

4.7%

Fecha: 2021-04-01 07:43 ECT

* Todas las fuentes 34 | Fuentes de internet 12 | Documentos propios 9

✓ [0]	👤 "EDGAR MARCELO ESTRELLA CELI.DOC" fechado del 2021-01-15 0.1% 10 resultados
✓ [1]	👤 "ARTICULO CIENTIFICO (Ortiz - Tigse).docx" fechado del 2020-11-09 0.1% 10 resultados
✓ [2]	👤 "PAPER FINAL CHAUCALA - NAZATE.docx" fechado del 2020-11-25 0.1% 10 resultados
✓ [3]	👤 "ANÁLISIS POR MEDICIÓN TÉCNICA DE UN CIRCUITO DE TIRISTOR RESPUESTA DE CARGA, BLOQUEO Y TRANSMISIÓN(GRAN 0.1% 10 resultados
✓ [4]	👤 "Paper final Alexis Ayala.docx" fechado del 2021-01-15 0.0% 10 resultados
✓ [14]	🌐 www.electricaplicada.com/cargas-no-lineales/ 1.5% 3 resultados
✓ [16]	🌐 repository.unilbre.edu.co/bitstream/handle/10901/9814/Tesis Maestría Nayiver Rodriguez 2016-28.pdf?sequence=1&isAllowed=y 0.7% 4 resultados
✓ [17]	🌐 repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3289/1/Constanzo Zúñiga, Rodrigo Alejandro.pdf 0.5% 4 resultados
✓ [18]	🌐 www.electricaplicada.com/normatividad-y-reglamento/ 0.5% 2 resultados
✓ [19]	🌐 core.ac.uk/download/pdf/211107164.pdf 0.4% 3 resultados
✓ [20]	🌐 docplayer.es/13550256-Diseno-didactico-de-convertidores-cd-ca-a-inversor-monofasico.html 0.5% 2 resultados
✓ [21]	👤 "Diseño de un generador solar fotovoltaico de tipo domestico con almacenamiento de energia-Milton Cuchiparte-Jose Rojas.docx" fec 0.4% 3 resultados
✓ [22]	👤 "COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.pdf" fechado del 2020-03-28 0.3% 4 resultados
✓ [24]	👤 "GUIA DIDACTICA ENERGIAS ALTERNATIVAS_DUAL_DANIEL ANDAGOYA.docx" fechado del 2020-06-12 0.2% 2 resultados
✓ [26]	🌐 www.coursehero.com/file/50321256/322720432-Lab-9-Armonicodocx/ 0.3% 2 resultados
✓ [27]	🌐 1library.co/document/q5139e7y-autoconsumo-en-los-sistemas-fotovoltaicos.html 0.3% 2 resultados
✓ [29]	🌐 futureenergyweb.es/page/579/?lang=en/tag/natural-gas-en/page/3/?lang=en 0.1% 1 resultados
✓ [30]	🌐 xdocs.cz/doc/mt342-24206-circuitos-electronicos-de-pot-vo9mwrqk4p8j 0.2% 1 resultados
✓ [31]	🌐 core.ac.uk/download/pdf/233005467.pdf 0.1% 1 resultados
✓ [32]	🌐 www.scribd.com/document/450896750/MT-3-4-2-242-06-CIRCUITOS-ELECTRONICOS-DE-POT 0.2% 1 resultados
✓ [33]	👤 "DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO TIPO DOMESTICO SIN ALMACENAMIENTO DE ENERGIA-Kleber Cabascango -Jes 0.2% 1 resultados

23 páginas, 4868 palabras**Nivel del plagio: 4.7% seleccionado / 7.2% en total**

33 resultados de 34 fuentes, de ellos 13 fuentes son en línea.

Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios, Comparar con mis documentos en el repositorio de la organización, Comparar con el repositorio de la organización*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: 3 - *secure.plagscan.com; secure.plagscan.com/2/4959ddaa-0d88-438e-999e-61f27076eb36; www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica*

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
CENTRAL TÉCNICO



CARRERA DE ELECTRICIDAD

TEMA:

RESPUESTA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ANTE LA PRESENCIA DE EQUIPOS QUE
POSEEN ELEMENTOS NO LINEALES.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTRICIDAD

ARMIJOS CORTEZ CECILIA ALEJANDRA.
JIMÉNEZ ÁLVAREZ JOSÉ LUIS.

Asesor:

ING. SANTIAGO R. PÉREZ M.

QUITO, MARZO DEL 2021.

© Instituto Superior Tecnológico Central Técnico (2021).
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo Armijos Cortez Cecilia Alejandra, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológico Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Armijos Cortez Cecilia Alejandra

DECLARACIÓN

Yo Jiménez Álvarez José Luis, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológico Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Jiménez Álvarez José Luis

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Armijos Cortez Cecilia Alejandra y Jiménez Álvarez José Luis, bajo mi supervisión.

Ing. Santiago Rogelio Pérez Mora

TUTOR DE PROYECTO

Response of the Photovoltaic System to the Presence of Equipment that Have Non-Linear Elements.

Respuesta del Sistema Fotovoltaico Ante la Presencia de Equipos que Poseen Elementos No Lineales.

Cecilia Armijos Cortez¹ José Jiménez Álvarez² Santiago Pérez Mora³

¹Carrera Tecnología en Electricidad, TSCT, Quito, Ecuador
E-mail: ca.armijos24@gmail.com

²Carrera Tecnología en Electricidad, TSCT, Quito, Ecuador
E-mail: jluis_2280@yahoo.com

³Carrera Tecnología en Electricidad, TSCT, Quito, Ecuador
E-mail: sperez@istct.edu.ec^[16]

RESUMEN

El artículo presenta la incidencia de equipos que despliegan elementos no lineales en un sistema fotovoltaico trifásico, conectado a la red de distribución eléctrica, diferenciado en condiciones iniciales (sin cargas eléctricas) y variantes de carga RL - RC que se han incrementado en las instalaciones residenciales.

