



Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Diseño y simulación de un sistema de generación distribuida fotovoltaica con conexión a la red eléctrica para el autoabastecimiento en el hogar.

Morejón Núñez, Ronald Vicmar

Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo
M.sc.

Latacunga, Febrero 2022



Motivación

Son una realidad, y progresivamente van a aumentar su producción y cobertura.

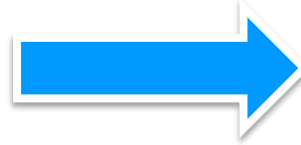


Se trata de una energía especialmente apropiada para redes inteligentes con generación de energía distribuida.



Planteamiento del problema

La política nacional está prestando mayor atención al cuidado del medio ambiente promoviendo una mayor utilización de fuentes de energía limpia para la producción de electricidad y mitigar la contaminación ambiental.



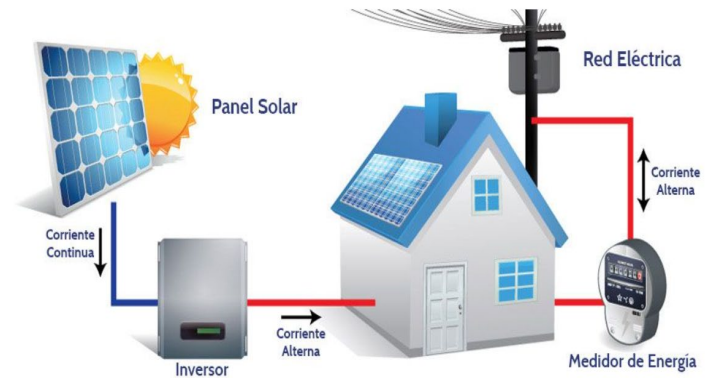
La necesidad de realizar el diseño y simulación del sistema de autoabastecimiento de energía de un hogar para establecer los índices de consumos de energía eléctrica es el problema que se plantea en esta investigación.

Justificación e Importancia

En la resolución 003/2021 El Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR) establece las pautas para autoabastecimiento regulado.

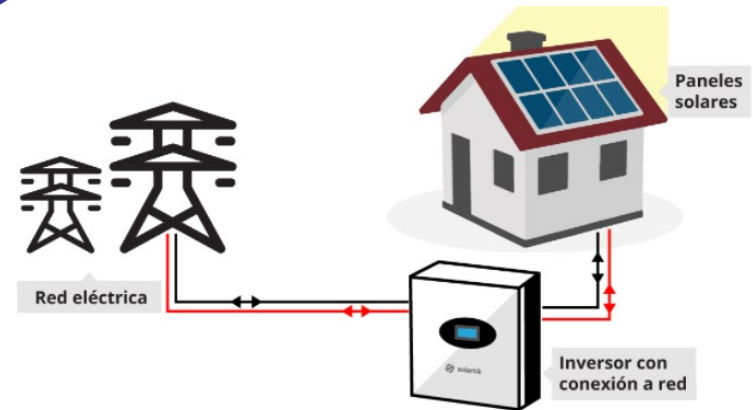
se propone diseñar un sistema de generación distribuida que contribuya a disminuir las emisiones de carbono, reducir el calentamiento global y preservar el medio ambiente.

Se puede conocer la eficacia de los algoritmos de control implementados en el sistema de generación



Objetivo General:

Diseñar y simular un sistema de generación distribuida fotovoltaica con conexión a la red eléctrica para el autoabastecimiento en el hogar



Objetivos Específicos:

Investigar los marcos regulatorios vigentes de la Generación Distribuida en Ecuador y los estratos de consumo en el área de concesión de la EEQ.

Diseñar los componentes del sistema fotovoltaico sin almacenamiento de energía.

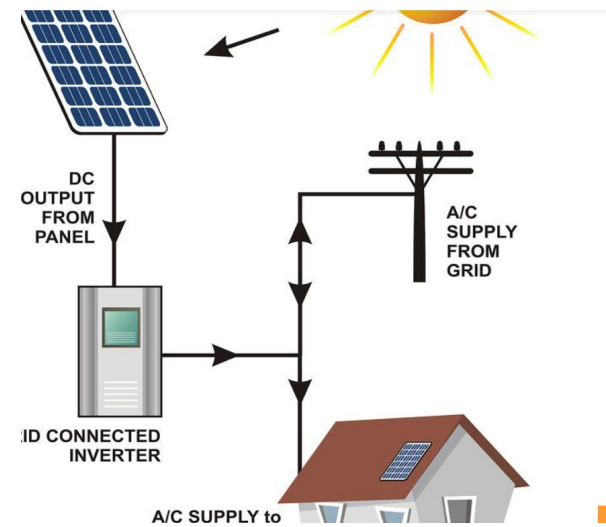
Elaborar un modelo base que opere como central y distribución de energía eléctrica.

Seleccionar el método de control aplicable a cada convertidor estático de potencia y del medidor bidireccional.

Realizar simulaciones de la operación del sistema de generación distribuida mediante el software MATLAB.

Fundamentación Teórica

La necesidad de la energía eléctrica, para la vida diaria y el aumento continuo y progresivo de su consumo ha creado la base para la investigación de fuentes renovables de energía y sistemas de producción eléctricos, estas nuevas tecnologías tienen su punto de mira en el uso de las energías renovables



Marco Regulatorio del SGDA

La regulación ARCERNNR 001-2021 establece el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación GD para autoabastecimiento de clientes regulados de energía eléctrica situados dentro de la misma área de servicio y cumpla las siguientes condiciones (ARCERNNR, 2021):

