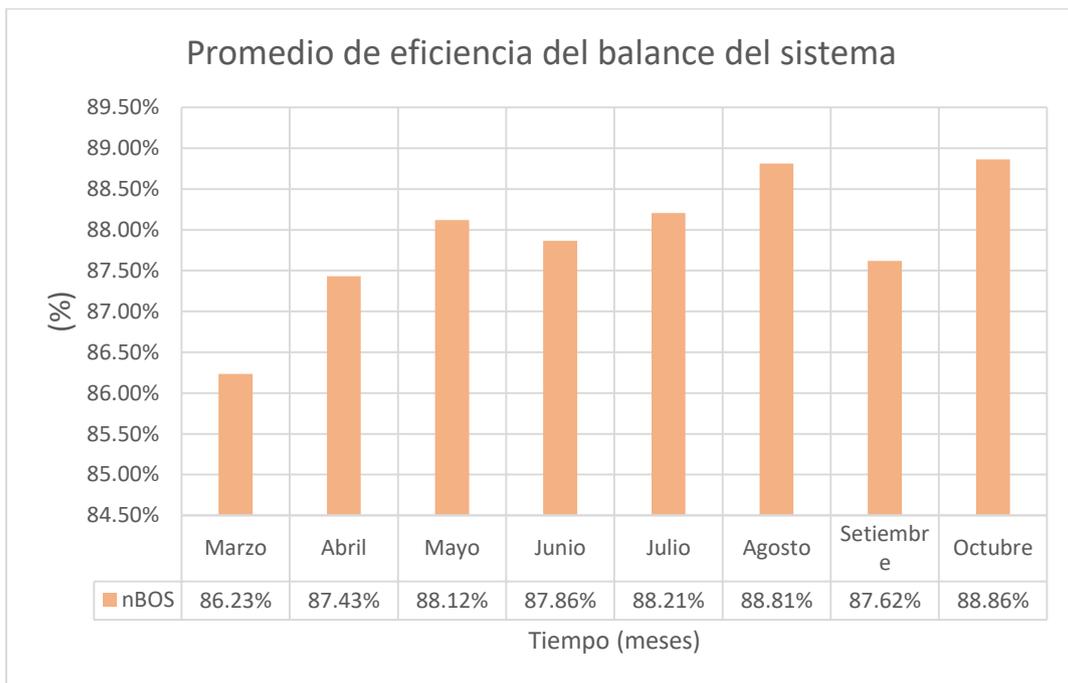


Figura 39. Promedio mensual de eficiencia del balance del sistema.)

4.2.8 Comportamiento del rendimiento final y pérdidas del sistema.

En la figura 39 se tiene el comportamiento del rendimiento y pérdidas del sistema en la cual:

Yf: rendimiento final del sistema

- Lc: pérdidas de captura: están dadas por el trabajo que realizan los paneles en transformar la irradiación a energía eléctrica el empolvamiento como también la elevación de la temperatura, etc.

- LBOS: pérdidas del balance del sistema están dadas por las pérdidas del inversor de conexión a la red el cableado y las cajas de conexión.

Por lo que se puede decir que al valor kWh/kWp-Día le quitamos el valor kW obtendríamos el valor de horas de sol promedio diario mensual por lo que se puede decir que los valores mínimos y máximos alcanzados son en el mes de Marzo y Octubre respectivamente.

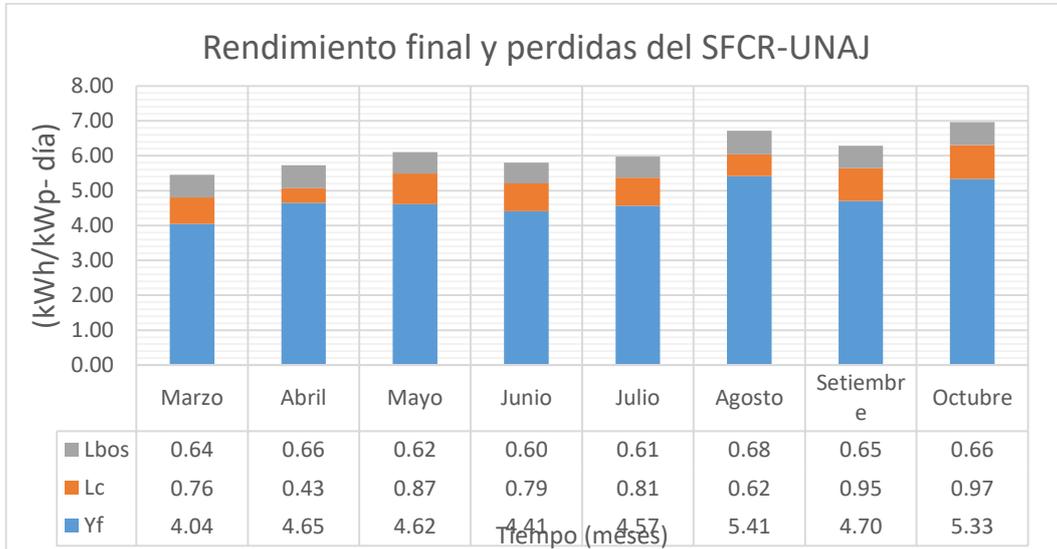


Figura 40. Promedio mensual del rendimiento final y pérdidas.

4.2.9 Comportamiento promedio del rendimiento global del sistema.(PR)

En la figura 40, se muestra el comportamiento de la eficiencia del rendimiento del sistema donde se puede ver la curva, en donde se aprecia que la eficiencia baja en el mes de marzo y los picos más alto son en el mes de Agosto y Octubre. Esta curva es directamente proporcional a la temperatura del módulo, en donde se ve también estos máximos y mínimos valores alcanzados

Estos datos tienen referencia directamente con el rendimiento de referencia y el rendimiento final del sistema