Se muestra los principios de funcionamiento y componentes relacionados a la conexión a la red con el Sistema Fotovoltaico Trifásico (SFT); de cada etapa de composición del SFT. Específico en la "eficiencia del inversor" (DC - AC), con cargas conectadas en serie (configuración estrella), al nivel de tensión de funcionamiento.

La eficiencia del inversor dentro de los resultados obtenidos refleja que se modifica, por el tipo de carga y parámetros ambientales que se presenten como la irradiación y nubosidad.

Palabras clave— Sistema fotovoltaico, elementos no lineales, inversor trifásico.

ABSTRACT

The article presents the incidence of equipment that deploys non-linear elements in a three-phase photovoltaic system, connected to the electrical distribution network, differentiated in initial conditions (without electrical charges) and RL - RC load variants that have increased in residential installations.

The operating principles and components related to the connection to the grid with the Three-Phase Photovoltaic System (SFT) are shown; of each stage of composition of the SFT. Specific in "inverter efficiency" (DC - AC), with loads connected in series (star configuration), at the operating voltage level.

The efficiency of the inverter within the results obtained reflects that it is modified by the type of load and environmental parameters that are present such as irradiation and cloudiness.

Key words— Photovoltaic system, non-linear elements, three-phase inverter.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de investigación se enfoca en la respuesta que presenta el Sistema Fotovoltaico ante la presencia de equipos que poseen elementos no lineales.

Se verifica el comportamiento del Sistema Fotovoltaico, enfocado en la eficiencia del inversor trifásico, durante el proceso de transformación, además de inutilizar la energía en forma de calor, la eficiencia del 80%, quiere decir que el 20% de la energía que generan los paneles se pierde. (Hurtado, 2019)

Con el desarrollo de un sistema trifásico de generación eléctrica renovable (generación fotovoltaica) se enfoca en abastecer cargas, con elementos no lineales (inductancias – capacitancias), conectadas de forma simétrica.

Al analizar la problemática, es obligatorio mencionar sus causas. La cual es la deformación de la tensión, que son distorsiones en la red provocadas por las cargas (armónicos), el inversor industrial (DC – AC) igualmente considerado como una carga.

2. SISTEMA FOTOVOLTAICO.^[16]

Entre los sistemas de generación de energía eléctrica renovable mediante la irradiación solar se dispone de tres tipos:

- Sistema térmico
- Sistema termodinámico
- Sistema fotovoltaico

Este último sistema, es uno de los más difundidos y utilizados en nuestro país. (Ainfar, 2018)

La energía solar fotovoltaica es aquella que se transforma directamente en luz solar (irradiación)

en energía eléctrica, principalmente basado en tecnología de efecto fotovoltaico. Cuando la radiación solar golpea una superficie de una celda fotovoltaica, crea una diferencia de potencial entre las dos superficies, lo que hace que los electrones salten de una posición a otra, generando así corriente eléctrica. (Lata & Sánchez, 2020, pg. ^[27]38)

Entre los componentes del sistema fotovoltaico tenemos:

2.1 INVERSOR^[2]

Una parte fundamental de un sistema de generación fotovoltaica es el convertidor de corriente directa (DC) a corriente alterna (AC) más conocido como “INVERSOR”, el cual se emplea para conectar los paneles fotovoltaicos con las cargas y/o a la red eléctrica. (González, 2019)^[20]

Su funcionamiento está basado en la conmutación sincronizada de interruptores unidireccionales (BJT's, MOSFET's o IGBT's)^[20]. Buscando proporcionar voltajes de salida que disminuyan el contenido armónico (Verduzco, 2020).

“El principio básico consiste en convertir la corriente directa con voltaje nominal de doce o veinticuatro voltios de corriente continua (12-24 Vcc) a una onda con frecuencia de cincuenta Hertz (60 Hz) y un voltaje de 400 volts de corriente alterna” (Editores S.R.L, 2017)

A su vez, los inversores se clasifican según dos parámetros dados:

- ^[17]• Potencia nominal de salida
- Tipo de onda: cuadrada, senoidal, sinusoidal modificada (cuasi senoidal)

Desde los paneles solares se derivan señales cuadradas que hacen ingresar muchas modificaciones sobre las cargas que el inversor alimenta. La selección de un buen inversor logrará

reducir la señal de salida y tendrá “una forma mucho más suave aproximándose lo más posible a la senoidal. Una de las principales ventajas de un inversor con más de una etapa o nivel es la reducción de perturbaciones sobre la carga tanto en tensión como en corriente”. (Cortés, Gómez, Betancur, Carvajal, & Guerrero, 2020)

Este inversor fotovoltaico (CO3208-1N), carente de transformador, ha sido especialmente diseñado para suministrar alimentación a la red trifásica de corriente. El equipo CO3208-1N Inversor Trifásico posee una pantalla gráfica que permite la visualización de los valores energéticos, las potencias actuales y los parámetros de servicio del sistema fotovoltaico. (Lucas-Nülle LabSoft, 2018)

Tabla 1: Especificaciones Técnicas Inversor Fotovoltaico CO3208-1N

ENTRADA FOTOVOLTAICA (DC)	Voltaje	250-1000V
	Voltaje de punto máximo de potencia (MPP)	300-800V
	Corriente máxima	11A
SALIDA (AC)	Voltaje	3*230V
	Frecuencia	50/60Hz
	Factor de potencia	0.81
	Corriente máxima	7A
	Potencia máxima	3200W

Fuente: (Lucas-Nülle LabSoft, 2018)

2.2 PANEL FOTOVOLTAICO

Un panel fotovoltaico es un conjunto de placas rectangulares, formada por células fotovoltaicas cubiertas por un marco de vidrio y aluminio

anodizados.^[27] Mediante el uso de semiconductores se convierte la energía solar (radiación) en energía eléctrica de corriente continua. (Grijalva & Vélez, 2020)

