



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE
MANABÍ**
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA
PROYECTO INVESTIGATIVO

**PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE FRECUENCIA EN UNA
MICRORED, MEDIANTE ESTUDIO COMPARATIVO EN
DIFERENTES ESCENARIOS**

Autor:

Paredes Alcívar Jhon Fabio

Tutor de Titulación:

Ing. Iván Pazmiño, MSc, MBA.

Manta - Manabí - Ecuador

2026

AUTORÍA DEL PROYECTO INVESTIGATIVO

Quien suscribe **Paredes Alcívar Jhon Fabio** con cédula de identidad N° **1724412455**, egresado de la Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura en la carrera de Electricidad declaro que nuestro proyecto de titulación **“Análisis de la estabilidad de frecuencia en una microred mediante estudio comparativo en diferentes escenarios”** la autoría del contenido, los hallazgos y las conclusiones alcanzadas son responsabilidad exclusiva del autor. Se han utilizado referencias bibliográficas imprescindibles para llevar a cabo el proyecto, garantizando el respeto por los derechos de autor de cada uno de los autores mencionados en la presente investigación. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponderá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Paredes Alcívar Jhon Fabio



Ing. Iván Pazmiño, MSc, MBA.

ASESOR ACADÉMICO

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

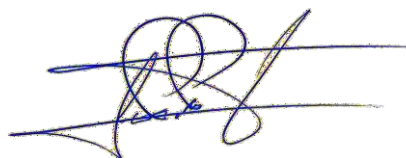
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Paredes Alcivar Jhon Fabio** legalmente matriculado/a en la carrera de Electricidad, período académico 2026-1, cumpliendo el total de 64. horas, cuyo tema del proyecto es “**Análisis de la estabilidad de frecuencia en una microred, mediante estudio comparativo en diferentes escenarios**”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 22 de Julio de 2026.

Lo certifico,



Ing. Iván Pazmiño, MSc, MBA.

Docente Tutor(a)

Área:

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

Agradecimiento

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por brindarme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi formación profesional. Su guía y bendiciones fueron fundamentales para superar cada reto presentado durante el desarrollo de esta investigación.

Agradezco profundamente a mis padres y a mi familia por su amor incondicional, apoyo constante, comprensión y confianza depositada en mí. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino, por motivarme a no rendirme y por ser el principal impulso para alcanzar esta meta.

Mi agradecimiento se extiende a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, a la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura y a todos los docentes que formaron parte de mi proceso académico, por compartir sus conocimientos, experiencias y valores, los cuales contribuyeron significativamente a mi crecimiento personal y profesional.

De manera especial, expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, por su orientación, disposición, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación. Sus observaciones, recomendaciones y acompañamiento académico fueron fundamentales para fortalecer la calidad de este trabajo y alcanzar los objetivos planteados.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que confiaron en mis capacidades y me motivaron a seguir adelante. La culminación de esta investigación representa no solo el cierre de una etapa universitaria, sino también el inicio de nuevos desafíos y oportunidades para mi desarrollo profesional.

Resumen

La integración de generación renovable no convencional en microrredes plantea desafíos importantes en términos de estabilidad de frecuencia, debido a la reducción de inercia y a la variabilidad propia de los recursos energéticos. En este trabajo se analiza la estabilidad de frecuencia de una microrred mediante un estudio comparativo en distintos escenarios operativos, considerando la presencia y ausencia de generación fotovoltaica y su interacción con una máquina síncrona gobernada por un regulador hidráulico (Hydraulic Turbine Governor, HTG).

La metodología se basa en la modelación y simulación del sistema en el entorno MATLAB/Simulink, donde se representan los principales elementos constitutivos de la red: fuente síncrona, sistema de regulación de velocidad, generación fotovoltaica y cargas trifásicas. Se plantean tres escenarios de análisis: (i) operación con generación síncrona sin aporte fotovoltaico, (ii) operación con penetración fotovoltaica conectada a la red, y (iii) escenario con variaciones en la irradiancia y respuesta dinámica conjunta entre la fuente renovable y la máquina síncrona. Para cada caso se evalúa el comportamiento dinámico de la frecuencia y de la potencia activa.

Los resultados muestran que la incorporación de generación fotovoltaica modifica la dinámica del sistema, reduciendo la participación de la máquina síncrona en el balance de potencia y afectando la respuesta transitoria de la frecuencia. No obstante, el sistema mantiene la estabilidad bajo los escenarios analizados, siempre que exista una adecuada coordinación entre el control del generador síncrono y la potencia inyectada por la fuente renovable. El estudio permite evidenciar la importancia del diseño de estrategias de control y de la correcta selección de parámetros para garantizar la estabilidad de frecuencia en microrredes con alta penetración de energías renovables.

Abstract

The integration of non-conventional renewable generation into microgrids introduces significant challenges regarding frequency stability, mainly due to reduced inertia and the intrinsic variability of renewable resources. This thesis analyzes the frequency stability of a microgrid through a comparative study under different operating scenarios, considering the presence and absence of photovoltaic (PV) generation and its interaction with a synchronous machine equipped with a Hydraulic Turbine Governor (HTG).

The methodology is based on modeling and simulation in the MATLAB/Simulink environment, where the main components of the system are represented: synchronous source, speed governor, photovoltaic generation and three-phase loads. Three scenarios are proposed: (i) operation with synchronous generation without PV contribution, (ii) operation with PV penetration connected to the grid, and (iii) a scenario with irradiance variations and dynamic interaction between the renewable source and the synchronous machine. For each case, the dynamic behavior of system frequency and active power is evaluated.

The results indicate that the integration of photovoltaic generation alters the system dynamics by reducing the participation of the synchronous machine in power balancing and influencing the transient frequency response. However, stability is preserved in all analyzed scenarios provided that adequate coordination exists between the synchronous generator control and the injected PV power. This study highlights the importance of proper control design and parameter selection to ensure frequency stability in microgrids with high renewable energy penetration.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.1.	<i>Análisis del problema</i>	13
2.2.	<i>Árbol de problemas</i>	14
2.3.	<i>Problema</i>	15
2.4.	<i>Justificación</i>	16
3.	OBJETIVOS	16
3.1.	<i>Objetivo General</i>	16
3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	16
4.	CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	16
4.1.	<i>Microred</i>	16
4.1.1.	Componentes principales de una microred.....	17
4.1.2.	Tipos de microred y modos de operación	18
4.1.3.	Niveles de penetración de la energía fotovoltaica en microredes	19
4.2.	<i>Estabilidad en los sistemas eléctricos de potencia</i>	20
4.2.1.	Estabilidad de ángulo.....	21
4.2.2.	Estabilidad de voltaje.....	21
4.2.3.	Estabilidad de frecuencia	21
4.3.	<i>Estabilidad de frecuencia en microredes</i>	22
4.3.1.	Ecuaciones fundamentales asociadas a la estabilidad de frecuencia en microredes	23
4.3.1.1.	Ecuación de oscilación del generador síncrono	23
4.3.1.2.	Constante de inercia del generador	23
4.3.1.3.	Relación entre variación de frecuencia y desequilibrio de potencia	24
4.3.2.	Fundamento del control de frecuencia.....	24
4.3.3.	Factores que afectan a la estabilidad de frecuencia	26
4.3.3.1.	Baja inercia del sistema	26
4.3.3.1.	Intermitencia de las energías renovables	27
5.	CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	29
5.1.	<i>Enfoque de la investigación</i>	29
5.2.	<i>Tipo y diseño de investigación</i>	29

5.3.	<i>Modalidad de la investigación</i>	29
5.4.	<i>Métodos de investigación</i>	30
5.5.	<i>Descripción del sistema eléctrico de potencia</i>	30
5.5.1.	Sistema de generación síncrona.....	32
5.5.1.1.	Máquina síncrona	33
5.5.1.2.	Bloque HTG (Hydro Turbine Governor).....	34
5.5.1.3.	Regulador de Voltaje Automático (AVR / $V_{ref} - V_f$)	35
5.5.2.	Transformador trifásico	35
5.5.3.	Descripción del sistema fotovoltaico	36
5.5.3.1	Arreglo fotovoltaico (PV Array)	38
5.5.3.2	Convertidor DC/DC tipo Boost + Control MPPT.....	38
5.5.3.3	Inversor DC/AC trifásico.....	40
5.5.3.4	Control del inversor en dq0.....	40
5.5.3.5	Transformación abc to dq0.....	41
5.5.3.6	Lazo de corriente	41
5.5.3.7	Lazo de tensión DC.....	41
5.5.3.8	Sistema de sincronización (PLL)	41
5.5.3.9	Transformación dq0 to abc.....	42
5.5.3.10	Filtro de salida inductivo	42
5.6.	<i>Escenarios de operación evaluados</i>	42
5.6.1	Escenario 1: Sin penetración de generación renovable	43
5.6.2	Escenario 2: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante	44
5.6.3	Escenario 3: Penetración baja, media y alta con perfil horario de irradiancia solar.....	45
6	CAPÍTULO III: RESULTADOS	48
6.1.	<i>Escenario 1: Sin penetración de generación renovable</i>	48
6.2.	<i>Escenario 2: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante</i>	51
6.2.1	Penetración baja	51
6.2.2	Penetración media.....	54
6.2.3	Penetración alta	57
6.3	<i>Escenario 3: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica con curva de irradiancia</i>	60

6.3.1	Penetración baja	60
6.3.2	Penetración media	63
6.3.3	Penetración alta	66
7	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	68
7.1	<i>Escenario 1: Sin penetración fotovoltaica</i>	68
7.2	<i>Escenario 2: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante</i>	70
7.2.1	Penetración baja	70
7.2.2	Penetración media	71
7.2.3	Penetración alta	72
7.3	<i>Escenario 3: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica con curva de irradiancia</i>	73
7.3.1	Penetración baja	73
7.3.2	Penetración media	75
7.3.3	Penetración alta	76
8	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
8.1	<i>Conclusiones</i>	77
9	REFERENCIAS	78
10.	ANEXOS	82

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura de una microred.....	17
Ilustración 2. Microred conectada a la red	18
Ilustración 3. Microred aislada de la red principal	19
Ilustración 4. Sistema eléctrico de potencia	31
Ilustración 5. Máquina síncrona y control	33
Ilustración 6. Máquina síncrona	33
Ilustración 7. HTG.....	34
Ilustración 8. AVR	35
Ilustración 9. Transformador trifásico	36
Ilustración 10. Sistema fotovoltaico	37
Ilustración 11. Arreglo fotovoltaico.....	38
Ilustración 12. Convertidor DC-DC	39
Ilustración 13. MPPT.....	39
Ilustración 14. Inversor trifásico.....	40
Ilustración 15. Control del inversor trifásico.....	41
Ilustración 16. Filtro de salida inductivo	42
Ilustración 17. Esquema sin penetración renovable	43
Ilustración 18. Esquema con penetración fotovoltaica a potencia constante	44
Ilustración 19. Penetración fotovoltaica con curva de irradiancia.....	46
Ilustración 20. Perfil de irradiancia Manta - Ecuador	46
Ilustración 21. Frecuencia del sistema. CASO 1	49
Ilustración 22. Potencia de la máquina síncrona. CASO 1	50
Ilustración 23. Potencia fotovoltaica. CASO 1.....	51
Ilustración 24. Potencia de la máquina síncrona con penetración baja	52
Ilustración 25. Frecuencia del sistema con penetración baja a potencia constante	53

Ilustración 26. Penetración baja de generación fotovoltaica a potencia constante.....	54
Ilustración 27. Frecuencia del sistema con penetración media a potencia constante	55
Ilustración 28. Potencia de la máquina con penetración media a potencia constante	56
Ilustración 29. Penetración media de generación fotovoltaica a potencia constante.....	57
Ilustración 30. Frecuencia del sistema con penetración alta a potencia constante	58
Ilustración 31. Potencia de la máquina con penetración alta a potencia constante	59
Ilustración 32. Penetración alta de generación fotovoltaica a potencia constante.....	60
Ilustración 33. Frecuencia del sistema con penetración baja a partir de curva de irradiancia	61
Ilustración 34. Potencia de la máquina con penetración baja a partir de curva de irradiancia	62
Ilustración 35. Penetración baja de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia	63
Ilustración 36. Frecuencia del sistema con penetración media a partir de curva de irradiancia	64
Ilustración 37. Potencia de la máquina con penetración media a partir de curva de irradiancia	65
Ilustración 38. Penetración media de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia	66
Ilustración 39. Frecuencia del sistema con penetración alta a partir de curva de irradiancia	66
Ilustración 40. Potencia de la máquina con penetración alta a partir de curva de irradiancia	67
Ilustración 41. Penetración alta de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia	68

1. Introducción

En la actualidad, la integración de energías renovables dentro de los sistemas eléctricos de potencia ha transformado de manera significativa la dinámica de operación y control. Las microrredes, definidas como sistemas eléctricos interconectados capaces de operar en modo conectado o aislado, representan una de las soluciones más prometedoras para incrementar la resiliencia y sostenibilidad del suministro eléctrico. Estas combinan generación distribuida, almacenamiento de energía y cargas controlables dentro de una estructura flexible y eficiente. Sin embargo, la creciente penetración de fuentes renovables como la solar fotovoltaica o la eólica, que se conectan a través de convertidores electrónicos, ha reducido la inercia total del sistema, generando nuevos desafíos en la estabilidad de frecuencia de las microrredes. (Rodriguez-Martinez et al., 2023)

La estabilidad de frecuencia es un aspecto crítico del funcionamiento de los sistemas eléctricos, ya que garantiza el equilibrio entre generación y demanda. Una desviación significativa puede causar la pérdida de sincronismo, desconexión de equipos y, en casos extremos, apagones generalizados. Tradicionalmente, la estabilidad se aseguraba gracias a la inercia mecánica de los generadores síncronos, los cuales responden naturalmente a las perturbaciones mediante el intercambio temporal de energía cinética. No obstante, con el predominio de generadores basados en inversores, esta característica física se ha visto reemplazada por mecanismos de control que deben emular dicha respuesta.

En los últimos años, se han propuesto diversas estrategias para mitigar los efectos de la baja inercia, entre las que destacan el control de inercia virtual, el control predictivo y el control de frecuencia jerárquico (primario, secundario y terciario). Estos mecanismos buscan restablecer la frecuencia a su valor nominal luego de una perturbación, actuando en diferentes escalas de tiempo y niveles de control. (Criollo et al., 2024)

Esta investigación tiene como propósito analizar la estabilidad de frecuencia en una microred, considerando escenarios con y sin penetración de fuentes renovables. Para ello, se desarrollarán modelos en MATLAB/Simulink, que permitan evaluar el comportamiento dinámico de la frecuencia ante perturbaciones de generación y carga.

El estudio incluye la aplicación de controles primario, secundario y terciario, además del análisis del impacto de la inercia virtual y las estrategias de soporte de frecuencia. Con este enfoque comparativo, se busca identificar las condiciones y configuraciones que favorecen una respuesta más estable y rápida, contribuyendo al entendimiento integral del fenómeno.

En definitiva, la presente tesis pretende aportar a la comunidad académica y profesional una herramienta metodológica para el análisis de la estabilidad de frecuencia en microredes, mediante un enfoque analítico y comparativo. Al integrar el modelado matemático, y la simulación, se espera fortalecer la comprensión de los mecanismos que influyen en la estabilidad dinámica y orientar futuras investigaciones hacia el diseño de microredes más resilientes y adaptativas frente a la creciente participación de fuentes renovables en los sistemas eléctricos de potencia.

2. Planteamiento del problema

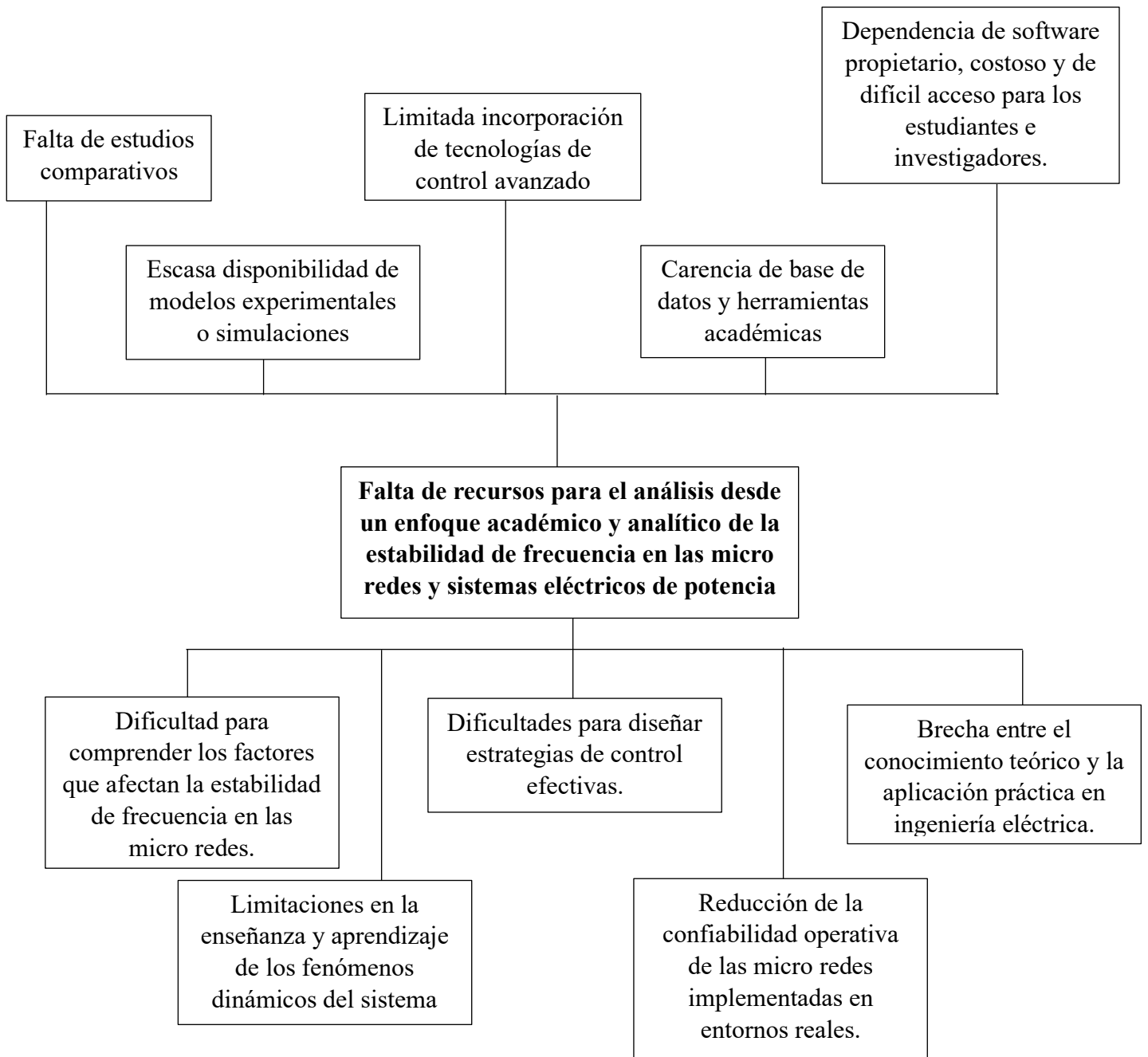
2.1. Análisis del problema

Las micro redes se han convertido en componentes esenciales en la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles. Integran múltiples fuentes de energía, incluyendo renovables como la solar y eólica, lo que les permite operar de manera autónoma o en conexión con la red principal. Sin embargo, la diversificación de fuentes de energía y la variabilidad de la demanda complican la gestión de la estabilidad de frecuencia. La falta

de un marco analítico que contemple diversas condiciones operativas limita la capacidad de diseñar y operar micro redes de manera efectiva.

La inconstancia de las energías renovables puede provocar fluctuaciones significativas en la frecuencia del sistema. Cuando la generación supera la demanda, la frecuencia aumenta; cuando la demanda supera la generación, la frecuencia disminuye. Estas fluctuaciones pueden resultar en eventos indeseables, como la desconexión automática de dispositivos o, en casos extremos, el colapso de la microred. El análisis de cómo diferentes escenarios operativos (como variaciones en la carga, cambios en la generación renovable y diferentes configuraciones de control) afectan la estabilidad de frecuencia es fundamental para mitigar estos riesgos.

2.2.Árbol de problemas



2.3.Problema

A pesar de la importancia de la estabilidad de frecuencia en las micro redes y en general en los sistemas eléctricos de potencia, no abundan recursos para el análisis desde un enfoque académico y analítico.

En este sentido, resulta de interés para la comunidad académica y profesional el desarrollo de herramientas para facilitar la relación de cambio entre la variable involucradas en el fenómeno.

2.4.Justificación

El análisis de la estabilidad de frecuencia en micro redes es fundamental para garantizar su funcionamiento eficiente y fiable, especialmente a medida que las fuentes de energía renovable continúan ganando protagonismo. Comprender estos efectos permitirá a los ingenieros y planificadores diseñar sistemas más resilientes, facilitando así la transición hacia un futuro energético más sostenible.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Analizar la estabilidad de frecuencia en una microred a través del estudio de diferentes escenarios de operación, con el fin de proponer estrategias que mejoren su desempeño y estabilidad operativa.

3.2.Objetivos específicos

- Realizar una descripción detallada de los elementos constitutivos de la red bajo análisis.
- Plantear escenarios de análisis con y sin la penetración de generación renovable no convencional
- Realizar un análisis comparativo de los escenarios planteados

4. Capítulo I: Marco Teórico

4.1. Microred

Una microred es un sistema eléctrico local compuesto por cargas interconectadas y recursos de energía distribuidos, dentro de límites eléctricos bien definidos, que puede operar tanto conectado a la red eléctrica principal como de forma autónoma, en modalidad isla, según las condiciones técnicas o económicas del momento.(Abbasi et al., 2023)

Según Zhai (2025) este tipo de sistemas ofrecen flexibilidad operativa, permitiendo transiciones sin rupturas entre los modos de operación con la red y modos aislados; esa capacidad resulta fundamental para garantizar la continuidad del suministro eléctrico, incrementar la confiabilidad del sistema y responder de manera eficiente ante situaciones críticas como interrupciones del servicio, incrementos de la demanda o fallas en la red.

4.1.1. Componentes principales de una microred

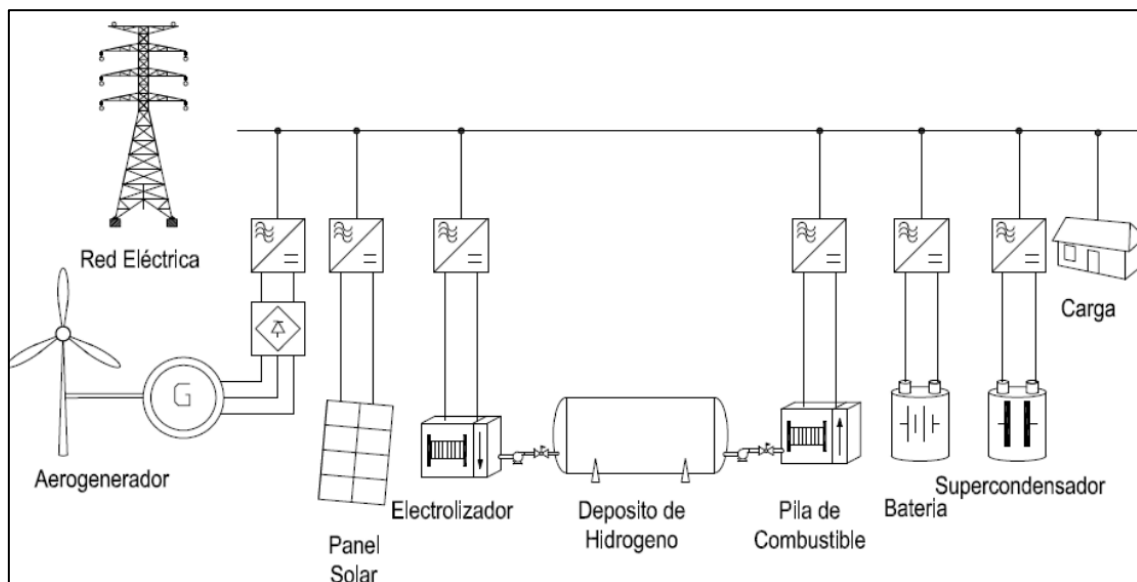


Ilustración 1. Estructura de una microred

Los componentes fundamentales que constituyen una microred incluyen:

- **Generación distribuida (DERs):** Estas fuentes pueden ser intermitentes, dependiendo del recurso y aplicación como los paneles solares, turbinas eólicas, generadores de diésel o gas, etc.
- **Almacenamiento de energía:** El almacenamiento juega un papel clave para asegurar estabilidad, al suplir generación en momentos de baja disponibilidad de fuentes renovables, o para responder ante variaciones súbitas de carga.
- **Cargas:** Incluyen cargas críticas, no críticas, cargas flexibles y controlables. Las microredes deben manejar tanto las cargas habituales como aquellas que requieren prioridad o regulación especial.

- **Infraestructura de distribución y protección:** Cableado, transformadores, Breakers, convertidores, interruptores de transferencia automática, sistemas de sincronización, etc. Esta infraestructura asegura que la energía generada se distribuya de forma segura y coordinada, y que los modos conectado y desconectado a la red se manejen adecuadamente. (Abbasi et al., 2023)

4.1.2. Tipos de microrred y modos de operación

Las microredes pueden clasificarse según varios criterios, entre los cuales los más relevantes son:

- **Modo conectado a la red**

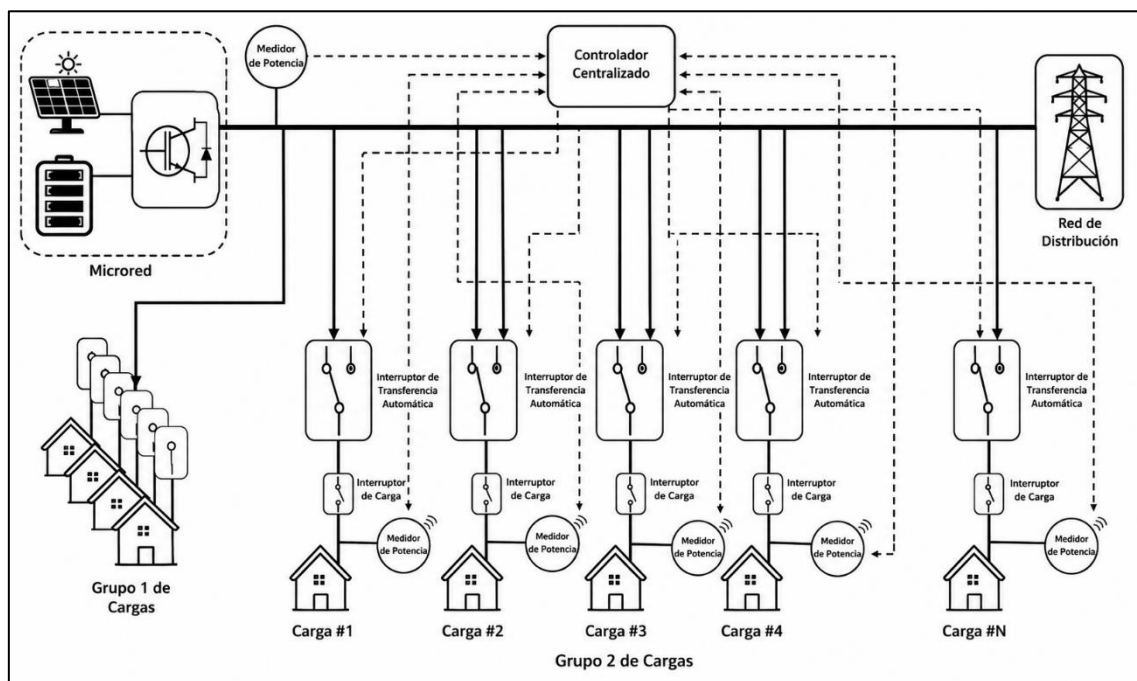


Ilustración 2. Microrred conectada a la red

Operan simultáneamente con la red eléctrica principal, intercambiando energía. Permiten inyectar excedentes, recibir energía de respaldo, proveer servicios auxiliares como regulación de frecuencia, etc. (Zhai, 2025)

- **Modo isla (aislado)**

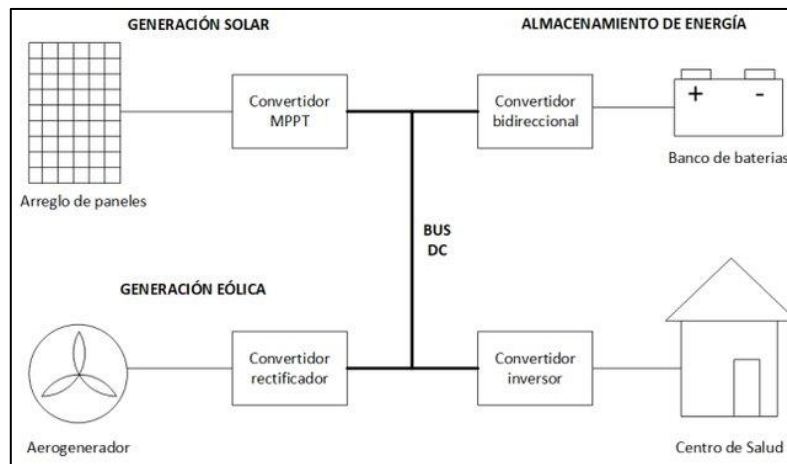


Ilustración 3. Microred aislada de la red principal

Operan independientemente de la red principal, ya sea por desconexión voluntaria ya sea algún corte o falla. En este modo la microred debe tener un control de la frecuencia y tensión para que no afecte al sistema (IEEE, 2019)

- **Topologías híbridas**

Según Tricarico et al. (2019) combinan elementos de los modos anteriores, permitiendo transiciones entre conectado e isla, uso de diferentes tipos de generación y niveles de almacenamiento.