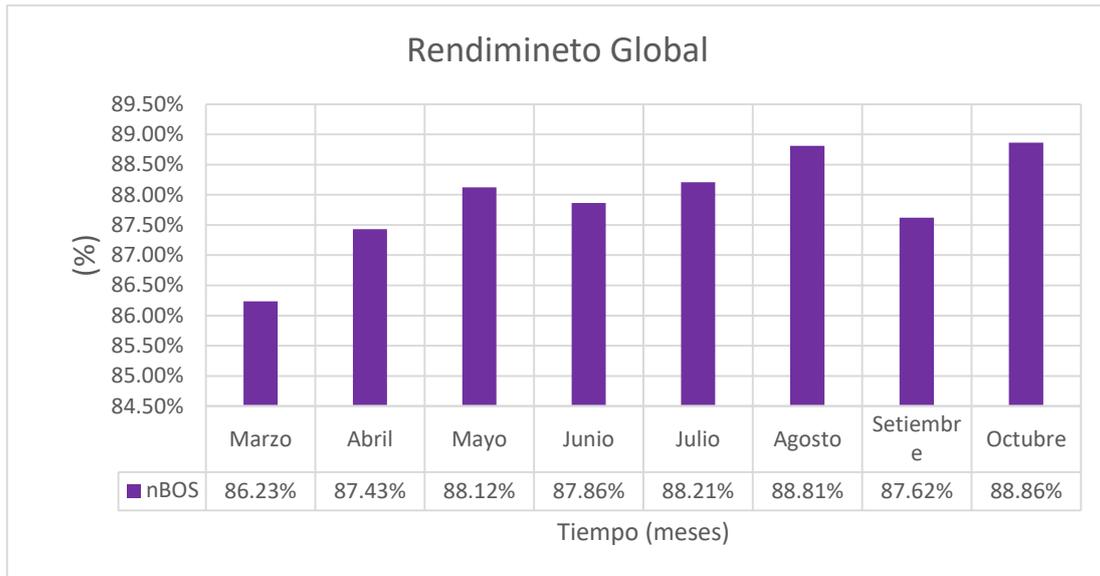


Figura 41. Comportamiento promedio mensual del rendimiento global del sistema

4.2.10 Energía continua y alterna generada por el SFCR-UNAJ.

En la figura 41, se ve las energías generadas del SFCR-UNAJ .Antes del inversor y después del inversor el cual es el que se inyecta a la red del pabellón administrativo de la UNAJ.

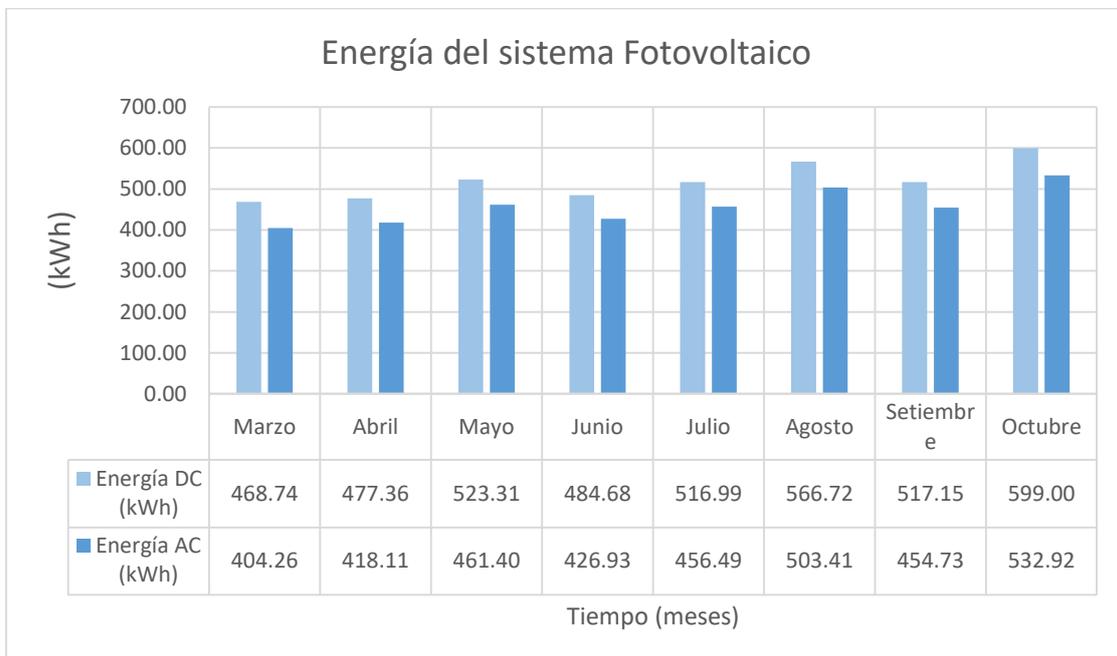


Figura 42. Comportamiento mensual de energía del sistema fotovoltaico en salida del módulo fotovoltaico (DC) y en salida del inversor (AC).

4.2.11 Energía total consumida:

En la figura 42, se define el total del consumo de energía en donde se aprecia el aporte total de energía que se aprovecha del SFCR-UNAJ-3kW.

En donde se puede afirmar que del total del consumo de energía eléctrica en la universidad nacional de Juliaca el SFCR-UNAJ aporta en promedio mensual el 3% del total de consumo.

Por lo que se evaluó el área adecuada para el aprovechamiento de la energía solar para inyectarla a la red en el pabellón administrativo de la UNAJ. En donde se consideró la azotea, la terraza como el techo del sexto nivel. Considerando así poder instalar 20kW de potencia y con esta potencia teniendo de referencia esta evaluación se asume que aportaría el 18% del consumo total de la energía total de la universidad nacional de Juliaca

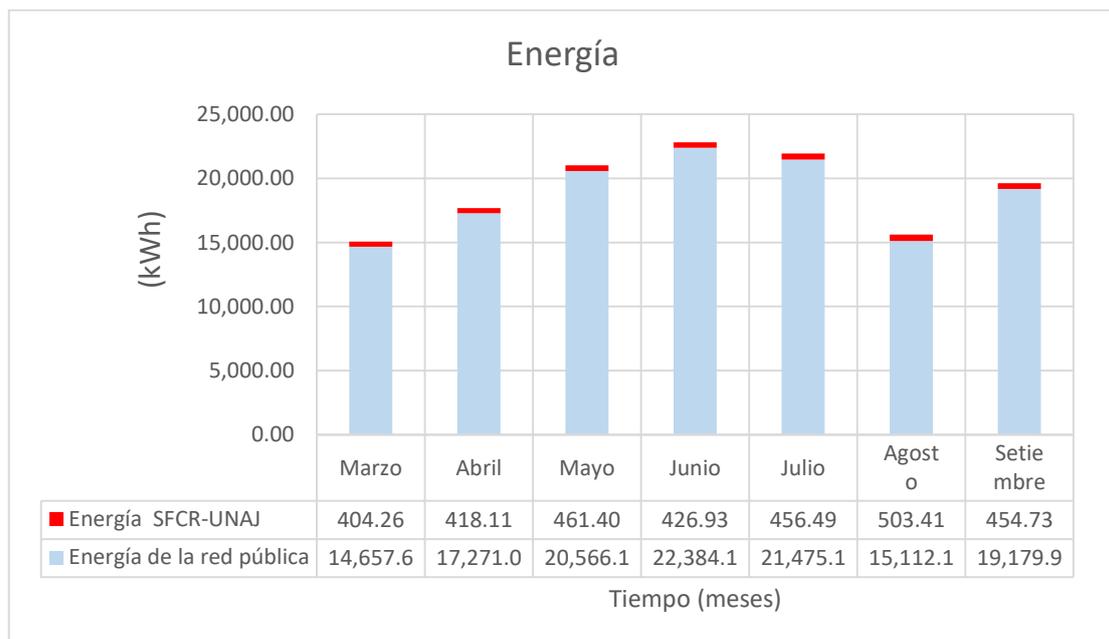


Figura 43. Comportamiento del consumo total de energía en la UNAJ

4.3 Analisis economico

En la tabla 18 Se muestra el presupuesto del sistema solar fotovoltaico de 3.0KW, el cual se elaboró con la ayuda de los comprobantes de pago por cada componente adquiridos por la Universidad Nacional de Juliaca.