El emulador de planta de energía solar (CO3208-1P) de Lucas-Nülle consiste en una fuente controlada de alimentación de corriente continua. Un algoritmo especial de control se encarga de que la respuesta de la corriente y la tensión sea analógica a la de los módulos fotovoltaicos. Cuando se interactúa con el inversor fotovoltaico este se comporta como lo haría un equipo de una instalación real. (Lucas-Nülle LabSoft, 2018)

Tabla 2: Especificaciones Emulador de planta de Energía Solar CO3208-1P7

ENTRADA DE CORRIENTE ALTERNA	Tensión de red	90V - 264V CA
	Frecuencia de red	50Hz / 60Hz
SALIDA DE CORRIENTE CONTINUA	Tensión de salida	0 - 50V CC
	Corriente de salida	10 A
	Potencia máxima	1500W

Fuente: (Lucas-Nülle LabSoft, 2018)

2.3 ELEMENTOS NO LINEALES

Son los que su impedancia cambia con la tensión aplicada.^[14] La impedancia cambiante significa que la corriente consumida por la carga no lineal no será sinusoidal incluso cuando esté conectada a un voltaje sinusoidal.^[14] (Eléctrica aplicada, 2020) Estas corrientes no senoidales contienen corrientes armónicas que interactúan con la impedancia del sistema de distribución de energía, para crear una distorsión de voltaje que puede afectar tanto al equipo del sistema de distribución como a las cargas conectadas a él. (Cruceira, 2019)

En la actualidad, el uso de varios sistemas electrónicos en la red ha provocado distorsiones de voltaje y corriente. Esto conducirá a una calidad de energía insuficiente, que es un factor muy importante para el funcionamiento exitoso de varias cargas. La calidad de la energía puede entenderse como el bajo nivel de interferencia en la red, es decir, la mínima distorsión armónica, cambio de voltaje, interrupción y sobretensión en el suministro, recepción o uso de energía. (Esparza, Mata, & Castañeda, 2006)

Las cargas industriales, comerciales y residenciales utilizan una gran cantidad de controles basados en equipos electrónicos de potencia, y los equipos electrónicos de potencia son la fuente de distorsión armónica en la red.

Principales Fuentes Emisoras de Armónico. Podemos establecer las siguientes 4 categorías (Esparza, Mata, & Castañeda, 2006):

1. **Dispositivos electrónicos de potencia** (convertidores, rectificadores, etc.)
2. Dispositivos productores de arcos eléctricos (hornos de arco, luz fluorescente, máquinas soldadoras, etc.)
3. **Dispositivos ferromagnéticos** (transformadores, motores de inducción, etc.)
4. **Motores eléctricos que mueven cargas de par bruscamemente variable** (molinos de laminación, trituradoras, etc.)

3. METODOLOGÍA E INSTRUMENTACIÓN

Los equipos que se incluyen en la investigación son:

Tabla 3: Elementos utilizados

CÓDIGO	MÓDULO
CO3212-5U7	Fuente de alimentación
CO3301-3F	Carga resistiva trifásica
CO5127-1S	Medidor de calidad de energía
CO3208-1N7	Inversor trifásico fotovoltaico
CO3208-1P7	Emulador de planta de energía solar
CO3301-3P	Transformador trifásico de regulación
CO3301-3N	Transformador trifásico de aislamiento
CO3208-1N7A	Estación de transformación
CO3208-2L	Panel de conexión del sistema de acumulación
CO3301-3E	Carga capacitiva
CO3301-3D	Carga inductiva

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Iniciando la conexión red trifásica de suministro y la fuente de alimentación de 220V con la estación de transformación de (200V / 400V) seguido por el transformador trifásico de regulación y al transformador de aislamiento (400V / 400V) se enlaza al sistema de acumulación en el cual interactúan con el sistema fotovoltaico compuesto por el emulador de planta de energía y transformación de DC a AC el inversor trifásico.

El nivel de tensión a 450V (tensión de funcionamiento del inversor), se desarrolla en el módulo CO3208-1N7 con el ingreso en sincronía con la red trifásica de suministro.

Para verificar la eficiencia del inversor se mide sin carga, para tomar los primeros datos se confirma datos de placa con datos medidos. La máxima irradiación que simula el emulador de planta de energía solar es de 1000W/m² (100%)

Recoger información al 100%, 75%, 50% y 25% de irradiación, con el máximo (8) de paneles activados del emulador de planta de energía solar. Se tomaron 61 datos de tensión (V), corriente (A), potencia (W), frecuencia (F), porcentaje total de armónicos distorsionados (THD%) de cada línea con una frecuencia de 5 segundos por 5 minutos a 60Hz.

Se verifica el estado de la red de suministro, si es mayormente capacitiva o inductiva, se recaban datos cuando la red es netamente capacitiva, en ese momento, la industria utiliza reactivos así que se inyecta capacitivos a la red para compensar la potencia reactiva utilizada.

Una vez tomados los datos del SFT sin carga, activar la carga RL (carga resistiva variable y carga inductiva trifásica), mantener la carga resistiva constante y variar la carga inductiva, al terminar enlazar la carga RC (carga resistiva variable y carga capacitiva trifásica), manteniendo la carga resistiva constante y variando la carga capacitiva. En las dos conexiones se mantiene irradiación del 100%.

Las cargas RL y RC se conectaron en serie configuración estrella, se utilizó esta configuración ya que el análisis se centra en la eficiencia del inversor y la conexión de las cargas no afecta al consumo de potencia.

La investigación se desarrolla en las instalaciones del laboratorio "ENERGÍAS ALTERNATIVAS" de la carrera de Electricidad del INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR CENTRAL TÉCNICO (ISTCT).

4. RESULTADOS

Los datos iniciales (Tabla 4) de condición inicial, para determinar la eficiencia del inversor desde la alimentación de la red de distribución eléctrica y de los paneles fotovoltaicos hacia el inversor trifásico CO3208-1N.