4.1.3. Niveles de penetración de la energía fotovoltaica en microredes

En el análisis de los sistemas eléctricos modernos, el concepto de penetración de la energía solar fotovoltaica se utiliza para describir el grado de participación que esta fuente renovable alcanza dentro de la generación total de electricidad. Este indicador resulta clave para comprender el nivel de transformación del sistema energético y los retos que surgen a medida que aumenta la incorporación de fuentes renovables variables (Impram et al., 2020).

La literatura científica reciente no establece una clasificación única y rígida de los niveles de penetración; sin embargo, existe un consenso general en el uso de rangos porcentuales que permiten diferenciar distintas etapas de integración. En términos

generales, según Impram et al. (2020) se considera que un sistema presenta un nivel bajo de penetración cuando la participación de la energía solar es reducida y no supera aproximadamente el 10–15 % de la generación eléctrica total. En este escenario, la operación del sistema no requiere modificaciones estructurales significativas, ya que la red puede absorber la producción solar sin comprometer su estabilidad.

A medida que la participación de la energía solar aumenta y se sitúa en un nivel medio de penetración, generalmente entre el 15 % y el 30 %, comienzan a evidenciarse desafíos asociados a la variabilidad de la generación. En esta etapa, diversos estudios señalan la necesidad de introducir medidas de flexibilidad, tales como una mejor gestión de la demanda, el fortalecimiento de la infraestructura de red y la incorporación progresiva de sistemas de almacenamiento de energía (Impram et al., 2020).

Para Impram et al. (2020) cuando la participación de la energía solar supera valores cercanos al 30 %, se suele hablar de alta penetración. En estos casos, el sistema eléctrico enfrenta retos más complejos relacionados con el control de la frecuencia, la reducción de la inercia del sistema y la coordinación entre diferentes fuentes de generación.

4.2. Estabilidad en los sistemas eléctricos de potencia

Según Mishra et al. (2023) la estabilidad en los sistemas eléctricos de potencia se define como la capacidad del sistema para mantener un estado de equilibrio operativo ante perturbaciones, garantizando que las variables eléctricas (tensión, frecuencia, ángulo del rotor, etc.) permanezcan dentro de límites aceptables.

Su estudio es muy importante, ya que las variaciones en generación o demanda, así como fallas o desconexiones, pueden afectar el sincronismo y la continuidad del suministro eléctrico.

La estabilidad de los sistemas eléctricos de potencia puede clasificarse en tres categorías principales: estabilidad de ángulo, estabilidad de voltaje y estabilidad de frecuencia.

Aunque todas están interrelacionadas, la estabilidad de frecuencia es especialmente relevante en microrredes debido a su baja inercia y alta dependencia de fuentes renovables intermitentes. (Waghmare et al., 2025)

4.2.1. Estabilidad de ángulo

Mishra et al. (2023) afirma que “la estabilidad de ángulo se refiere a la capacidad de los generadores sincrónicos para mantener el sincronismo entre sí después de una perturbación”, de tal manera que la energía cinética almacenada en los generadores ayuda a amortiguar los desequilibrios momentáneos de potencia; sin embargo, en microrredes con alta penetración de fuentes renovables y convertidores electrónicos, esta inercia disminuye significativamente, afectando la respuesta dinámica y la sincronización del sistema.

4.2.2. Estabilidad de voltaje

La estabilidad de voltaje implica la capacidad del sistema para mantener niveles de tensión dentro de márgenes aceptables ante cambios en la carga o generación. En microrredes, los convertidores electrónicos y los controladores de tensión desempeñan un papel crucial en el soporte del voltaje, especialmente en escenarios de operación aislada ya que, una mala coordinación en el control de tensión puede causar caídas bruscas de voltaje, afectando la calidad y confiabilidad del suministro. (Saha et al., 2023)

4.2.3. Estabilidad de frecuencia

La estabilidad de frecuencia es la capacidad del sistema para mantener su frecuencia nominal (por lo general 50 o 60 Hz) ante desequilibrios entre generación y demanda. Si la generación no iguala a la demanda instantánea, la frecuencia tiende a disminuir o

aumentar, lo que puede derivar en fallas o desconexiones.

En los sistemas de potencia convencionales, la inercia de las máquinas síncronas proporciona una respuesta natural ante dichas perturbaciones; en cambio, Saha et al. (2023) nos dice que “las microredes, al incorporar inversores y generación renovable, presentan baja inercia, lo que hace que las oscilaciones de frecuencia sean más rápidas y difíciles de estabilizar”.

La estabilidad de frecuencia constituye uno de los desafíos técnicos más críticos en microredes modernas, debido al crecimiento de las energías renovables y la tendencia hacia sistemas eléctricos descentralizados han provocado que los niveles de inercia global se reduzcan, aumentando la vulnerabilidad ante fluctuaciones, por ello; se hace necesario diseñar estrategias de control adaptativo y predictivo que permitan garantizar la estabilidad de frecuencia en diferentes escenarios de operación, tanto conectados como aislados. (Jimenez et al., 2025)

4.3.Estabilidad de frecuencia en microredes

Según Zhang & Tang (2023) la estabilidad de frecuencia en microredes representa uno de los aspectos más críticos para su operación segura y confiable, ya que depende directamente del equilibrio entre la potencia generada y la demanda instantánea.

En sistemas eléctricos convencionales, la presencia de grandes generadores síncronos con alta inercia mecánica ayuda a amortiguar las fluctuaciones de frecuencia. Sin embargo, las microredes modernas especialmente aquellas con alta penetración de energías renovables poseen baja inercia debido al uso de inversores electrónicos en lugar de máquinas rotatorias. (Rodriguez-Martinez et al., 2023)

Cuando ocurre una perturbación, como una variación repentina de carga o una desconexión de generación, la frecuencia puede desviarse rápidamente del valor nominal. Si las estrategias de control no actúan de manera adecuada, la microred puede entrar en

un estado inestable, afectando equipos sensibles e incluso provocando desconexiones automáticas (Zhang & Tang, 2023)

4.3.1. Ecuaciones fundamentales asociadas a la estabilidad de frecuencia en microredes

Para Abdullah et al. (2024) la estabilidad de frecuencia en una microred depende principalmente de la capacidad del sistema para mantener el equilibrio entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica generada. Este fenómeno se describe matemáticamente mediante la ecuación de oscilación del generador sincrónico y otras expresiones asociadas a la inercia, la dinámica rotacional y los lazos de control de frecuencia.

4.3.1.1. Ecuación de oscilación del generador sincrónico

El comportamiento dinámico del rotor del generador sincrónico ante perturbaciones de potencia se modela mediante la ecuación de oscilación, la cual se expresa como:

$$2H \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m - P_e \quad (1)$$

Donde:

H = constante de inercia (s)

δ = ángulo del rotor (rad)

P_m = potencia mecánica de entrada (pu)

P_e = potencia eléctrica de salida (pu)

4.3.1.2. Constante de inercia del generador

La constante de inercia H cuantifica la energía cinética almacenada en el rotor a velocidad nominal y se define como:

$$H = \frac{E_c}{S_{nom}} = \frac{1}{2} \frac{J\omega_s^2}{S_{nom}} \quad (2)$$

Donde:

E_c = energía cinética (J)

J = momento de inercia del rotor ($kg * m^2$)

S_{nom} = potencia nominal aparente (MVA)

4.3.1.3. Relación entre variación de frecuencia y desequilibrio de potencia

Esta ecuación permite determinar la tasa de cambio de frecuencia (RoCoF), que es un indicador crítico para evaluar la estabilidad del sistema ante desconexiones o conexiones súbitas de carga, la cual se describirá a continuación:

$$\frac{df}{dt} = \frac{f_0}{2H} * \Delta P \quad [Hz/s] \quad (3)$$

Donde:

$\frac{df}{dt}$ = tasa de cambio de la frecuencia

f_0 = frecuencia nominal

H = constante de inercia

ΔP = desequilibrio de potencia activa

4.3.2. Fundamento del control de frecuencia

La estabilidad de frecuencia es un aspecto esencial en la operación de microrredes, ya que cualquier desbalance entre generación y demanda provoca desviaciones en la frecuencia del sistema. Para mantenerla dentro de los límites aceptables (generalmente $\pm 0,1$ Hz), se emplea una jerarquía de control conformada por control primario, secundario y terciario. Según Rodríguez-Martínez et al. (2023), este control se estructura jerárquicamente en tres niveles:

- **Control primario:** Responde de manera inmediata ante desviaciones de frecuencia, usualmente mediante la estrategia de control droop o caída, que imita el comportamiento natural de los generadores síncronos. El control droop permite una operación descentralizada, ya que cada unidad ajusta su potencia en función de su propia medición de frecuencia, sin necesidad de comunicación directa con otras unidades.

$$f = f_0 - K_p(P - P_0) \quad (4)$$

Donde:

f_0 : frecuencia nominal

P_0 : potencia de referencia

K_p : coeficiente de caída

Por lo que podemos decir que, una selección adecuada de K_p es fundamental para mantener la estabilidad y evitar oscilaciones o saturaciones de potencia.

- **Control secundario:** Corrige los errores estacionarios que persisten después de la acción del control primario, restableciendo la frecuencia al valor nominal (por ejemplo, 60 Hz). Este nivel de control puede ser centralizado o distribuido, dependiendo de la arquitectura de la microrred. Matemáticamente, puede expresarse mediante un controlador PI que actúa sobre el error de frecuencia promedio:

$$u(t) = K_p e_f(t) + K_i \int e_f(t) dt \quad (5)$$

Donde:

$u(t)$: señal de control hacia los generadores

$e_f(t)$: desviación de frecuencia

K_p : ganancia proporcional

K_i : ganancia integral

- **Control terciario:** Optimiza el flujo de potencia y la coordinación entre microredes o con la red principal, buscando eficiencia económica y energética. Su objetivo es redefinir los puntos de operación de los generadores y reasignar reservas después de una contingencia, restaurando los márgenes del control secundario y garantizando la eficiencia del sistema.

Este enfoque jerárquico permite modular la respuesta de los distintos controladores, asegurando estabilidad y coordinación incluso en sistemas híbridos con recursos renovables intermitentes. En este contexto, el presente trabajo se enfocará en el análisis del control primario de frecuencia, debido a que constituye la primera línea de respuesta ante perturbaciones en el equilibrio entre generación y demanda, siendo un elemento fundamental para mantener la estabilidad de frecuencia en la microred.

4.3.3. Factores que afectan a la estabilidad de frecuencia

La estabilidad de frecuencia de un sistema eléctrico o una microred está influenciada por múltiples factores técnicos que interactúan entre sí. Comprender estos factores es esencial para diseñar sistemas robustos que mantengan la frecuencia dentro de los límites aceptables aun ante perturbaciones. A continuación, se describen los más importantes:

4.3.3.1. Baja inercia del sistema

La estabilidad de frecuencia en los sistemas eléctricos depende en gran medida de la inercia rotacional que aportan los generadores síncronos. Esta inercia física actúa como un amortiguador ante variaciones súbitas entre generación y demanda, limitando la tasa de cambio de frecuencia (RoCoF). Sin embargo, con la creciente penetración de fuentes

renovables conectadas mediante inversores, la inercia total del sistema se ha visto reducida, incrementando la vulnerabilidad frente a perturbaciones y dificultando la estabilidad dinámica del sistema. (Hu et al., 2023)

Según Kerdphol et al. (2017), la disminución de la inercia provoca que la frecuencia varíe más rápidamente ante desequilibrios de potencia, reduciendo el tiempo de respuesta de los controladores primarios y aumentando el riesgo de desconexiones automáticas. De manera similar, Criollo et al. (2024) demostraron que la implementación de controladores de inercia virtual basados en almacenamiento energético permite reducir significativamente las desviaciones y mejorar el tiempo de recuperación tras una perturbación.

En síntesis, la reducción de inercia implica una transición desde una estabilidad basada en masas rotatorias hacia una estabilidad controlada por algoritmos, donde los sistemas de almacenamiento, los inversores con control predictivo y los esquemas de control de inercia virtual son fundamentales para mantener el equilibrio dinámico y la seguridad operativa de las microredes modernas.

4.3.3.1. Intermitencia de las energías renovables

Las fuentes solares y eólicas presentan variaciones rápidas e impredecibles, las cuales afectan de forma directa la estabilidad de frecuencia. Gao (2024) demuestra que en microredes con penetración renovable superior al 40 %, caídas rápidas de irradiancia pueden generar desviaciones superiores a 0,3 Hz si no existen mecanismos de amortiguamiento. Este tipo de recursos no sólo introduce fluctuaciones pequeñas pero continuas, sino que también reduce la capacidad de la red para resistir perturbaciones porque no aportan inercia inherente.

Por ello, la literatura reciente coincide en que los convertidores deben implementar controles de soporte de frecuencia para evitar que estas variaciones afecten la estabilidad global (Li, 2025).

5. Capítulo II: Metodología

5.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos de simulaciones realizadas en software especializado MATLAB/Simulink. El estudio busca medir, comparar y analizar la respuesta dinámica de la frecuencia ante distintos escenarios de operación de una microred, con y sin penetración de fuentes renovables.

Según Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de mediciones objetivas y el análisis estadístico o matemático para validar resultados, lo cual se alinea con la naturaleza del presente estudio.

5.2. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada porque busca generar resultados útiles para mejorar la estabilidad y el control de frecuencia en microrredes reales y es experimental, ya que se manipulan variables (como la inercia del sistema, la penetración renovable o el tipo de control empleado) para observar su efecto en la respuesta de frecuencia.

El diseño es cuasi-experimental, debido a que los escenarios se desarrollan mediante simulaciones computacionales controladas, donde se recrean condiciones reales de operación y perturbación de la microred.

5.3. Modalidad de la investigación

La modalidad es tecnológica y de simulación computacional, orientada al análisis de sistemas eléctricos bajo diferentes configuraciones. Se emplearán herramientas de modelado dinámico y análisis transitorio para representar el comportamiento de la

frecuencia del sistema ante variaciones de carga, desconexiones o incorporación de generación distribuida.

5.4.Métodos de investigación

Se utilizarán los siguientes métodos:

- **Método analítico:** para descomponer el sistema eléctrico en sus componentes (generadores, líneas, cargas, y fuentes renovables) y estudiar el aporte de cada uno en la estabilidad de frecuencia.
- **Método comparativo:** para contrastar los resultados obtenidos en los escenarios con y sin penetración renovable, así como bajo diferentes estrategias de control (primario, secundario y terciario).
- **Método experimental-simulativo:** mediante la implementación de modelos dinámicos en MATLAB/Simulink, aplicando perturbaciones para evaluar la respuesta en frecuencia.
- **Método deductivo:** para interpretar los resultados en función de teorías existentes sobre control de frecuencia y estabilidad de microredes.

5.5.Descripción del sistema eléctrico de potencia

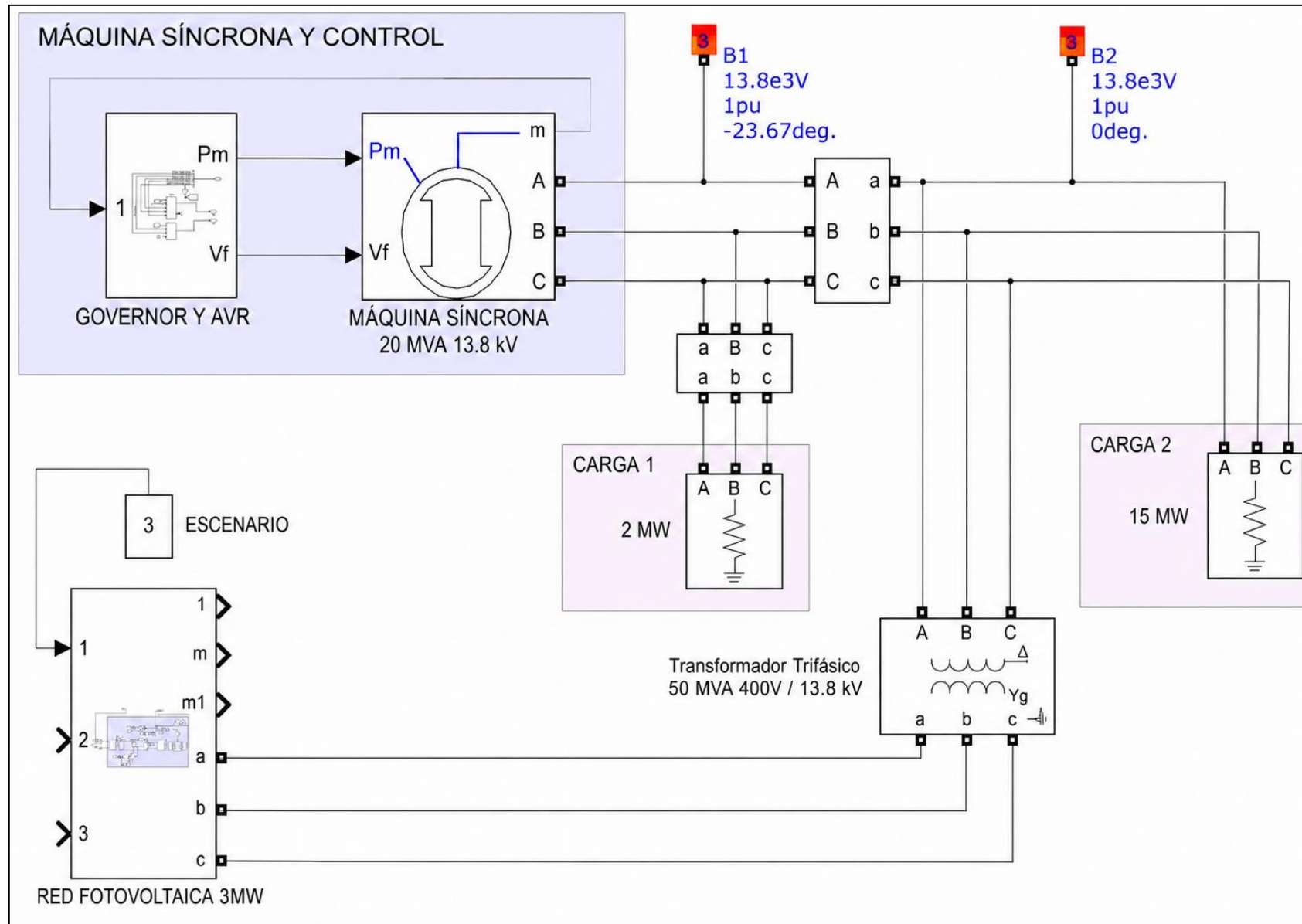


Ilustración 4. Sistema eléctrico de potencia

El sistema presentado corresponde a una microred híbrida conectada en media tensión, compuesta por una máquina síncrona y un sistema fotovoltaico integrados a un mismo nodo de carga mediante un transformador trifásico.

La generación principal del sistema está constituida por una máquina síncrona de 20 MVA y 13.8 kV, la cual incorpora un sistema de control conformado por un gobernador de velocidad y un regulador automático de voltaje (AVR). El gobernador se encarga de regular la potencia mecánica de entrada para mantener la estabilidad de frecuencia, mientras que el AVR controla la excitación de la máquina para regular el voltaje terminal.

Adicionalmente, el sistema cuenta con una red fotovoltaica conectada al sistema eléctrico a través de un transformador trifásico de 50 MVA con relación de transformación 400 V / 13.8 kV. El sistema fotovoltaico opera mediante distintos escenarios de irradiancia y condiciones de operación configurados dentro del modelo.

Las cargas del sistema están representadas por dos cargas trifásicas conectadas al bus principal de 13.8 kV:

- Carga 1: 2 MW
- Carga 2: 15 MW

A continuación, se realizará la descripción de cada componente:

5.5.1. Sistema de generación síncrona

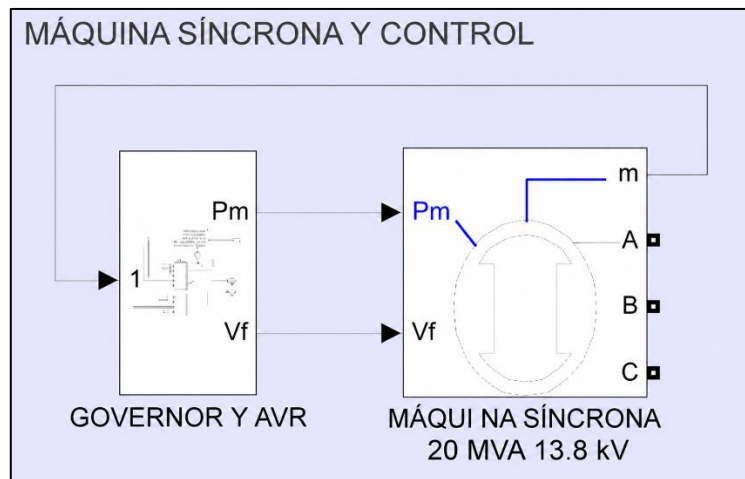


Ilustración 5. Máquina síncrona y control

El sistema analizado corresponde a un modelo dinámico de un generador síncrono equipado con un regulador de velocidad (governor) y un regulador automático de tensión (AVR), ampliamente utilizado en estudios de estabilidad de frecuencia en sistemas eléctricos y microrredes. Este esquema permite representar de forma adecuada la interacción entre la dinámica mecánica del generador, la conversión electromecánica de energía y los lazos de control asociados a la frecuencia y la tensión.

5.5.1.1. Máquina síncrona

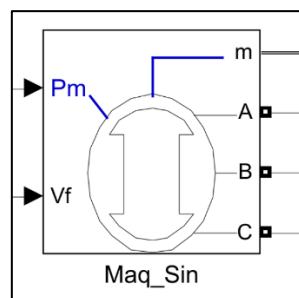


Ilustración 6. Máquina síncrona

La máquina síncrona constituye el núcleo del sistema de generación. Este bloque modela las ecuaciones eléctricas y mecánicas que describen el comportamiento dinámico del generador, incluyendo la interacción entre el estator y el rotor, así como la conversión de potencia mecánica en potencia eléctrica.

Las principales entradas del modelo corresponden a la potencia mecánica aplicada al eje (P_m) y al voltaje de excitación del campo (V_f). La potencia mecánica es suministrada por el regulador de velocidad, mientras que el voltaje de campo es determinado por el regulador automático de tensión. Como salidas, la máquina entrega las tensiones trifásicas del estator, la potencia eléctrica generada y la velocidad del rotor.

5.5.1.2. Bloque HTG (Hydro Turbine Governor)

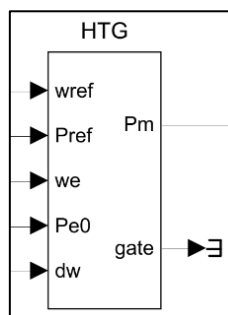


Ilustración 7. HTG

El regulador de velocidad, identificado como HTG, es el encargado de controlar la potencia mecánica entregada al generador, con el fin de mantener la frecuencia del sistema dentro de límites aceptables. Este bloque implementa el control primario de frecuencia, fundamental para la estabilidad del sistema ante perturbaciones.

El regulador recibe como señales de entrada la velocidad del rotor, la desviación de velocidad respecto al valor nominal, la potencia eléctrica suministrada por el generador y las referencias de velocidad y potencia. A partir de estas variables, el controlador ajusta la potencia mecánica aplicada al eje del generador.

Cuando se produce un incremento en la demanda de carga, la potencia eléctrica aumenta y se genera un desequilibrio entre la potencia mecánica y la eléctrica, provocando una disminución de la velocidad del rotor. El regulador detecta esta desviación y actúa incrementando la potencia mecánica, contribuyendo así a la recuperación de la frecuencia.

5.5.1.3. Regulador de Voltaje Automático (AVR / $V_{ref} - V_f$)

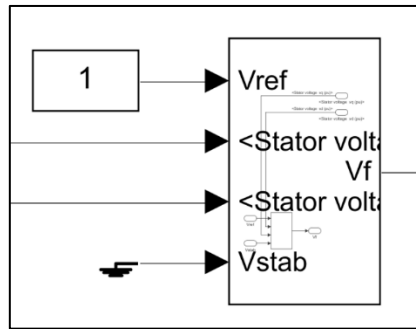


Ilustración 8. AVR

El regulador automático de tensión (AVR) se encarga de mantener el nivel de tensión en los bornes del generador síncrono mediante el control del voltaje de excitación del rotor (V_f). Para ello, el AVR recibe como entradas la referencia de tensión (V_{ref}), las componentes de la tensión del estator en el marco de referencia síncrono (v_d y v_q), y una señal adicional de estabilización (V_{stab}), la cual puede provenir de un estabilizador del sistema de potencia.

A partir de la comparación entre la tensión medida y la referencia, el AVR ajusta el nivel de excitación con el fin de regular la tensión terminal y el intercambio de potencia reactiva con la red. Si bien este controlador no actúa directamente sobre la potencia activa ni sobre la frecuencia, su dinámica influye de forma indirecta en la estabilidad de frecuencia debido al acoplamiento electromecánico entre la regulación de tensión, el comportamiento de la máquina síncrona y la respuesta del sistema ante perturbaciones, especialmente en microrredes híbridas con baja inercia.

5.5.2. Transformador trifásico

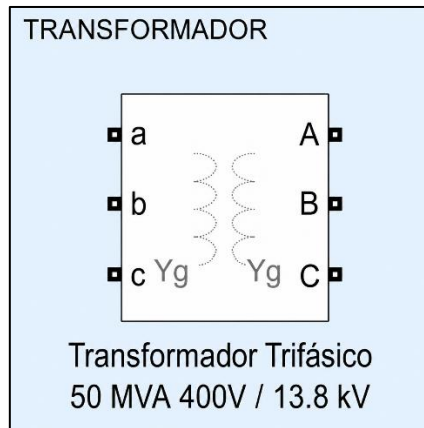


Ilustración 9. Transformador trifásico

Las principales funciones de este bloque dentro del sistema son:

- Elevar la tensión de salida del generador desde 400V hasta 13.8 kV.
- Definir el flujo de potencia hacia el sistema.

5.5.3. Descripción del sistema fotovoltaico

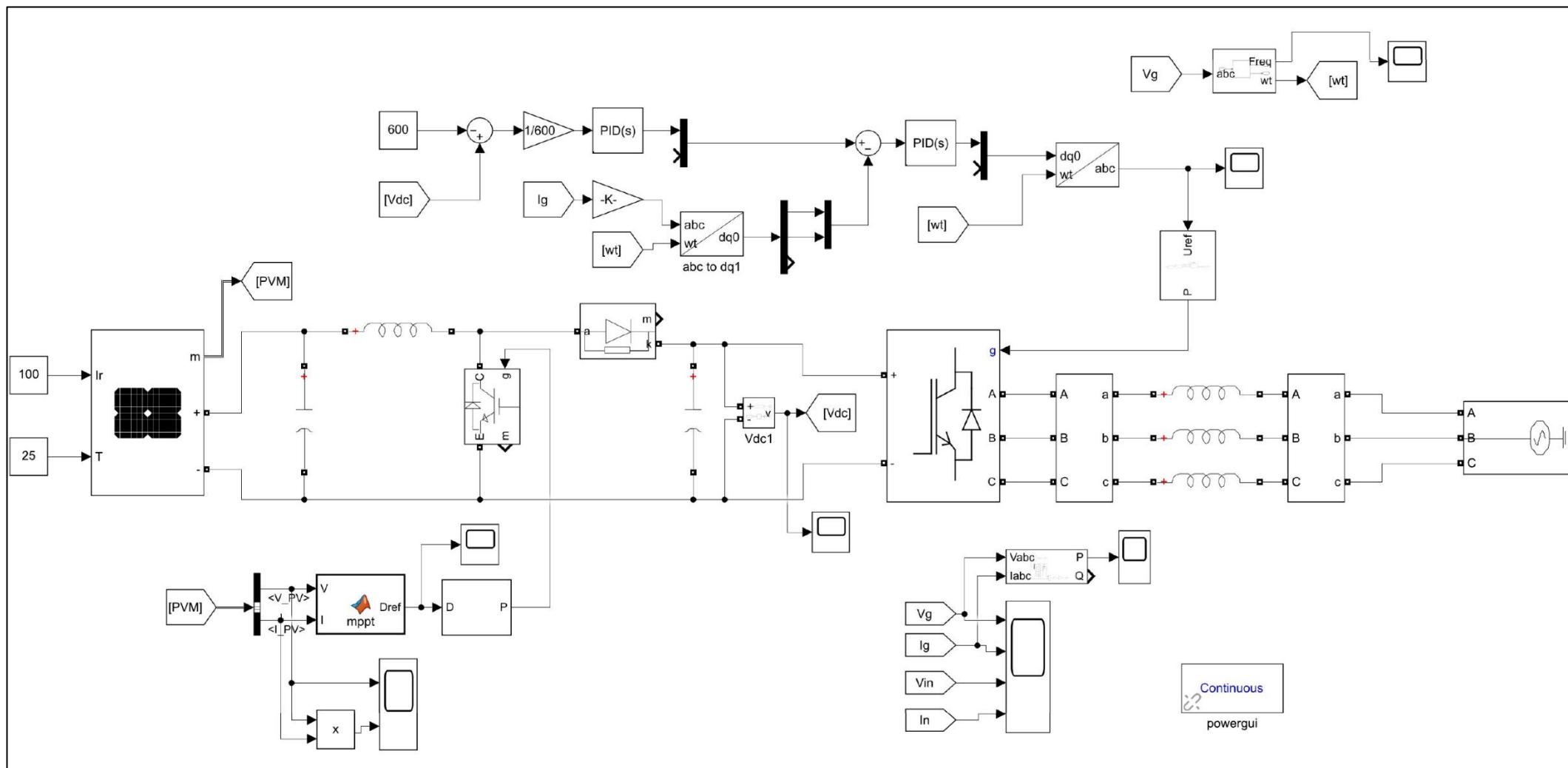


Ilustración 10. Sistema fotovoltaico

La microred solar se modeló empleando bloques de Simscape Electrical – Specialized Power Systems. El sistema está conformado por los siguientes componentes principales: arreglo fotovoltaico, convertidor DC/DC con MPPT, convertidor DC/AC (VSC), lazo de control en coordenadas dq0 y sistema de sincronización (PLL), así como las etapas de filtrado y medición. Cada módulo y su función se detallan a continuación.