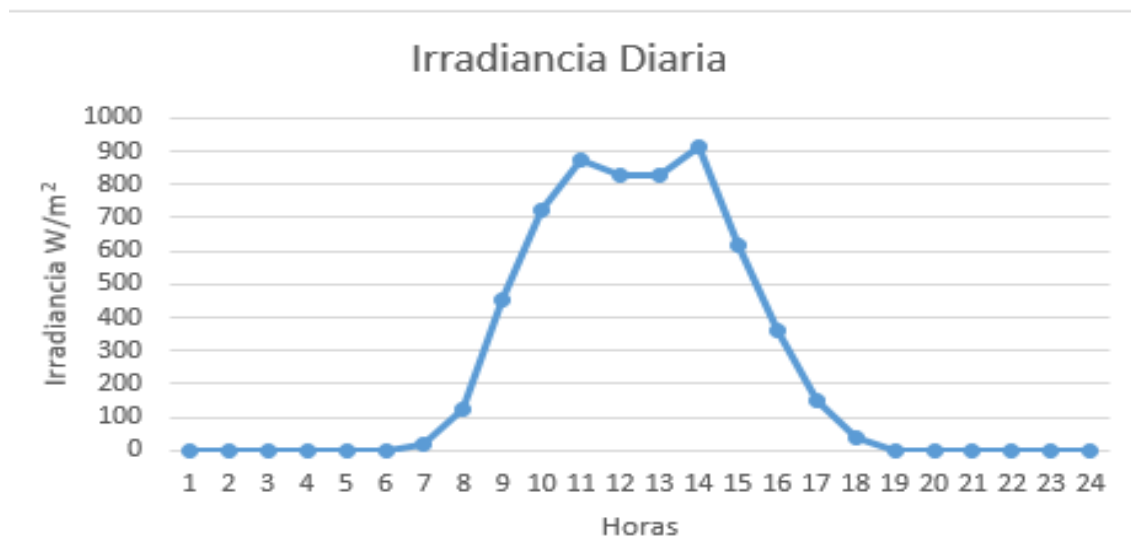
- La potencia nominal sea menor a 1 MW.
- Se conecte en sincronismo a la red de distribución del sistema eléctrico o por medio de las instalaciones internas del consumidor. Además, el inversor debe estar conectado en sincronía con la red eléctrica y la potencia nominal se determina en el lado de corriente alterna.
- Permite el aprovechamiento energético renovable disponible en el área de servicio de la Empresa Distribuidora.
- Puede emplear cualquier tipo de generación eléctrica con/sin almacenamiento de energía
- La potencia nominal SGDA en consumidores existentes se realiza el estudio técnico en base a los últimos 24 meses y en caso de ser consumidor nuevo se realiza una proyección de la demanda de energía mediante la vida útil del SGDA.



Medición de la radiación solar

Hora	Irradiación (w/m ²)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	18,65
7	123,48
8	455,83
9	725,93
10	871,5
11	830,59
12	829,68
13	914,8
14	615,78
15	363,18
16	148,74
17	34,69
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0

Mediciones para el día 9 de enero del 2022



Parámetros para el Diseño

Factores de Diseño	Cantidad	Unidad de medida
Irrad_Calculado	5,93285	kWh/m2
Área techo en V	100	m2
Eficiencia	20,17	%
Demanda	22,786	kW
Horas pico de sol	4,1	h
Tamaño del sistema	5,557560	kW
Potencia Panel(diseño)	400	W
# preliminar de paneles	13,89390	# paneles
Porcentaje para pérdidas	30	%
# total de paneles	18,06	# paneles



Parámetros Eléctricos de la Microrred

Nombre del parámetro	Acrónimo	Valor	Unidad	
Tensión nominal de CA	V_{nom}	230	V	
Frecuencia nominal	f_{nom}	60	Hz	
Frecuencia angular nominal	ω_{nom}	$2\pi * f_{nom}$	rad/s	
Voltaje de enlace de CC	V_{DC}	800	V	
Resistencia a la carga	R_L	22	Ω	
Inductancia de carga	L_L	5	mH	
Resistencia de la rejilla	R_g	65	m Ω	
Inductancia de la rejilla	L_g	1	mH	
Inversor	Inductancia de salida	L_{o1}	5	mH
Inversor	Resistencia de salida	R_{o1}	0.5	Ω
Inversor	Capacitancia del filtro LC	C_{f1}	10	μ F
Inversor	Resistencia de amortiguación del filtro LC	R_{f1}	20	Ω
Inversor	Inductancia de línea	L_{L1}	1	mH
Inversor	Resistencia de la línea	R_{L1}	65	m Ω