Tabla 18. Inversión inicial del proyecto

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Solar de 250W Solar World Mod SW250	12	652.00	S./ 7,824.00
Inversor P/Conexión A Red Steca Mod: Stecagrid 301 Ox, 270-500VDC	1	5,053.00	S./ 5,053.00
Soporte Metálico de fierro galvanizado en caliente para fijar 12 módulos fotovoltaicos de 250 WP	1	4,075.00	S./ 4,075.00
Accesorios varios para interconexión de componentes, S E incluyen ITMs, interruptores, diferenciales, supresor de trasientes AC y DC, cables eléctricos y ducterías.	1	3,781.60	S./ 3,781.60
SUB TOTAL			S./ 20,733.6
IGV			S./ 3,732.05
TOTAL			S./ 24,465.65

La tabla 19 nos muestra algunos datos como: la inversión inicial en S/ la inflación %, la tasa de descuento % costo de la energía eléctrica en BT5B residencial en S./ kWh para junio 2019, tiempo de vida útil del sistema solar fotovoltaico; los cuales son necesarios para realizar el cálculo de los indicadores económicos.

Tabla 19. Parámetros utilizados para hallar los indicadores económicos

Parámetros	Unidad	valor
Inversión inicial	S./	24,465.65
Productividad anual (promedio)	kWh/año	5404
Tasa de inflación	%	5%
Costo de la energía eléctrica	S./ kWh	0.657
Tiempo de vida (módulos fotovoltaicos)	años	20

La tabla 20 Presenta el flujo de caja anual, el precio de la energía eléctrica actual y proyectada en S/. kW.h y la producción estimada en kW.h.

Tabla 20. Flujo de caja

Año	Precio (S./kWh)	Producción (kWh)	Flujo de caja (S/.)
0	0.657		-24465.65
1	0.690	5404	3726.25
2	0.724	5404	3912.56
3	0.760	5404	4108.19
4	0.798	5404	4313.60
5	0.838	5404	4529.28
6	0.880	5404	4755.74
7	0.924	5404	4993.53
8	0.970	5404	5243.20
9	1.019	5404	5505.36
10	1.070	5404	5780.63
11	1.123	5404	6069.66
12	1.179	5404	6373.15
13	1.238	5404	6691.80
14	1.300	5404	7026.39
15	1.365	5404	7377.71
16	1.433	5404	7746.60
17	1.505	5404	8133.93
18	1.580	5404	8540.63
19	1.659	5404	8967.66
20	1.742	5404	9416.04

A continuación se muestran las formulas descritas para la obtención de los principales indicadores económicos.

4.3.1 Valor actual neto (VAN)

Valor actual Neto o Valor presente Neto. Este indicador económico calcula el valor actual neto a partir de un número de flujos de efectivo. La metodología consiste en descontar al momento actual, todos los flujos de efectivos futuros del proyecto, a través de una tasa. A este último procedimiento se les resta la inversión inicial. Si el VAN es positivo el proyecto es viable puesto que se obtendrán ganancias, sin embargo si este es negativo se puede decir que el proyecto no es viable porque no se tendrán las ganancias esperadas. El VAN se calcula mediante la siguiente formula:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

4.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es la tasa de actualización cuando el VAN es igual a cero, es decir la tasa en la que los flujos de entrada y salida se igualan al costo inicial. La TIR también puede utilizarse como un indicador de la rentabilidad de un proyecto de inversión, a mayor TIR, mayor rentabilidad, esto puede servir para la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Esta expresada en % puesto que nos da un medida relativa de rentabilidad.

$$VPN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

4.3.3 Periodo de recuperación de la inversión (PRS)

Es otro parámetro económico que al igual que el VAN y TIR permite optimizar el proceso de toma de decisiones. El PRS nos permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo inicial. Es decir, en cuanto tiempo (años) se empieza a tener mayores ingresos que gastos.

$$PRS = \frac{C - IG}{(C_e + C_{Cap} + C_{ren} + C_{gei}) - (C_{o\&m} + C_{elec})}$$

4.3.4 Resultados de la evaluación económica

La tabla 21 muestra los resultados en cuanto a la inversión del proyecto del sistema solar fotovoltaico con inyección a la red de 3kW, teniendo en consideración las tablas 18, 19 y 20, que especifican el costo inicial, la tasa de crecimientos, la producción anual y flujos de caja ; estos datos procesados a través de las formulas del valor neto actual (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y periodo de recuperación (PRS), nos dan como resultado que, en un plazo de 11 años nuestro flujo de caja será positivo puesto que se habrá recuperado la inversión inicial del proyecto , así mismo nuestro VAN es positivo

y los valores de TIR son mayores al 12%, por lo que podemos concluir que el proyecto es viable.

Tabla 21. Indicadores económicos

Valor actual neto (soles)	VAN	12,284.42
Tasa interna de retorno (%)	TIR	18.13
Relación Costo Beneficio	C/B	1.50
Periodo de recuperación (años)	PRS	11

En la figura 43 se observa el monto ahorrado mensual debido a la energía aportada por el SFCR, el cual se expresa como ahorro, frente a la facturación de energía del pabellón administrativo de la UNAJ.