5.5.3.1 Arreglo fotovoltaico (PV Array)

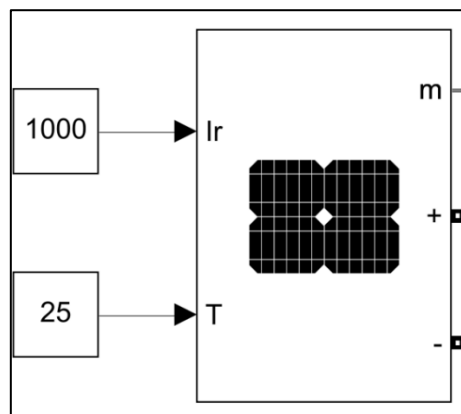


Ilustración 11. Arreglo fotovoltaico

Ubicado en el extremo izquierdo del modelo, este bloque representa el generador primario de la microred. Su entrada recibe:

- Irradiancia (I_r), ubicada como un bloque de valor variable configurado inicialmente en 1000 W/m^2 .
- Temperatura (T), valor constante fijado en $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

El PV Array genera una tensión continua dependiente de las condiciones ambientales, entregando potencia instantánea al convertidor DC/DC. Esta señal constituye la fuente renovable principal del sistema.

5.5.3.2 Convertidor DC/DC tipo Boost + Control MPPT

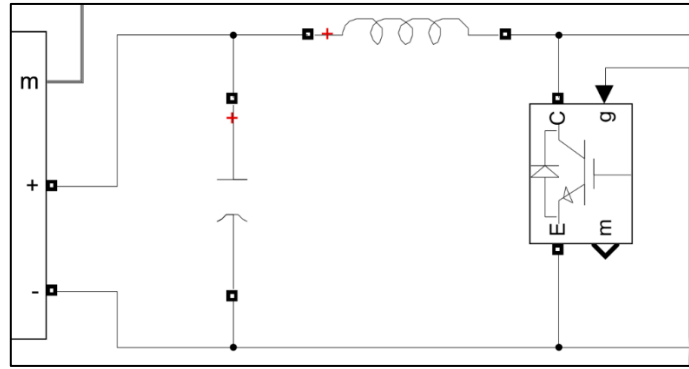


Ilustración 12. Convertidor DC-DC

Inmediatamente después del arreglo fotovoltaico se observa un convertidor de tipo elevador (Boost Converter), compuesto por:

- Un interruptor IGBT con diodo antiparalelo.
- Un inductor serie.
- Un condensador de salida hacia el bus DC.

Su función es adaptar la tensión variable del PV hacia una tensión DC estable, adecuada para alimentar el inversor. El punto crucial es la presencia del control MPPT (Maximum Power Point Tracking), implementado mediante un bloque MATLAB Function presente en el modelo.

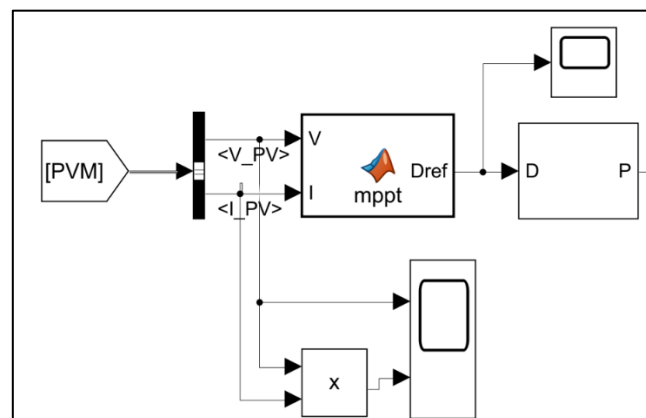


Ilustración 13. MPPT

El MPPT realiza las siguientes tareas:

- Mide la tensión y corriente provenientes del PV (entradas <V_PV> y <I_PV>).

- Calcula la potencia instantánea del panel.
- Determina el punto de máxima potencia (D_{ref}), que se utiliza para generar la señal de modulación del convertidor Boost.
- Ajusta el ciclo de trabajo (D) del interruptor para extraer la máxima energía del generador solar.

Este subsistema asegura que el PV funcione siempre en su punto óptimo independientemente de cambios abruptos de irradiancia.

5.5.3.3 Inversor DC/AC trifásico

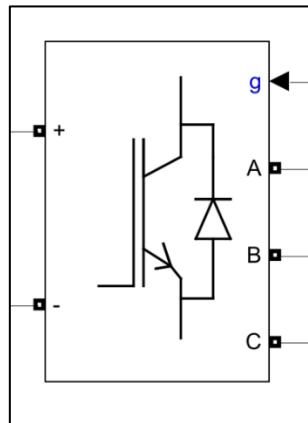


Ilustración 14. Inversor trifásico

El inversor trifásico está formado por un puente de 6 interruptores IGBT con diodos antiparalelos. Su objetivo es:

- Transformar la potencia DC hacia potencia AC trifásica.
- Controlar la energía activa y reactiva entregada a la red.
- Sincronizarse con la frecuencia de la red mediante un sistema PLL.

El inversor recibe señales de modulación PWM provenientes del controlador en $dq0$.

5.5.3.4 Control del inversor en $dq0$

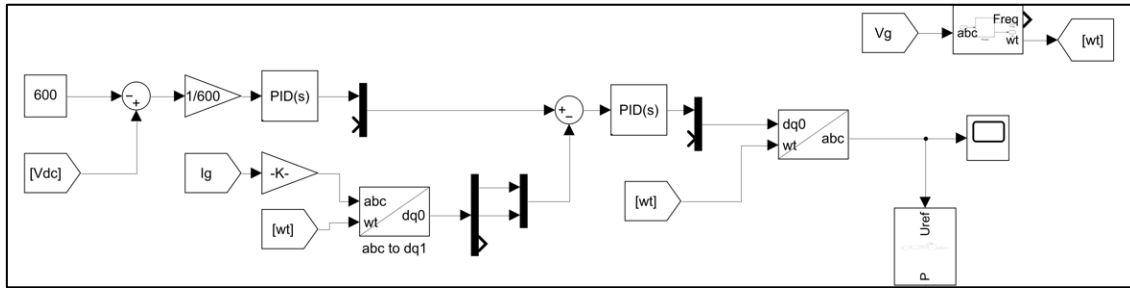


Ilustración 15. Control del inversor trifásico

Este control se encarga de enviar señales moduladas al inversor y consta de los siguientes bloques.

5.5.3.5 Transformación abc to dq0

El bloque abc to dq0 se encarga de convertir las señales trifásicas del sistema normalmente tensiones o corrientes desde su representación en coordenadas naturales (fases a, b, c) hacia un sistema de coordenadas rotantes formado por los ejes d, q y 0, sincronizado con el ángulo eléctrico del PLL.

5.5.3.6 Lazo de corriente

Se observan controladores PID(s) que regulan:

- Componente Id (corriente activa).
- Componente Iq (corriente reactiva).

La referencia de corriente proviene del cálculo de potencia deseada en el bus DC y de las condiciones del sistema.

5.5.3.7 Lazo de tensión DC

Este controlador adicional se encarga de tomar la señal del bus DC y determina la referencia activa necesaria para mantener la tensión DC estable.

5.5.3.8 Sistema de sincronización (PLL)

El bloque PLL utiliza la señal de tensión trifásica para determinar el ángulo eléctrico y la frecuencia instantánea del sistema. Este ángulo se usa en la transformación dq0 y permite que el inversor se sincronice adecuadamente con la red.

5.5.3.9 Transformación dq0 to abc

Luego del control, las señales de referencia se transforman nuevamente a abc para generar el PWM del inversor.

5.5.3.10 Filtro de salida inductivo

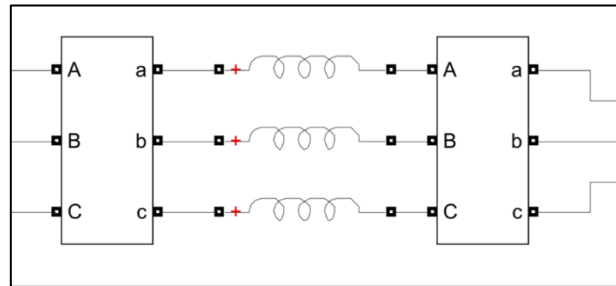


Ilustración 16. Filtro de salida inductivo

A la salida del convertidor DC/AC se observa un filtro compuesto únicamente por inductores en serie con cada fase, sin condensadores intermedios. Este filtro corresponde a un filtro inductivo, cuya función es:

- Reducir el contenido armónico de alta frecuencia generado por la modulación PWM.
- Suavizar la forma de onda antes de llegar al punto de acoplamiento común.

5.6. Escenarios de operación evaluados

Con el objetivo de analizar la estabilidad de frecuencia de la microrred ante diferentes condiciones de operación y niveles de penetración de generación fotovoltaica, se definieron y evaluaron diversos escenarios representativos. Estos escenarios permiten estudiar el comportamiento dinámico del sistema frente a variaciones en la potencia generada, particularmente aquellas asociadas a la naturaleza intermitente del recurso

solar, así como la capacidad del sistema de regulación primaria para mantener la frecuencia dentro de márgenes aceptables.

Los escenarios considerados fueron seleccionados de manera que reflejen condiciones realistas de operación, incluyendo un caso base sin aporte renovable, dos escenarios con penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica con potencia constante y curva de irradiancia. De esta forma, se logra un análisis comparativo que permite identificar el impacto progresivo de la integración de energía solar sobre la respuesta en frecuencia del sistema, así como la efectividad de los mecanismos de control implementados en el generador síncrono.

5.6.1 Escenario 1: Sin penetración de generación renovable

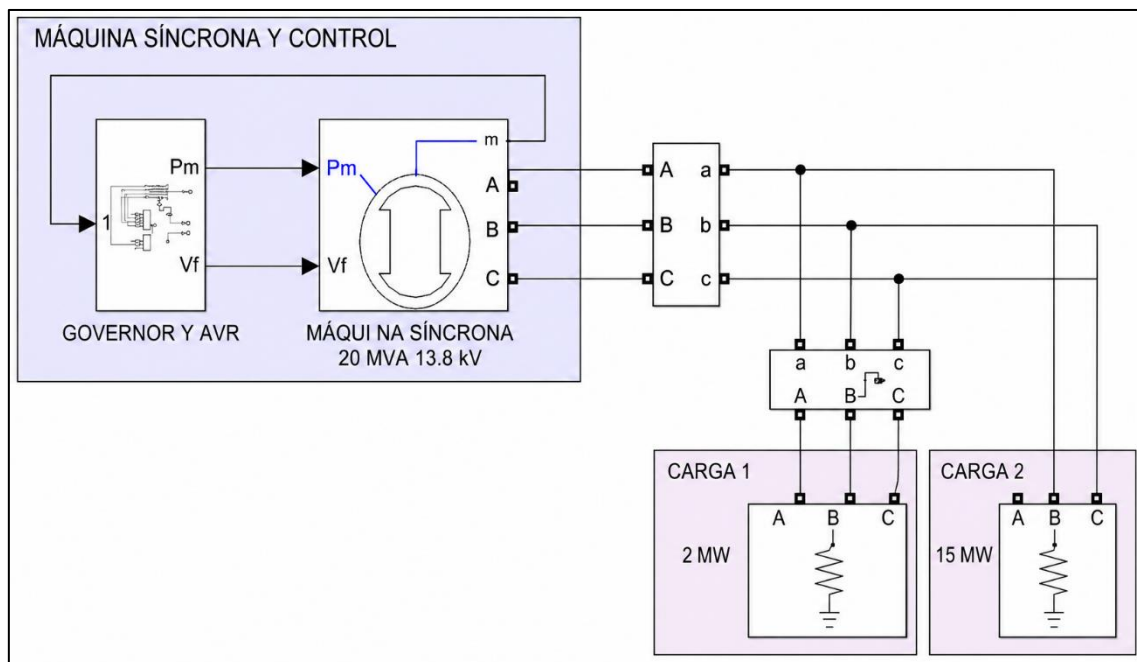


Ilustración 17. Esquema sin penetración renovable

En este escenario, la microred opera únicamente con el generador síncrono como fuente de generación tal como se muestra en la Ilustración 17. La planta fotovoltaica se encuentra conectada directamente al sistema, pero no aporta potencia activa durante este caso de estudio. Las cargas se encuentran completamente energizadas. Se establece así

un punto de operación base para evaluar la estabilidad del sistema sin la influencia efectiva de la generación solar, analizando la frecuencia inicial en estado estable, la cual servirá como referencia comparativa frente a los demás escenarios.

Adicionalmente, en el segundo $t = 0.5$ s se produce la desconexión del 10 % de la carga instalada, lo que reduce la demanda total del sistema de 17 MW a 15 MW. Este evento introduce una perturbación intencional en la microred, permitiendo evaluar la respuesta dinámica del generador síncrono ante una variación súbita de carga y su impacto sobre la frecuencia del sistema.

5.6.2 Escenario 2: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante

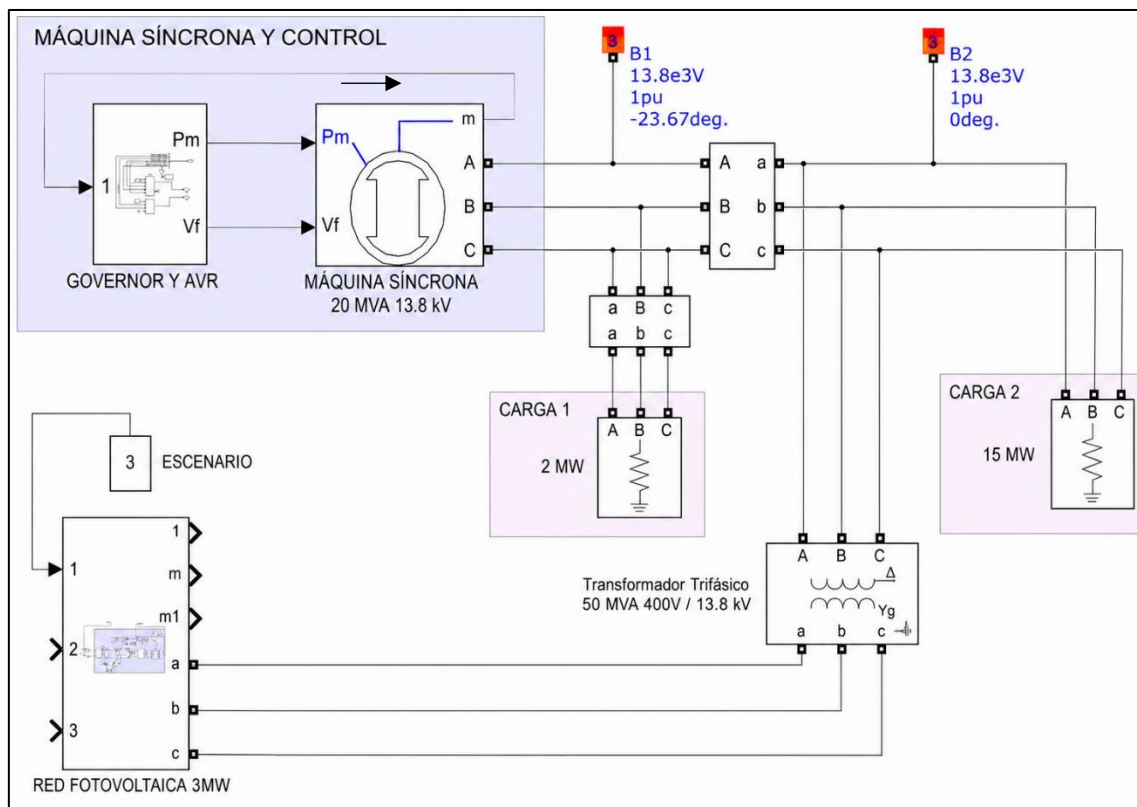


Ilustración 18. Esquema con penetración fotovoltaica a potencia constante

En este escenario se analiza la operación de la microred bajo la condición de penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica, definida como aquella en la cual la potencia activa aportada por el sistema fotovoltaico representa aproximadamente

el 10%, 20% y 40% respectivamente de la potencia total generada. Esta condición permite evaluar el impacto de una participación significativa de fuentes renovables sin que estas dominen completamente la dinámica del sistema.

Para este caso, la potencia del sistema fotovoltaico se ajustó mediante el perfil de irradiancia y los límites de control del inversor, de modo que la potencia inyectada sea comparable a la del generador síncrono. El perfil de irradiancia considerado corresponde a un valor constante de 625 W/m^2 , representativo de una condición media de operación, lo que permite mantener una inyección de potencia constante y estable del sistema FV.

En este escenario, el sistema fotovoltaico opera alrededor de 2 MW, 4 MW y 8 MW lo que corresponde al nivel de penetración del 10%, 20% y 40% respectivamente sobre la carga total instalada definido para el estudio. Bajo estas condiciones iniciales, se espera que la frecuencia del sistema permanezca cercana a su valor nominal, con desviaciones reducidas en estado estable.

Adicionalmente, en el instante $t = 0.5 \text{ s}$ se produce la desconexión del 10 % de la carga instalada, reduciendo la demanda total del sistema de 17 MW a 15 MW. Este evento introduce una perturbación en la microred que permite analizar la respuesta dinámica de la frecuencia ante una variación súbita de carga en presencia de generación fotovoltaica con potencia constante, evaluando la capacidad del generador síncrono para absorber el exceso de potencia y restablecer el equilibrio generación–demanda.

5.6.3 Escenario 3: Penetración baja, media y alta con perfil horario de irradiancia solar

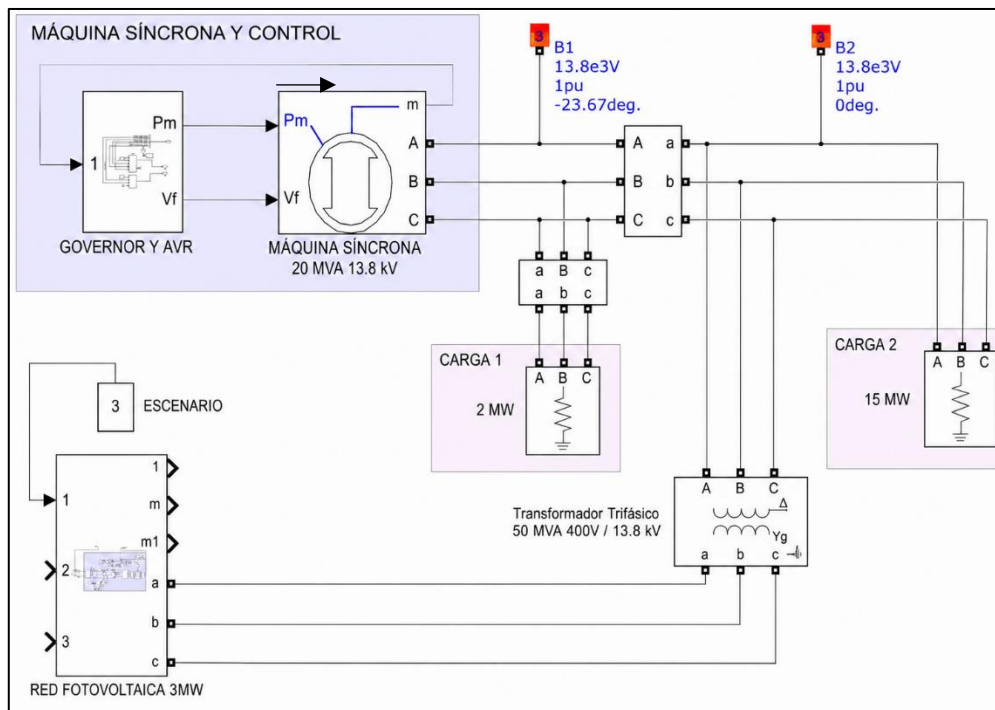


Ilustración 19. Penetración fotovoltaica con curva de irradiancia

En este escenario se evalúa el comportamiento dinámico de la microrred híbrida ante la variación temporal de la irradiancia solar durante un intervalo representativo del mediodía.

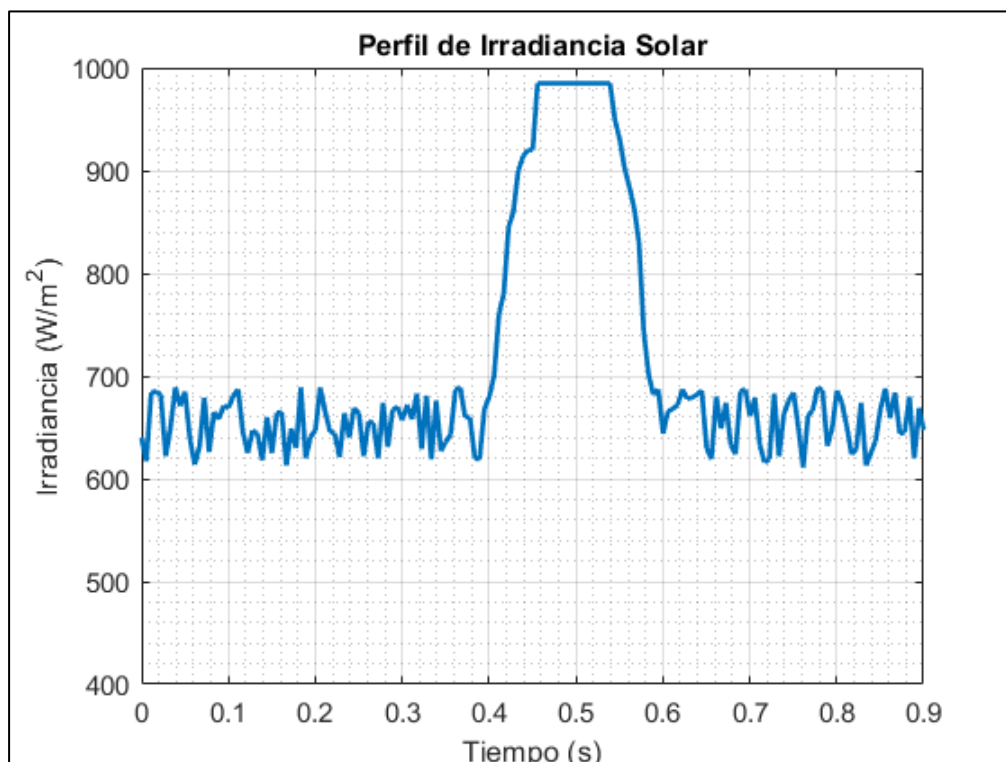


Ilustración 20. Perfil de irradiancia Manta - Ecuador

La curva de irradiancia utilizada en este escenario, mostrada en la Ilustración 20, fue construida a partir de los datos completos presentados en el Anexo A. Dichos datos fueron obtenidos de una fuente pública en línea especializada en recursos solares, a partir del registro del 1 de enero para la ciudad de Manta, Ecuador, en el intervalo comprendido entre las 11:30 y las 12:30 horas. A partir de esta información se generó el perfil aplicado en la simulación, el cual fue interpolado y escalado para ser representado dentro del horizonte temporal reducido del modelo dinámico.

La irradiancia varía de manera progresiva dentro de este intervalo, presentando fluctuaciones alrededor de un nivel medio cercano al máximo diario, lo que genera cambios graduales en la potencia inyectada por el sistema fotovoltaico. Este perfil permite analizar el impacto acumulativo de las variaciones de potencia fotovoltaica sobre la estabilidad de frecuencia del sistema en una ventana crítica del día, donde la generación solar tiene una participación relevante.

A diferencia de los escenarios anteriores, en los cuales se consideraron condiciones de irradiancia constante o perturbaciones puntuales, este escenario introduce una variación continua y realista de la generación solar, permitiendo evaluar la capacidad del sistema para mantener la frecuencia dentro de márgenes aceptables frente a cambios sostenidos en la potencia renovable.

Adicionalmente, en el instante $t = 0.5$ s se produce la desconexión del 10 % de la carga instalada, reduciendo la demanda total del sistema de 17 MW a 15 MW. Este evento introduce una perturbación adicional que permite analizar la interacción entre la variación de la potencia fotovoltaica y la respuesta dinámica del generador síncrono ante una disminución súbita de carga, evaluando el desempeño del sistema durante la redistribución de potencia en presencia de generación solar variable.

6 Capítulo III: Resultados

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a partir de la simulación del sistema de microred modelado en MATLAB/Simulink, con el objetivo de analizar la estabilidad de frecuencia bajo distintos escenarios de operación. A diferencia de estudios basados en perturbaciones bruscas de carga, en este trabajo se evalúa el comportamiento del sistema en régimen permanente y bajo redistribución interna de potencia, principalmente debido a la integración de generación fotovoltaica.

Se consideran varios escenarios:

- **Escenario 1:** Sistema base sin generación fotovoltaica y desconexión del 10% de carga instalada.
- **Escenario 2:** Sistema con penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante y desconexión del 10% de carga instalada.
- **Escenario 3:** Sistema con penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia y desconexión del 10% de carga instalada.

En cada caso se analizan las variables clave del sistema: frecuencia, potencia de la máquina síncrona y potencia de la fuente fotovoltaica. En el Caso C se incorpora además la irradiancia solar como variable de entrada.

6.1. Escenario 1: Sin penetración de generación renovable

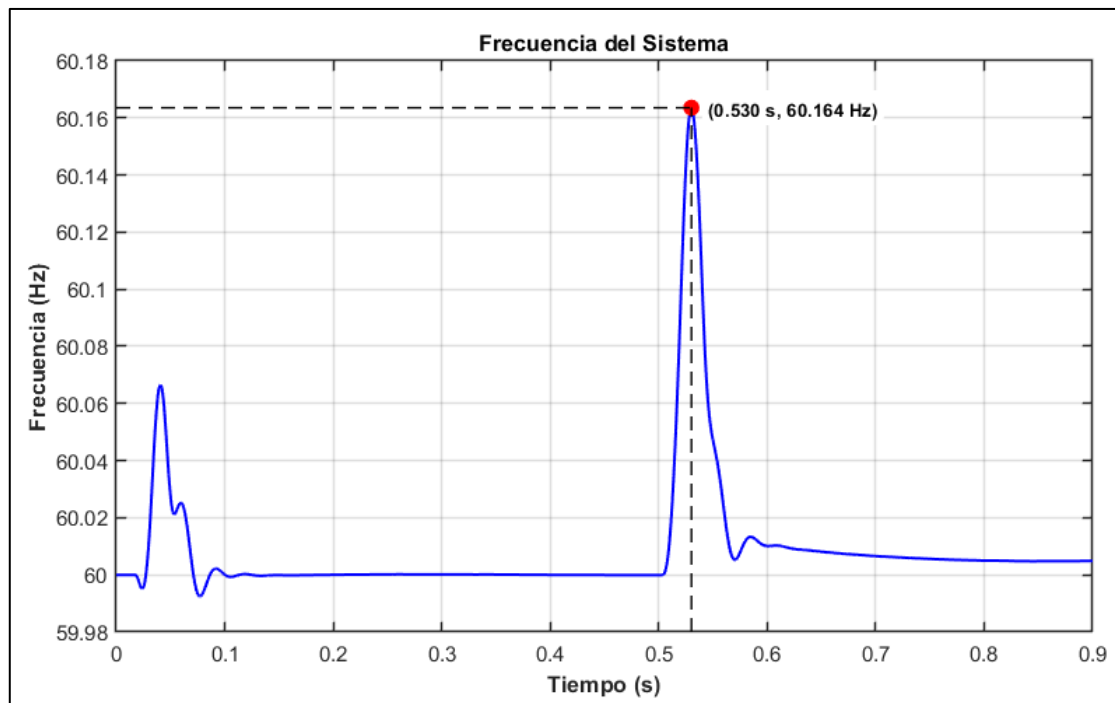


Ilustración 21. Frecuencia del sistema. CASO 1

La Ilustración 21 muestra la respuesta de la frecuencia del sistema ante la desconexión del 10 % de la carga, aplicada a los 0,5 s en ausencia de generación fotovoltaica. Antes de la perturbación, la frecuencia permanece cercana a su valor nominal de 60 Hz, luego de un breve transitorio asociado al inicio de la simulación. Tras la desconexión de la carga, la frecuencia experimenta un incremento transitorio, alcanzando un valor máximo de 60,164 Hz a los 0,530 s, para posteriormente disminuir de forma progresiva hasta estabilizarse nuevamente alrededor del valor nominal.

No se presentan oscilaciones significativas ni desviaciones sostenidas, lo cual confirma que el punto de operación es estable y que el control primario de frecuencia mantiene la microred dentro de márgenes aceptables tras la perturbación.