El conectar el módulo (CO3208-1N) inversor trifásico con la red, el equipo se reservó sin carga obteniendo:

Tabla 4: Datos iniciales del equipo sin carga

Hora	Red netamente	Irradiación (%)	Voltaje (V)	Corriente (A)	PDC (W)	PAC(W)
10:44	Capacitiva	100	447.8	1.8	1439	1390.5
10:58	Capacitiva	75	438.8	1.38	1079	1036.3
11:05	Inductiva	50	423.5	0.95	719	680.9
11:21	Capacitiva	25	411.9	0.48	360	323.35

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Al conectar la carga RL:

Tabla 5: Datos con carga RL

Resistencia (Ω)	Inductancia (H)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Q(VAR)	PDC (W)	PAC(W)
750	1.2	445.9	1.56	3.9	1439	1201.3
750	1.6	446.6	1.6	16.57	1439	1231.4
750	2	448.6	1.6	15.22	1439	1255.3

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Continuo conectar la carga RC:

Tabla 6: Datos con carga capacitiva

Resistencia (Ω)	Capacitancia (uF)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia reactiva (VAR)	PDC (W)	PAC(W)
750	2	454.7	1.7	-228.92	1439	1320.4
750	4	450.4	1.6	-235.68	1439	1236.7
750	8	446.1	1.5	-190.89	1439	1165.9

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 EFICIENCIA DEL INVERSOR

Al verificar la eficiencia del inversor, iniciales, teóricas y prácticas bajo condiciones de irradiación del 100%, la diferencia del 2% se presenta por la naturaleza de la red eléctrica de distribución y la condición que el inversor se considera una carga y al serlo, esta varía en función de la potencia consumida por la misma.

Tabla 7: Comparación entre datos técnicos y prácticos del inversor trifásico

	Irradiación (%)	PDC (W)	PDA (W)	np (%)
E. Nominal	100	1500	1473	98.2
E. Práctica	100	1439	1390.5	96.2

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Para el cálculo de la eficiencia de conversión se utilizó la siguiente fórmula:

$$\eta_p = \left(\frac{P_{AC}}{P_{DC}} \right)$$

Ecuación 1:(Lucas-Nülle LabSoft, 2018)

donde:

η_p = Eficiencia de conversión.

P_{AC} = Potencia de corriente alterna

P_{DC} = Potencia de corriente continua suministrada por el generador solar.

La variación de eficiencia según el porcentaje de irradiación (Figura 1) se da por la potencia de corriente continua suministrada por el generador solar, a menor porcentaje de irradiación menor será la potencia que suministra el generador solar.

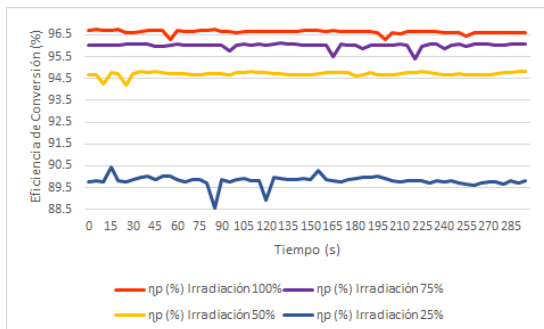


Figura 1: Eficiencia de conversión del inversor sin carga
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Los datos proporcionados por el inversor con carga

RL registró:

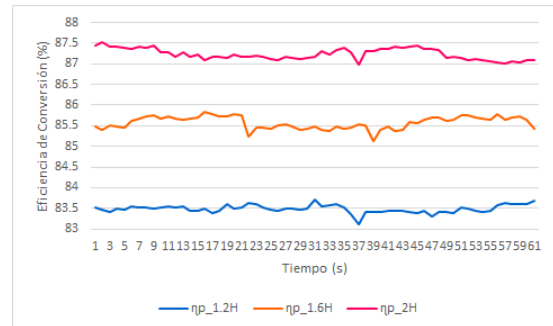


Figura 2: Eficiencia de conversión del inversor con carga RL
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

En la curva la desviación de la eficiencia de conversión con respecto a su media es de 1.54% en promedio.

Se puede visualizar que la eficiencia del inversor se incrementó mientras la carga inductiva también lo hacía, la resistencia se mantuvo constante, los datos calculados son los siguientes:

Tabla 8: Eficiencia de conversión del inversor con carga RL

Inductancia (H)	PDC (W)	PAC(W)	np (%)
1.2	1439	1201.3	83.5
1.6	1439	1231.4	85.2
2	1439	1255.3	87.2

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Así se puede decir que la carga RL es directamente proporcional con la eficiencia de conversión del inversor fotovoltaico, es decir a mayor carga mayor eficiencia.

Al momento de tener una carga inductiva la intensidad estará retrasada con respecto a la tensión

Datos entregados por el inversor con carga RC:

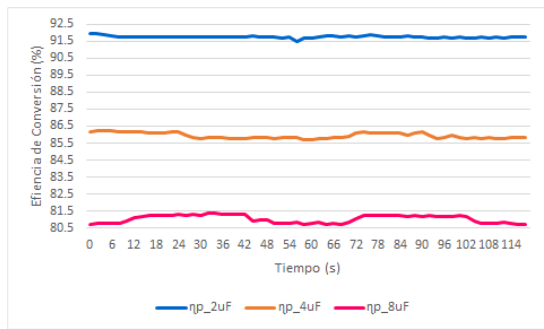


Figura 3: Eficiencia de conversión del inversor con carga RC
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

En la curva se puede visualizar que la desviación de la eficiencia de conversión con respecto a su media es de 4.40% en promedio.

Aquí se refleja que la eficiencia del inversor disminuye a medida que la carga capacitiva va aumentando, así se tiene que:

Tabla 9: Eficiencia de conversión del inversor con carga RC

Capacitancia (uF)	PDC (W)	PAC(W)	np (%)
2	1439	1320.4	91.75
4	1439	1236.7	85.9
8	1439	1165.9	81

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Cuando se tiene una carga RC va a ser inversamente proporcional con la eficiencia de conversión del inversor fotovoltaico, a mayor carga menor será la eficiencia y a menor carga mayor va a ser la eficiencia.