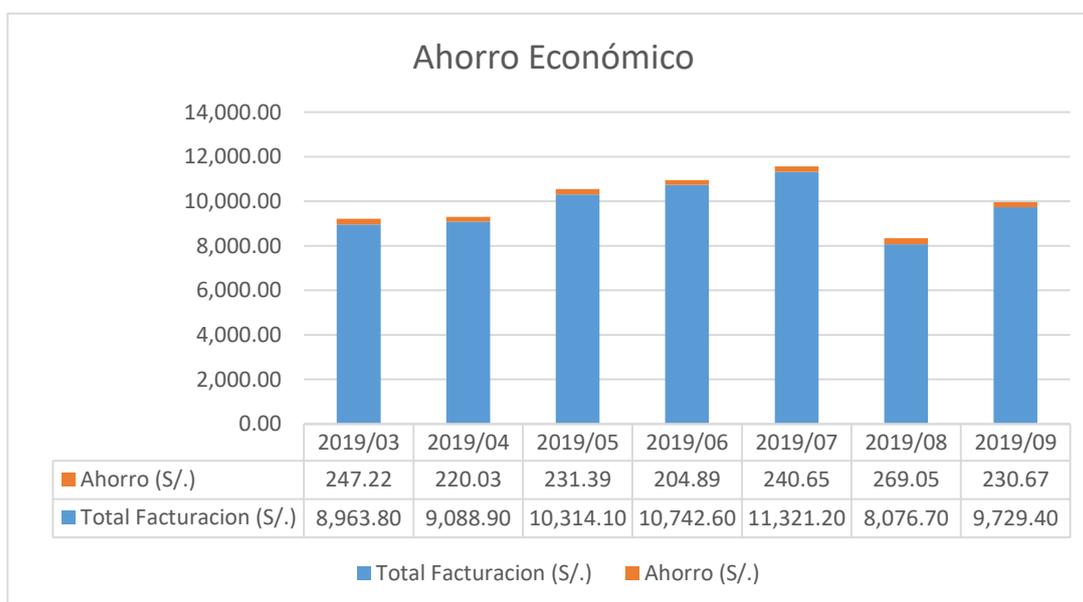


Figura 44. Ahorro Económico

Se observa que durante los meses de estudio se obtuvo un mayor ahorro en el mes de agosto con un total de S/. 269.05 el cual representa un 3.33% del total de facturación, así mismo se muestra que el mes con menor ahorro económico fue junio con un un total de S/. 204.89 representando un 1.90% del total de facturación. Finalmente se puede afirmar que en los meses en que se realizó este proyecto se obtuvo un total de S/. 1,643.91 de ahorro monetario, teniendo una media mensual de ahorro de S/. 234.84.

4.3.5 Expectativas para un mayor ahorro monetario

En la fig 44 se muestra el plano en vista de planta, del pabellón administrativo de la UNAJ, el área sombreada resalta el área aprovechable del edificio, se podrían llegar a instalar un total de 18 módulos de 3kW, sin la necesidad de realizar modificaciones con los cuales se podría llegar a un ahorro de entre 30% a 40% de la facturación total.

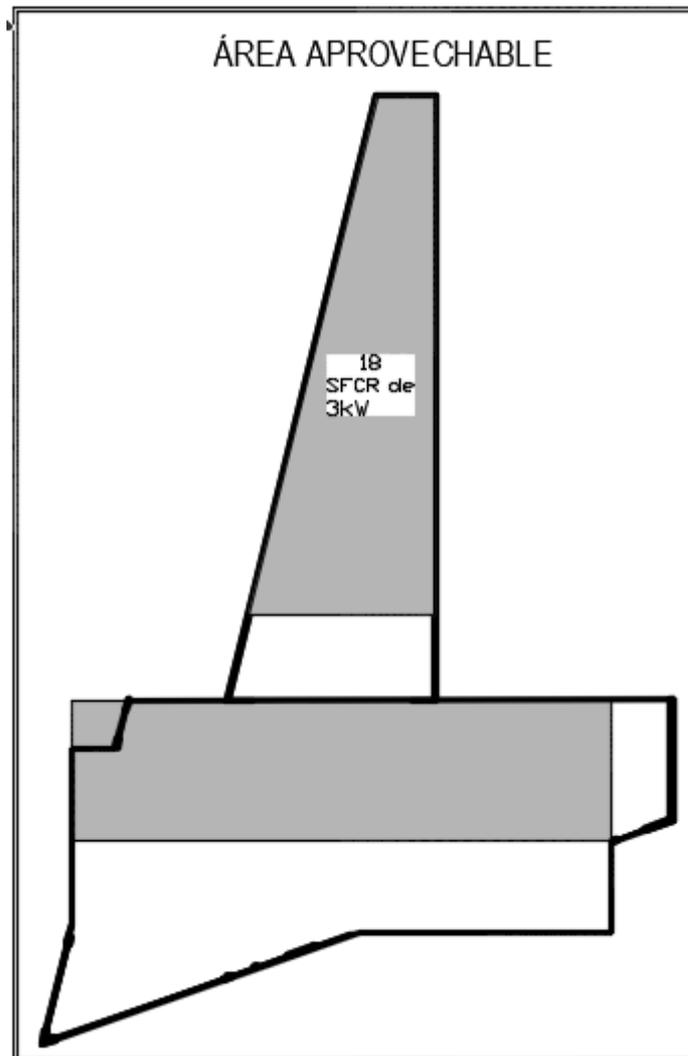


Figura 45. Área aprovechable en los techos del pabellón administrativo de la UNAJ

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Del análisis eléctrico del pabellón administrativo de la UNAJ se concluye que se tiene una buena calidad de Energía en cuanto a frecuencia, distorsión armónica de tensión, tensión en la fase S y T puesto que los datos tomados y evaluados se encuentran dentro del rango establecido por la NTCSE, sin embargo en cuanto a la tensión en , distorsión armónica de corriente y factor de potencia, no se encuentra dentro del rango o parámetros permisibles por la NTCSE, la normativa IEEE-519 y la DGE-MEM respectivamente.
- De la evaluación del sistema fotovoltaico de 3kW con inyección a la red, se concluye que en los parámetros: irradiación se tiene en promedio de 986.25W/m^2 , temperatura del módulo se tiene en promedio de 28°C , la temperatura del ambiente se tiene en promedio 23°C como también las condiciones extremas de nuestra ciudad de Juliaca son directamente influyentes en sentido favorable con el rendimiento total el cual se obtuvo 88% del sistema y la eficiencia del sistema en un promedio de 15% – 16% los cuales generan en promedio mensual de 430.25 kWh de energía inyectada a la red del pabellón administrativo de la UNAJ.
- Del análisis económico del SFCR de 3kW, se concluye que el proyecto es viable puesto que nuestros indicadores económicos nos muestran resultados favorables, resaltando que el periodo de recuperación sería en 11 años, se observa entonces que es un escenario positivo para la acogida e implementación de las energías renovables a nivel residencial.

- Así mismo se muestra que el ahorro en los meses de realización del proyecto fue un total de S/. 1,643.91 de ahorro monetario, teniendo una media mensual de ahorro de S/. 234.84.

5.2. RECOMENDACIONES

- realizar las mediciones de acuerdo a los días establecidos en la normativa peruana. Con un medidor de calidad de energía el cual cuente con más parámetros de medición, con almacenamiento de datos ilimitados, para realizar un análisis detallado.
- En cuanto a la tensión se recomienda que se realice la medición con los días mínimos del requerimiento de la norma y comprobándose que aún se tengan los resultados que se encuentren fuera del parámetro establecido, entonces se realice el estudio de compensación por mala calidad de tensión, el cual se detalla en el numeral 5.1. 3 de la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos NTCSE.
- Teniendo en cuenta que los resultados no favorables en cuanto a distorsión de corriente THDi se recomienda realizar las mediciones con un instrumento que muestre la clase de armónicos presentes en la red, para luego realizar cálculos de filtros armónicos adecuados para mitigar tales distorsiones, así mismo se recomienda realizar la revisión de las puestas a tierra.
- Se debería de contar con sistemas de adquisición de datos el cual o dependa de la energía convencional para así no pausar la adquisición de datos.
- El inversor de conexión a la red se debe de mantener en un lugar refrigerado para que este pueda desenvolverse a la máxima eficiencia que este indica y así tener menor pérdida de energía.
- Los paneles fotovoltaicos se deberían de dar una limpieza mínima de 2 por semana para así mantener la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y no tener pérdidas de energía en D.C.
- Se debería de implementar un sistema autónomo de energía solar para poder remplazar la señal eléctrica convencional para así poder inyectar a la red con el SFCR. Implementar la normativa y reglamento en cuanto a sistemas con energías renovables menores a 500 KW con inyección a la red eléctrica, el cual ayudaría a realizar un buen análisis económico, puesto que se contaría con el precio de

compensación y/o incentivos por parte de la empresa distribuidora hacia el generador por la energía inyectada a la red eléctrica.