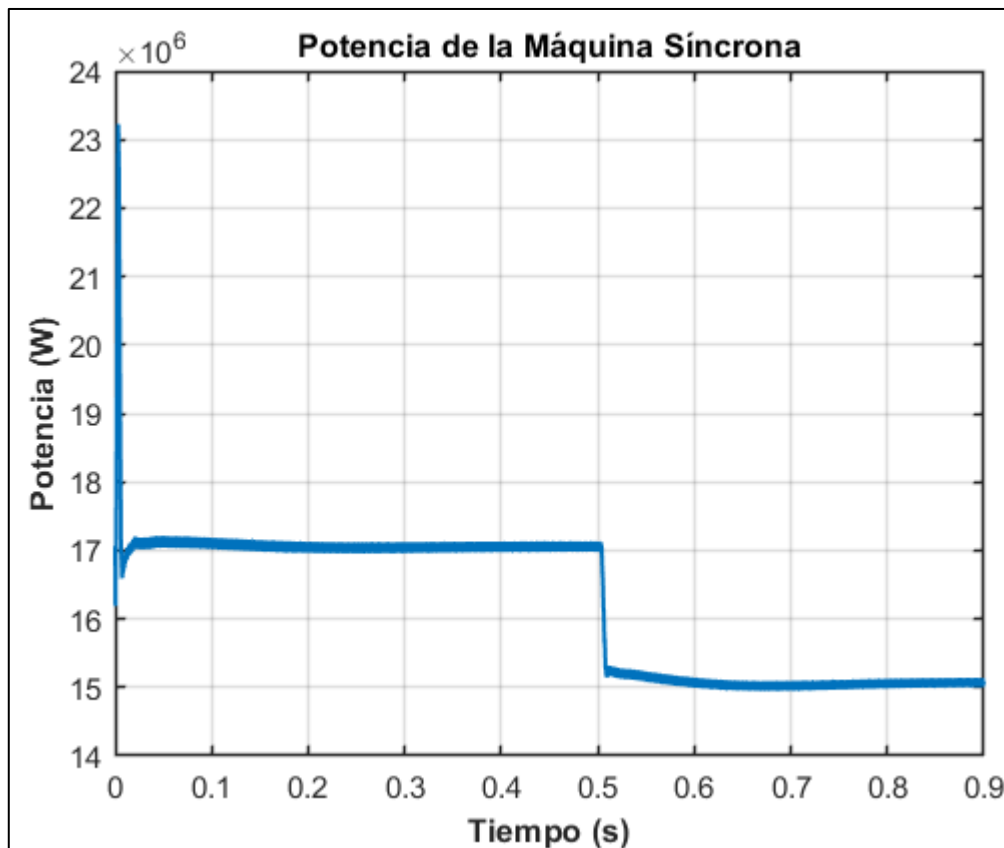


Ilustración 22. Potencia de la máquina síncrona. CASO 1

La Ilustración 22 presenta la potencia suministrada por la máquina síncrona durante el caso base. Inicialmente, la máquina entrega aproximadamente 17 MW, manteniendo un comportamiento prácticamente constante mientras el sistema permanece en equilibrio. Una vez desconectada la carga a los 0,5 s, la potencia generada disminuye hasta un valor cercano a 15 MW, donde alcanza un nuevo estado estable acorde con la reducción de la demanda.

En conjunto, el resultado evidencia que la máquina síncrona presenta una respuesta estable, con oscilaciones bien amortiguadas y sin pérdida de sincronismo, lo que confirma su adecuada capacidad para adaptarse a variaciones de carga y de generación en la microred híbrida.

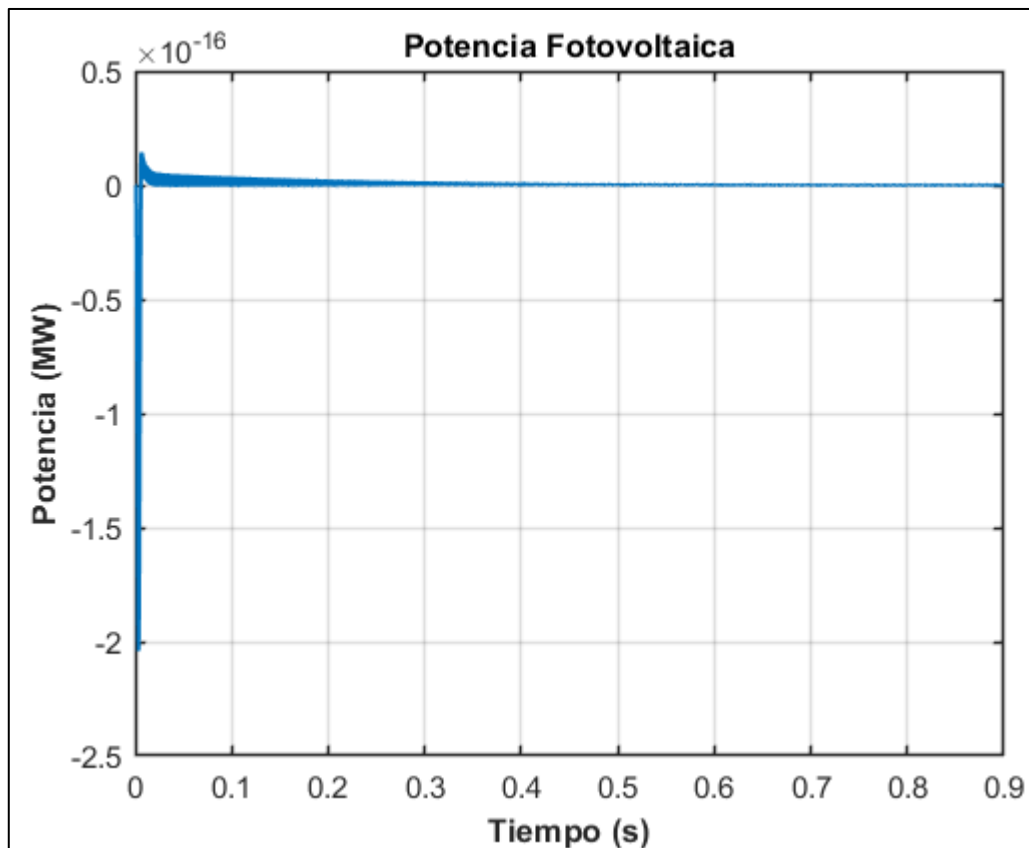


Ilustración 23. Potencia fotovoltaica. CASO 1

La Ilustración 23 evidencia que la potencia fotovoltaica permanece prácticamente nula durante toda la simulación, confirmando que, para este escenario, la microred opera exclusivamente con el aporte de la máquina síncrona, sin inyección de energía proveniente de generación fotovoltaica.

6.2. Escenario 2: Penetración baja, media y alta de generación

fotovoltaica a potencia constante

6.2.1 Penetración baja

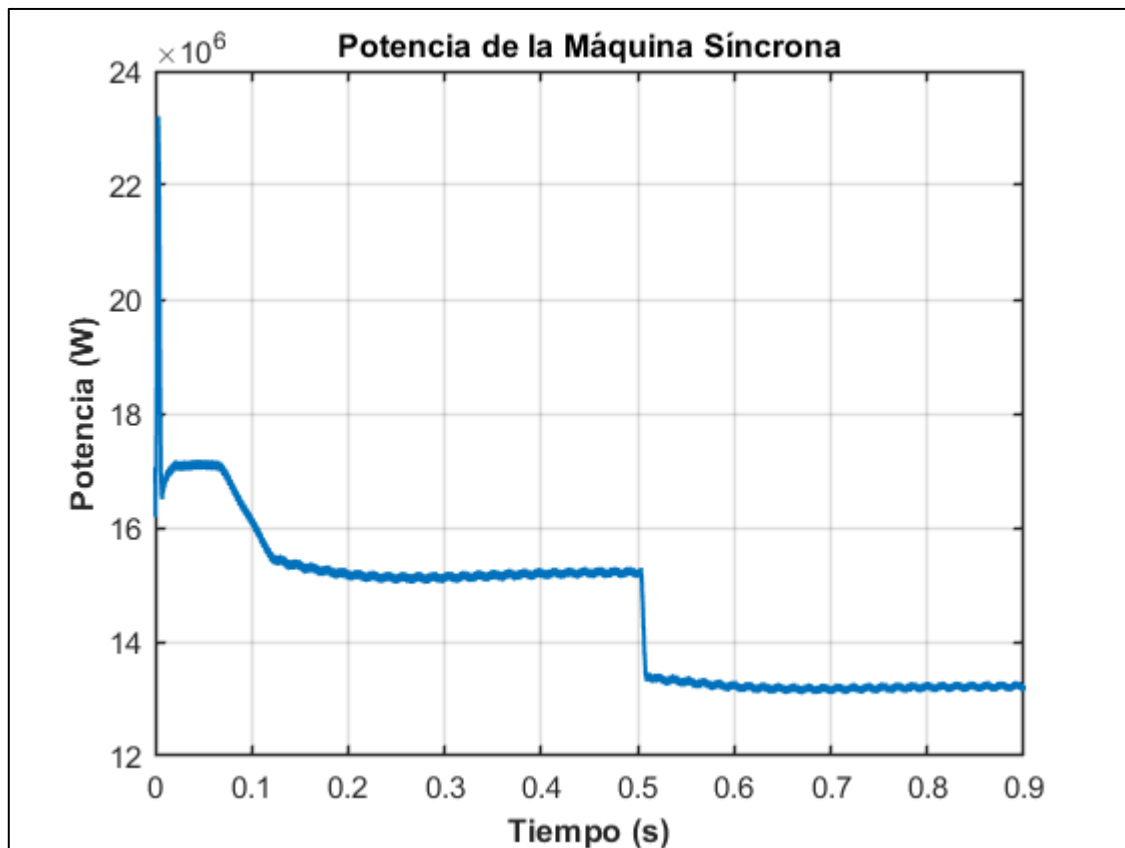


Ilustración 24. Potencia de la máquina síncrona con penetración baja

La Ilustración 24 presenta la potencia suministrada por la máquina síncrona durante este escenario. En el régimen previo a la perturbación, la máquina entrega aproximadamente 15 MW, valor inferior al observado en el caso base debido al aporte constante de la generación fotovoltaica. Después de la desconexión de la carga, la potencia de la máquina disminuye hasta estabilizarse alrededor de 13,2 MW, reflejando la reducción de la demanda del sistema.

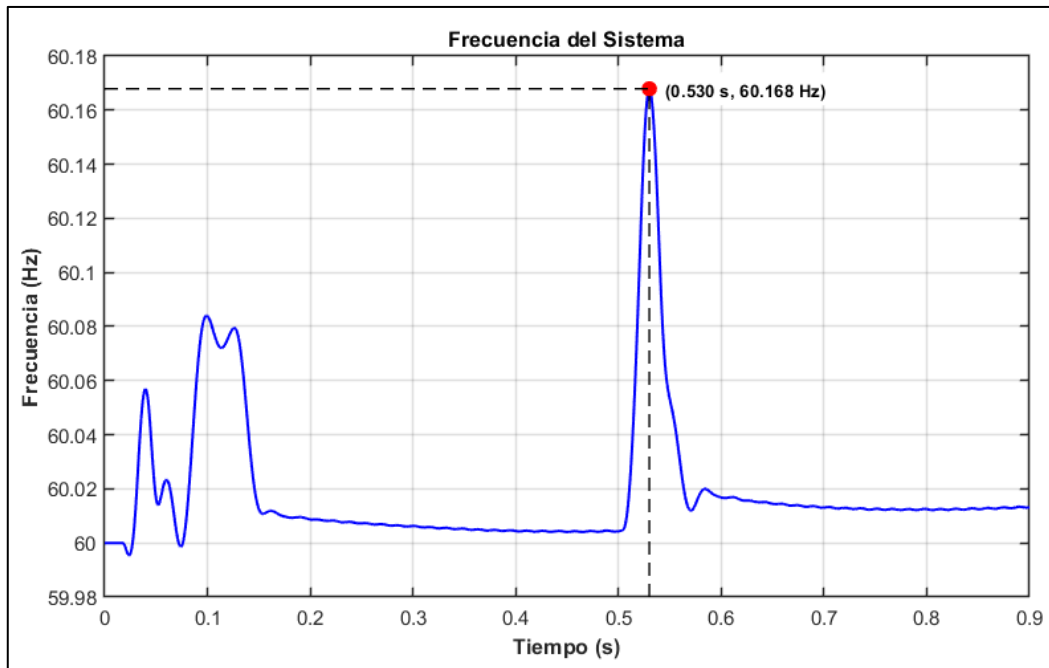


Ilustración 25. Frecuencia del sistema con penetración baja a potencia constante

La Ilustración 25 muestra la respuesta de la frecuencia del sistema cuando la microred opera con una penetración fotovoltaica baja (10 %) y una potencia fotovoltaica constante de aproximadamente 2 MW. Antes de la perturbación, la frecuencia presenta un breve periodo transitorio asociado a la sincronización inicial del sistema y posteriormente se mantiene cercana a los 60 Hz. Tras la desconexión del 10 % de la carga a los 0,5 s, la frecuencia experimenta un incremento transitorio, alcanzando un valor máximo de 60,168 Hz a los 0,530 s. Posteriormente, la frecuencia disminuye gradualmente hasta aproximarse nuevamente a su condición de equilibrio.

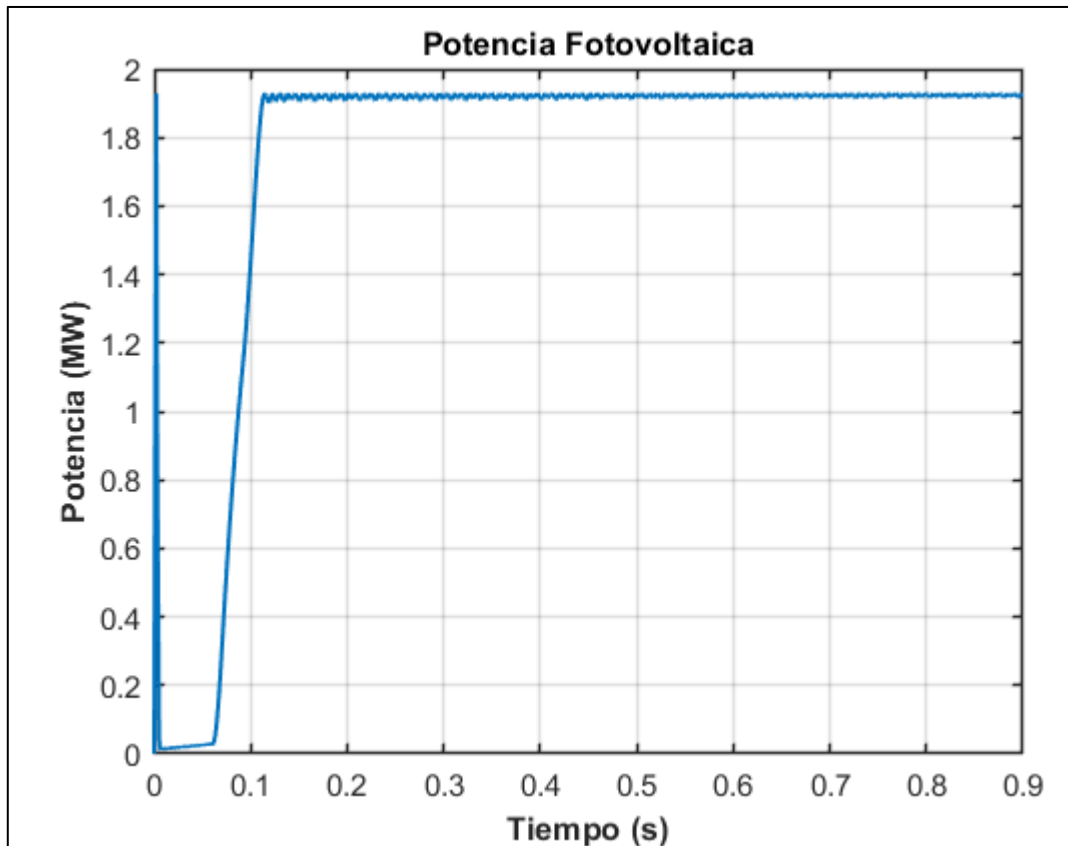


Ilustración 26. Penetración baja de generación fotovoltaica a potencia constante

La Ilustración 26 muestra que la generación fotovoltaica alcanza rápidamente una potencia cercana a 1,93 MW durante los primeros milisegundos de la simulación y posteriormente permanece prácticamente constante durante todo el periodo analizado. Este comportamiento confirma que la planta fotovoltaica opera suministrando una potencia estable, sin presentar variaciones asociadas a cambios en la irradiancia.

6.7.2 Penetración media

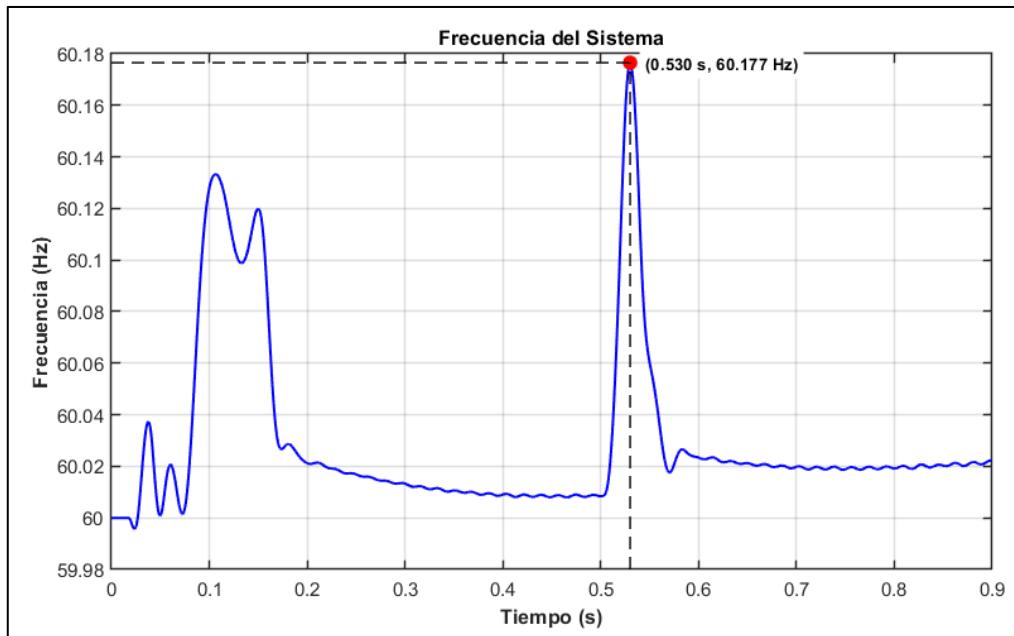


Ilustración 27. Frecuencia del sistema con penetración media a potencia constante

La Ilustración 27 presenta la respuesta de la frecuencia del sistema cuando la microred opera con una penetración fotovoltaica media (20 %) y una potencia fotovoltaica constante cercana a 4 MW. Antes de la perturbación, la frecuencia presenta un breve transitorio asociado al proceso de sincronización y posteriormente permanece próxima a los 60 Hz. Al producirse la desconexión del 10 % de la carga a los 0,5 s, la frecuencia experimenta un incremento transitorio, alcanzando un valor máximo de 60,177 Hz a los 0,530 s, para luego disminuir progresivamente hasta estabilizarse alrededor de su condición de operación.

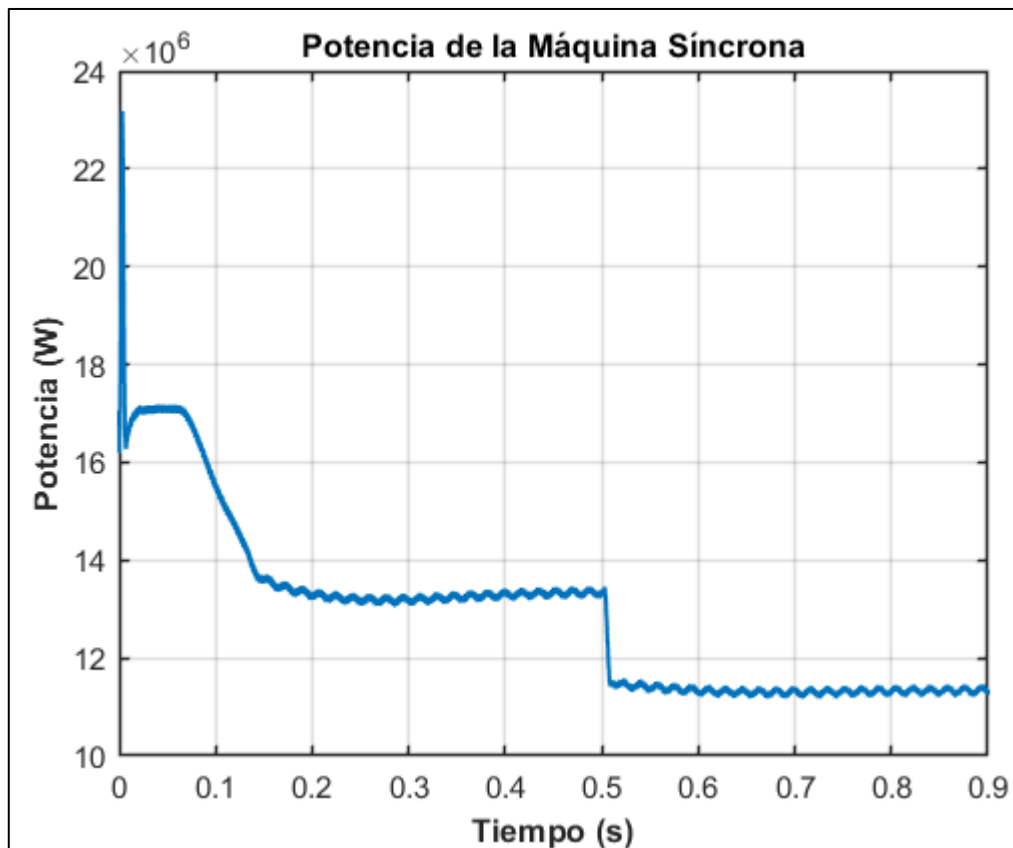


Ilustración 28. Potencia de la máquina con penetración media a potencia constante

La Ilustración 28 muestra la potencia suministrada por la máquina síncrona durante este escenario. Antes de la desconexión de la carga, la máquina aporta aproximadamente 13,3 MW, mientras que después de la perturbación su potencia disminuye hasta un valor cercano a 11,4 MW, estableciendo un nuevo punto de equilibrio acorde con la reducción de la demanda del sistema.

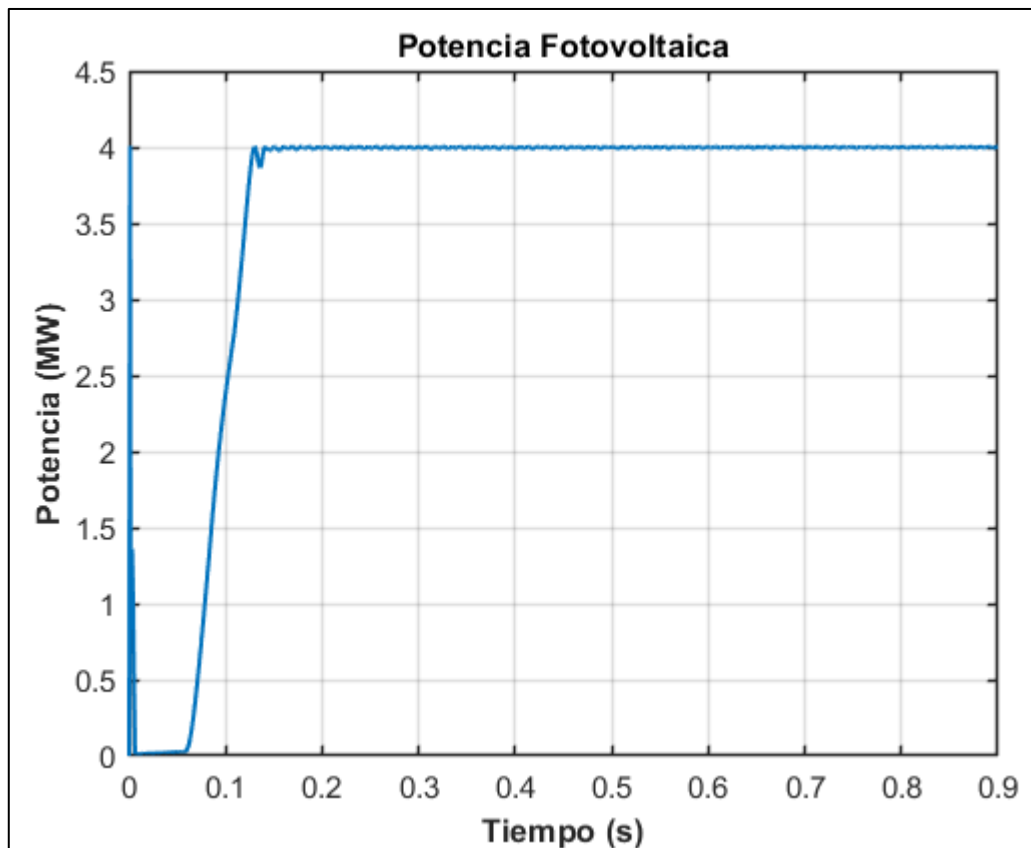


Ilustración 29. Penetración media de generación fotovoltaica a potencia constante

La Ilustración 29 evidencia que la planta fotovoltaica incrementa rápidamente su generación durante los primeros instantes de la simulación hasta alcanzar una potencia cercana a 4 MW, valor que permanece prácticamente constante durante el resto del periodo analizado. Esto confirma que la fuente fotovoltaica opera bajo una condición de generación constante durante todo el escenario.

6.7.3 Penetración alta

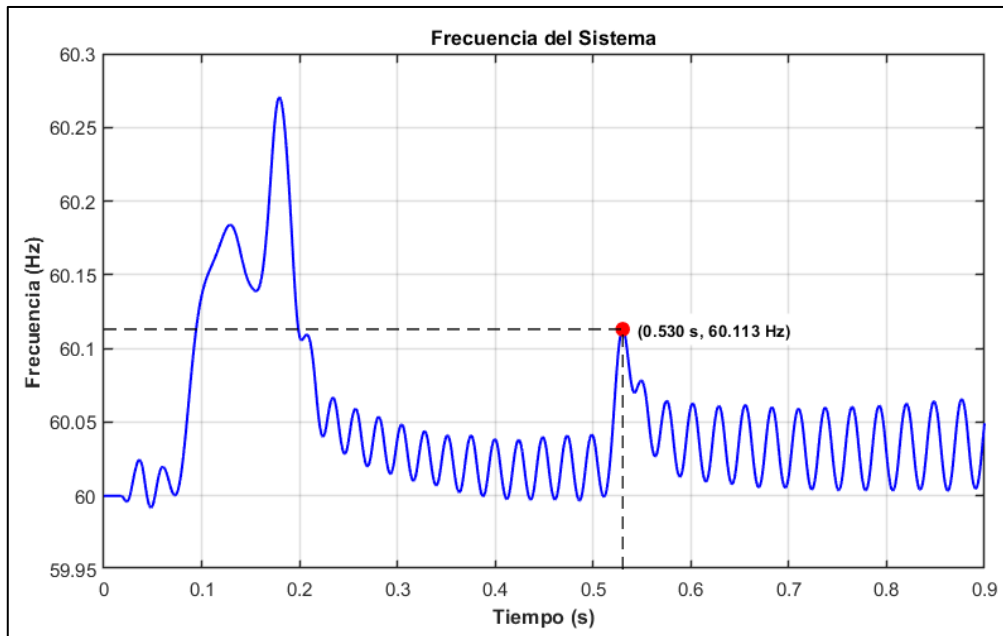


Ilustración 30. Frecuencia del sistema con penetración alta a potencia constante

La Ilustración 30 muestra la respuesta de la frecuencia cuando la microred opera con una penetración fotovoltaica alta (40 %) y una potencia fotovoltaica constante cercana a 8 MW. Antes de la desconexión de la carga se observa un transitorio inicial asociado al establecimiento de las condiciones de operación, tras el cual la frecuencia se mantiene próxima a los 60 Hz. Al producirse la desconexión del 10 % de la carga a los 0,5 s, la frecuencia alcanza un valor máximo de 60,113 Hz a los 0,530 s. Posteriormente, el sistema presenta oscilaciones de pequeña amplitud alrededor de su condición de equilibrio durante el tiempo restante de la simulación.