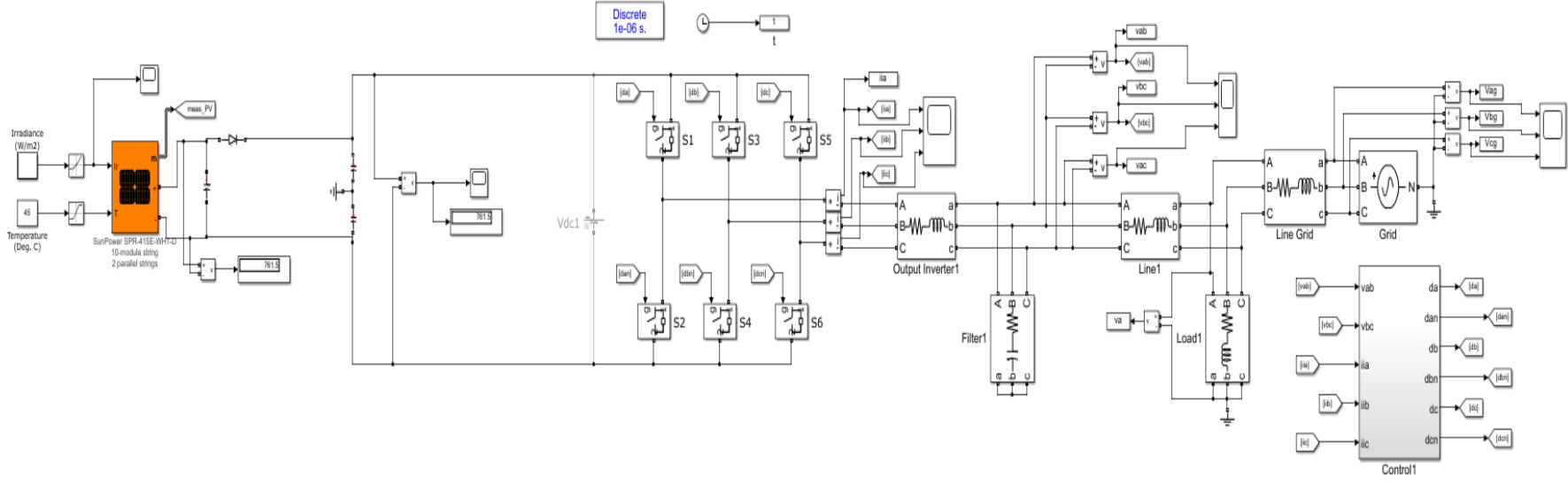


Parámetros de Control

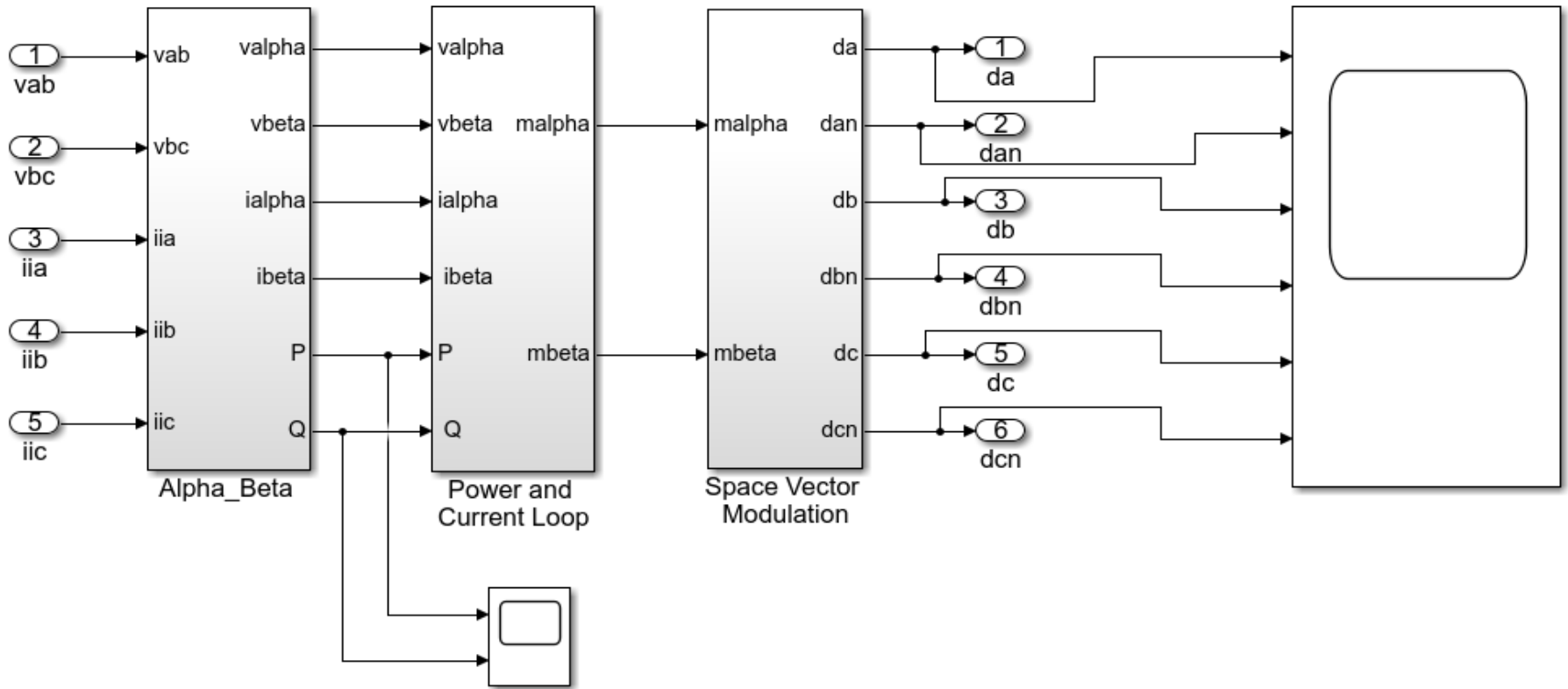
Nombre del parámetro	Acrónimo	Valor	Unidades
Frecuencia de muestreo	T_s	1	μs
Frecuencia de corte LPF	ω_c	$0.03 * \omega_{nom}$	rad/s
Ganancia proporcional PI dinámica de referencia de	k_{pp}	0	A^{-1}
Referencia de potencia activa dinámica PI de ganancia	k_{ip}	0.5	A_s^{-1}
Ganancia proporcional PI dinámica de referencia de	k_{pq}	0	A^{-1}
Ganancia integral PI dinámica de referencia de	k_{iq}	0.5	A_s^{-1}
Ganancia proporcional PRES compensador de	k_{pi}	12	A^{-1}
Ganancia integral PRES compensador de corriente	k_{ii}	200	A_s^{-1}
Coefficiente de amortiguación PRES	shi_i	0.1	