5.2 VARIACIÓN DE TENSIÓN Y CORRIENTES

Al visualizar la curva (Figura 4) se puede identificar que a menor carga inductiva existe mayor tensión

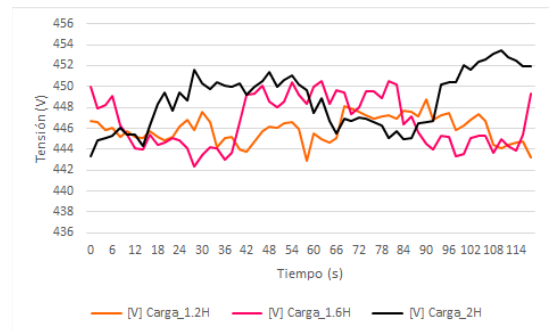


Figura 4: Variación de voltaje con carga RL
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

En la Figura 5 la tensión es menor a medida que la carga se va incrementando.

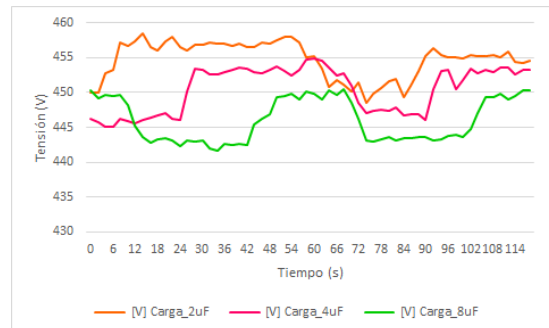


Figura 5: Variación de voltaje con carga RC
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Según Abate, S., McDermott, T., Rylander, M., Smith, J. (2015) Estas funciones describen cómo el inversor inteligente cambia su potencia de salida activa y reactiva en respuesta a cambios en el voltaje.

Por ejemplo, la función de voltios-vatios ralentiza la tasa de inyección de energía real para evitar sobretensiones en los puntos de interconexión. Función volt-var. (Abate, S., McDermott, T., Rylander, M., Smith, J. 2015)

Al aumentar la tensión por encima de V_{reg} debido a un evento de energía (como una caída de carga o un aumento en la salida activa fotovoltaica), el inversor tomará la potencia reactiva (región inductiva) y de manera similar acercará la tensión a V_{reg} . Si el voltaje cae por debajo de V_{reg} , el inversor proporciona potencia reactiva, igual que un banco de condensadores controlado por el voltaje, elevando tensión a un nivel más cercano a V_{reg} .

El parámetro de caída puede calcular cuánta potencia reactiva proporcionará o tomará el inversor por unidad de desviación de voltaje.

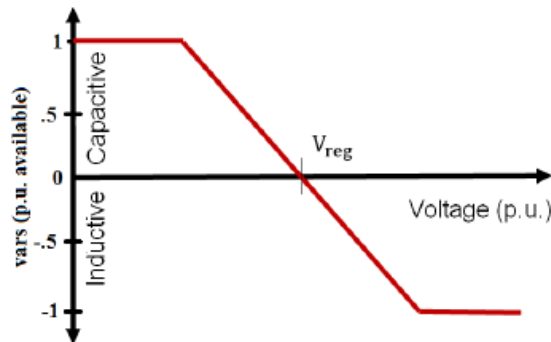


Figura 6: Curva de ajuste Volt-var

Fuente: (Abate, S., McDermott, T., Rylander, M., Smith, J., 2015)

En la siguiente gráfica se observa una desviación de 0.026A en promedio

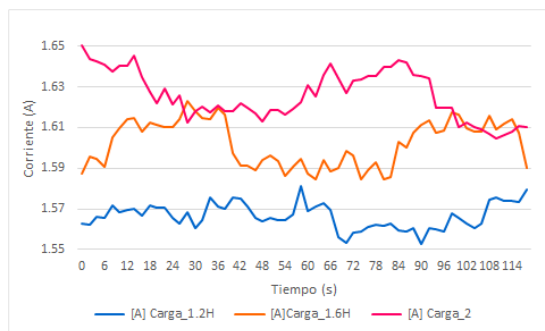


Figura 7: Variación de corriente con carga RL
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Al igual que en la carga RL la variación de corriente no es considerable, pero se tiene una desviación mayor de 0.072A en promedio.

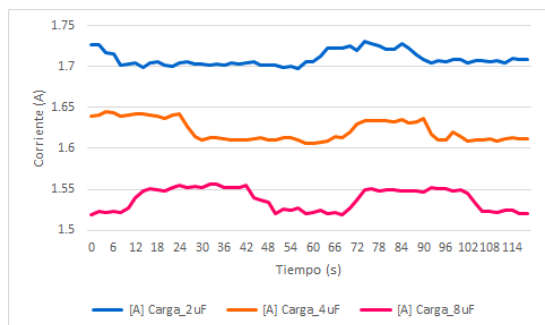


Figura 8: Variación de corriente con carga RC
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Tabla 10: Comparación de corriente con cargas distintas

	Carga RL (H)			Carga RC (uF)		
	1.2	1.6	2	2	4	8
Corriente (A)	1.56	1.6	1.62	1.71	1.62	1.53

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

5.3 THD (TOTAL HARMONIC DISTORTION - TOTAL DE ARMÓNICOS DISTORSIONADOS)

Evaluando la corriente, contamos con los siguientes datos, tomados sin carga para verificar la cantidad de armónicos que ingresan desde la red suministradora, son los siguientes. Figura 9

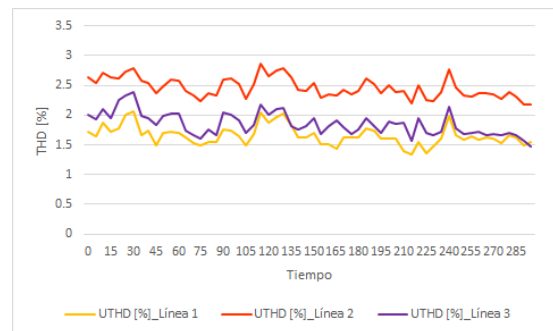


Figura 9: Porcentaje THD en las líneas (equipo sin carga)
 Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

En la tabla 8 constan datos tanto sin carga (S/C) como con carga (RL-RC)

Tabla 11: THD en cada línea (sistema con y sin carga)

	THD (%)						
	S/C	RL			RC		
		1.2H	1.6H	2H	2uF	4uF	8uF
Línea 1	1.66	1.74	1.67	1.73	1.71	1.61	1.57
Línea 2	2.47	2.47	2.35	2.38	2.32	2.18	2.12

Línea 3	1.85	1.89	1.77	1.81	1.75	1.63	1.59
---------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

La variación de THD con carga RC tiende a disminuir a medida que aumenta la carga capacitiva, a diferencia de la carga inductiva no se tiene una tendencia.