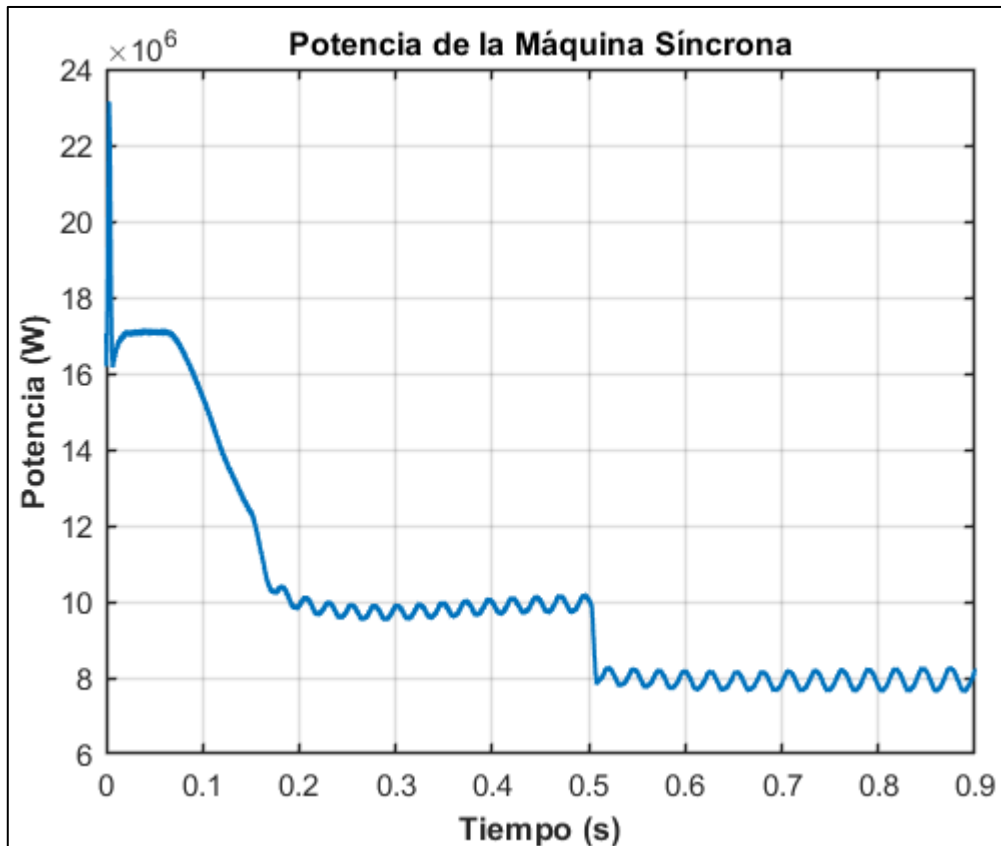


Ilustración 31. Potencia de la máquina con penetración alta a potencia constante

La Ilustración 31 presenta la potencia entregada por la máquina síncrona durante este escenario. Antes de la perturbación, el generador suministra aproximadamente 10 MW, valor considerablemente inferior al observado en los escenarios de menor penetración debido al mayor aporte de la generación fotovoltaica. Tras la desconexión de la carga, la potencia disminuye hasta estabilizarse alrededor de 8 MW, acompañada de pequeñas oscilaciones durante el régimen posterior.

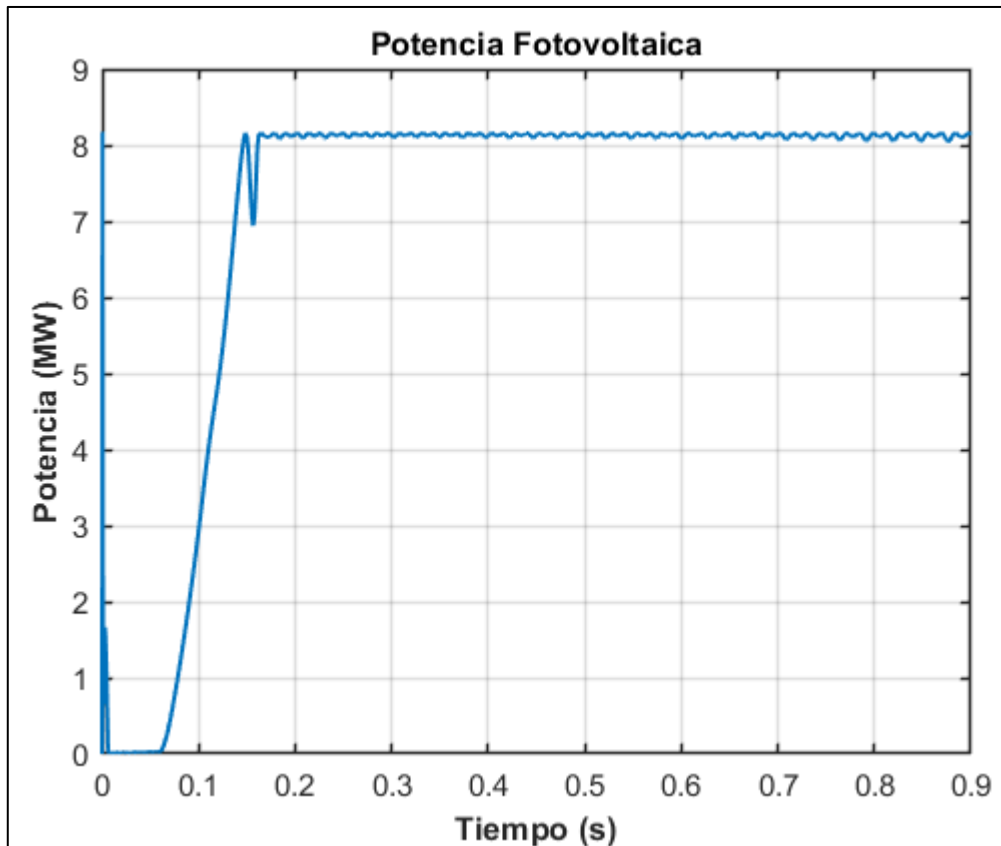


Ilustración 32. Penetración alta de generación fotovoltaica a potencia constante

La Ilustración 32 muestra que la generación fotovoltaica incrementa rápidamente su potencia durante los primeros instantes de la simulación hasta alcanzar aproximadamente 8 MW, manteniéndose prácticamente constante durante el resto del periodo analizado. Esto evidencia que la planta fotovoltaica conserva un aporte estable de potencia activa y no modifica su generación frente a la perturbación aplicada.

6.3 Escenario 3: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica con curva de irradiancia

6.3.1 Penetración baja

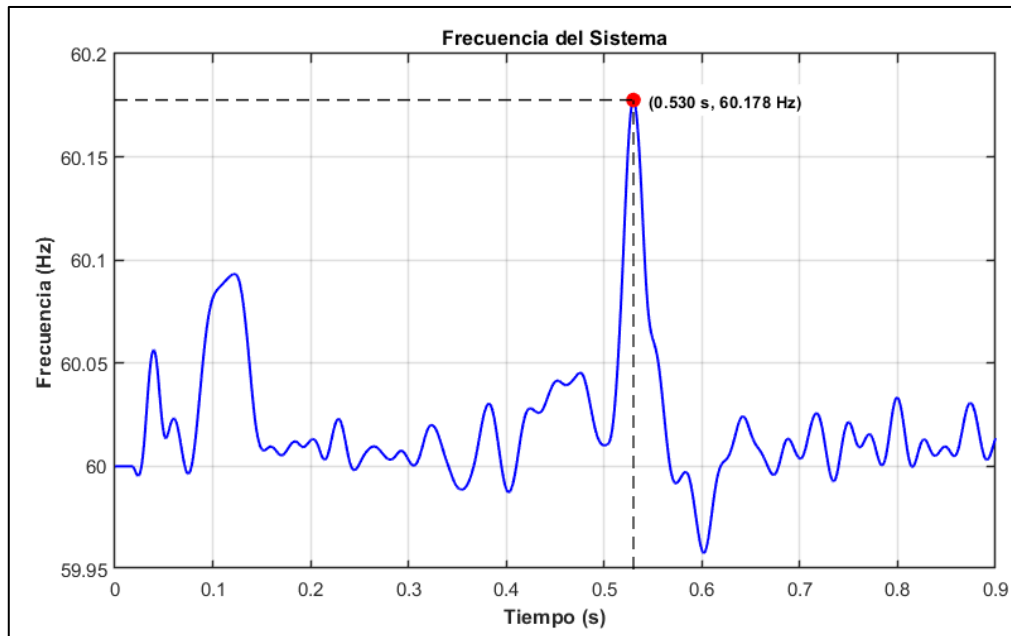


Ilustración 33. Frecuencia del sistema con penetración baja a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 33 muestra la respuesta de la frecuencia del sistema cuando la microred opera con una penetración fotovoltaica baja (10 %) y la generación fotovoltaica sigue una curva de irradiancia. Durante el periodo previo a la perturbación se observan pequeñas variaciones en la frecuencia asociadas a los cambios en la potencia suministrada por la planta fotovoltaica. Al producirse la desconexión del 10 % de la carga a los 0,5 s, la frecuencia alcanza un valor máximo de 60,178 Hz a los 0,530 s. Posteriormente, la frecuencia presenta una disminución transitoria y continúa oscilando alrededor del valor nominal hasta el final de la simulación.

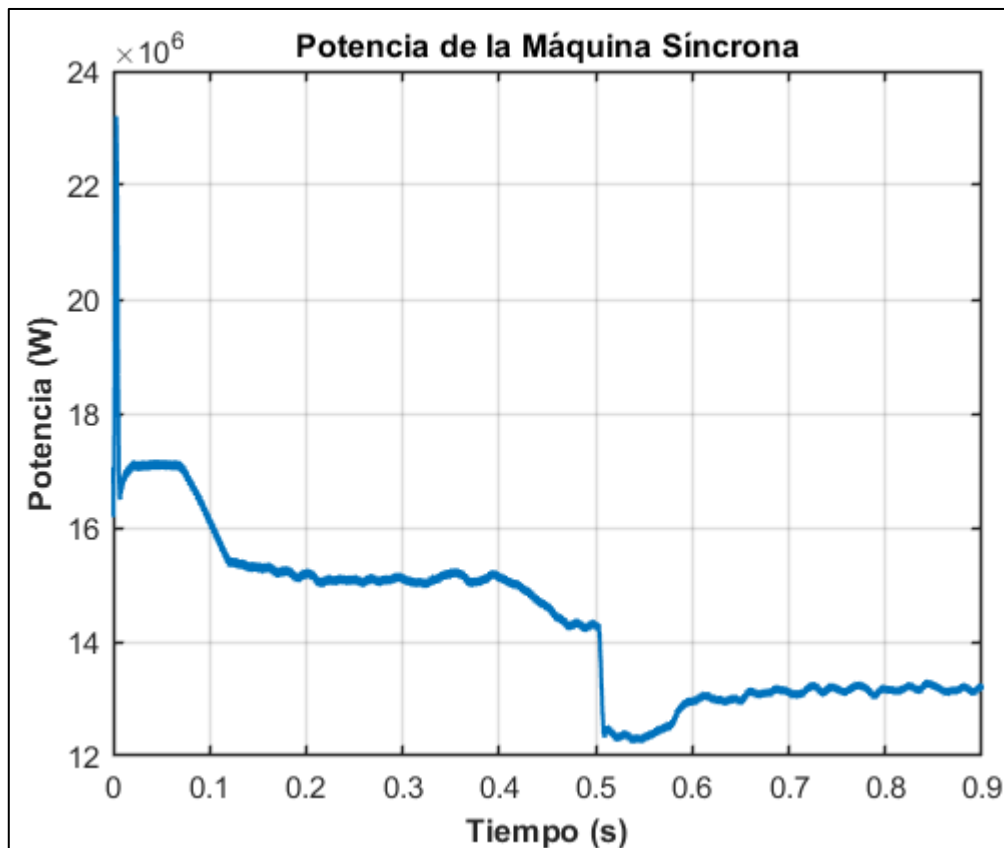


Ilustración 34. Potencia de la máquina con penetración baja a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 34 presenta la potencia entregada por la máquina síncrona durante este escenario. Antes de la perturbación, la potencia suministrada por el generador varía ligeramente en respuesta a los cambios en la generación fotovoltaica, manteniéndose alrededor de 15 MW. Tras la desconexión de la carga, la potencia disminuye hasta aproximadamente 12,3 MW y posteriormente experimenta un incremento gradual hasta estabilizarse cerca de 13,2 MW, siguiendo las variaciones de la potencia fotovoltaica.

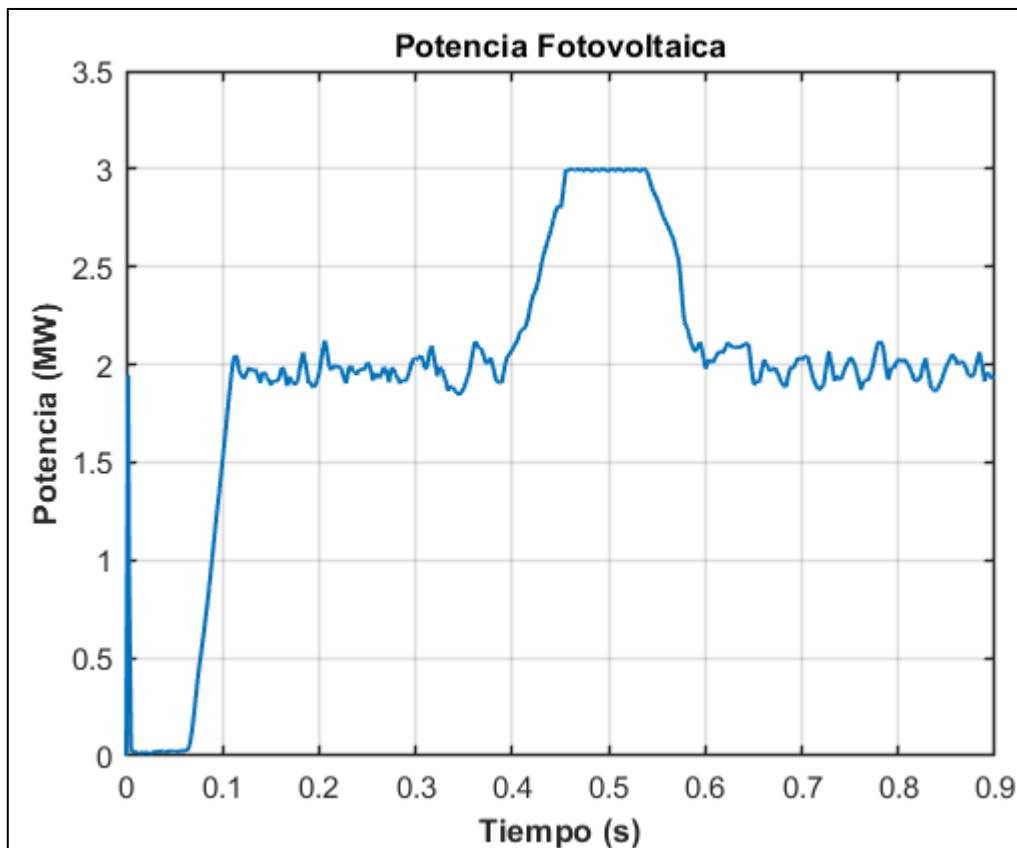


Ilustración 35. Penetración baja de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 35 muestra el comportamiento dinámico de la generación fotovoltaica bajo una curva de irradiancia. Durante la simulación, la potencia aumenta rápidamente hasta un valor cercano a 2 MW y, posteriormente, experimenta un incremento temporal hasta aproximadamente 3 MW alrededor del instante en que ocurre la perturbación. Finalmente, la potencia retorna a valores cercanos a 2 MW, siguiendo el perfil de irradiancia definido para este escenario.

6.3.2 Penetración media

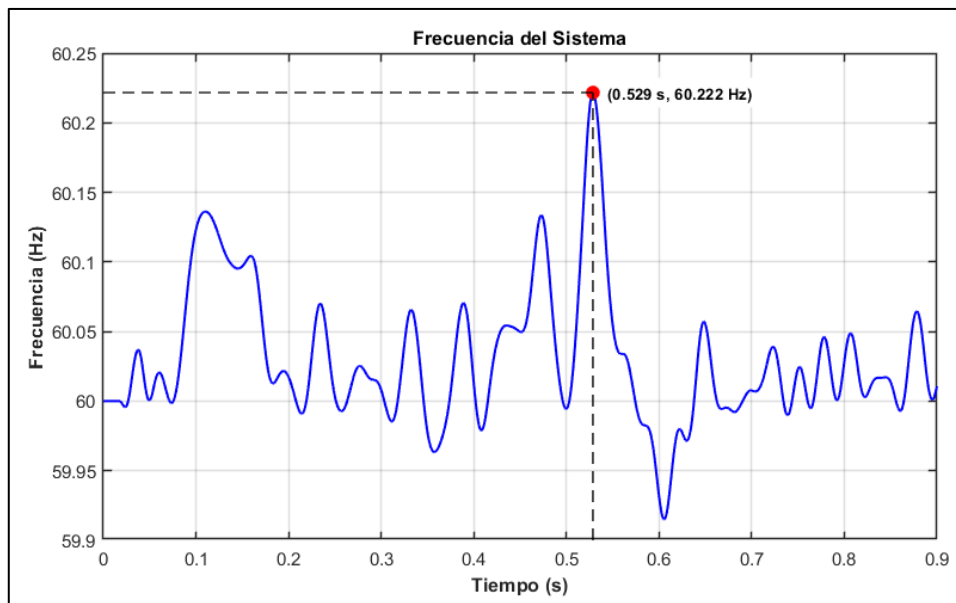


Ilustración 36. Frecuencia del sistema con penetración media a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 36 presenta la respuesta de la frecuencia del sistema cuando la microred opera con una penetración fotovoltaica media (20 %) y la generación fotovoltaica sigue una curva de irradiancia. Durante el periodo previo a la perturbación se observan variaciones en la frecuencia asociadas a los cambios de potencia provenientes de la planta fotovoltaica. Al producirse la desconexión del 10 % de la carga en el instante 0,5 s, la frecuencia alcanza un valor máximo de 60,222 Hz a los 0,529 s. Posteriormente, la frecuencia presenta una disminución transitoria por debajo del valor nominal y continúa con pequeñas oscilaciones hasta finalizar la simulación.

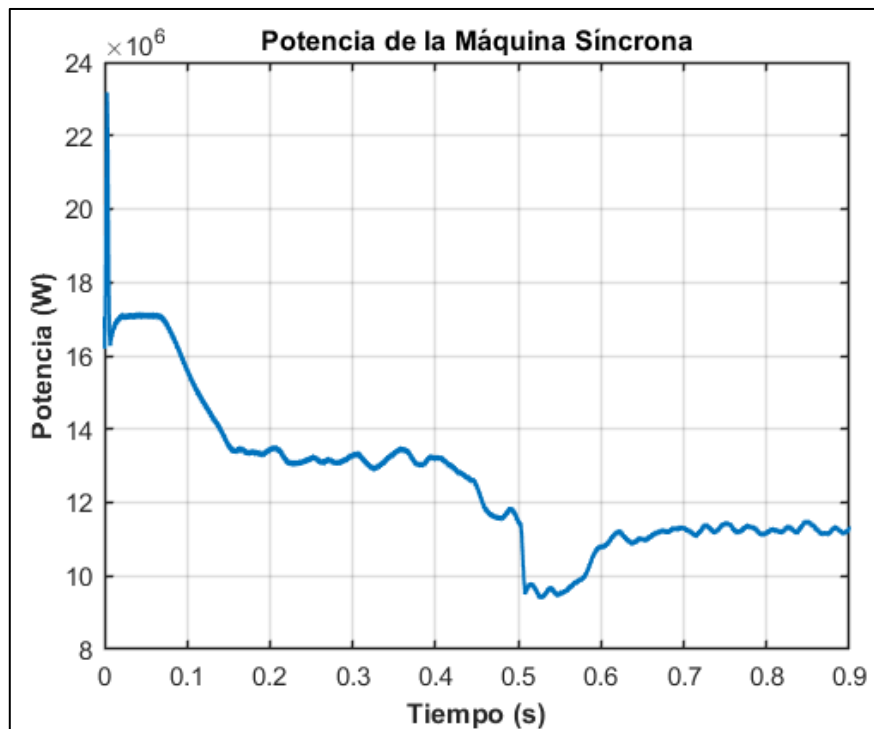


Ilustración 37. Potencia de la máquina con penetración media a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 37 muestra la potencia suministrada por la máquina síncrona durante este escenario. Antes de la perturbación, el generador entrega aproximadamente 13 MW, presentando ligeras variaciones debido a los cambios en la generación fotovoltaica. Después de la desconexión de la carga, la potencia disminuye hasta un valor cercano a 9,5 MW, para luego incrementarse gradualmente y estabilizarse alrededor de 11 MW conforme cambia la potencia generada por la planta fotovoltaica.

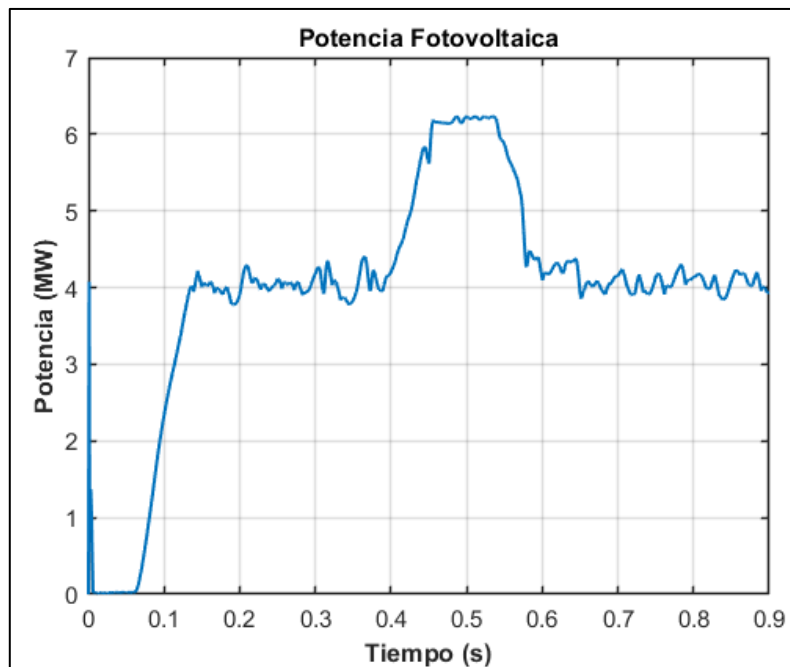


Ilustración 38. Penetración media de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 38 muestra el comportamiento de la potencia fotovoltaica bajo la curva de irradiancia utilizada en la simulación. Inicialmente, la generación aumenta hasta aproximadamente 4 MW, posteriormente alcanza un máximo cercano a 6,2 MW alrededor del instante de la perturbación y finalmente disminuye nuevamente hasta valores próximos a 4 MW, siguiendo el perfil de irradiancia establecido.

6.3.3 Penetración alta

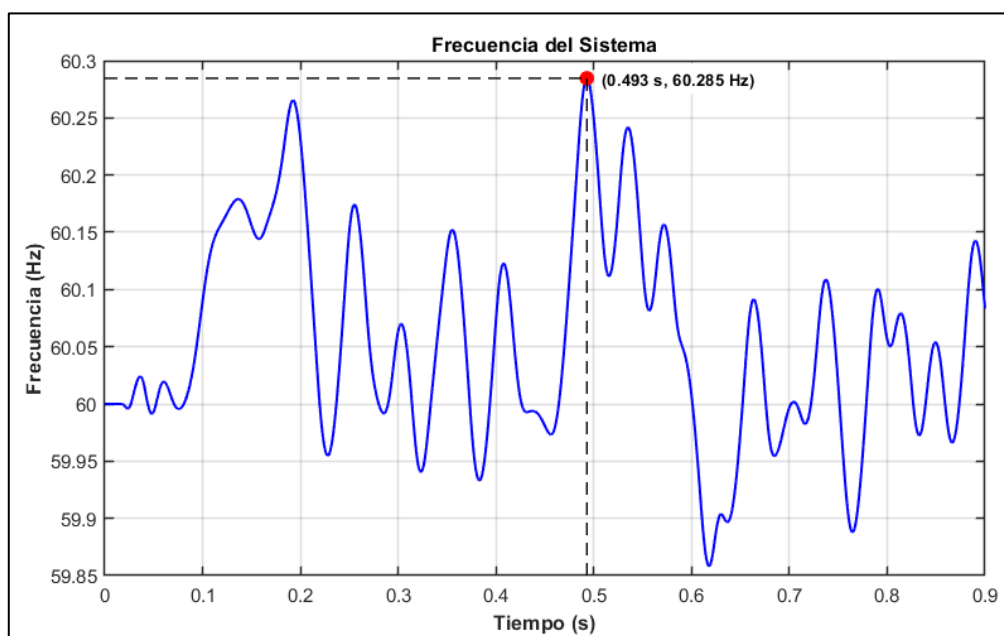


Ilustración 39. Frecuencia del sistema con penetración alta a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 39 presenta la respuesta de la frecuencia del sistema cuando la microred opera con una penetración fotovoltaica alta (40 %) y la generación fotovoltaica sigue una curva de irradiancia. Durante el periodo previo a la perturbación se observan oscilaciones de mayor amplitud en comparación con los escenarios anteriores, asociadas a las variaciones de la potencia fotovoltaica. En el instante 0,493 s, la frecuencia alcanza un valor máximo de 60,285 Hz, coincidiendo con el incremento de la generación fotovoltaica. Posteriormente, tras la desconexión del 10 % de la carga a los 0,5 s, la frecuencia presenta oscilaciones alrededor del valor nominal, alcanzando además un mínimo cercano a 59,86 Hz antes de continuar con un comportamiento oscilatorio durante el resto de la simulación.

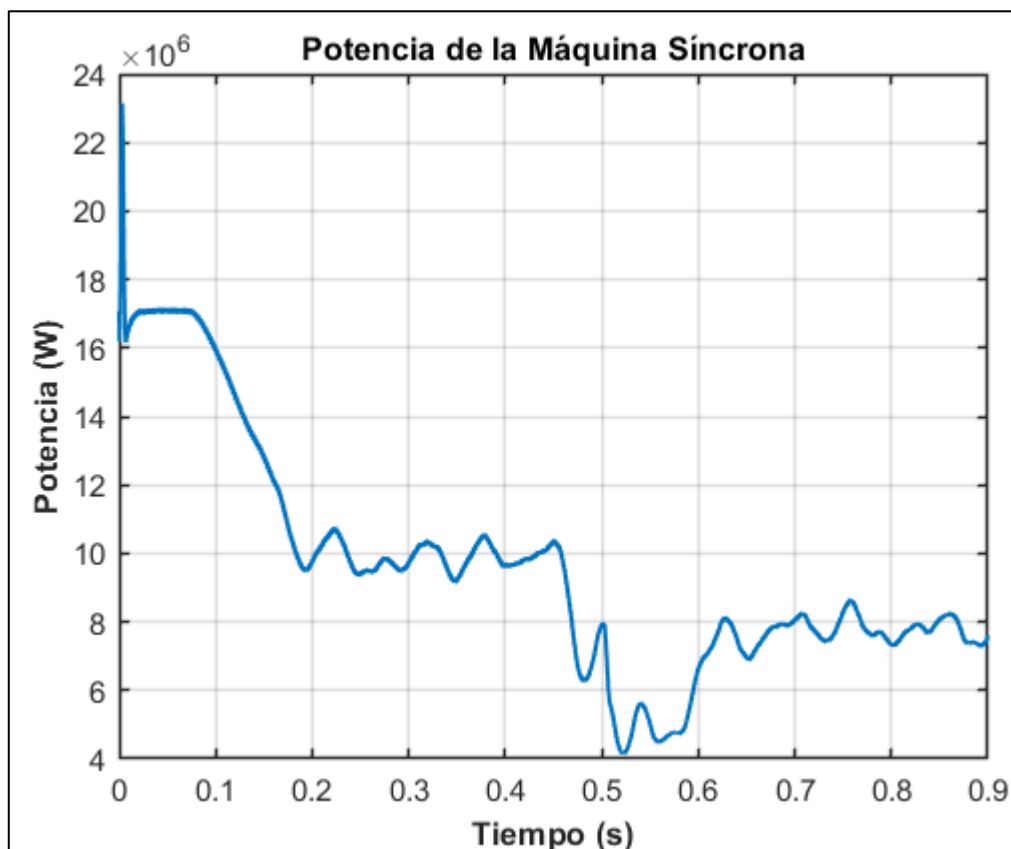


Ilustración 40. Potencia de la máquina con penetración alta a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 40 muestra la potencia suministrada por la máquina síncrona durante este escenario. Antes de la perturbación, la potencia entregada disminuye progresivamente conforme aumenta la participación de la generación fotovoltaica, estabilizándose alrededor de 10 MW. Después de la desconexión de la carga, la potencia

presenta una reducción importante, alcanzando valores cercanos a 4,5 MW, para posteriormente incrementarse gradualmente hasta mantenerse alrededor de 7,5 MW, siguiendo las variaciones de la generación fotovoltaica.