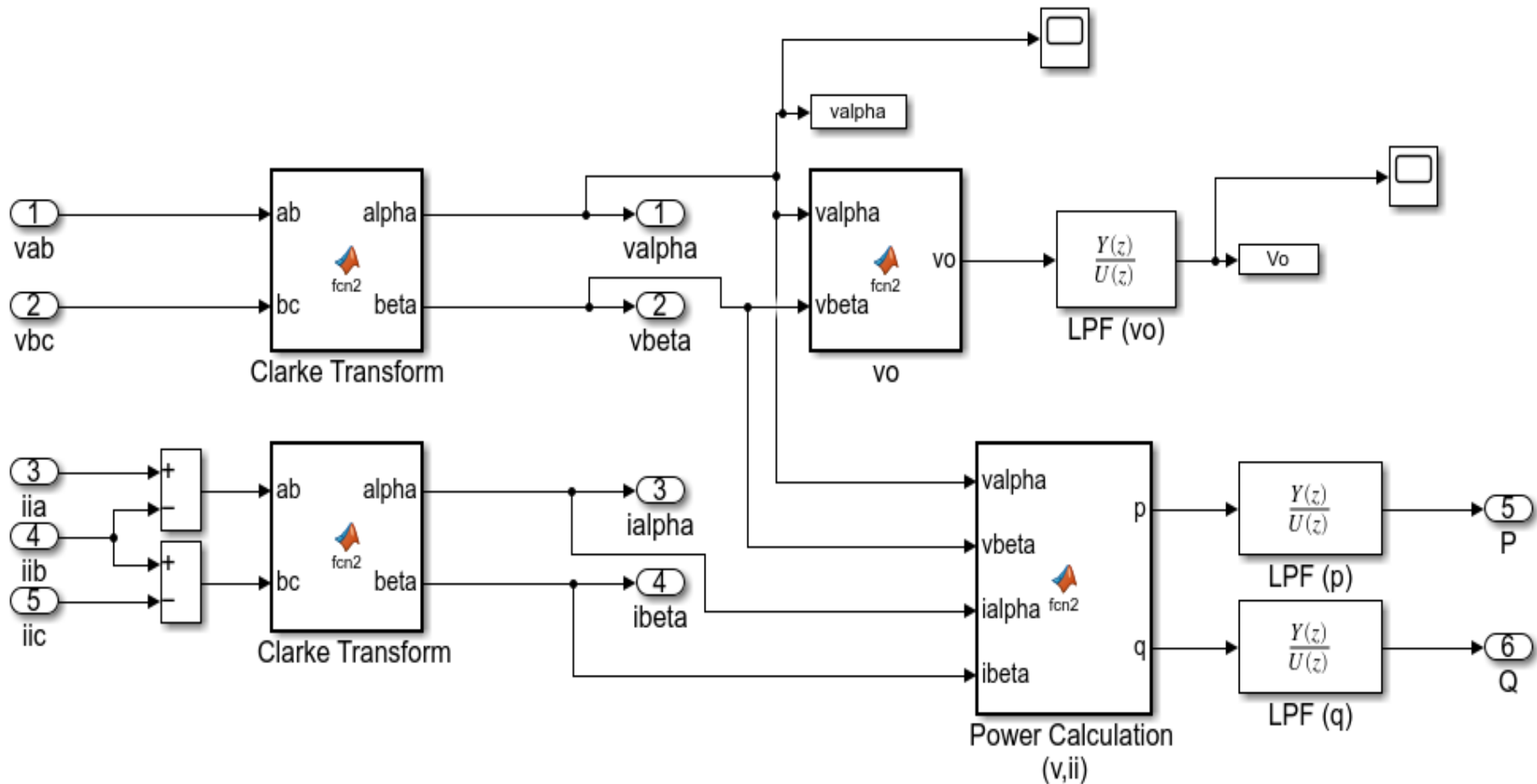
Microrred propuesta



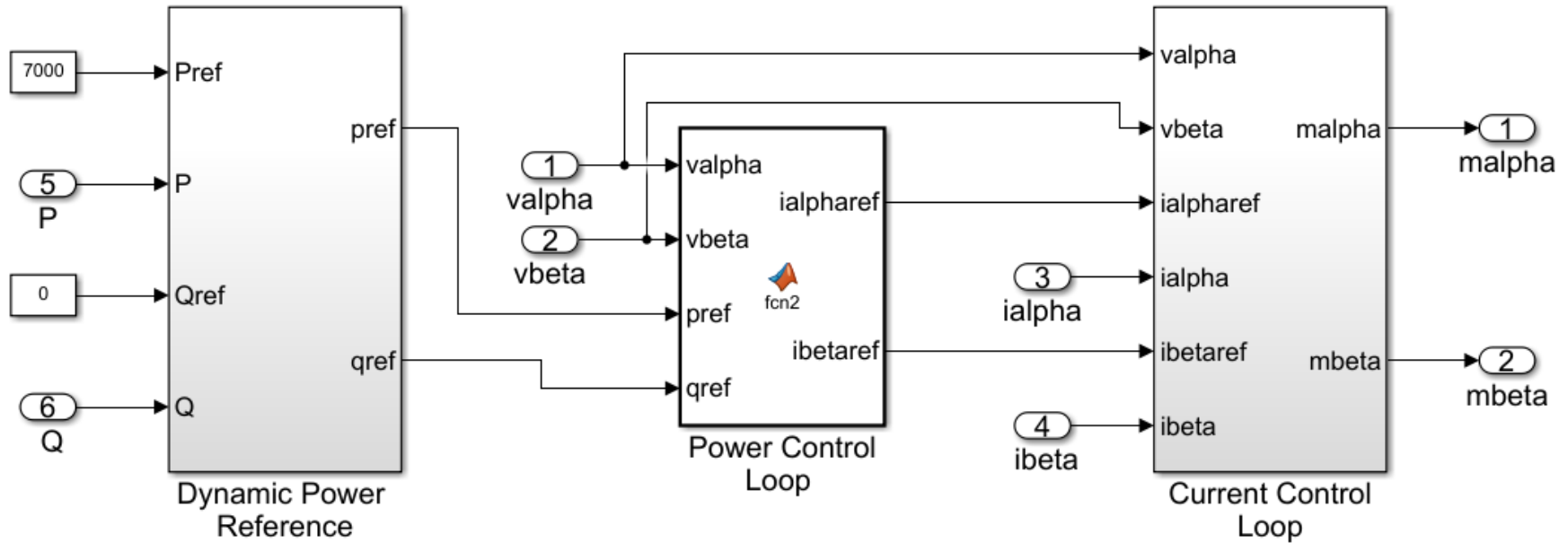
Esquema de Sistema de Control



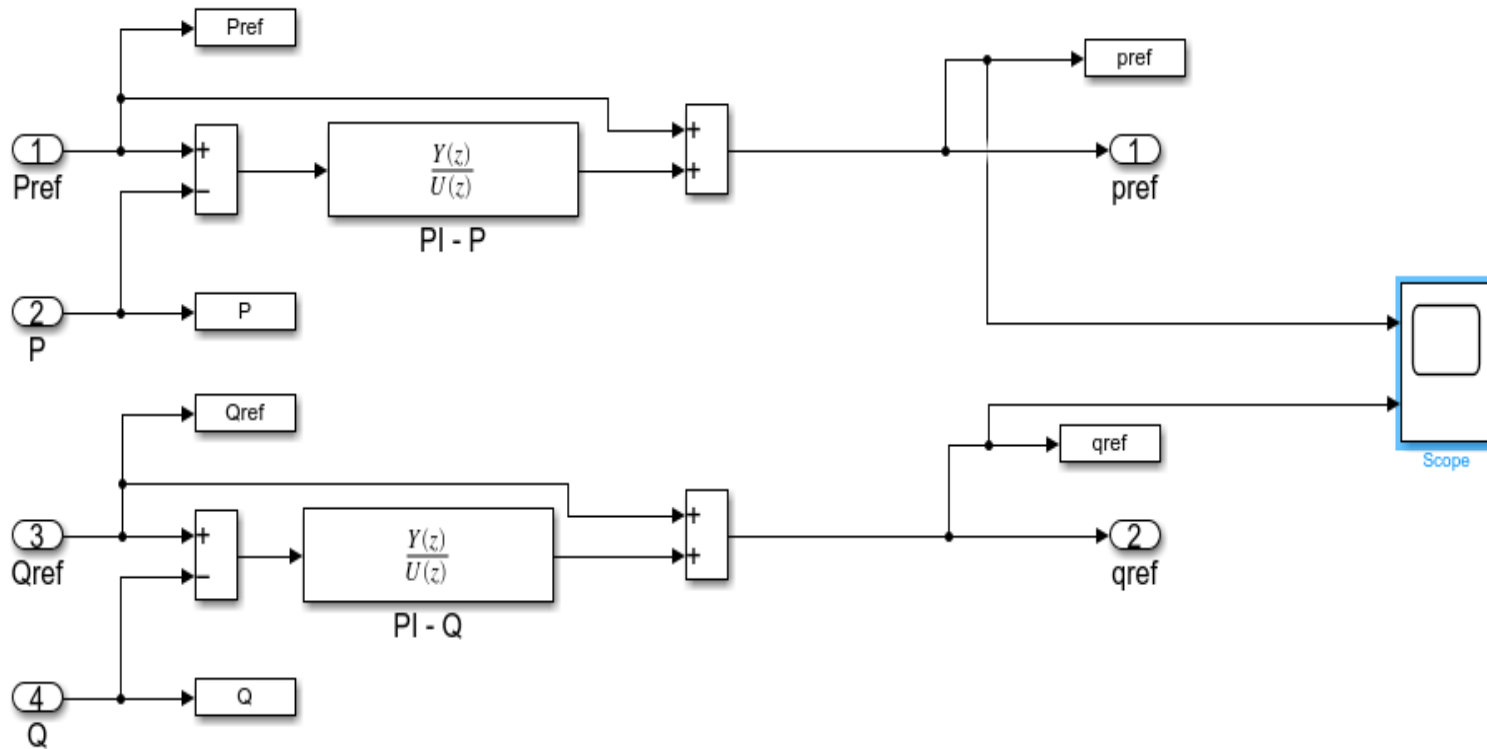