- Implementar la normativa y reglamento en cuanto a sistemas con energías renovables menores a 500 KW con inyección a la red eléctrica, el cual ayudaría a realizar un buen análisis económico, puesto que se contaría con el precio de compensación y/o incentivos por parte de la empresa distribuidora hacia el generador por la energía inyectada a la red eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abella, M. A. (2000). *Sistema de bombeo fotovoltaico*. Ciemat.
- Armando Cornejo, L. H. (octubre de 2013). Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el centro materno infantil de la universidad de Piura. Piura, Peru.
- BESTER Building a sustainable world*. (28 de octubre de 2016). Obtenido de <https://bestenergy.com/blog/aplicaciones-sistemas-energia-fotovoltaica-aislados/>
- BUN-CA. (2002). SOLAR FOTOVOLTAICA . San Jose , Costa Rica .
- Caamaño Martín , E. (marzo de 1998). edificios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica: caracterización y análisis. Madrid.
- Calderon, O. C. (2016). Aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica en conexión a la red de distribución eléctrica para uso eficiente de energía en viviendas. Huancayo, Peru.
- Cornejo Lalupu , H. (octubre de 2013). sistema solar fotovoltaico de conexión a la red en el centro materno infantil de la universidad de Piura. Piura, Peru.
- ENEL* . (6 de marzo de 2018). Obtenido de <https://www.enel.pe/es/quienes-somos/a201612-rubi.html>
- Gomez, L. D. (2011). Modelado para la simulación, el diseño y la validación de inversores fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.
- Gonzales, G. E. (2015). Energías No Convencionales en el Perú Situación Actual y Perspectivas. *4to congreso internacional supervisión dl servicio eléctrico*.
- Gonzales, I. D. (2015). proyecto de una central solar fotovoltaica de 20MW. Lima, Peru.
- Juarez, A. S. (2012). *Dimensionamiento y diseño en baja potencia* . Mexico: Firco.
- Lulo Niño , J. (2017). Implementación del sistema de energía solar fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Municipalidad Distrital de Marococha, Yauli-Junin. Huancayo, Peru.
- Medina, E. A. (2009). *Bombeo de agua para riego en cerro Calán*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Menjívar, F. A. (2011). *Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos inyección a la red monocristalino, policristalino y amorfos instalado en cel*. San Salvador.

- Negrão Macêdo, W., Luz Cavalcante, R., Pereira, E., Galhardo, M., Tavares Pinho, J., & Braga Junior, W. (2011). Grid-connected PV application in the amazon region: a case of study of 3.3KWp system. Belém, Brasil.
- Orbegozo, M. S., & Arivilca, I. (2010). Energia Solar Fotovoltaica manual tecnico para instalaciones domiciliarias .
- Orsoco Zumaran , D. (2005). Ubicacion de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red en el mercado electrico peruano. Lima, Peru.
- Plan promocional corredor turistico; Niño salvador.* (jueves de Agosto de 2010). Obtenido de Plan promocional corredor turistico; Niño salvador: <http://planpromo.blogspot.pe/2010/08/ubicacion.html>
- Polanco, C. A. (2014). Relacion de potencia de entrada y salida de un inversor como medida de la eficiencia de la energia fotovoltaica y su adaptacion a la red de distribucion. Puno, Peru.
- Proyecto EnDev/GIZ. (2013). Instalacion de Sistemas Fotovoltaicos. *Sencico*, 48.
- Sandia National Laboratories. (s.f.). *Guia para el desarrollo de proyectos de bombeo para agua con energia fotovoltaica.*
- Servan Socola , J. (Febrero de 2014). analisis tecnico-economico de un sistema hibrido de baja potencia eolico solar conectado a la red . Piura, Peru.
- Taifu energy saving pump. (s.f.). *alibaba.com*. Obtenido de alibaba.com: https://tdh.en.alibaba.com/product/60686242795-805292764/Best_price_24_36_48_volt_110v_3_inch_vertical_centrifugal_submersible_borehole_water_solar_pump_for_deep_well.html?spm=a2700.icbuShop.prewdfa4cf.31.336d6af35BWbTe
- Zumaran, D. R. (2005). ubicacion de los sistemas fotovoltaicos conectados a ala red en el mercado electrico peruano . Lima, Peru.

ANEXOS

Sunmodule[®] Plus

SW 250 - 260 poly



Data Sheet



Produced in Germany,
the center for solar technology



TUV Power controlled:
Lowest measuring tolerance in industry

www.tuv.com
ID 000039351



Sunmodule Plus:
Positive performance tolerance



25 year linear performance warranty and
10 year product warranty



SolarWorld AG relies on Germany as its technology location, thereby ensuring sustainable product quality.

The TUV Rheinland Power controlled inspection mark guarantees that the nominal power indicated for solar modules is inspected at regular intervals and thus ensured. The deviation to TUV is maximum 2 percent.

The positive power tolerance guarantees utmost system efficiency. Only modules achieving or exceeding the designated nominal power in performance tests are dispatched. The power tolerance ranges between -0 Wp and +5 Wp.

With its linear performance warranty covering a period of 25 years, SolarWorld guarantees a maximum performance degression of 0.7% p.a., a significant added value compared to the two-phase warranties common in the industry. Therefore, the service certificate offers comprehensive protection for your investment in the long term.

Sunmodule[®] Plus SW 250 - 260 poly



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 250	SW 255	SW 260
Maximum power	P_{max}	250 Wp	255 Wp	260 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	37.6 V	38.0 V	38.4 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	30.5 V	30.9 V	31.4 V
Short circuit current	I_{sc}	8.81 A	8.88 A	8.94 A
Maximum power point current	I_{mpp}	8.27 A	8.32 A	8.37 A
Module efficiency	η_m	14.91 %	15.21 %	15.51 %

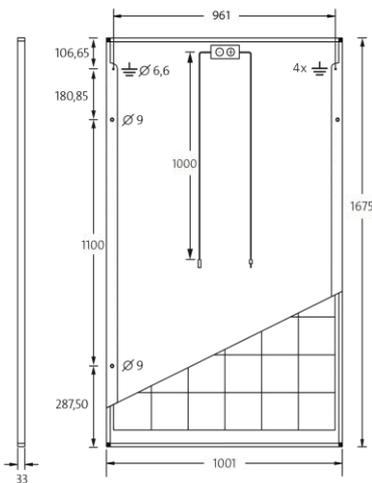
Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 250	SW 255	SW 260
Maximum power	P_{max}	185.4 Wp	188.7 Wp	192.4 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	34.2 V	34.5 V	34.8 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	27.8 V	28.1 V	28.5 V
Short circuit current	I_{sc}	7.24 A	7.30 A	7.35 A
Maximum power point current	I_{mpp}	6.68 A	6.72 A	6.76 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.