Se puede notar que la distorsión armónica cuando no se tiene carga en la línea 1 no hay una variación elevada y las distorsiones tanto en RL y RC se mantienen dentro de un rango del -1%

En la línea 1 la desviación del THD con respecto a su media es de 0.14% en promedio.

En la línea 2 la desviación del THD con respecto a su media es de 0.17% en promedio.

En la línea 3 la desviación del THD con respecto a su media es de 0.17% en promedio.

Dichas variaciones se dan tanto con carga y sin carga

CONCLUSIONES

- Cuando se presenta una carga inductiva existe mayor caída de tensión por lo tanto el voltaje baja, entretanto si la carga es capacitiva se tiene una menor caída de voltaje por ende el voltaje sube, pero la investigación se basa en la eficiencia del inversor, el cual actúa como un generador donde al tener mayor inductancia se tiene más tensión por el contrario a mayor capacitancia menor será la tensión.
- En el artículo, se evalúan la eficiencia del inversor con un emulador de planta de energía solar como fuente de CC y la conexión a la red del ISTCT. Los rendimientos se comparan para diferentes cargas manteniendo la potencia de CC suministrada por el generador solar. sin uso de acumuladores de energía. En todos

los casos se evidencia que la eficiencia no fue menor al 80%.

- Los efectos nocivos por el flujo de una distorsión en la onda fundamental (armónicos), más representativo en sistemas eléctricos de distribución, dependiendo de las cargas (RL-RC) mayoritariamente electrónica de regulación, dentro de sistemas de potencia y control.
- Menor irradiación, consideramos una caída en la eficiencia de la potencia del inversor y de paneles lo cual afecta el nivel de tensión deseado ya sea una carga RL o RC.
- Las variaciones de voltaje generan dificultad de mantener cargas eléctricas por el mal funcionamiento y los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores, etc.) y los cables de potencia se sobrecalientan, acortando su vida útil y aumentando significativamente la pérdida de energía.
- Aunque la variación de corriente no es significativa tanto en carga RL como carga RC se puede verificar que la corriente es ligeramente mayor cuando se tienen cargas RC, en cargas RL permanece casi constante.
- La importancia de verificar los equipos antes de realizar una conexión híbrida, para que los instrumentos a interferir puedan funcionar correctamente y no se vean afectados por corrientes parásitas (armónicos).
- El laboratorio de energía renovable no tiene la capacidad para conectar equipos que poseen elementos no lineales como rectificadores, convertidores, hornos de arco, soldadoras, entre otros, por dicha razón se conectan elementos que se encuentran con más frecuencia en los equipos electrónicos.

- Al ser una forma dependiente del sol los datos aquí en esta investigación se realizaron al 100% con la finalidad de tener datos más certeros, pero se debería tomar en cuenta que el clima en la ciudad de Quito y en el sector del Inca no es todo el tiempo a ese porcentaje.
- Los inversores que se utilizan para conectarse a la red suelen requerir requisitos más altos, como (desconexión en caso de pérdida de la red, protecciones, estabilidad de tensión de salida) por lo que el dispositivo debe seleccionarse correctamente.^[0]
- El inversor no solo tiene la función de conversión CA / CC, sino que también tiene la función de maximizar el rendimiento de la celda solar y proteger el sistema de fallas.

REFERENCIAS

Abate, S., McDermott, T., Rylander, M., Smith, J. (2015). Smart inverter settings for improving distribution feeder performance. Reunión General de la Sociedad de Energía y Energía IEEE 2015. <https://doi.org/10.1109/PESGM.2015.7286560>

Ainfar.^[4] (16 de Julio de 2018). ¿Cuáles son las fuentes de energía renovables más utilizadas en nuestro país? Obtenido de Ainfar: <https://ainfar.net/blog/cuales-las-fuentes-energia-renovables-mas-utilizadas-pais>

Blog TecnoSol. (26 de Agosto de 2016). Baterías para energía solar. Conceptos y tipos de baterías. Energía Solar baterías. Obtenido de Blog TecnoSol: <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>

Cortés, C., Gómez, G., Betancur, F., Carvajal, S., & Guerrero, N. (2020).^[16] **Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con micro inversores: caso de estudio Manizales.** Revista Tecnológicas, 47(23) 1-21. <https://doi.org/10.22430/22565337.1403>

Crucerira, E. (2019).^[19] **Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica** [Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de Trabajo de Grado: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10103/2/04%20MEL%20076%20TRABAJO%20RADO.pdf>

Department of Electrical Engineering. (Septiembre 2012). Design and evaluation of solar inverter for different power factor loads. Energy and Power Engineerig. <http://dx.doi.org/10.4236/epe.2012.45042>

Editores S.R.L. (2017). Inversores de corriente para sistemas fotovoltaicos. Revista Ingeniería Eléctrica, 326, 54-57. https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie326_estabilizadores_work_inversores_corriente.pdf

Eléctrica aplicada. (2020).^[14] **¿Qué son cargas no lineales, qué problemas generan y que dice la Norma?** Obtenido de <https://www.electricaplicada.com/cargas-no-lineales/#:~:text=Una%20carga%20se%20considera%20no,cambia%20con%20el%20voltaje%20aplicado.&text=Su%20proliferaci%C3%B3n%20los%20ha%20convertido,de%20varios%20tipos%20de%20equipos>