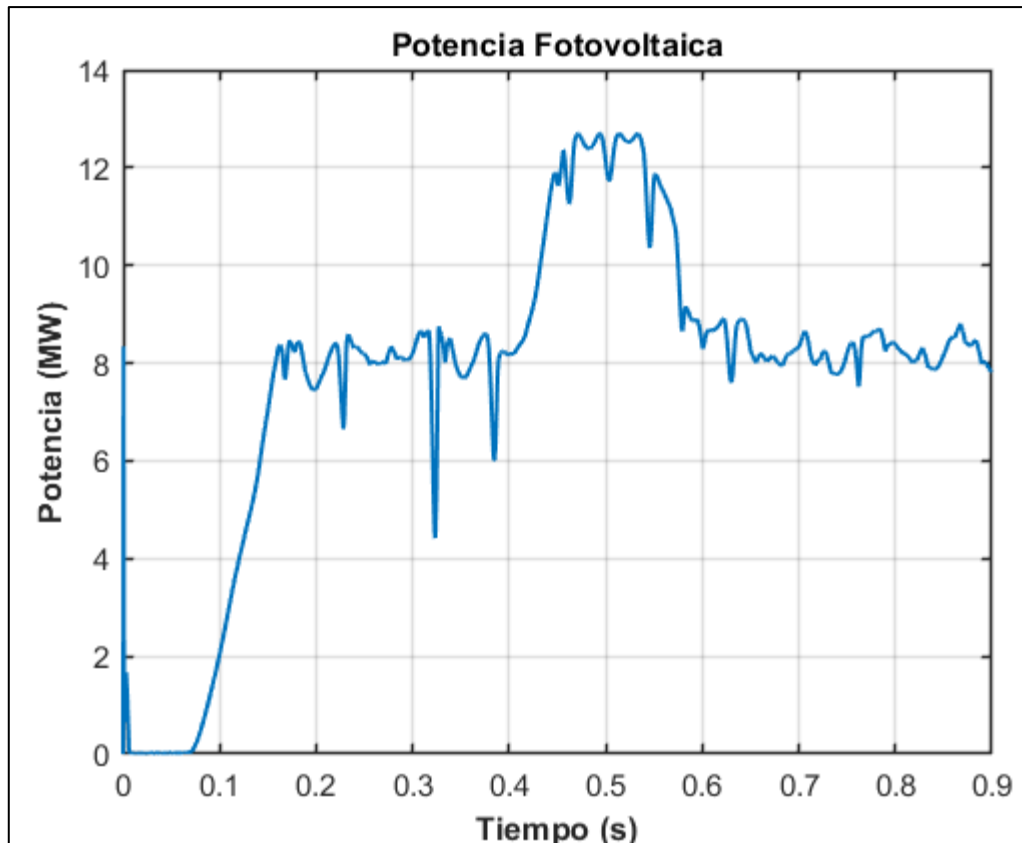


Ilustración 41. Penetración alta de generación fotovoltaica a partir de curva de irradiancia

La Ilustración 41 presenta el comportamiento de la generación fotovoltaica bajo la curva de irradiancia. La potencia aumenta inicialmente hasta valores cercanos a 8 MW, posteriormente alcanza un máximo aproximado de 12,5 MW y finalmente disminuye nuevamente hasta valores próximos a 8 MW, presentando pequeñas fluctuaciones durante el resto del periodo de simulación como consecuencia de las variaciones del perfil de irradiancia.

7 Capítulo IV: Análisis y Discusión

7.1 Escenario 1. Sin penetración fotovoltaica

El caso base constituye la condición de referencia para evaluar posteriormente el efecto de la incorporación de generación fotovoltaica en la estabilidad de frecuencia de la microred. Durante este escenario, la totalidad de la demanda es abastecida por la máquina síncrona, la cual proporciona tanto la potencia activa requerida por la carga como la inercia necesaria para responder frente a perturbaciones.

Previo a la desconexión de la carga, la frecuencia permanece prácticamente constante alrededor de los 60 Hz, lo que indica que el sistema ha alcanzado un estado de equilibrio entre la potencia mecánica suministrada por la máquina y la potencia eléctrica demandada. El pequeño transitorio observado durante los primeros instantes corresponde al proceso normal de estabilización de las variables dinámicas al inicio de la simulación y no afecta el comportamiento posterior del sistema.

Al producirse la desconexión del 10 % de la carga en el instante 0,5 s, la demanda disminuye de forma repentina mientras la potencia mecánica suministrada por el generador permanece momentáneamente inalterada. Como consecuencia, se genera un exceso temporal de potencia activa que provoca la aceleración del rotor de la máquina síncrona y, por tanto, un incremento transitorio de la frecuencia hasta alcanzar un máximo de 60,164 Hz.

Posteriormente, el regulador de velocidad actúa reduciendo gradualmente la potencia mecánica entregada por la máquina síncrona, permitiendo restablecer el equilibrio entre generación y demanda. Esta acción se refleja en la disminución de la potencia generada, que pasa aproximadamente de 17 MW a 15 MW, valor coherente con la nueva condición de carga del sistema. De manera simultánea, la frecuencia retorna progresivamente hacia el valor nominal, evidenciando un comportamiento estable y adecuadamente amortiguado.

Por otra parte, la potencia fotovoltaica permanece prácticamente en cero durante toda la simulación, confirmando que no existe aporte de generación renovable en este escenario. En consecuencia, toda la respuesta dinámica del sistema depende exclusivamente de la máquina síncrona y de la acción de sus sistemas de control.

En conjunto, los resultados obtenidos muestran que la microred mantiene un comportamiento estable frente a la perturbación analizada, constituyendo un punto de referencia adecuado para comparar el desempeño del sistema cuando se incorporen diferentes niveles de penetración fotovoltaica en los escenarios posteriores.

7.2 Escenario 2: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante

7.2.1 Penetración baja

La incorporación de una fuente fotovoltaica con una penetración del 10 % modifica la distribución de la generación dentro de la microred, permitiendo que parte de la demanda sea abastecida por la planta fotovoltaica y reduciendo la potencia requerida de la máquina síncrona. Antes de la perturbación, la generación fotovoltaica mantiene una potencia prácticamente constante de 1,93 MW, mientras que la máquina síncrona suministra aproximadamente 15 MW, estableciendo el equilibrio entre generación y demanda.

Cuando ocurre la desconexión del 10 % de la carga a los 0,5 s, se produce un excedente momentáneo de potencia activa, lo que ocasiona una aceleración temporal del rotor de la máquina síncrona y un incremento de la frecuencia hasta 60,168 Hz. Aunque el comportamiento es similar al observado en el caso base, el valor máximo de frecuencia resulta ligeramente superior, lo que indica que la presencia de generación fotovoltaica reduce la participación de la máquina síncrona en el suministro de potencia y, por consiguiente, disminuye el efecto amortiguador asociado a su inercia.

Posteriormente, el regulador de velocidad ajusta la potencia mecánica entregada por la máquina síncrona hasta alcanzar un nuevo punto de operación cercano a 13,2 MW, compensando la disminución de la demanda mientras la generación fotovoltaica mantiene constante su aporte. Este comportamiento evidencia que, al operar con potencia fotovoltaica constante, la regulación de la frecuencia continúa dependiendo principalmente de la máquina síncrona, ya que la planta fotovoltaica no modifica su potencia para contribuir a la respuesta dinámica del sistema.

En comparación con el caso base, se observa que la incorporación de una penetración fotovoltaica baja permite disminuir la carga de trabajo de la máquina síncrona durante la operación normal, aunque la respuesta transitoria de la frecuencia conserva características similares. Esto indica que, para este nivel de penetración, el sistema mantiene un comportamiento estable y la reducción de la inercia efectiva aún no genera alteraciones significativas en la estabilidad de frecuencia.

7.2.2 Penetración media

En este escenario, la generación fotovoltaica aporta aproximadamente 4 MW de manera constante, por lo que la máquina síncrona reduce su participación en el suministro de potencia activa respecto al caso base y al escenario de penetración baja. Esta redistribución de la generación permite que la demanda sea cubierta conjuntamente por ambas fuentes, disminuyendo la carga de operación del generador convencional.

Cuando se produce la desconexión del 10 % de la carga, el exceso momentáneo de potencia ocasiona un incremento de la frecuencia hasta 60,177 Hz, valor ligeramente superior al registrado en los escenarios anteriores. Este comportamiento se debe a que, al aumentar la participación de la generación fotovoltaica, disminuye la proporción de

potencia aportada por la máquina síncrona y, en consecuencia, también se reduce la inercia efectiva disponible para amortiguar la perturbación.

Posteriormente, el regulador de velocidad actúa reduciendo la potencia mecánica suministrada por la máquina síncrona, la cual pasa de aproximadamente 13,3 MW a 11,4 MW, alcanzando un nuevo estado estable. Durante todo este proceso, la planta fotovoltaica mantiene prácticamente constante su generación, sin contribuir de forma activa al control de la frecuencia, por lo que la regulación continúa dependiendo principalmente de la respuesta dinámica de la máquina síncrona.

Al comparar este escenario con el caso base y con la penetración fotovoltaica baja, se observa que el incremento de la participación de la generación renovable reduce aún más la potencia suministrada por la máquina síncrona durante la operación normal. Asimismo, el aumento del pico máximo de frecuencia evidencia una ligera disminución en la capacidad del sistema para amortiguar perturbaciones, comportamiento esperado cuando una mayor proporción de la demanda es abastecida por fuentes fotovoltaicas que no aportan inercia de forma natural.

7.2.3 Penetración alta

Con una penetración fotovoltaica del 40 %, una parte importante de la demanda es abastecida por la planta fotovoltaica, lo que reduce significativamente la participación de la máquina síncrona en la generación total de la microred. En condiciones previas a la perturbación, la máquina suministra alrededor de 10 MW, mientras que la planta fotovoltaica aporta aproximadamente 8 MW, estableciendo el equilibrio entre generación y demanda.

Al producirse la desconexión del 10 % de la carga, la frecuencia presenta un incremento transitorio hasta 60,113 Hz. Posteriormente, el sistema no recupera

inmediatamente un comportamiento completamente amortiguado, sino que mantiene pequeñas oscilaciones alrededor de su punto de operación. Estas oscilaciones también son visibles en la potencia suministrada por la máquina síncrona, lo que indica que el regulador de velocidad continúa realizando ajustes para mantener el equilibrio entre la generación y la nueva demanda del sistema.

A diferencia de los escenarios de penetración baja y media, donde la respuesta posterior a la perturbación presenta un amortiguamiento más rápido, en este caso la mayor participación de la generación fotovoltaica reduce el aporte dinámico de la máquina síncrona, haciendo más evidente la presencia de oscilaciones durante el proceso de estabilización. No obstante, la frecuencia permanece cercana al valor nominal de 60 Hz, por lo que el sistema conserva la estabilidad y no se observan desviaciones que comprometan su operación.

En conjunto, este escenario demuestra que una mayor penetración fotovoltaica disminuye la potencia suministrada por la máquina síncrona y modifica la respuesta dinámica de la microred frente a perturbaciones. Aunque el sistema mantiene su estabilidad, la aparición de oscilaciones persistentes refleja una reducción en la capacidad de amortiguamiento proporcionada por la generación síncrona, aspecto que deberá considerarse en el análisis comparativo de todos los escenarios.

7.3 Escenario 3: Penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica con curva de irradiancia

7.3.1 Penetración baja

A diferencia del escenario con potencia fotovoltaica constante, en este caso la generación solar varía de acuerdo con una curva de irradiancia, lo que introduce cambios continuos en el balance de potencia de la microred. Como consecuencia, tanto la

frecuencia como la potencia suministrada por la máquina síncrona presentan pequeñas variaciones incluso antes de que ocurra la desconexión de la carga.

Durante la simulación, la planta fotovoltaica incrementa su generación desde aproximadamente 2 MW hasta un valor cercano a 3 MW, para posteriormente regresar al nivel inicial. Estas variaciones son compensadas por la máquina síncrona, cuya potencia disminuye o aumenta según la disponibilidad de generación fotovoltaica, evidenciando su función como elemento principal de regulación dentro de la microred.

Cuando se produce la desconexión del 10 % de la carga, la frecuencia alcanza un valor máximo de 60,178 Hz, muy similar al obtenido en el escenario con potencia fotovoltaica constante. Sin embargo, después de la perturbación la respuesta presenta un comportamiento más dinámico, con pequeñas oscilaciones alrededor de los 60 Hz. Este comportamiento está relacionado con las variaciones continuas de la potencia fotovoltaica, que modifican constantemente el equilibrio entre generación y demanda.

Asimismo, la potencia de la máquina síncrona no alcanza inmediatamente un valor constante después de la perturbación. En cambio, aumenta progresivamente desde aproximadamente 12,3 MW hasta estabilizarse alrededor de 13,2 MW, ajustándose de forma continua para compensar las variaciones de la generación fotovoltaica. Esto evidencia que, cuando la potencia solar depende de la irradiancia, la máquina síncrona debe realizar una regulación más activa para mantener la estabilidad del sistema.

En comparación con el escenario de potencia fotovoltaica constante, la incorporación de una curva de irradiancia no genera un incremento significativo en la desviación máxima de la frecuencia, pero sí produce una respuesta más variable tanto en la frecuencia como en la potencia de la máquina síncrona. Esto refleja un comportamiento más cercano a las condiciones reales de operación de una microred con generación fotovoltaica, donde

la disponibilidad del recurso solar cambia continuamente y exige una mayor capacidad de regulación por parte de la generación convencional.

7.3.2 Penetración media

En este escenario, la generación fotovoltaica deja de ser constante y varía continuamente de acuerdo con el perfil de irradiancia, lo que provoca modificaciones permanentes en el balance de potencia de la microred. Como resultado, tanto la frecuencia del sistema como la potencia suministrada por la máquina síncrona presentan un comportamiento más dinámico en comparación con el escenario de potencia constante.

Antes de la desconexión de la carga, el incremento progresivo de la generación fotovoltaica hasta aproximadamente 6,2 MW reduce la potencia requerida de la máquina síncrona, la cual ajusta continuamente su nivel de generación para mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía. Esta interacción evidencia el papel de la máquina síncrona como principal elemento regulador del sistema frente a las variaciones de la fuente renovable.

Cuando ocurre la desconexión del 10 % de la carga, la frecuencia alcanza un valor máximo de 60,222 Hz, superior al observado en el escenario de penetración baja con curva de irradiancia. Posteriormente, la frecuencia experimenta una disminución momentánea por debajo de los 60 Hz antes de recuperar nuevamente su condición de operación. Este comportamiento refleja una respuesta dinámica más pronunciada debido a la combinación de la perturbación provocada por la desconexión de la carga y las variaciones simultáneas de la generación fotovoltaica.

De igual manera, la máquina síncrona reduce inicialmente su potencia hasta aproximadamente 9,5 MW y luego incrementa gradualmente su aporte hasta estabilizarse alrededor de 11 MW, compensando la disminución de la generación fotovoltaica

conforme avanza la simulación. Esta respuesta confirma que el generador convencional continúa desempeñando un papel fundamental en la regulación de la frecuencia, adaptando continuamente su potencia para mantener el equilibrio energético del sistema.

En comparación con el escenario de penetración baja, la mayor participación de la generación fotovoltaica incrementa la influencia de las variaciones de irradiancia sobre la respuesta dinámica de la microred. Esto se refleja en una mayor desviación de la frecuencia y en ajustes más pronunciados de la potencia suministrada por la máquina síncrona. A pesar de ello, el sistema mantiene su estabilidad, lo que demuestra la capacidad del esquema de control para responder adecuadamente ante variaciones simultáneas de carga y generación renovable.

7.3.3 Penetración alta

Este escenario representa la condición de mayor participación de generación fotovoltaica analizada en la investigación y, por tanto, el caso en el que las variaciones del recurso solar tienen una influencia más significativa sobre la respuesta dinámica de la microred. La elevada contribución de la planta fotovoltaica reduce considerablemente la potencia suministrada por la máquina síncrona, limitando su capacidad de absorber de forma inmediata las variaciones de generación y demanda.

Antes de la desconexión de la carga, la generación fotovoltaica alcanza valores cercanos a 12,5 MW, provocando una reducción progresiva de la potencia entregada por la máquina síncrona hasta aproximadamente 10 MW. Como consecuencia de estas variaciones, la frecuencia presenta oscilaciones de mayor amplitud respecto a los escenarios de penetración baja y media, alcanzando un valor máximo de 60,285 Hz incluso antes de que ocurra la perturbación. Este comportamiento evidencia la influencia

directa de la variabilidad de la irradiancia sobre el equilibrio instantáneo entre generación y demanda.

Una vez desconectado el 10 % de la carga, la frecuencia experimenta una disminución transitoria que alcanza valores cercanos a 59,86 Hz, seguida de un proceso de recuperación con oscilaciones persistentes alrededor del valor nominal. Paralelamente, la máquina síncrona reduce inicialmente su potencia hasta aproximadamente 4,5 MW y posteriormente incrementa gradualmente su aporte conforme disminuye la generación fotovoltaica, restableciendo el equilibrio energético del sistema.

En comparación con los escenarios de penetración baja y media, este caso presenta la respuesta dinámica más variable tanto en la frecuencia como en la potencia de la máquina síncrona. La mayor participación de la generación fotovoltaica incrementa la sensibilidad de la microred frente a las variaciones de irradiancia, lo que obliga al generador convencional a realizar ajustes de mayor magnitud para compensar los cambios en la potencia renovable. A pesar de ello, el sistema mantiene la estabilidad y logra recuperar un régimen de operación cercano al valor nominal, demostrando que el esquema de control implementado es capaz de responder adecuadamente incluso bajo condiciones de alta penetración fotovoltaica.

8 Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

- Se logró identificar y modelar adecuadamente cada uno de los componentes de la microred, incluyendo la máquina síncrona, la turbina hidráulica con su regulador de velocidad (HTG), el sistema fotovoltaico, el transformador y las cargas. La representación en MATLAB/Simulink permitió analizar de manera

integrada el comportamiento dinámico del sistema, evidenciando la interacción entre los distintos subsistemas eléctricos y mecánicos.

- Se definieron tres escenarios de estudio: un caso base sin generación fotovoltaica, un caso con penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica a potencia constante y un caso con penetración baja, media y alta de generación fotovoltaica con irradiancia variable, en todos estos escenarios de operación ocurrió una desconexión de carga al $t=0.5s$. Estos escenarios permitieron evaluar el comportamiento del sistema tanto en operación convencional como en presencia de fuentes renovables intermitentes, proporcionando una visión amplia de la operación de la microred.
- La modelación y simulación de la microred en MATLAB/Simulink permitió evaluar de manera satisfactoria el comportamiento de la estabilidad de frecuencia ante la desconexión del 10 % de la carga bajo diferentes niveles de penetración fotovoltaica. Los resultados obtenidos demostraron que el modelo desarrollado reproduce adecuadamente la interacción entre la máquina síncrona y la generación fotovoltaica, constituyendo una herramienta válida para analizar la respuesta dinámica del sistema frente a perturbaciones.
- Al aumentar el nivel de penetración fotovoltaica, las oscilaciones de frecuencia y de potencia de la máquina síncrona se hicieron más pronunciadas, especialmente en el escenario de alta penetración con curva de irradiancia. Este comportamiento confirma que una mayor participación de generación fotovoltaica incrementa la influencia de la variabilidad del recurso solar sobre la estabilidad dinámica de la microred, haciendo más exigente la labor de regulación del generador convencional.

9 Referencias

- Abbasi, M., Abbasi, E., Li, L., Aguilera, R. P., Lu, D., & Wang, F. (2023). Review on the Microgrid Concept, Structures, Components, Communication Systems, and Control Methods. En *Energies* (Vol. 16, Número 1). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/en16010484>
- Abdullah, A. H., Al-Anbary, K. M., Hamad, Q. M., Al Abboodi, H. M. A., & Gatte, M. T. (2024). Frequency response of microgrids with PV power generation and energy storage system (battery and supercapacitor). *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 13(1), 1-11. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i1.5071>
- Criollo, A., Minchala-Avila, L. I., Benavides, D., Arévalo, P., Tostado-Véliz, M., Sánchez-Lozano, D., & Jurado, F. (2024). Enhancing Virtual Inertia Control in Microgrids: A Novel Frequency Response Model Based on Storage Systems. *Batteries 2024*, Vol. 10, Page 18, 10(1), 18.
<https://doi.org/10.3390/BATTERIES10010018>
- Gao, Z. (2024). Study on frequency stability control strategies for microgrid based on hybrid renewable energy. *Science and Technology for Energy Transition*, 79, 54.
<https://doi.org/10.2516/STET/2024047>
- Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Hu, S., Yang, J., Wang, Y., Zhao, Y., Chao, C., Hu, S., Yang, J., Wang, Y., Zhao, Y., & Chao, C. (2023). Inertia and Primary Frequency Response Requirement Assessment for High-Penetration Renewable Power Systems Based on Planning Perspective. *Sustainability 2023*, Vol. 15, 15(23).
<https://doi.org/10.3390/SU152316191>
- IEEE. (2019). *Microgrid Stability Definitions, Analysis, and Examples*.

Impram, S., Varbak Nese, S., & Oral, B. (2020). Challenges of renewable energy penetration on power system flexibility: A survey. *Energy Strategy Reviews*, 31(3), 100539. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100539>

Jimenez, D., Cely, F., Retamoso, A., & Cortes, J. (2025). Estabilidad_en_Microrredes_Elctricas_que_integran_fuentes_de_Energ_as_Renovables__Revisin_Crtica_y_Perspectivas_Tecnolgicas. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33093.56809>

Kerdphol, T., Rahman, F. S., Mitani, Y., Hongesombut, K., & Küfeoğlu, S. (2017). Virtual inertia control-based model predictive control for microgrid frequency stabilization considering high renewable energy integration. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/SU9050773>

Li, C. (2025). Frequency modulation technology for power systems incorporating wind power, energy storage, and flexible frequency modulation. *Sustainable Energy Research 2025 12:1*, 12(1), 10-. <https://doi.org/10.1186/S40807-025-00153-3>

Mishra, D. K., Li, L., Zhang, J., & Hossain, M. J. (2023). Power System Frequency Control: Modeling and Advances. *Power System Frequency Control: Modeling and Advances*, 1-335. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-00224-5>

Rodriguez-Martinez, O. F., Andrade, F., Vega-Penagos, C. A., Luna, A. C., Rodriguez-Martinez, O. F., Andrade, F., Vega-Penagos, C. A., & Luna, A. C. (2023). A Review of Distributed Secondary Control Architectures in Islanded-Inverter-Based Microgrids. *Energies 2023, Vol. 16*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/EN16020878>

Saha, D., Bazmohammadi, N., Vasquez, J. C., Guerrero, J. M., Saha, D., Bazmohammadi, N., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2023). Multiple Microgrids: A Review of Architectures and Operation and Control Strategies. *Energies 2023, Vol. 16*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/EN16020600>

- Tricarico, T., Gontijo, G. F., Aredes, M., Dias, R., & Guerrero, J. M. (2019). New hybrid-microgrid topology using a bidirectional interleaved converter as a robust power interface operating in grid-connected and islanded modes. *IET Renewable Power Generation*, 14(1), 134-144. <https://doi.org/10.1049/IET-RPG.2019.0626>
- Waghmare, A. V., Singh, V. P., Varshney, T., & Sanjeevikumar, P. (2025). A systematic review of reinforcement learning-based control for microgrids: trends, challenges, and emerging algorithms. *Discover Applied Sciences* 2025 7:9, 7(9), 939-. <https://doi.org/10.1007/S42452-025-07529-6>
- Zhai, P. (2025). Design and energy management research of integrated microgrid with light storage and charging with double-layer optimization scheduling model. *Sustainable Energy Research* 2025 12:1, 12(1), 39-. <https://doi.org/10.1186/S40807-025-00188-6>
- Zhang, D., & Tang, X. (2023). Stability Analysis of Autonomous Microgrid Operated at Constant-Frequency with the Consideration of Reactive Power Balance. *Journal of Energy and Power Technology* 2023, Vol. 5, 039, 5(4), 1-13. <https://doi.org/10.21926/JEPT.2304039>

10.Anexos

Hora	Irradiancia W/m2
11:30:00	640
11:30:01	617
11:30:02	684
11:30:03	685
11:30:04	682
11:30:05	622
11:30:06	650
11:30:07	689
11:30:08	671
11:30:09	685
11:30:10	640
11:30:11	614
11:30:12	631
11:30:13	679
11:30:14	626
11:30:15	665
11:30:16	658
11:30:17	671
11:30:18	669
11:30:19	640
11:30:20	681
11:30:21	687
11:30:22	645
11:30:23	625
11:30:24	647
11:30:25	644
11:30:26	618
11:30:27	660
11:30:28	625
11:30:29	664
11:30:30	665
11:30:31	613
11:30:32	649
11:30:33	630
11:30:34	689
11:30:35	620
11:30:36	641
11:30:37	647
11:30:38	689
11:30:39	666
11:30:40	646
11:30:41	644
11:30:42	621

11:30:43	664
11:30:44	640
11:30:45	669
11:30:46	664
11:30:47	622
11:30:48	656
11:30:49	654
11:30:50	620
11:30:51	674
11:30:52	631
11:30:53	667
11:30:54	670
11:30:55	657
11:30:56	672
11:30:57	658
11:30:58	683
11:30:59	629
11:31:00	681
11:31:01	619
11:31:02	676
11:31:03	627
11:31:04	636
11:31:05	643
11:31:06	687
11:31:07	689
11:31:08	660
11:31:09	660
11:31:10	620
11:31:11	619
11:31:12	668
11:31:13	680
11:31:14	700
11:31:15	760
11:31:16	780
11:31:17	845
11:31:18	860
11:31:19	900
11:31:20	914
11:31:21	920
11:31:22	920
11:31:23	985
11:31:24	985
11:31:25	985
11:31:26	985

11:31:27	985
11:31:28	985
11:31:29	985
11:31:30	985
11:31:31	985
11:31:32	985
11:31:33	985
11:31:34	985
11:31:35	985
11:31:36	985
11:31:37	985
11:31:38	985
11:31:39	950
11:31:40	931
11:31:41	903
11:31:42	884
11:31:43	864
11:31:44	830
11:31:45	743
11:31:46	701
11:31:47	682
11:31:48	687
11:31:49	644
11:31:50	666
11:31:51	668
11:31:52	672
11:31:53	687
11:31:54	678
11:31:55	679
11:31:56	682
11:31:57	686
11:31:58	630
11:31:59	619
11:32:00	680
11:32:01	649
11:32:02	674
11:32:03	633
11:32:04	624
11:32:05	685
11:32:06	687
11:32:07	661
11:32:08	679
11:32:09	633
11:32:10	616

11:32:11	619
11:32:12	683
11:32:13	622
11:32:14	663
11:32:15	676
11:32:16	684
11:32:17	650
11:32:18	611
11:32:19	661
11:32:20	667
11:32:21	689
11:32:22	686
11:32:23	632
11:32:24	649
11:32:25	686
11:32:26	674
11:32:27	652
11:32:28	624
11:32:29	629
11:32:30	674
11:32:31	613
11:32:32	625
11:32:33	637
11:32:34	668
11:32:35	688
11:32:36	659
11:32:37	684
11:32:38	644
11:32:39	645
11:32:40	680
11:32:41	620
11:32:42	669
11:32:43	646
11:32:44	640
11:32:45	665
11:32:46	632
11:32:47	646
11:32:48	685
11:32:49	617
11:32:50	633
11:32:51	677
11:32:52	687
11:32:53	619
11:32:54	658
11:32:55	659
11:32:56	647

11:32:57	674
11:32:58	671
11:32:59	648
11:33:00	663
11:33:01	687
11:33:02	635
11:33:03	676
11:33:04	670
11:33:05	635
11:33:06	628
11:33:07	635
11:33:08	676
11:33:09	617
11:33:10	660
11:33:11	633
11:33:12	654
11:33:13	642
11:33:14	650
11:33:15	637
11:33:16	655
11:33:17	630
11:33:18	623
11:33:19	676
11:33:20	610
11:33:21	647
11:33:22	653
11:33:23	621
11:33:24	634
11:33:25	671
11:33:26	663
11:33:27	683
11:33:28	611
11:33:29	630
11:33:30	635
11:33:31	674
11:33:32	620
11:33:33	649
11:33:34	688
11:33:35	659
11:33:36	653
11:33:37	659
11:33:38	634
11:33:39	661
11:33:40	688
11:33:41	651
11:33:42	649

11:33:43	623
11:33:44	682
11:33:45	654
11:33:46	656
11:33:47	645
11:33:48	661
11:33:49	672
11:33:50	651
11:33:51	639
11:33:52	658
11:33:53	624
11:33:54	633
11:33:55	616
11:33:56	690
11:33:57	655
11:33:58	667
11:33:59	684
11:34:00	652
11:34:01	617
11:34:02	660
11:34:03	613
11:34:04	662
11:34:05	622
11:34:06	631
11:34:07	612
11:34:08	689
11:34:09	658
11:34:10	661
11:34:11	645
11:34:12	669
11:34:13	684
11:34:14	646
11:34:15	661
11:34:16	628
11:34:17	649
11:34:18	670
11:34:19	616
11:34:20	632
11:34:21	680
11:34:22	671
11:34:23	651
11:34:24	615
11:34:25	666
11:34:26	655
11:34:27	678
11:34:28	685

11:34:29	657
11:34:30	675
11:34:31	660
11:34:32	690
11:34:33	637
11:34:34	668
11:34:35	663
11:34:36	684
11:34:37	686
11:34:38	657
11:34:39	637
11:34:40	659
11:34:41	625
11:34:42	652
11:34:43	620
11:34:44	665
11:34:45	645
11:34:46	686
11:34:47	627
11:34:48	651
11:34:49	650
11:34:50	680
11:34:51	653
11:34:52	619
11:34:53	631
11:34:54	653
11:34:55	614
11:34:56	673
11:34:57	690
11:34:58	641
11:34:59	682
11:35:00	686
11:35:01	635
11:35:02	621
11:35:03	648
11:35:04	621
11:35:05	611
11:35:06	651
11:35:07	639
11:35:08	655
11:35:09	644
11:35:10	685
11:35:11	634
11:35:12	680
11:35:13	614
11:35:14	643

11:35:15	621
11:35:16	628
11:35:17	668
11:35:18	665
11:35:19	653
11:35:20	670
11:35:21	621
11:35:22	624
11:35:23	663
11:35:24	623
11:35:25	645
11:35:26	617
11:35:27	669
11:35:28	648
11:35:29	621
11:35:30	652
11:35:31	627
11:35:32	641
11:35:33	631
11:35:34	633
11:35:35	665
11:35:36	629
11:35:37	614
11:35:38	616
11:35:39	633
11:35:40	618
11:35:41	648
11:35:42	659
11:35:43	639
11:35:44	637
11:35:45	672
11:35:46	673
11:35:47	626
11:35:48	627
11:35:49	677
11:35:50	668
11:35:51	660
11:35:52	682
11:35:53	673
11:35:54	666
11:35:55	646
11:35:56	612
11:35:57	637
11:35:58	680
11:35:59	647
11:36:00	646