DIMENSIONS

Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	18.0 kg

THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC I_{sc}	0.051 %/K
TC U_{oc}	-0.31 %/K
TC P_{mpp}	-0.41 %/K

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

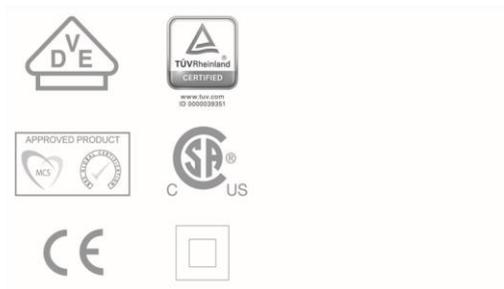
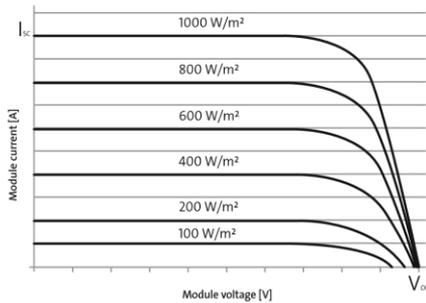
Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	25 A
Load / dynamic load	5.4 / 2.4 kN/m ²
Number of bypass diodes	3
Operating range	-40 °C to +85 °C

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	tempered glass (EN 12150)

ADDITIONAL DATA

Power sorting	-0 Wp / +5 Wp
J-Box	IP65
Connector	H4



SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice. This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

KB8821 | 2015-03-02 EN

coolcept-x

StecaGrid 1000x, StecaGrid 2300x, StecaGrid 3010x,
StecaGrid 3600x, StecaGrid 4200x

Máxima eficiencia con larga vida útil

Gracias a la alta eficiencia, se alcanza un coeficiente de rendimiento máximo del 98,6 %, y un coeficiente de rendimiento europeo del 98,3 %, lo que disminuye la pérdida de potencia que se emitiría a la atmósfera. Estas constituyen sus ventajas de rendimiento.

Además, un nuevo y único sistema de refrigeración garantiza que el calor se reparte de manera uniforme en el interior del inversor y, con ello, se asegura una larga vida útil del aparato.

Diseño de producto y visualización

Tanto el StecaGrid dispone de un display LCD gráfico con el que se pueden visualizar valores de rendimiento energético, los rendimientos actuales y los parámetros de funcionamiento de la instalación. Un innovador menú ofrece la posibilidad de seleccionar los distintos valores de medición de manera individual.

La puesta en funcionamiento final del aparato se lleva a cabo sin dificultades a través de un menú guiado y preprogramado.

Montaje

Los ligeros con sólo 11,5 kg / 12 kg, el montaje mural puede efectuarse de un modo seguro y sin esfuerzo. Asimismo, el soporte mural incluido en el suministro, así como los prácticos fijadores anclador para diestros y zurdos, permiten un montaje fácil y cómodo. Tampoco es necesario abrir el aparato para la instalación, puesto que todas las conexiones, así como el dispositivo de desconexión de CC, son accesibles desde el exterior.

Los aparatos cumplen todas las prescripciones del grado de protección IP65: Su robusta carcasa de acero inoxidable los protege de forma fiable contra el polvo y el agua, incluido el chorro de agua. Por lo tanto, los inversores se pueden instalar a la intemperie sin problemas.



StecaGrid 1000x
StecaGrid 2300x
StecaGrid 3010x
StecaGrid 3600x
StecaGrid 4200x

Características del producto

- Máximo coeficiente de rendimiento
- Instalación sencilla
- Registrador de datos integrado
- Es posible actualizar el firmware
- Mínimo consumo propio
- Carcasa de plástico ecológica y de perfecta funcionalidad
- Mínimo consumo propio
- Interruptor de CC integrado
- Aislamiento protector según clase de protección II
- Larga vida útil
- Drop Mode para la integración en sistemas híbridos (para más información: catálogo Steca PV aislada / Sistemas híbridos CC monofásicos o trifásicos)
- Función de tensión fija para otras fuentes de energía
- Menú de servicio para el ajuste de parámetros

Indicaciones

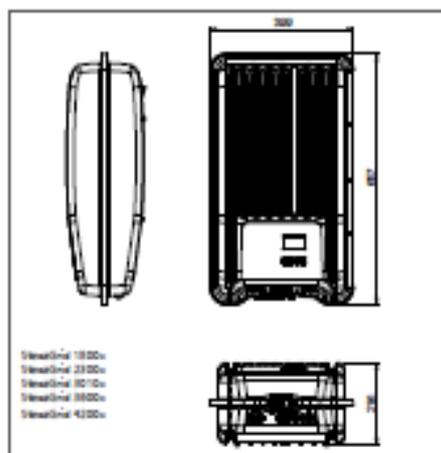
- Display LCD gráfico multifuncional con iluminación de fondo
- Representación animada del rendimiento

Manejo

- Fácil manejo con menús
- Navegación de menú multilingüe

Opciones

- Posibilidad de conectar la unidad de visualización StecaGrid Vision o un gran display



StecaGrid 1000x
StecaGrid 2300x
StecaGrid 3010x
StecaGrid 3600x
StecaGrid 4200x

Contadores y analizadores de energía Analizador de redes trifásico compacto Modelo EM24 DIN



- Dimensiones: 4 módulos DIN
- Grado de protección (frontal): IP50
- Salida serie RS485 (MODBUS-RTU), compatibilidad con iFIX SCADA
- Puerto de comunicación M-bus (opción M1)
- Capacidad de comunicación con Dupline (opción DP)
- Display y programación adaptables a la aplicación (función *Easyprog* fácil programación)
- Conexión sencilla
- Certificado según la Directiva MID, (opción PF), ver "Código de pedido" más abajo
- Disponibles versiones sin certificado MID (opción X): ver selección del modelo en la siguiente página