Esparza, M. Mata, A, & Castañeda, Antonio, A (2006). Las cargas no lineales, su Repercusión en las Instalaciones Eléctricas y sus Soluciones. Conciencia Tecnológica, (32), 0. [Fecha de Consulta 27 de Marzo de 2021]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403211>

González, M. (2019).^[33] **Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica.** Revista Universitarios Potosinos, 24-29. <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Dieciseis/universitarios%20potosinos%20238.pdf#page=26>

Grijalva, C., & Vélez, F. (2020). Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero. [Trabajo de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana] Obtenido de Trabajo de Grado: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>

Hurtado, C. (21 de Febrero 2019). Inversores. Obtenido de Energías Renovables: <https://quelepasaamicasa.com/energias-renovables/inversores/>

INVERSORA. (5 de Febrero de 2018). Eficiencia de conversión del inversor. Obtenido de INVERSORA. https://es.hfjnge.com/blog/inverter-conversion-efficiency_b94

Lata, M., & Sánchez, A. (12 de Octubre de 2020). Análisis de calidad de energía eléctrica de un sistema hospitalario básico [Trabajo de titulación, Universidad de Cuenca]. Recuperado el 19 de Enero de 2021.

Lucas-Nülle LabSoft. (2018). Eficiencia del inversor. Obtenido de LabSoft.

Lucas-Nülle. (2018). CO3208-1N Inversor Trifásico. Obtenido de LabSoft.

Plantas Eléctricas. (17 de Noviembre 2017). Qué es y cómo detectar un armónico. Obtenido de Plantas Eléctricas: <https://www.luzplantas.com/que-es-y-como-detectar-un-armonico/>

Pilco, D., & Jaramillo, J. (2008). Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles. Obtenido de <https://www.utpl.edu.ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/renlux-paneles-fv.pdf>

Verduzco, J. (6 de Abril de 2020). Inversor de CC (12v) a AC (120v). Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica del Bicentenario

ANEXOS

Las mediciones tomadas se las pasamos al programa Excel para poder analizarlas y realizar las gráficas y comparaciones correspondientes

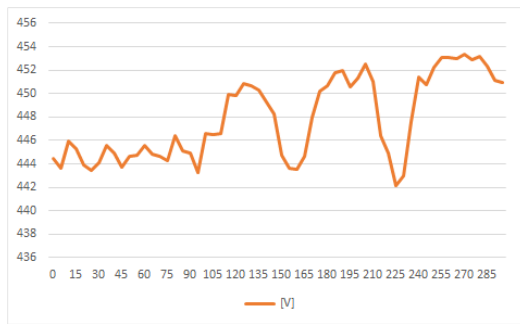


Figura 5: Gráfica de voltaje (equipo sin carga)
Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

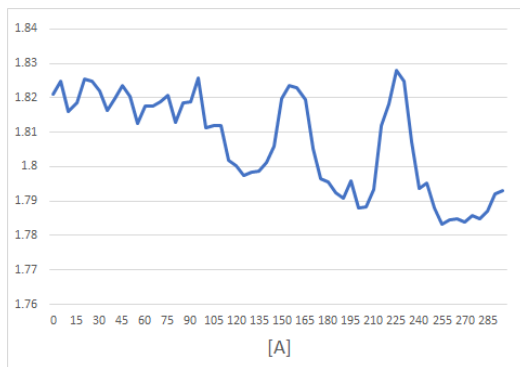


Figura 6: Gráfica de corriente (equipo sin carga)
Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

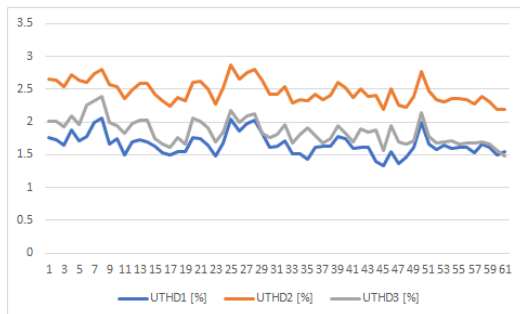


Figura 7: Porcentaje de armónicos en cada una de las líneas

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

4. Sistema fotovoltaico con carga RL

t/s	[V]	[A]	UTHD1 [%]	UTHD2 [%]	UTHD3 [%]	f [Hz]	IS [VA]	IP [W]	IQ [var]	cos φ
0	445.687	1.56576	1.47032	2.19975	1.63263	60.0412	1208.74	-1200.87	9.08762	0.999495
2	446.653	1.56277	1.61606	2.35422	1.77719	60.0412	1209.04	-1200.93	5.32869	0.993293
4	446.609	1.56234	1.63318	2.49276	1.81511	60.0412	1208.6	-1200.21	5.51023	0.993057
6	445.86	1.56631	1.63729	2.39009	1.83497	60.0412	1209.63	-1201.38	5.00972	0.993178
8	445.999	1.56581	1.65218	2.44383	1.91208	60.0412	1209.62	-1201.15	4.04639	0.992995
10	445.145	1.57142	1.85391	2.65136	2.02994	60.0508	1211.63	-1202.29	0.659219	0.992289
12	445.681	1.56819	1.69034	2.42996	1.86322	60.0508	1210.59	-1201.88	3.50307	0.992809
14	445.137	1.5695	1.60698	2.3219	1.79005	60.0508	1210.12	-1201.86	5.50041	0.993176
16	445.069	1.56976	1.65189	2.4167	1.8292	60.0508	1210.16	-1201.5	5.50838	0.992849
18	445.756	1.5664	1.5839	2.33218	1.71735	60.0508	1209.42	-1201.1	6.0559	0.993119
20	445.153	1.57166	1.91463	2.70506	2.04693	60.0494	1211.84	-1202.12	0.509756	0.991983
22	444.872	1.57082	1.68258	2.46822	1.83471	60.0494	1210.43	-1201.85	6.34872	0.992911
24	445.139	1.57051	1.68035	2.45512	1.82761	60.0494	1210.91	-1202.1	5.34783	0.992721
26	446.181	1.56563	1.69904	2.50813	1.85299	60.0494	1209.99	-1200.86	3.64502	0.992457
28	446.839	1.56279	1.7721	2.53961	1.9146	60.0494	1209.56	-1200.65	3.55488	0.992634
30	445.84	1.56812	1.84964	2.6619	2.03223	60.0434	1210.98	-1201.54	1.52036	0.992205
32	447.607	1.56033	2.00151	2.78209	2.18789	60.0434	1209.73	-1199.8	-4.9031	0.991792
34	446.597	1.56467	1.87806	2.66152	1.99885	60.0434	1210.36	-1200.8	-0.375018	0.992098
36	444.184	1.57554	1.87908	2.61137	1.97843	60.0434	1212.18	-1202.98	2.40896	0.992413
38	445.062	1.57028	1.82221	2.57741	2.00928	60.0434	1211.06	-1201.65	1.9593	0.992229
40	445.149	1.57028	1.71091	2.42921	1.85242	60.034	1210.78	-1201.93	6.00172	0.992693
42	443.999	1.57539	1.54121	2.28204	1.72773	60.034	1211.58	-1203.45	9.47732	0.993293
44	443.807	1.57494	1.51462	2.26892	1.74062	60.034	1210.69	-1202.85	9.99012	0.993524
46	444.735	1.57097	1.51029	2.286	1.68133	60.034	1210.18	-1201.99	10.383	0.993235