11:36:01	651
11:36:02	649
11:36:03	627
11:36:04	614
11:36:05	619
11:36:06	626
11:36:07	635
11:36:08	651
11:36:09	620
11:36:10	657
11:36:11	657
11:36:12	658
11:36:13	670
11:36:14	656
11:36:15	611
11:36:16	664
11:36:17	658
11:36:18	613
11:36:19	647
11:36:20	674
11:36:21	662
11:36:22	650
11:36:23	647
11:36:24	668
11:36:25	675
11:36:26	623
11:36:27	670
11:36:28	639
11:36:29	616
11:36:30	654
11:36:31	666
11:36:32	641
11:36:33	622
11:36:34	684
11:36:35	661
11:36:36	666
11:36:37	661
11:36:38	642
11:36:39	690
11:36:40	670
11:36:41	666
11:36:42	690
11:36:43	668
11:36:44	664
11:36:45	656
11:36:46	621

11:36:47	663
11:36:48	613
11:36:49	643
11:36:50	683
11:36:51	673
11:36:52	677
11:36:53	645
11:36:54	658
11:36:55	612
11:36:56	688
11:36:57	634
11:36:58	611
11:36:59	624
11:37:00	632
11:37:01	635
11:37:02	661
11:37:03	649
11:37:04	672
11:37:05	631
11:37:06	656
11:37:07	614
11:37:08	641
11:37:09	662
11:37:10	630
11:37:11	611
11:37:12	663
11:37:13	660
11:37:14	630
11:37:15	689
11:37:16	620
11:37:17	656
11:37:18	610
11:37:19	641
11:37:20	614
11:37:21	651
11:37:22	689
11:37:23	682
11:37:24	687
11:37:25	636
11:37:26	672
11:37:27	617
11:37:28	623
11:37:29	687
11:37:30	690
11:37:31	671
11:37:32	646

11:37:33	639
11:37:34	669
11:37:35	651
11:37:36	673
11:37:37	636
11:37:38	669
11:37:39	623
11:37:40	642
11:37:41	612
11:37:42	645
11:37:43	632
11:37:44	624
11:37:45	637
11:37:46	613
11:37:47	666
11:37:48	628
11:37:49	688
11:37:50	654
11:37:51	641
11:37:52	644
11:37:53	687
11:37:54	649
11:37:55	622
11:37:56	655
11:37:57	633
11:37:58	669
11:37:59	689
11:38:00	650
11:38:01	678
11:38:02	668
11:38:03	677
11:38:04	632
11:38:05	642
11:38:06	619
11:38:07	674
11:38:08	610
11:38:09	668
11:38:10	657
11:38:11	639
11:38:12	643
11:38:13	622
11:38:14	626
11:38:15	662
11:38:16	614
11:38:17	686
11:38:18	664

11:38:19	625
11:38:20	667
11:38:21	676
11:38:22	633
11:38:23	674
11:38:24	658
11:38:25	686
11:38:26	680
11:38:27	630
11:38:28	685
11:38:29	626
11:38:30	638
11:38:31	679
11:38:32	626
11:38:33	646
11:38:34	670
11:38:35	667
11:38:36	634
11:38:37	628
11:38:38	634
11:38:39	661
11:38:40	623
11:38:41	678
11:38:42	629
11:38:43	623
11:38:44	613
11:38:45	666
11:38:46	677
11:38:47	648
11:38:48	667
11:38:49	616
11:38:50	683
11:38:51	624
11:38:52	646
11:38:53	629
11:38:54	664
11:38:55	646
11:38:56	632
11:38:57	655
11:38:58	652
11:38:59	683
11:39:00	653
11:39:01	658
11:39:02	610
11:39:03	664
11:39:04	631

11:39:05	645
11:39:06	625
11:39:07	657
11:39:08	667
11:39:09	661
11:39:10	640
11:39:11	657
11:39:12	653
11:39:13	655
11:39:14	689
11:39:15	663
11:39:16	690
11:39:17	690
11:39:18	614
11:39:19	631
11:39:20	664
11:39:21	650
11:39:22	616
11:39:23	647
11:39:24	624
11:39:25	674
11:39:26	664
11:39:27	655
11:39:28	682
11:39:29	613
11:39:30	675
11:39:31	626
11:39:32	618
11:39:33	687
11:39:34	670
11:39:35	617
11:39:36	611
11:39:37	622
11:39:38	675
11:39:39	616
11:39:40	634
11:39:41	669
11:39:42	625
11:39:43	660
11:39:44	672
11:39:45	639
11:39:46	619
11:39:47	654
11:39:48	619
11:39:49	684
11:39:50	652

11:39:51	636
11:39:52	686
11:39:53	610
11:39:54	640
11:39:55	660
11:39:56	681
11:39:57	689
11:39:58	618
11:39:59	683
11:40:00	621
11:40:01	688
11:40:02	651
11:40:03	626
11:40:04	677
11:40:05	637
11:40:06	638
11:40:07	618
11:40:08	626
11:40:09	622
11:40:10	659
11:40:11	635
11:40:12	677
11:40:13	643
11:40:14	642
11:40:15	671
11:40:16	642
11:40:17	677
11:40:18	618
11:40:19	630
11:40:20	658
11:40:21	684
11:40:22	683
11:40:23	631
11:40:24	635
11:40:25	625
11:40:26	666
11:40:27	667
11:40:28	659
11:40:29	643
11:40:30	633
11:40:31	611
11:40:32	669
11:40:33	677
11:40:34	636
11:40:35	636
11:40:36	688

11:40:37	666
11:40:38	624
11:40:39	611
11:40:40	652
11:40:41	684
11:40:42	614
11:40:43	643
11:40:44	627
11:40:45	644
11:40:46	679
11:40:47	655
11:40:48	664
11:40:49	688
11:40:50	655
11:40:51	634
11:40:52	684
11:40:53	635
11:40:54	610
11:40:55	651
11:40:56	690
11:40:57	620
11:40:58	640
11:40:59	611
11:41:00	669
11:41:01	613
11:41:02	683
11:41:03	644
11:41:04	619
11:41:05	650
11:41:06	646
11:41:07	690
11:41:08	670
11:41:09	622
11:41:10	638
11:41:11	683
11:41:12	625
11:41:13	681
11:41:14	678
11:41:15	645
11:41:16	671
11:41:17	623
11:41:18	685
11:41:19	624
11:41:20	637
11:41:21	687
11:41:22	676

11:41:23	631
11:41:24	629
11:41:25	640
11:41:26	645
11:41:27	618
11:41:28	641
11:41:29	665
11:41:30	621
11:41:31	679
11:41:32	684
11:41:33	651
11:41:34	681
11:41:35	632
11:41:36	612
11:41:37	620
11:41:38	656
11:41:39	677
11:41:40	686
11:41:41	677
11:41:42	672
11:41:43	614
11:41:44	660
11:41:45	648
11:41:46	646
11:41:47	654
11:41:48	659
11:41:49	666
11:41:50	684
11:41:51	661
11:41:52	640
11:41:53	678
11:41:54	639
11:41:55	630
11:41:56	625
11:41:57	649
11:41:58	668
11:41:59	617
11:42:00	668
11:42:01	646
11:42:02	653
11:42:03	632
11:42:04	673
11:42:05	639
11:42:06	636
11:42:07	633
11:42:08	668

11:42:09	674
11:42:10	644
11:42:11	641
11:42:12	653
11:42:13	625
11:42:14	649
11:42:15	685
11:42:16	662
11:42:17	664
11:42:18	640
11:42:19	612
11:42:20	634
11:42:21	647
11:42:22	628
11:42:23	639
11:42:24	636
11:42:25	629
11:42:26	687
11:42:27	657
11:42:28	640
11:42:29	679
11:42:30	675
11:42:31	625
11:42:32	619
11:42:33	683
11:42:34	622
11:42:35	672
11:42:36	633
11:42:37	649
11:42:38	651
11:42:39	680
11:42:40	657
11:42:41	642
11:42:42	668
11:42:43	654
11:42:44	682
11:42:45	624
11:42:46	634
11:42:47	677
11:42:48	683
11:42:49	622
11:42:50	620
11:42:51	621
11:42:52	688
11:42:53	687
11:42:54	614

11:42:55	670
11:42:56	631
11:42:57	681
11:42:58	648
11:42:59	612
11:43:00	615
11:43:01	674
11:43:02	675
11:43:03	641
11:43:04	661
11:43:05	666
11:43:06	627
11:43:07	683
11:43:08	663
11:43:09	643
11:43:10	615
11:43:11	654
11:43:12	651
11:43:13	687
11:43:14	650
11:43:15	679
11:43:16	682
11:43:17	613
11:43:18	656
11:43:19	679
11:43:20	631
11:43:21	666
11:43:22	620
11:43:23	674
11:43:24	655
11:43:25	649
11:43:26	641
11:43:27	670
11:43:28	611
11:43:29	684
11:43:30	673
11:43:31	641
11:43:32	614
11:43:33	686
11:43:34	679
11:43:35	632
11:43:36	632
11:43:37	673
11:43:38	665
11:43:39	688
11:43:40	652

11:43:41	658
11:43:42	682
11:43:43	661
11:43:44	613
11:43:45	629
11:43:46	676
11:43:47	649
11:43:48	640
11:43:49	656
11:43:50	610
11:43:51	681
11:43:52	661
11:43:53	689
11:43:54	652
11:43:55	621
11:43:56	674
11:43:57	628
11:43:58	625
11:43:59	688
11:44:00	644
11:44:01	663
11:44:02	618
11:44:03	664
11:44:04	631
11:44:05	615
11:44:06	630
11:44:07	656
11:44:08	652
11:44:09	652
11:44:10	639
11:44:11	628
11:44:12	622
11:44:13	622
11:44:14	674
11:44:15	620
11:44:16	640
11:44:17	660
11:44:18	654
11:44:19	679
11:44:20	652
11:44:21	619
11:44:22	620
11:44:23	621
11:44:24	624
11:44:25	687
11:44:26	650

11:44:27	680
11:44:28	616
11:44:29	652
11:44:30	661
11:44:31	645
11:44:32	638
11:44:33	616
11:44:34	635
11:44:35	675
11:44:36	649
11:44:37	678
11:44:38	653
11:44:39	648
11:44:40	671
11:44:41	672
11:44:42	659
11:44:43	670
11:44:44	630
11:44:45	627
11:44:46	632
11:44:47	665
11:44:48	668
11:44:49	646
11:44:50	644
11:44:51	660
11:44:52	638
11:44:53	668
11:44:54	685
11:44:55	662
11:44:56	638
11:44:57	663
11:44:58	676
11:44:59	614
11:45:00	657
11:45:01	614
11:45:02	679
11:45:03	659
11:45:04	690
11:45:05	678
11:45:06	661
11:45:07	663
11:45:08	636
11:45:09	658
11:45:10	656
11:45:11	669
11:45:12	651

11:45:13	640
11:45:14	657
11:45:15	611
11:45:16	673
11:45:17	677
11:45:18	647
11:45:19	645
11:45:20	618
11:45:21	677
11:45:22	689
11:45:23	629
11:45:24	655
11:45:25	675
11:45:26	665
11:45:27	676
11:45:28	627
11:45:29	633
11:45:30	679
11:45:31	628
11:45:32	643
11:45:33	618
11:45:34	641
11:45:35	653
11:45:36	689
11:45:37	645
11:45:38	655
11:45:39	666
11:45:40	662
11:45:41	676
11:45:42	661
11:45:43	611
11:45:44	678
11:45:45	689
11:45:46	648
11:45:47	635
11:45:48	635
11:45:49	657
11:45:50	635
11:45:51	659
11:45:52	677
11:45:53	684
11:45:54	661
11:45:55	641
11:45:56	616
11:45:57	659
11:45:58	627

11:45:59	623
11:46:00	648
11:46:01	654
11:46:02	615
11:46:03	683
11:46:04	653
11:46:05	643
11:46:06	668
11:46:07	676
11:46:08	666
11:46:09	690
11:46:10	670
11:46:11	684
11:46:12	640
11:46:13	657
11:46:14	657
11:46:15	621
11:46:16	633
11:46:17	625
11:46:18	614
11:46:19	613
11:46:20	656
11:46:21	628
11:46:22	680
11:46:23	676
11:46:24	650
11:46:25	682
11:46:26	611
11:46:27	686
11:46:28	625
11:46:29	649
11:46:30	669
11:46:31	663
11:46:32	666
11:46:33	617
11:46:34	624
11:46:35	639
11:46:36	690
11:46:37	613
11:46:38	688
11:46:39	643
11:46:40	658
11:46:41	625
11:46:42	636
11:46:43	626
11:46:44	618

11:46:45	681
11:46:46	614
11:46:47	645
11:46:48	637
11:46:49	688
11:46:50	678
11:46:51	643
11:46:52	613
11:46:53	648
11:46:54	618
11:46:55	611
11:46:56	679
11:46:57	614
11:46:58	639
11:46:59	675
11:47:00	634
11:47:01	683
11:47:02	625
11:47:03	680
11:47:04	616
11:47:05	643
11:47:06	660
11:47:07	625
11:47:08	617
11:47:09	662
11:47:10	639
11:47:11	674
11:47:12	618
11:47:13	640
11:47:14	653
11:47:15	652
11:47:16	673
11:47:17	646
11:47:18	668
11:47:19	658
11:47:20	670
11:47:21	680
11:47:22	681
11:47:23	682
11:47:24	651
11:47:25	670
11:47:26	663
11:47:27	628
11:47:28	643
11:47:29	677
11:47:30	671

11:47:31	675
11:47:32	654
11:47:33	627
11:47:34	655
11:47:35	623
11:47:36	687
11:47:37	632
11:47:38	659
11:47:39	625
11:47:40	671
11:47:41	677
11:47:42	617
11:47:43	658
11:47:44	666
11:47:45	664
11:47:46	668
11:47:47	686
11:47:48	654
11:47:49	621
11:47:50	612
11:47:51	677
11:47:52	645
11:47:53	644
11:47:54	616
11:47:55	671
11:47:56	623
11:47:57	662
11:47:58	620
11:47:59	620
11:48:00	642
11:48:01	663
11:48:02	635
11:48:03	687
11:48:04	620
11:48:05	634
11:48:06	627
11:48:07	627
11:48:08	687
11:48:09	665
11:48:10	657
11:48:11	681
11:48:12	674
11:48:13	633
11:48:14	630
11:48:15	621
11:48:16	660

11:48:17	669
11:48:18	670
11:48:19	666
11:48:20	679
11:48:21	636
11:48:22	675
11:48:23	633
11:48:24	677
11:48:25	612
11:48:26	634
11:48:27	617
11:48:28	682
11:48:29	686
11:48:30	654
11:48:31	679
11:48:32	635
11:48:33	640
11:48:34	626
11:48:35	646
11:48:36	681
11:48:37	624
11:48:38	630
11:48:39	620
11:48:40	626
11:48:41	616
11:48:42	671
11:48:43	639
11:48:44	618
11:48:45	631
11:48:46	639
11:48:47	648
11:48:48	661
11:48:49	650
11:48:50	637
11:48:51	613
11:48:52	621
11:48:53	686
11:48:54	649
11:48:55	676
11:48:56	632
11:48:57	630
11:48:58	656
11:48:59	613
11:49:00	643
11:49:01	652
11:49:02	613

11:49:03	686
11:49:04	683
11:49:05	610
11:49:06	656
11:49:07	644
11:49:08	682
11:49:09	636
11:49:10	669
11:49:11	632
11:49:12	626
11:49:13	665
11:49:14	627
11:49:15	679
11:49:16	633
11:49:17	679
11:49:18	678
11:49:19	630
11:49:20	665
11:49:21	682
11:49:22	620
11:49:23	659
11:49:24	613
11:49:25	630
11:49:26	661
11:49:27	610
11:49:28	689
11:49:29	619
11:49:30	665
11:49:31	643
11:49:32	660
11:49:33	671
11:49:34	661
11:49:35	662
11:49:36	663
11:49:37	657
11:49:38	651
11:49:39	650
11:49:40	659
11:49:41	615
11:49:42	654
11:49:43	668
11:49:44	677
11:49:45	632
11:49:46	664
11:49:47	645
11:49:48	659

11:49:49	646
11:49:50	632
11:49:51	621
11:49:52	610
11:49:53	682
11:49:54	686
11:49:55	648
11:49:56	643
11:49:57	689
11:49:58	667
11:49:59	631
11:50:00	627
11:50:01	628
11:50:02	678
11:50:03	686
11:50:04	689
11:50:05	636
11:50:06	680
11:50:07	651
11:50:08	652
11:50:09	646
11:50:10	611
11:50:11	641
11:50:12	654
11:50:13	678
11:50:14	650
11:50:15	649
11:50:16	687
11:50:17	656
11:50:18	617
11:50:19	618
11:50:20	614
11:50:21	681
11:50:22	666
11:50:23	639
11:50:24	629
11:50:25	618
11:50:26	614
11:50:27	689
11:50:28	671
11:50:29	647
11:50:30	612
11:50:31	623
11:50:32	640
11:50:33	680
11:50:34	630

11:50:35	621
11:50:36	668
11:50:37	668
11:50:38	689
11:50:39	653
11:50:40	690
11:50:41	642
11:50:42	673
11:50:43	642
11:50:44	650
11:50:45	645
11:50:46	664
11:50:47	646
11:50:48	634
11:50:49	677
11:50:50	621
11:50:51	690
11:50:52	643
11:50:53	632
11:50:54	650
11:50:55	618
11:50:56	667
11:50:57	658
11:50:58	667
11:50:59	649
11:51:00	675
11:51:01	668
11:51:02	619
11:51:03	613
11:51:04	619
11:51:05	622
11:51:06	686
11:51:07	641
11:51:08	652
11:51:09	612
11:51:10	632
11:51:11	627
11:51:12	618
11:51:13	671
11:51:14	636
11:51:15	626
11:51:16	650
11:51:17	616
11:51:18	618
11:51:19	669
11:51:20	664

11:51:21	646
11:51:22	632
11:51:23	621
11:51:24	628
11:51:25	681
11:51:26	636
11:51:27	616
11:51:28	652
11:51:29	620
11:51:30	654
11:51:31	681
11:51:32	675
11:51:33	646
11:51:34	651
11:51:35	642
11:51:36	686
11:51:37	614
11:51:38	612
11:51:39	681
11:51:40	667
11:51:41	669
11:51:42	634
11:51:43	663
11:51:44	648
11:51:45	673
11:51:46	661
11:51:47	676
11:51:48	613
11:51:49	667
11:51:50	625
11:51:51	662
11:51:52	626
11:51:53	653
11:51:54	644
11:51:55	657
11:51:56	615
11:51:57	654
11:51:58	641
11:51:59	643
11:52:00	689
11:52:01	670
11:52:02	674
11:52:03	672
11:52:04	680
11:52:05	671
11:52:06	685

11:52:07	629
11:52:08	647
11:52:09	659
11:52:10	617
11:52:11	668
11:52:12	630
11:52:13	658
11:52:14	675
11:52:15	688
11:52:16	661
11:52:17	636
11:52:18	677
11:52:19	648
11:52:20	661
11:52:21	644
11:52:22	690
11:52:23	612
11:52:24	617
11:52:25	643
11:52:26	629
11:52:27	668
11:52:28	656
11:52:29	635
11:52:30	665
11:52:31	660
11:52:32	622
11:52:33	658
11:52:34	621
11:52:35	636
11:52:36	653
11:52:37	668
11:52:38	610
11:52:39	622
11:52:40	615
11:52:41	682
11:52:42	641
11:52:43	675
11:52:44	656
11:52:45	666
11:52:46	638
11:52:47	667
11:52:48	672
11:52:49	677
11:52:50	615
11:52:51	636
11:52:52	666

11:52:53	623
11:52:54	651
11:52:55	631
11:52:56	632
11:52:57	678
11:52:58	659
11:52:59	687
11:53:00	636
11:53:01	672
11:53:02	669
11:53:03	630
11:53:04	641
11:53:05	611
11:53:06	617
11:53:07	654
11:53:08	688
11:53:09	652
11:53:10	669
11:53:11	615
11:53:12	636
11:53:13	680
11:53:14	687
11:53:15	672
11:53:16	649
11:53:17	666
11:53:18	612
11:53:19	662
11:53:20	686
11:53:21	617
11:53:22	661
11:53:23	633
11:53:24	620
11:53:25	643
11:53:26	684
11:53:27	684
11:53:28	612
11:53:29	656
11:53:30	656
11:53:31	655
11:53:32	654
11:53:33	673
11:53:34	640
11:53:35	643
11:53:36	673
11:53:37	678
11:53:38	649

11:53:39	652
11:53:40	627
11:53:41	677
11:53:42	675
11:53:43	651
11:53:44	674
11:53:45	627
11:53:46	611
11:53:47	678
11:53:48	624
11:53:49	614
11:53:50	632
11:53:51	690
11:53:52	669
11:53:53	622
11:53:54	642
11:53:55	673
11:53:56	626
11:53:57	640
11:53:58	681
11:53:59	685
11:54:00	664
11:54:01	619
11:54:02	614
11:54:03	648
11:54:04	620
11:54:05	675
11:54:06	665
11:54:07	647
11:54:08	623
11:54:09	683
11:54:10	675
11:54:11	647
11:54:12	662
11:54:13	610
11:54:14	639
11:54:15	651
11:54:16	615
11:54:17	657
11:54:18	614
11:54:19	658
11:54:20	686
11:54:21	615
11:54:22	650
11:54:23	655
11:54:24	617

11:54:25	675
11:54:26	679
11:54:27	678
11:54:28	669
11:54:29	623
11:54:30	611
11:54:31	635
11:54:32	620
11:54:33	652
11:54:34	611
11:54:35	635
11:54:36	625
11:54:37	665
11:54:38	662
11:54:39	651
11:54:40	670
11:54:41	686
11:54:42	616
11:54:43	626
11:54:44	644
11:54:45	622
11:54:46	651
11:54:47	677
11:54:48	636
11:54:49	645
11:54:50	636
11:54:51	683
11:54:52	623
11:54:53	686
11:54:54	674
11:54:55	687
11:54:56	626
11:54:57	669
11:54:58	621
11:54:59	649
11:55:00	680
11:55:01	681
11:55:02	611
11:55:03	649
11:55:04	669
11:55:05	677
11:55:06	626
11:55:07	619
11:55:08	636
11:55:09	617
11:55:10	656

11:55:11	617
11:55:12	641
11:55:13	664
11:55:14	622
11:55:15	619
11:55:16	615
11:55:17	675
11:55:18	647
11:55:19	645
11:55:20	686
11:55:21	644
11:55:22	667
11:55:23	670
11:55:24	681
11:55:25	642
11:55:26	669
11:55:27	622
11:55:28	627
11:55:29	619
11:55:30	654
11:55:31	644
11:55:32	610
11:55:33	631
11:55:34	655
11:55:35	663
11:55:36	624
11:55:37	614
11:55:38	672
11:55:39	671
11:55:40	632
11:55:41	627
11:55:42	684
11:55:43	641
11:55:44	681
11:55:45	689
11:55:46	655
11:55:47	687
11:55:48	640
11:55:49	685
11:55:50	665
11:55:51	678
11:55:52	627
11:55:53	661
11:55:54	649
11:55:55	647
11:55:56	669

11:55:57	662
11:55:58	680
11:55:59	669
11:56:00	626
11:56:01	664
11:56:02	652
11:56:03	617
11:56:04	678
11:56:05	669
11:56:06	672
11:56:07	647
11:56:08	654
11:56:09	666
11:56:10	622
11:56:11	636
11:56:12	648
11:56:13	612
11:56:14	672
11:56:15	670
11:56:16	653
11:56:17	647
11:56:18	672
11:56:19	629
11:56:20	677
11:56:21	629
11:56:22	627
11:56:23	653
11:56:24	632
11:56:25	656
11:56:26	618
11:56:27	628
11:56:28	614
11:56:29	684
11:56:30	665
11:56:31	632
11:56:32	680
11:56:33	623
11:56:34	636
11:56:35	659
11:56:36	649
11:56:37	622
11:56:38	682
11:56:39	623
11:56:40	611
11:56:41	617
11:56:42	625

11:56:43	664
11:56:44	688
11:56:45	628
11:56:46	665
11:56:47	619
11:56:48	673
11:56:49	667
11:56:50	633
11:56:51	665
11:56:52	639
11:56:53	613
11:56:54	618
11:56:55	641
11:56:56	667
11:56:57	676
11:56:58	649
11:56:59	640
11:57:00	673
11:57:01	651
11:57:02	638
11:57:03	621
11:57:04	673
11:57:05	672
11:57:06	622
11:57:07	610
11:57:08	653
11:57:09	636
11:57:10	658
11:57:11	638
11:57:12	671
11:57:13	660
11:57:14	660
11:57:15	617
11:57:16	686
11:57:17	618
11:57:18	652
11:57:19	678
11:57:20	619
11:57:21	624
11:57:22	685
11:57:23	617
11:57:24	617
11:57:25	677
11:57:26	616
11:57:27	688
11:57:28	641

11:57:29	678
11:57:30	612
11:57:31	659
11:57:32	665
11:57:33	627
11:57:34	655
11:57:35	618
11:57:36	619
11:57:37	639
11:57:38	673
11:57:39	686
11:57:40	632
11:57:41	652
11:57:42	627
11:57:43	622
11:57:44	624
11:57:45	662
11:57:46	621
11:57:47	650
11:57:48	653
11:57:49	619
11:57:50	616
11:57:51	614
11:57:52	674
11:57:53	676
11:57:54	628
11:57:55	618
11:57:56	683
11:57:57	644
11:57:58	669
11:57:59	612
11:58:00	645
11:58:01	684
11:58:02	659
11:58:03	645
11:58:04	650
11:58:05	629
11:58:06	662
11:58:07	650
11:58:08	675
11:58:09	667
11:58:10	665
11:58:11	624
11:58:12	690
11:58:13	670
11:58:14	660

11:58:15	669
11:58:16	651
11:58:17	670
11:58:18	636
11:58:19	643
11:58:20	689
11:58:21	614
11:58:22	684
11:58:23	665
11:58:24	635
11:58:25	647
11:58:26	650
11:58:27	637
11:58:28	623
11:58:29	637
11:58:30	683
11:58:31	625
11:58:32	674
11:58:33	669
11:58:34	636
11:58:35	627
11:58:36	687
11:58:37	671
11:58:38	675
11:58:39	619
11:58:40	614
11:58:41	640
11:58:42	622
11:58:43	682
11:58:44	618
11:58:45	670
11:58:46	639
11:58:47	633
11:58:48	627
11:58:49	687
11:58:50	665
11:58:51	615
11:58:52	690
11:58:53	674
11:58:54	690
11:58:55	661
11:58:56	631
11:58:57	671
11:58:58	671
11:58:59	665
11:59:00	666

11:59:01	616
11:59:02	676
11:59:03	623
11:59:04	672
11:59:05	668
11:59:06	657
11:59:07	657
11:59:08	671
11:59:09	664
11:59:10	666
11:59:11	631
11:59:12	653
11:59:13	624
11:59:14	676
11:59:15	629
11:59:16	686
11:59:17	618
11:59:18	666
11:59:19	626
11:59:20	630
11:59:21	622
11:59:22	683
11:59:23	617
11:59:24	676
11:59:25	630
11:59:26	683
11:59:27	612
11:59:28	662
11:59:29	644
11:59:30	647
11:59:31	676
11:59:32	677
11:59:33	672
11:59:34	672
11:59:35	686
11:59:36	661
11:59:37	613
11:59:38	633
11:59:39	660
11:59:40	654
11:59:41	669
11:59:42	646
11:59:43	661
11:59:44	614
11:59:45	660
11:59:46	628

11:59:47	652
11:59:48	688
11:59:49	667
11:59:50	670
11:59:51	675
11:59:52	684
11:59:53	614
11:59:54	629
11:59:55	661
11:59:56	645
11:59:57	619
11:59:58	617
11:59:59	643
12:00:00	621
12:00:01	681
12:00:02	687
12:00:03	645
12:00:04	625
12:00:05	647
12:00:06	644
12:00:07	618
12:00:08	660
12:00:09	625
12:00:10	664
12:00:11	665
12:00:12	613
12:00:13	649
12:00:14	630
12:00:15	689
12:00:16	620
12:00:17	641
12:00:18	647
12:00:19	689
12:00:20	666
12:00:21	646
12:00:22	644
12:00:23	621
12:00:24	664
12:00:25	640
12:00:26	669
12:00:27	664
12:00:28	622
12:00:29	656
12:00:30	654
12:00:31	620
12:00:32	674

12:00:33	631
12:00:34	667
12:00:35	670
12:00:36	657
12:00:37	672
12:00:38	658
12:00:39	683
12:00:40	629
12:00:41	681
12:00:42	619
12:00:43	676
12:00:44	627
12:00:45	636
12:00:46	643
12:00:47	687
12:00:48	689
12:00:49	660
12:00:50	660
12:00:51	620
12:00:52	619
12:00:53	668
12:00:54	680
12:00:55	700
12:00:56	760
12:00:57	780
12:00:58	845
12:00:59	860
12:01:00	900
12:01:01	914
12:01:02	920
12:01:03	920
12:01:04	985
12:01:05	985
12:01:06	985
12:01:07	985
12:01:08	985
12:01:09	985
12:01:10	985
12:01:11	985
12:01:12	985
12:01:13	985
12:01:14	985
12:01:15	985
12:01:16	985
12:01:17	985
12:01:18	985