- Clase 1 (kWh) según norma EN62053-21
- Clase B (kWh) según norma EN50470-3
- Clase 2 (kvarh) según norma EN62053-23
- Precisión: $\pm 0,5$ lec. (intensidad/tensión)
- Analizador de energía
- Lectura de variables instantáneas: 4 dig.
- Lectura de energías/gas/agua : 8 dig.
- Variables del sistema: VLL, VLN, Admd max, VA, VAdmd, VAdmd max, W, Wdmd, Wdmd max, var, PF, Hz, secuencia de fase.
- Variables de cada fase: VLL, VLN, A, VA, W, var, PF
- Medidas de energía: kWh y kvarh totales y parciales o basados en 4 tarifas distintas; medidas de cada fase
- Lecturas de gas, agua fría, agua caliente, kWh de calefacción mediante control remoto
- Contador horario (6+2 dig.)
- Valor TRMS de tensión/intensidad de ondas distorsionadas
- Autoalimentación (entradas AV2-AV9)
- Alimentación auxiliar (entradas AV5-AV6)
- 3 entradas digitales para selección de tarifa, sincronización DMD o lecturas de gas/agua (caliente-fría) y lectura remota de calefacción (opcional)
- 2 salidas digitales por pulsos proporcionales a valores de energía o de alarma, o para una combinación de ambas

Descripción del Producto

Analizador de energía trifásico con joystick incorporado y display de datos LCD; especialmente indicado para medidas de energía activa y reactiva y asignación de costes. Caja para montaje a

carril DIN con grado de protección (frontal) IP50. Conexión directa de hasta 65A y por medio de transformadores externos de intensidad y tensión. Además, el medidor puede incorporar salidas

digitales, que pueden ser utilizadas como salidas digitales, proporcionales a la energía activa (generada y consumida) y reactiva medidas, o como salidas de alarma. Otras alternativas son el

puerto de comunicación RS485 y 3 entradas digitales o el puerto Dupline y 3 entradas digitales o el puerto de comunicación M-bus, disponibles como opción

STANDARD

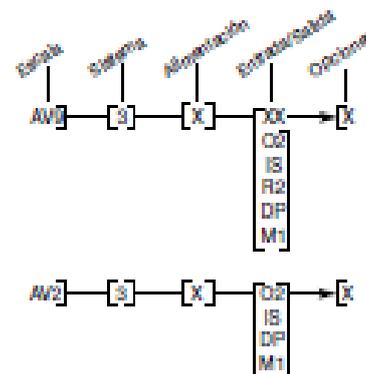
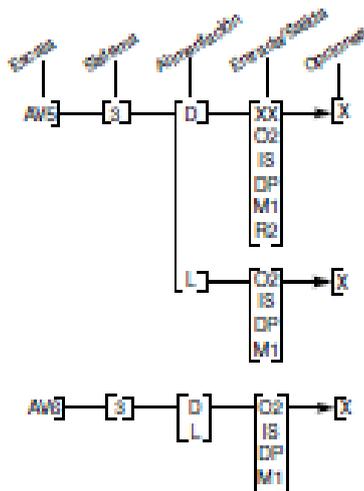
Sin certificación MID. No puede usarse para metrología fiscal (legal).

Código de pedido EM24 DIN AV5 3 D O2 X

Modelo _____
 Código de escala _____
 Sistema _____
 Alimentación _____
 Entrada/Salida _____
 Opciones _____

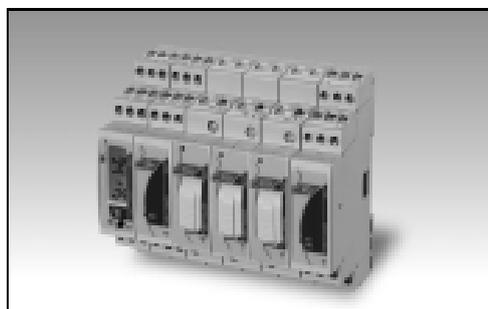
Selección del Modelo para versión estándar

Códigos de escala	Sistema	Alimentación	Entrada/Salida
AV5: 400V _L CA - 1/5 (10)A (conexión mediante CT) V _L : 160V - 480V _L V _L : 277V - 830V _L	3: Carga equilibrada y desequilibrada: Trifásico, 4 hilos; Trifásico, 3 hilos; E trifásico, 3 hilos; Monofás., 2 hilos	X: Autoalimentación (Ver "las especificaciones de alimentación")	XX: Ninguna O2: Dos salidas de colector abierto (dos salidas digitales o una salida digital + una salida de alarma o dos salidas de alarma)
AV6: 208V _L CA - 1/5(10)A (conexión mediante VT/PT y CT) V _L : 40V - 144V _L V _L : 70V - 250V _L		L: 18 a 60VCA/DC (48 a 62Hz) D: 115/230 VCA (48 a 62Hz)	R2: Dos salidas de relé (funcionan como "O2")
AV2: 400V _L CA 10(35)A (conexión directa) V _L : 110V - 285V _L V _L : 190V - 480V _L		IS: 3 entradas digitales para selección de tarifa o medidas de Gas/ Agua/calentación remota + puerto RS485	
AV3: 400V _L CA - 10(35)A (conexión directa) V _L : 184V - 270V _L V _L : 318V - 480V _L		Opciones	
	NOTA: consultar la disponibilidad del código en las tablas de verificación antes de realizar el pedido	X: Ninguna	DP: Puerto Dupline más 3 entradas digitales para medidas Gas / Agua / calentación remota M1: Puerto M-bus



Gestión y Control de Energía Control para aplicaciones solares fotovoltaicas (FV) Modelo Eos-Array

CARLO GAVAZZI



- Sistema modular de control local para las instalaciones de paneles fotovoltaicos
- Configuración máxima de 17 módulos DIN equivalentes a 280mm
- Software freeware EoS-ArraySoft para una configuración fácil
- Eos-Array está formado por un máximo 17 módulos (sin tener en cuenta los módulos VMU-M y VMU-1)
- Eos-Array gestiona, además de una unidad maestro VMU-M, hasta:
 - 1 unidad VMU-P;
 - máx. 15 unidades VMU-S;
 - máx. 7 unidades VMU-O;
 - máx. 1 unidad VMU-1.

VMU-M, Módulo maestro y registro de datos



- Capacidad de comunicación maestro
- Puerto de comunicación RS485 (Modbus)
- Gestión del bus de comunicación hasta 15 unidades VMU-S, VMU-P y VMU-O combinadas
- Dos entradas digitales
- Dos entradas de temperatura: Pt100 o Pt1000
- Puntos de consigna de alarma virtual o real que pueden ser asociados a cualquier variable disponible
- Sistema de registro de eventos y de datos con fecha y hora
- Lectura en display: 6 dígitos
- Alimentación de 12 a 28 VCC
- Dimensiones: 1 módulo DIN
- Grado de protección (frontal): IP40

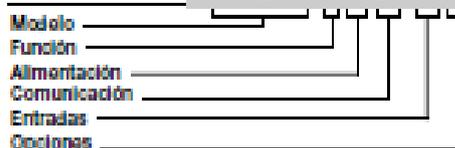
Descripción del producto

Eos-Array es una combinación de módulos que realizan un control completo de una planta fotovoltaica. La unidad principal es VMU-M que gestiona el bus local de las unidades de medición VMU-S y VMU-P y de la unidad de E/S VMU-O. VMU-M asigna automáticamente la dirección de la unidad local (hasta 15 unidades) y recoge todas las mediciones locales que proceden de las unidades de medición VMU-S y VMU-P. VMU-M puede pro-

porcionar por medio de los módulos VMU-O dos salidas de relé para la gestión de alarmas y/o las cargas externas (como un sistema de alumbrado; un sistema de lavado del módulo etc.) y dos entradas de temperatura. Estas dos últimas entradas de medición pueden también convertirse, según sea la función programada, en dos entradas digitales. Se presenta en caja a carril DIN, grado de protección IP40 (frontal).