Esquema del Subsistema de la trama $\alpha\beta$



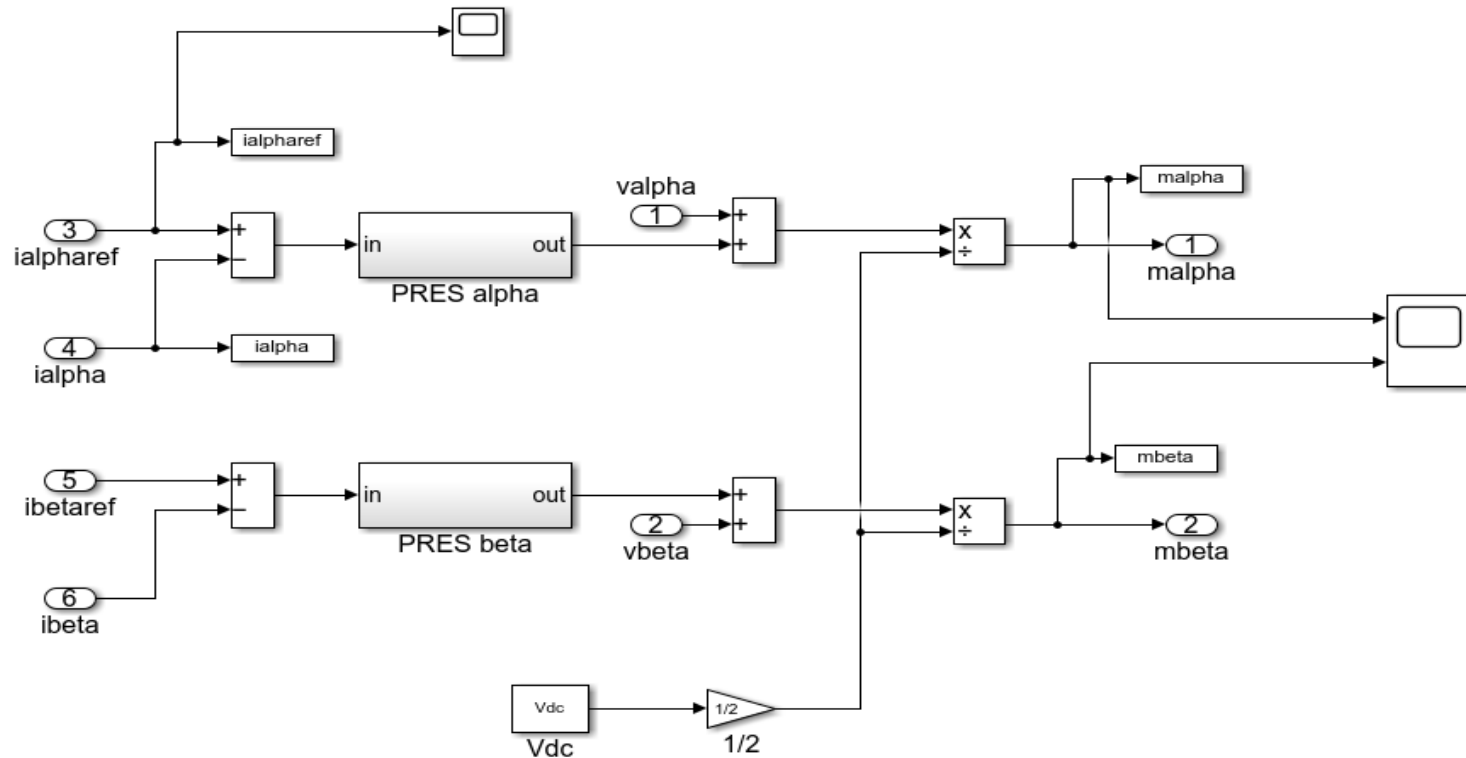
Esquema del Subsistema de Control de Potencia y Corriente