Figura 8: Carga 1.2H
Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

5. Sistema fotovoltaico con carga RL

t/s	[V]	[A]	UTHD1 [%]	UTHD2 [%]	UTHD3 [%]	f [Hz]	IS [VA]	IP [W]	IQ [var]	c
0	450.417	1.72658	1.56463	2.17027	1.68934	59.9972	1347.03	-1323.02	-2.17.549	
2	450.004	1.72689	1.46166	2.05997	1.60584	59.9972	1346.04	-1322.91	-213.95	
4	450.014	1.72736	1.58293	2.19082	1.6953	59.9972	1346.43	-1322.89	-216.028	
6	452.744	1.71725	1.69343	2.28952	1.75668	59.9968	1346.69	-1322.07	-211.953	
8	453.277	1.7154	1.7274	2.33367	1.7591	59.9968	1346.81	-1321.66	-224.397	
10	457.226	1.70213	1.82717	2.46142	1.87299	59.9968	1348.03	-1320.14	-235.838	
12	456.665	1.70363	1.74987	2.41157	1.84822	59.9968	1347.57	-1320.38	-233.505	
14	457.284	1.70453	1.95195	2.57398	1.97974	59.9968	1350.09	-1320.51	-241.14	
16	458.449	1.69969	1.84601	2.48262	1.94822	59.9968	1349.69	-1319.93	-243.107	
18	456.488	1.70419	1.70608	2.28355	1.7243	59.9986	1347.48	-1320.4	-232.934	
20	455.963	1.70666	1.73765	2.38095	1.78788	59.9986	1347.89	-1320.59	-233.582	
22	457.385	1.70223	1.81653	2.46644	1.93365	59.9986	1348.57	-1320.15	-238.774	
24	457.956	1.70056	1.89842	2.53048	1.98558	59.9986	1348.93	-1320.06	-240.245	
26	456.566	1.70421	1.76861	2.42424	1.86931	60.007	1347.73	-1320.46	-233.819	
28	455.977	1.70576	1.72109	2.27668	1.66192	60.007	1347.22	-1320.57	-230.998	
30	456.895	1.70302	1.69268	2.28315	1.72997	60.007	1347.76	-1320.74	-234.016	
32	456.79	1.70344	1.79654	2.47696	1.90339	60.007	1347.77	-1320.45	-234.265	
34	457.165	1.70348	1.81844	2.42579	1.91972	60.007	1348.13	-1320.41	-236.234	
36	457.038	1.70302	1.79915	2.39741	1.8865	59.9937	1348.18	-1320.56	-235.601	
38	456.963	1.70225	1.74815	2.33791	1.76089	59.9937	1347.34	-1320.35	-232.909	
40	456.744	1.70424	1.79502	2.41372	1.882	59.9937	1348.28	-1320.69	-235.297	
42	457.084	1.70285	1.87956	2.475	1.90799	59.9937	1348.17	-1320.31	-236.193	
44	456.478	1.70486	1.87603	2.4902	1.91558	59.9937	1347.98	-1320.37	-234.771	
46	456.503	1.70556	1.8035	2.39835	1.86073	59.9754	1348.62	-1320.98	-234.946	

Figura 9: Carga 2uF
Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

6. Conexión eléctrica

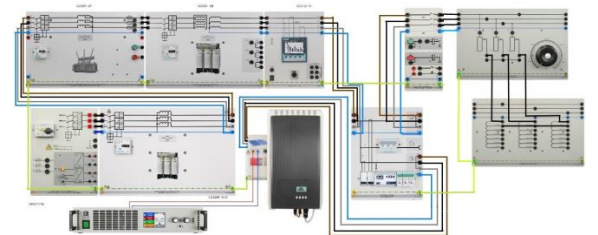


Figura 10: Conexión eléctrica de los módulos Smart Grid con carga RL
Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

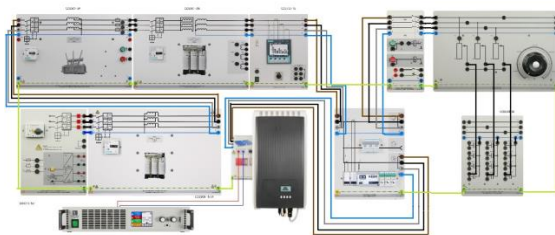


Figura 11: Conexión eléctrica de los módulos Smart Grid con carga RC

Fuente: (Armijos & Jiménez, 2021)

Antes de realizar las conexiones se comprobó y se analizó con el docente tutor para realizarlas correctamente y así no se tenga ningún tipo de inconveniente.

1.1