Código

VMU-M 4 A S1 T2 X



Selección del Modelo

Función	Alimentación	Comunicación	Entradas
4: Almacenamiento de datos 4Mbyte (*)	A: De 12 a 28VCC(*)	S1: RS485 Modbus (*)	T2: dos entradas de temperatura o dos entradas digitales para contactos libres de potencial (*)
Opción	(*) estándar.		
X: Ninguna			

VMU-1, unidad de aislamiento reforzado



- Unidad de aislamiento reforzado para aplicaciones donde es necesario un aislamiento de entradas de medida del VMU-S superior a 800VCC.
- Ampliación de aislamiento respecto a tierra de 800VCC (sin VMU-1) a 1000VCC
- Dimensiones: 1 módulo DIN
- Grado de protección (frontal): IP40

Descripción del producto

La unidad VMU-1 permite aumentar el aislamiento de la entrada de medida de tensión respecto a tierra de 800VCC a 1000VCC. El módulo VMU-1 debe instala-

arse entre el primer VMU-S y el resto de módulos VMU. Se presenta en caja a carril DIN con grado de protección IP40 (frontal).

Código

VMU-1 1000

Modelo estándar

Selección del Modelo

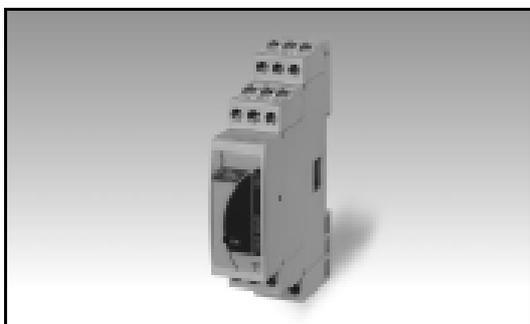
Modelo estándar

Tensión de aislamiento 1000V:

Reforzo de la entrada de medida de tensión respecto a tierra desde 800VCC (sin módulo) hasta 1000VCC.

Nota: se necesita solo un módulo VMU-1 por cada grupo de Eos-Array.

VMU-P, unidad de variables ambientales



- Mediciones: temperatura de módulos fotovoltaicos, temperatura del aire, irradiancia solar y velocidad del viento
- Dos entradas de temperatura: Pt100 o Pt1000
- Una entrada de 120mV CC o 20mA CC con capacidad de escala para medición de la irradiancia
- Una entrada de pulsos para medición de la velocidad del viento
- Bus de comunicación auxiliar a la unidad VMU-M
- Alimentación auxiliar de la unidad VMU-M
- Dimensiones: 1 módulo DIN
- Grado de protección (frontal): IP40

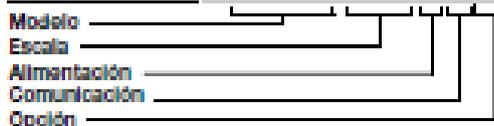
Descripción del producto

Unidad de medición de las variables ambientales adecuada para medir la temperatura del panel fotovoltaico, la temperatura del aire, la irradiancia solar y la velocidad del viento en aplicaciones solares fotovoltaicas.

Además, la unidad está provista de un bus de comunicación que se gestiona por medio del módulo adicional VMU-M. Se presenta en caja a carril DIN con grado de protección IP40 (frontal).

Código

VMU-P 2TIW X S X



Selección del Modelo

Escala	Alimentación	Comunicación	Opción
<p>2TIW: Dos sondas de temperatura tipo "Pt", entradas de medición mV de la irradiancia solar y velocidad del viento (*)</p> <p>2TCW: Dos sondas de temperatura tipo "Pt", entradas de medición mA de la irradiancia solar y velocidad del viento (*)</p>	<p>X: Autoalimentación de 12 a 28VCC, desde la unidad VMU-M</p>	<p>S: Bus de comunicación auxiliar, sólo compatible con el módulo VMU-M (*)</p>	<p>X: Ninguna</p>

(*) estándar

VMU-AT, sensor antirrobo para VMU-O con opción "AT"

- Sensor de fibra óptica de plástico
- Distancia de detección hasta 200m
- Salida estática compatible con opción VMU-O "AT"
- Alimentación auxiliar desde la opción VMU-O "AT"
- Dimensiones: caja 14 x 31 x 73 mm
- Grado de protección (frontal): IP50

Descripción del producto

Sensor antirrobo para conexión con fibra óptica para su uso con el módulo de E/S VMU-O "AT" para aplicaciones de antirrobo en los paneles fotovoltaicos, uniendo todos los paneles con la fibra

óptica (de plástico de 2,2mm). La distancia máxima del lazo que el sensor puede cubrir es 200m. Se presenta en caja a carril DIN con grado de protección IP50 (frontal).

Código**VMU-AT X P M C X**

Modelo _____
 Alimentación _____
 Fibra de plástico _____
 Distancia de detección de 200m _____
 Salida _____
 Opción _____

Selección del Modelo

Alimentación	Fibra óptica	Distancia de detección	Salida
X: Autoalimentación de 12 a 28VCC, desde la unidad VMU-O "AT"	P: De plástico (*)	M: 200m (*)	C: Colector abierto
			Opción
			X: Ninguna

(*) estándar.

Selección del Modelo**Código****PFO22 1000**

PFO22-1000 es un cable de fibra óptica de plástico hecho específicamente para el sensor VMU-AT y se

suministra con una longitud de 1000m. La temperatura de trabajo es de -55 a 70°C.

Modelo _____
 Longitud del cable de fibra óptica: 1000m _____

Selección del Modelo (Antirrobo)

Alimentación	Entradas	Salidas	Opción
X: Autoalimentación de 12 a 28VCC, desde la unidad VMU-M	I3: Tres entradas digitales (*)	R1: Una salida de relé (*)	AT: compatibilidad antirrobo

Nota: en el caso de "Aplicación antirrobo" cada Eos-Array puede gestionar la combinación de un módulo VMU-O.X.I3.R1.AT y hasta tres módulos VMU-O.X.I2.R2.X.

(*) estándar.