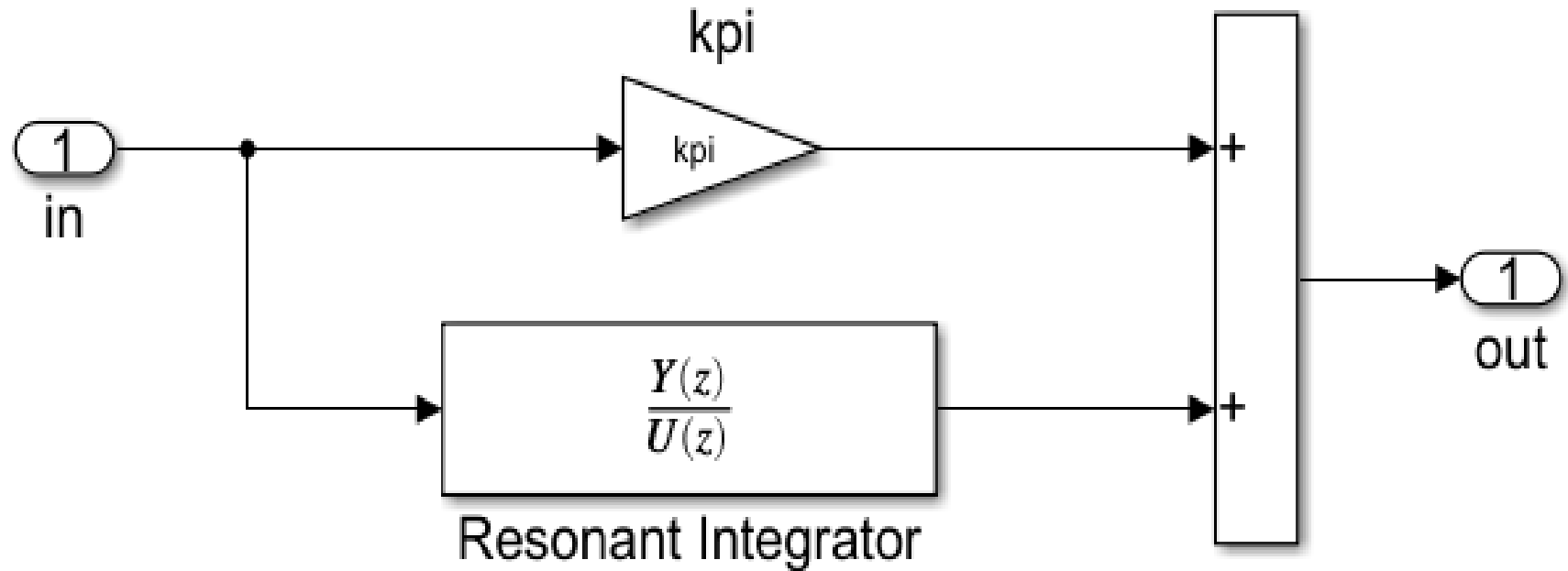
Esquema del Subsistema de Referencia de Potencia Dinámica



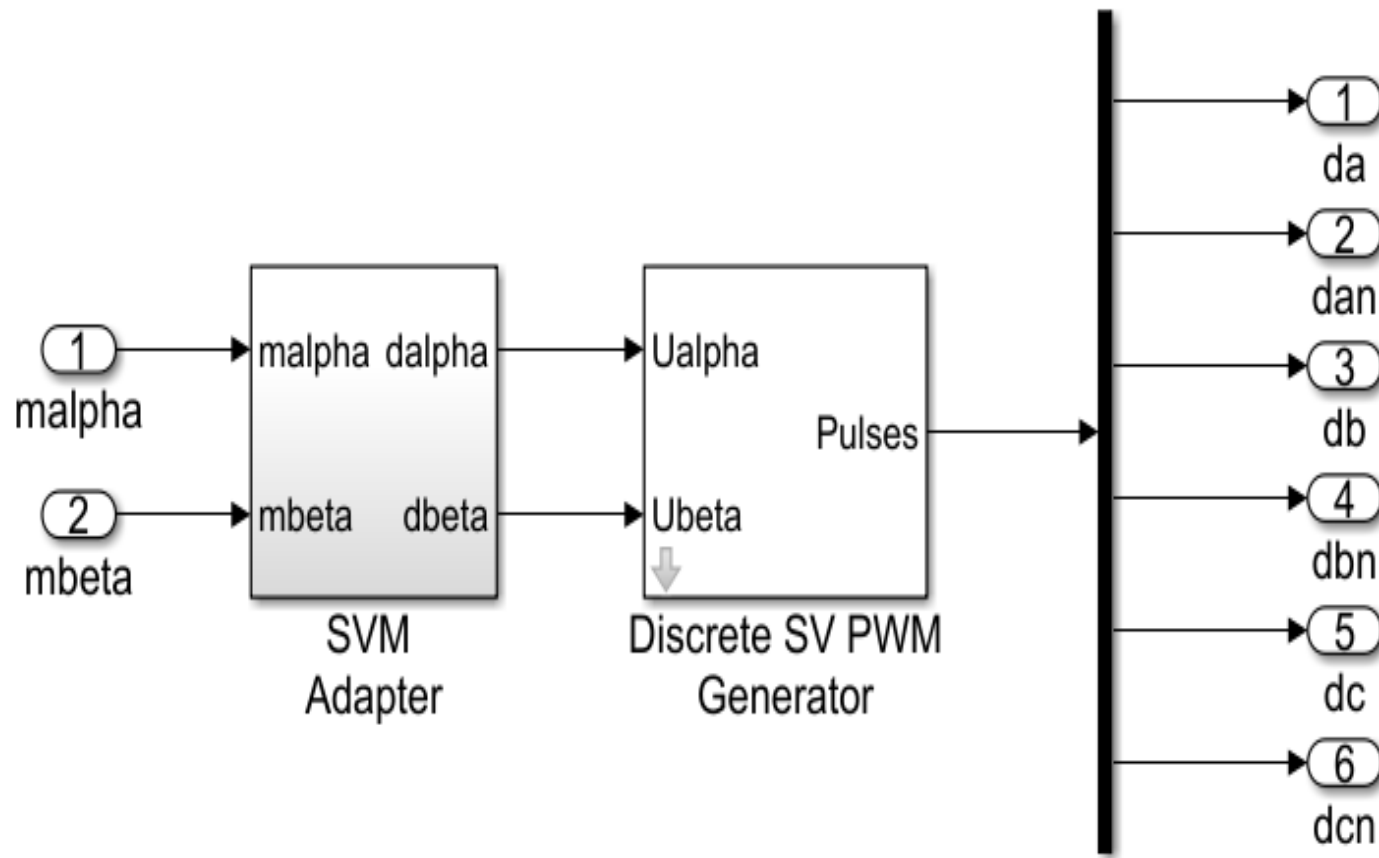
Esquema del Subsistema de Bucle de Control de Corriente



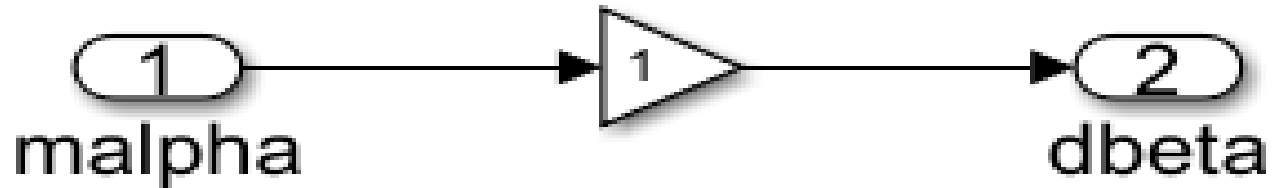
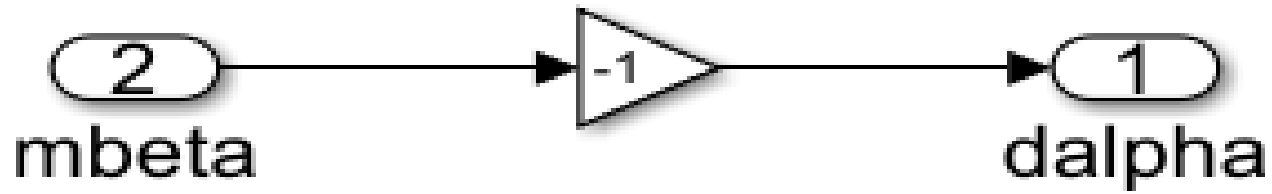
Esquema del Subsistema PRES



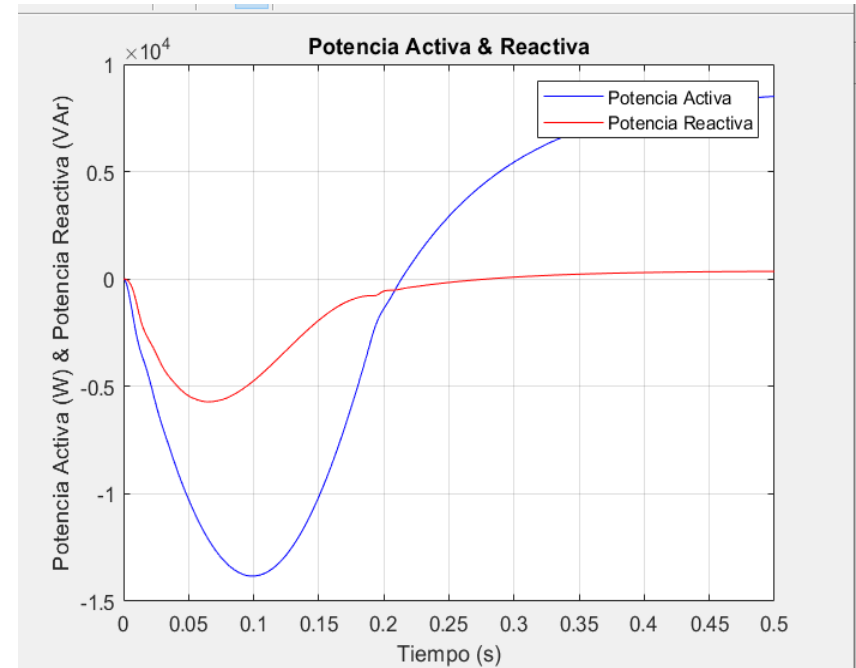
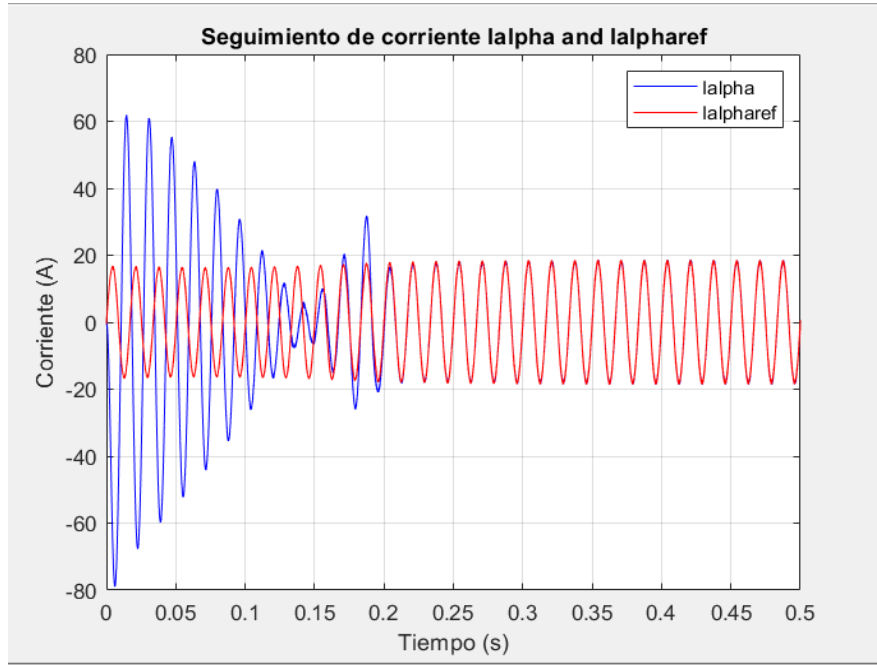
Esquema del bloque SVM



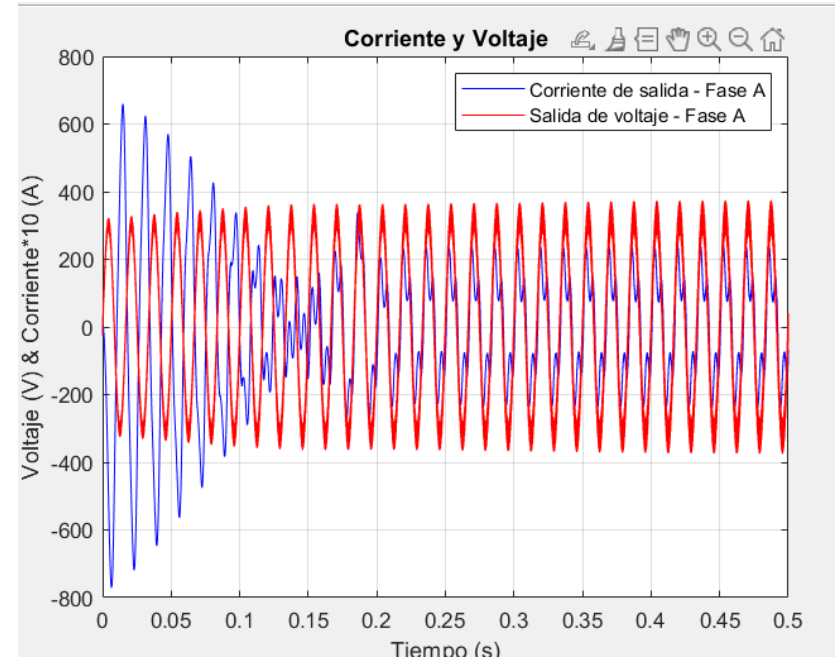
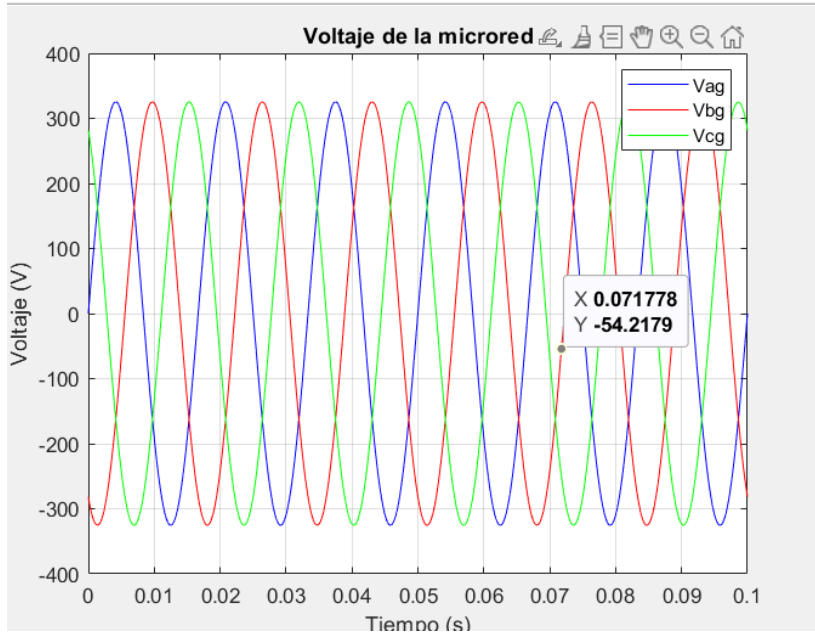
Subsistema adaptador a SVM



Graficas obtenidas :



Graficas obtenidas :



Conclusiones

- Para la modelación del sistema fotovoltaico conectado a la red se tomaron en cuenta los parámetros de diseño con respecto al funcionamiento de los elementos del sistema, cumpliendo con lo establecido en las regulaciones vigentes. El método de control seleccionado para el sistema diseñado es el PMW el cual se aplicara al convertidor estático de potencia y al medidor bidireccional.
- En el desarrollo de la investigación se estudiaron los marcos regulatorios vigentes de la Generación Distribuida en Ecuador y los estratos de consumo en el área de concesión de la EEQ donde se determinó un promedio de consumo para una vivienda
- Para la implementación de la simulación de los módulos fotovoltaicos fue requerida la implementación de algoritmos de simulación para permitir que el sistema trabaje a máxima potencia.
- El control PWM permite garantizar la baja distorsión armónica, mediante su ciclo de trabajo basada en ondas sinusoidales
- A partir de la demanda de consumo se realizó el diseño de los componentes del sistema fotovoltaico sin almacenamiento de energía; este se conformó por paneles solares, regulador de carga PMW, filtro, conversor y medidor bidireccional para la conexión a la red.

Conclusiones

- El método de control seleccionado para el sistema diseñado es el PWM el cual se aplicara al convertidor estático de potencia y al medidor bidireccional.
- Se realizaron simulaciones de la operación del sistema de generación distribuida mediante el software MATLAB donde se pudo evidenciar que este cubre la demanda de la vivienda en los periodos luz y que es factible su implementación

Recomendaciones

- Para el desarrollo de próximas investigaciones se plantea la ejecución del sistema para el estudio de su procedimiento bajo condiciones reales

Bibliografía

ARCERNNR. (2021). Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Obtenido de

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>

EEQ. (28 de 02 de 2014). NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION. Obtenido de Macancela, L. (2012). Diagnóstico.

set of grid impedance values” . IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 21, no. 1, pp. 263–271, 2006, doi:

10.1109/TPEL.2005.

Souza, A. C., & Castilla, M. (2018.). Microgrids design and implementation. . Springer International Publishing, doi:

10.1007/978-3-319-98687-6.

Tobajas, M. (2018). Energía solar fotovoltaica. España: CANOPINA.

W. P. M. H. Heemels, D. L. (2009). Introduction to hybrid systems. Cambridge University Press.

Xataka . (26 de enero de 2022). Los paneles solares orgánicos se lo ponen muy difícil a los convencionales: son más baratos,



Bibliografía

- P. Martí, M. Velasco, E. X. Martín, L. G. de Vicuña, J. Miret, and M. Castilla, “Performance Evaluation of Secondary Control Policies With Respect to Digital Communications Properties in Inverter-Based Islanded Microgrids,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, no. 3, pp. 2192–2202, May 2018, doi: 10.1109/TSG.2016.2608323.
- [2] M. Liserre, R. Teodorescu, and F. Blaabjerg, “Stability of photovoltaic and wind turbine grid-connected inverters for a large set of grid impedance values,” *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 21, no. 1, pp. 263–271, 2006, doi: 10.1109/TPEL.2005.861185.
- [3] J. Miret, J. L. G. de Vicuña, R. Guzmán, A. Camacho, and M. M. Ghahderijani, “A flexible experimental laboratory for distributed generation networks based on power inverters,” *Energies*, vol. 10, no. 10, Oct. 2017, doi: 10.3390/en10101589.



GRACIAS