12:01:19	985
12:01:20	950
12:01:21	931
12:01:22	903
12:01:23	884
12:01:24	864
12:01:25	830
12:01:26	743
12:01:27	701
12:01:28	682
12:01:29	687
12:01:30	644
12:01:31	666
12:01:32	668
12:01:33	672
12:01:34	687
12:01:35	678
12:01:36	679
12:01:37	682
12:01:38	686
12:01:39	630
12:01:40	619
12:01:41	680
12:01:42	649
12:01:43	674
12:01:44	633
12:01:45	624
12:01:46	685
12:01:47	687
12:01:48	661
12:01:49	679
12:01:50	633
12:01:51	616
12:01:52	619
12:01:53	683
12:01:54	622
12:01:55	663
12:01:56	676
12:01:57	684
12:01:58	650
12:01:59	611
12:02:00	661
12:02:01	667
12:02:02	689
12:02:03	686
12:02:04	632

12:02:05	649
12:02:06	686
12:02:07	674
12:02:08	652
12:02:09	624
12:02:10	629
12:02:11	674
12:02:12	613
12:02:13	625
12:02:14	637
12:02:15	668
12:02:16	688
12:02:17	659
12:02:18	684
12:02:19	644
12:02:20	645
12:02:21	680
12:02:22	620
12:02:23	669
12:02:24	646
12:02:25	640
12:02:26	665
12:02:27	632
12:02:28	646
12:02:29	685
12:02:30	617
12:02:31	633
12:02:32	677
12:02:33	687
12:02:34	619
12:02:35	658
12:02:36	659
12:02:37	647
12:02:38	674
12:02:39	671
12:02:40	648
12:02:41	663
12:02:42	687
12:02:43	635
12:02:44	676
12:02:45	670
12:02:46	635
12:02:47	628
12:02:48	635
12:02:49	676
12:02:50	617

12:02:51	660
12:02:52	633
12:02:53	654
12:02:54	642
12:02:55	650
12:02:56	637
12:02:57	655
12:02:58	630
12:02:59	623
12:03:00	676
12:03:01	610
12:03:02	647
12:03:03	653
12:03:04	621
12:03:05	634
12:03:06	671
12:03:07	663
12:03:08	683
12:03:09	611
12:03:10	630
12:03:11	635
12:03:12	674
12:03:13	620
12:03:14	649
12:03:15	688
12:03:16	659
12:03:17	653
12:03:18	659
12:03:19	634
12:03:20	661
12:03:21	688
12:03:22	651
12:03:23	649
12:03:24	623
12:03:25	682
12:03:26	654
12:03:27	656
12:03:28	645
12:03:29	661
12:03:30	672
12:03:31	651
12:03:32	639
12:03:33	658
12:03:34	624
12:03:35	633
12:03:36	616

12:03:37	690
12:03:38	655
12:03:39	667
12:03:40	684
12:03:41	652
12:03:42	617
12:03:43	660
12:03:44	613
12:03:45	662
12:03:46	622
12:03:47	631
12:03:48	612
12:03:49	689
12:03:50	658
12:03:51	661
12:03:52	645
12:03:53	669
12:03:54	684
12:03:55	646
12:03:56	661
12:03:57	628
12:03:58	649
12:03:59	670
12:04:00	616
12:04:01	632
12:04:02	680
12:04:03	671
12:04:04	651
12:04:05	615
12:04:06	666
12:04:07	655
12:04:08	678
12:04:09	685
12:04:10	657
12:04:11	675
12:04:12	660
12:04:13	690
12:04:14	637
12:04:15	668
12:04:16	663
12:04:17	684
12:04:18	686
12:04:19	657
12:04:20	637
12:04:21	659
12:04:22	625

12:04:23	652
12:04:24	620
12:04:25	665
12:04:26	645
12:04:27	686
12:04:28	627
12:04:29	651
12:04:30	650
12:04:31	680
12:04:32	653
12:04:33	619
12:04:34	631
12:04:35	653
12:04:36	614
12:04:37	673
12:04:38	690
12:04:39	641
12:04:40	682
12:04:41	686
12:04:42	635
12:04:43	621
12:04:44	648
12:04:45	621
12:04:46	611
12:04:47	651
12:04:48	639
12:04:49	655
12:04:50	644
12:04:51	685
12:04:52	634
12:04:53	680
12:04:54	614
12:04:55	643
12:04:56	621
12:04:57	628
12:04:58	668
12:04:59	665
12:05:00	653
12:05:01	670
12:05:02	621
12:05:03	624
12:05:04	663
12:05:05	623
12:05:06	645
12:05:07	617
12:05:08	669

12:05:09	648
12:05:10	621
12:05:11	652
12:05:12	627
12:05:13	641
12:05:14	631
12:05:15	633
12:05:16	665
12:05:17	629
12:05:18	614
12:05:19	616
12:05:20	633
12:05:21	618
12:05:22	648
12:05:23	659
12:05:24	639
12:05:25	637
12:05:26	672
12:05:27	673
12:05:28	626
12:05:29	627
12:05:30	677
12:05:31	668
12:05:32	660
12:05:33	682
12:05:34	673
12:05:35	666
12:05:36	646
12:05:37	612
12:05:38	637
12:05:39	680
12:05:40	647
12:05:41	646
12:05:42	651
12:05:43	649
12:05:44	627
12:05:45	614
12:05:46	619
12:05:47	626
12:05:48	635
12:05:49	651
12:05:50	620
12:05:51	657
12:05:52	657
12:05:53	658
12:05:54	670

12:05:55	656
12:05:56	611
12:05:57	664
12:05:58	658
12:05:59	613
12:06:00	647
12:06:01	674
12:06:02	662
12:06:03	650
12:06:04	647
12:06:05	668
12:06:06	675
12:06:07	623
12:06:08	670
12:06:09	639
12:06:10	616
12:06:11	654
12:06:12	666
12:06:13	641
12:06:14	622
12:06:15	684
12:06:16	661
12:06:17	666
12:06:18	661
12:06:19	642
12:06:20	690
12:06:21	670
12:06:22	666
12:06:23	690
12:06:24	668
12:06:25	664
12:06:26	656
12:06:27	621
12:06:28	663
12:06:29	613
12:06:30	643
12:06:31	683
12:06:32	673
12:06:33	677
12:06:34	645
12:06:35	658
12:06:36	612
12:06:37	688
12:06:38	634
12:06:39	611
12:06:40	624

12:06:41	632
12:06:42	635
12:06:43	661
12:06:44	649
12:06:45	672
12:06:46	631
12:06:47	656
12:06:48	614
12:06:49	641
12:06:50	662
12:06:51	630
12:06:52	611
12:06:53	663
12:06:54	660
12:06:55	630
12:06:56	689
12:06:57	620
12:06:58	656
12:06:59	610
12:07:00	641
12:07:01	614
12:07:02	651
12:07:03	689
12:07:04	682
12:07:05	687
12:07:06	636
12:07:07	672
12:07:08	617
12:07:09	623
12:07:10	687
12:07:11	690
12:07:12	671
12:07:13	646
12:07:14	639
12:07:15	669
12:07:16	651
12:07:17	673
12:07:18	636
12:07:19	669
12:07:20	623
12:07:21	642
12:07:22	612
12:07:23	645
12:07:24	632
12:07:25	624
12:07:26	637

12:07:27	613
12:07:28	666
12:07:29	628
12:07:30	688
12:07:31	654
12:07:32	641
12:07:33	644
12:07:34	687
12:07:35	649
12:07:36	622
12:07:37	655
12:07:38	633
12:07:39	669
12:07:40	689
12:07:41	650
12:07:42	678
12:07:43	668
12:07:44	677
12:07:45	632
12:07:46	642
12:07:47	619
12:07:48	674
12:07:49	610
12:07:50	668
12:07:51	657
12:07:52	639
12:07:53	643
12:07:54	622
12:07:55	626
12:07:56	662
12:07:57	614
12:07:58	686
12:07:59	664
12:08:00	625
12:08:01	667
12:08:02	676
12:08:03	633
12:08:04	674
12:08:05	658
12:08:06	686
12:08:07	680
12:08:08	630
12:08:09	685
12:08:10	626
12:08:11	638
12:08:12	679

12:08:13	626
12:08:14	646
12:08:15	670
12:08:16	667
12:08:17	634
12:08:18	628
12:08:19	634
12:08:20	661
12:08:21	623
12:08:22	678
12:08:23	629
12:08:24	623
12:08:25	613
12:08:26	666
12:08:27	677
12:08:28	648
12:08:29	667
12:08:30	616
12:08:31	683
12:08:32	624
12:08:33	646
12:08:34	629
12:08:35	664
12:08:36	646
12:08:37	632
12:08:38	655
12:08:39	652
12:08:40	683
12:08:41	653
12:08:42	658
12:08:43	610
12:08:44	664
12:08:45	631
12:08:46	645
12:08:47	625
12:08:48	657
12:08:49	667
12:08:50	661
12:08:51	640
12:08:52	657
12:08:53	653
12:08:54	655
12:08:55	689
12:08:56	663
12:08:57	690
12:08:58	690

12:08:59	614
12:09:00	631
12:09:01	664
12:09:02	650
12:09:03	616
12:09:04	647
12:09:05	624
12:09:06	674
12:09:07	664
12:09:08	655
12:09:09	682
12:09:10	613
12:09:11	675
12:09:12	626
12:09:13	618
12:09:14	687
12:09:15	670
12:09:16	617
12:09:17	611
12:09:18	622
12:09:19	675
12:09:20	616
12:09:21	634
12:09:22	669
12:09:23	625
12:09:24	660
12:09:25	672
12:09:26	639
12:09:27	619
12:09:28	654
12:09:29	619
12:09:30	684
12:09:31	652
12:09:32	636
12:09:33	686
12:09:34	610
12:09:35	640
12:09:36	660
12:09:37	681
12:09:38	689
12:09:39	618
12:09:40	683
12:09:41	621
12:09:42	688
12:09:43	651
12:09:44	626

12:09:45	677
12:09:46	637
12:09:47	638
12:09:48	618
12:09:49	626
12:09:50	622
12:09:51	659
12:09:52	635
12:09:53	677
12:09:54	643
12:09:55	642
12:09:56	671
12:09:57	642
12:09:58	677
12:09:59	618
12:10:00	630
12:10:01	658
12:10:02	684
12:10:03	683
12:10:04	631
12:10:05	635
12:10:06	625
12:10:07	666
12:10:08	667
12:10:09	659
12:10:10	643
12:10:11	633
12:10:12	611
12:10:13	669
12:10:14	677
12:10:15	636
12:10:16	636
12:10:17	688
12:10:18	666
12:10:19	624
12:10:20	611
12:10:21	652
12:10:22	684
12:10:23	614
12:10:24	643
12:10:25	627
12:10:26	644
12:10:27	679
12:10:28	655
12:10:29	664
12:10:30	688

12:10:31	655
12:10:32	634
12:10:33	684
12:10:34	635
12:10:35	610
12:10:36	651
12:10:37	690
12:10:38	620
12:10:39	640
12:10:40	611
12:10:41	669
12:10:42	613
12:10:43	683
12:10:44	644
12:10:45	619
12:10:46	650
12:10:47	646
12:10:48	690
12:10:49	670
12:10:50	622
12:10:51	638
12:10:52	683
12:10:53	625
12:10:54	681
12:10:55	678
12:10:56	645
12:10:57	671
12:10:58	623
12:10:59	685
12:11:00	624
12:11:01	637
12:11:02	687
12:11:03	676
12:11:04	631
12:11:05	629
12:11:06	640
12:11:07	645
12:11:08	618
12:11:09	641
12:11:10	665
12:11:11	621
12:11:12	679
12:11:13	684
12:11:14	651
12:11:15	681
12:11:16	632

12:11:17	612
12:11:18	620
12:11:19	656
12:11:20	677
12:11:21	686
12:11:22	677
12:11:23	672
12:11:24	614
12:11:25	660
12:11:26	648
12:11:27	646
12:11:28	654
12:11:29	659
12:11:30	666
12:11:31	684
12:11:32	661
12:11:33	640
12:11:34	678
12:11:35	639
12:11:36	630
12:11:37	625
12:11:38	649
12:11:39	668
12:11:40	617
12:11:41	668
12:11:42	646
12:11:43	653
12:11:44	632
12:11:45	673
12:11:46	639
12:11:47	636
12:11:48	633
12:11:49	668
12:11:50	674
12:11:51	644
12:11:52	641
12:11:53	653
12:11:54	625
12:11:55	649
12:11:56	685
12:11:57	662
12:11:58	664
12:11:59	640
12:12:00	612
12:12:01	634
12:12:02	647

12:12:03	628
12:12:04	639
12:12:05	636
12:12:06	629
12:12:07	687
12:12:08	657
12:12:09	640
12:12:10	679
12:12:11	675
12:12:12	625
12:12:13	619
12:12:14	683
12:12:15	622
12:12:16	672
12:12:17	633
12:12:18	649
12:12:19	651
12:12:20	680
12:12:21	657
12:12:22	642
12:12:23	668
12:12:24	654
12:12:25	682
12:12:26	624
12:12:27	634
12:12:28	677
12:12:29	683
12:12:30	622
12:12:31	620
12:12:32	621
12:12:33	688
12:12:34	687
12:12:35	614
12:12:36	670
12:12:37	631
12:12:38	681
12:12:39	648
12:12:40	612
12:12:41	615
12:12:42	674
12:12:43	675
12:12:44	641
12:12:45	661
12:12:46	666
12:12:47	627
12:12:48	683

12:12:49	663
12:12:50	643
12:12:51	615
12:12:52	654
12:12:53	651
12:12:54	687
12:12:55	650
12:12:56	679
12:12:57	682
12:12:58	613
12:12:59	656
12:13:00	679
12:13:01	631
12:13:02	666
12:13:03	620
12:13:04	674
12:13:05	655
12:13:06	649
12:13:07	641
12:13:08	670
12:13:09	611
12:13:10	684
12:13:11	673
12:13:12	641
12:13:13	614
12:13:14	686
12:13:15	679
12:13:16	632
12:13:17	632
12:13:18	673
12:13:19	665
12:13:20	688
12:13:21	652
12:13:22	658
12:13:23	682
12:13:24	661
12:13:25	613
12:13:26	629
12:13:27	676
12:13:28	649
12:13:29	640
12:13:30	656
12:13:31	610
12:13:32	681
12:13:33	661
12:13:34	689

12:13:35	652
12:13:36	621
12:13:37	674
12:13:38	628
12:13:39	625
12:13:40	688
12:13:41	644
12:13:42	663
12:13:43	618
12:13:44	664
12:13:45	631
12:13:46	615
12:13:47	630
12:13:48	656
12:13:49	652
12:13:50	652
12:13:51	639
12:13:52	628
12:13:53	622
12:13:54	622
12:13:55	674
12:13:56	620
12:13:57	640
12:13:58	660
12:13:59	654
12:14:00	679
12:14:01	652
12:14:02	619
12:14:03	620
12:14:04	621
12:14:05	624
12:14:06	687
12:14:07	650
12:14:08	680
12:14:09	616
12:14:10	652
12:14:11	661
12:14:12	645
12:14:13	638
12:14:14	616
12:14:15	635
12:14:16	675
12:14:17	649
12:14:18	678
12:14:19	653
12:14:20	648

12:14:21	671
12:14:22	672
12:14:23	659
12:14:24	670
12:14:25	630
12:14:26	627
12:14:27	632
12:14:28	665
12:14:29	668
12:14:30	646
12:14:31	644
12:14:32	660
12:14:33	638
12:14:34	668
12:14:35	685
12:14:36	662
12:14:37	638
12:14:38	663
12:14:39	676
12:14:40	614
12:14:41	657
12:14:42	614
12:14:43	679
12:14:44	659
12:14:45	690
12:14:46	678
12:14:47	661
12:14:48	663
12:14:49	636
12:14:50	658
12:14:51	656
12:14:52	669
12:14:53	651
12:14:54	640
12:14:55	657
12:14:56	611
12:14:57	673
12:14:58	677
12:14:59	647
12:15:00	645
12:15:01	618
12:15:02	677
12:15:03	689
12:15:04	629
12:15:05	655
12:15:06	675

12:15:07	665
12:15:08	676
12:15:09	627
12:15:10	633
12:15:11	679
12:15:12	628
12:15:13	643
12:15:14	618
12:15:15	641
12:15:16	653
12:15:17	689
12:15:18	645
12:15:19	655
12:15:20	666
12:15:21	662
12:15:22	676
12:15:23	661
12:15:24	611
12:15:25	678
12:15:26	689
12:15:27	648
12:15:28	635
12:15:29	635
12:15:30	657
12:15:31	635
12:15:32	659
12:15:33	677
12:15:34	684
12:15:35	661
12:15:36	641
12:15:37	616
12:15:38	659
12:15:39	627
12:15:40	623
12:15:41	648
12:15:42	654
12:15:43	615
12:15:44	683
12:15:45	653
12:15:46	643
12:15:47	668
12:15:48	676
12:15:49	666
12:15:50	690
12:15:51	670
12:15:52	684

12:15:53	640
12:15:54	657
12:15:55	657
12:15:56	621
12:15:57	633
12:15:58	625
12:15:59	614
12:16:00	613
12:16:01	656
12:16:02	628
12:16:03	680
12:16:04	676
12:16:05	650
12:16:06	682
12:16:07	611
12:16:08	686
12:16:09	625
12:16:10	649
12:16:11	669
12:16:12	663
12:16:13	666
12:16:14	617
12:16:15	624
12:16:16	639
12:16:17	690
12:16:18	613
12:16:19	688
12:16:20	643
12:16:21	658
12:16:22	625
12:16:23	636
12:16:24	626
12:16:25	618
12:16:26	681
12:16:27	614
12:16:28	645
12:16:29	637
12:16:30	688
12:16:31	678
12:16:32	643
12:16:33	613
12:16:34	648
12:16:35	618
12:16:36	611
12:16:37	679
12:16:38	614

12:16:39	639
12:16:40	675
12:16:41	634
12:16:42	683
12:16:43	625
12:16:44	680
12:16:45	616
12:16:46	643
12:16:47	660
12:16:48	625
12:16:49	617
12:16:50	662
12:16:51	639
12:16:52	674
12:16:53	618
12:16:54	640
12:16:55	653
12:16:56	652
12:16:57	673
12:16:58	646
12:16:59	668
12:17:00	658
12:17:01	670
12:17:02	680
12:17:03	681
12:17:04	682
12:17:05	651
12:17:06	670
12:17:07	663
12:17:08	628
12:17:09	643
12:17:10	677
12:17:11	671
12:17:12	675
12:17:13	654
12:17:14	627
12:17:15	655
12:17:16	623
12:17:17	687
12:17:18	632
12:17:19	659
12:17:20	625
12:17:21	671
12:17:22	677
12:17:23	617
12:17:24	658

12:17:25	666
12:17:26	664
12:17:27	668
12:17:28	686
12:17:29	654
12:17:30	621
12:17:31	612
12:17:32	677
12:17:33	645
12:17:34	644
12:17:35	616
12:17:36	671
12:17:37	623
12:17:38	662
12:17:39	620
12:17:40	620
12:17:41	642
12:17:42	663
12:17:43	635
12:17:44	687
12:17:45	620
12:17:46	634
12:17:47	627
12:17:48	627
12:17:49	687
12:17:50	665
12:17:51	657
12:17:52	681
12:17:53	674
12:17:54	633
12:17:55	630
12:17:56	621
12:17:57	660
12:17:58	669
12:17:59	670
12:18:00	666
12:18:01	679
12:18:02	636
12:18:03	675
12:18:04	633
12:18:05	677
12:18:06	612
12:18:07	634
12:18:08	617
12:18:09	682
12:18:10	686

12:18:11	654
12:18:12	679
12:18:13	635
12:18:14	640
12:18:15	626
12:18:16	646
12:18:17	681
12:18:18	624
12:18:19	630
12:18:20	620
12:18:21	626
12:18:22	616
12:18:23	671
12:18:24	639
12:18:25	618
12:18:26	631
12:18:27	639
12:18:28	648
12:18:29	661
12:18:30	650
12:18:31	637
12:18:32	613
12:18:33	621
12:18:34	686
12:18:35	649
12:18:36	676
12:18:37	632
12:18:38	630
12:18:39	656
12:18:40	613
12:18:41	643
12:18:42	652
12:18:43	613
12:18:44	686
12:18:45	683
12:18:46	610
12:18:47	656
12:18:48	644
12:18:49	682
12:18:50	636
12:18:51	669
12:18:52	632
12:18:53	626
12:18:54	665
12:18:55	627
12:18:56	679

12:18:57	633
12:18:58	679
12:18:59	678
12:19:00	630
12:19:01	665
12:19:02	682
12:19:03	620
12:19:04	659
12:19:05	613
12:19:06	630
12:19:07	661
12:19:08	610
12:19:09	689
12:19:10	619
12:19:11	665
12:19:12	643
12:19:13	660
12:19:14	671
12:19:15	661
12:19:16	662
12:19:17	663
12:19:18	657
12:19:19	651
12:19:20	650
12:19:21	659
12:19:22	615
12:19:23	654
12:19:24	668
12:19:25	677
12:19:26	632
12:19:27	664
12:19:28	645
12:19:29	659
12:19:30	646
12:19:31	632
12:19:32	621
12:19:33	610
12:19:34	682
12:19:35	686
12:19:36	648
12:19:37	643
12:19:38	689
12:19:39	667
12:19:40	631
12:19:41	627
12:19:42	628

12:19:43	678
12:19:44	686
12:19:45	689
12:19:46	636
12:19:47	680
12:19:48	651
12:19:49	652
12:19:50	646
12:19:51	611
12:19:52	641
12:19:53	654
12:19:54	678
12:19:55	650
12:19:56	649
12:19:57	687
12:19:58	656
12:19:59	617
12:20:00	618
12:20:01	614
12:20:02	681
12:20:03	666
12:20:04	639
12:20:05	629
12:20:06	618
12:20:07	614
12:20:08	689
12:20:09	671
12:20:10	647
12:20:11	612
12:20:12	623
12:20:13	640
12:20:14	680
12:20:15	630
12:20:16	621
12:20:17	668
12:20:18	668
12:20:19	689
12:20:20	653
12:20:21	690
12:20:22	642
12:20:23	673
12:20:24	642
12:20:25	650
12:20:26	645
12:20:27	664
12:20:28	646

12:20:29	634
12:20:30	677
12:20:31	621
12:20:32	690
12:20:33	643
12:20:34	632
12:20:35	650
12:20:36	618
12:20:37	667
12:20:38	658
12:20:39	667
12:20:40	649
12:20:41	675
12:20:42	668
12:20:43	619
12:20:44	613
12:20:45	619
12:20:46	622
12:20:47	686
12:20:48	641
12:20:49	652
12:20:50	612
12:20:51	632
12:20:52	627
12:20:53	618
12:20:54	671
12:20:55	636
12:20:56	626
12:20:57	650
12:20:58	616
12:20:59	618
12:21:00	669
12:21:01	664
12:21:02	646
12:21:03	632
12:21:04	621
12:21:05	628
12:21:06	681
12:21:07	636
12:21:08	616
12:21:09	652
12:21:10	620
12:21:11	654
12:21:12	681
12:21:13	675
12:21:14	646

12:21:15	651
12:21:16	642
12:21:17	686
12:21:18	614
12:21:19	612
12:21:20	681
12:21:21	667
12:21:22	669
12:21:23	634
12:21:24	663
12:21:25	648
12:21:26	673
12:21:27	661
12:21:28	676
12:21:29	613
12:21:30	667
12:21:31	625
12:21:32	662
12:21:33	626
12:21:34	653
12:21:35	644
12:21:36	657
12:21:37	615
12:21:38	654
12:21:39	641
12:21:40	643
12:21:41	689
12:21:42	670
12:21:43	674
12:21:44	672
12:21:45	680
12:21:46	671
12:21:47	685
12:21:48	629
12:21:49	647
12:21:50	659
12:21:51	617
12:21:52	668
12:21:53	630
12:21:54	658
12:21:55	675
12:21:56	688
12:21:57	661
12:21:58	636
12:21:59	677
12:22:00	648

12:22:01	661
12:22:02	644
12:22:03	690
12:22:04	612
12:22:05	617
12:22:06	643
12:22:07	629
12:22:08	668
12:22:09	656
12:22:10	635
12:22:11	665
12:22:12	660
12:22:13	622
12:22:14	658
12:22:15	621
12:22:16	636
12:22:17	653
12:22:18	668
12:22:19	610
12:22:20	622
12:22:21	615
12:22:22	682
12:22:23	641
12:22:24	675
12:22:25	656
12:22:26	666
12:22:27	638
12:22:28	667
12:22:29	672
12:22:30	677
12:22:31	615
12:22:32	636
12:22:33	666
12:22:34	623
12:22:35	651
12:22:36	631
12:22:37	632
12:22:38	678
12:22:39	659
12:22:40	687
12:22:41	636
12:22:42	672
12:22:43	669
12:22:44	630
12:22:45	641
12:22:46	611

12:22:47	617
12:22:48	654
12:22:49	688
12:22:50	652
12:22:51	669
12:22:52	615
12:22:53	636
12:22:54	680
12:22:55	687
12:22:56	672
12:22:57	649
12:22:58	666
12:22:59	612
12:23:00	662
12:23:01	686
12:23:02	617
12:23:03	661
12:23:04	633
12:23:05	620
12:23:06	643
12:23:07	684
12:23:08	684
12:23:09	612
12:23:10	656
12:23:11	656
12:23:12	655
12:23:13	654
12:23:14	673
12:23:15	640
12:23:16	643
12:23:17	673
12:23:18	678
12:23:19	649
12:23:20	652
12:23:21	627
12:23:22	677
12:23:23	675
12:23:24	651
12:23:25	674
12:23:26	627
12:23:27	611
12:23:28	678
12:23:29	624
12:23:30	614
12:23:31	632
12:23:32	690

12:23:33	669
12:23:34	622
12:23:35	642
12:23:36	673
12:23:37	626
12:23:38	640
12:23:39	681
12:23:40	685
12:23:41	664
12:23:42	619
12:23:43	614
12:23:44	648
12:23:45	620
12:23:46	675
12:23:47	665
12:23:48	647
12:23:49	623
12:23:50	683
12:23:51	675
12:23:52	647
12:23:53	662
12:23:54	610
12:23:55	639
12:23:56	651
12:23:57	615
12:23:58	657
12:23:59	614
12:24:00	658
12:24:01	686
12:24:02	615
12:24:03	650
12:24:04	655
12:24:05	617
12:24:06	675
12:24:07	679
12:24:08	678
12:24:09	669
12:24:10	623
12:24:11	611
12:24:12	635
12:24:13	620
12:24:14	652
12:24:15	611
12:24:16	635
12:24:17	625
12:24:18	665

12:24:19	662
12:24:20	651
12:24:21	670
12:24:22	686
12:24:23	616
12:24:24	626
12:24:25	644
12:24:26	622
12:24:27	651
12:24:28	677
12:24:29	636
12:24:30	645
12:24:31	636
12:24:32	683
12:24:33	623
12:24:34	686
12:24:35	674
12:24:36	687
12:24:37	626
12:24:38	669
12:24:39	621
12:24:40	649
12:24:41	680
12:24:42	681
12:24:43	611
12:24:44	649
12:24:45	669
12:24:46	677
12:24:47	626
12:24:48	619
12:24:49	636
12:24:50	617
12:24:51	656
12:24:52	617
12:24:53	641
12:24:54	664
12:24:55	622
12:24:56	619
12:24:57	615
12:24:58	675
12:24:59	647
12:25:00	645
12:25:01	686
12:25:02	644
12:25:03	667
12:25:04	670

12:25:05	681
12:25:06	642
12:25:07	669
12:25:08	622
12:25:09	627
12:25:10	619
12:25:11	654
12:25:12	644
12:25:13	610
12:25:14	631
12:25:15	655
12:25:16	663
12:25:17	624
12:25:18	614
12:25:19	672
12:25:20	671
12:25:21	632
12:25:22	627
12:25:23	684
12:25:24	641
12:25:25	681
12:25:26	689
12:25:27	655
12:25:28	687
12:25:29	640
12:25:30	685
12:25:31	665
12:25:32	678
12:25:33	627
12:25:34	661
12:25:35	649
12:25:36	647
12:25:37	669
12:25:38	662
12:25:39	680
12:25:40	669
12:25:41	626
12:25:42	664
12:25:43	652
12:25:44	617
12:25:45	678
12:25:46	669
12:25:47	672
12:25:48	647
12:25:49	654
12:25:50	666

12:25:51	622
12:25:52	636
12:25:53	648
12:25:54	612
12:25:55	672
12:25:56	670
12:25:57	653
12:25:58	647
12:25:59	672
12:26:00	629
12:26:01	677
12:26:02	629
12:26:03	627
12:26:04	653
12:26:05	632
12:26:06	656
12:26:07	618
12:26:08	628
12:26:09	614
12:26:10	684
12:26:11	665
12:26:12	632
12:26:13	680
12:26:14	623
12:26:15	636
12:26:16	659
12:26:17	649
12:26:18	622
12:26:19	682
12:26:20	623
12:26:21	611
12:26:22	617
12:26:23	625
12:26:24	664
12:26:25	688
12:26:26	628
12:26:27	665
12:26:28	619
12:26:29	673
12:26:30	667
12:26:31	633
12:26:32	665
12:26:33	639
12:26:34	613
12:26:35	618
12:26:36	641

12:26:37	667
12:26:38	676
12:26:39	649
12:26:40	640
12:26:41	673
12:26:42	651
12:26:43	638
12:26:44	621
12:26:45	673
12:26:46	672
12:26:47	622
12:26:48	610
12:26:49	653
12:26:50	636
12:26:51	658
12:26:52	638
12:26:53	671
12:26:54	660
12:26:55	660
12:26:56	617
12:26:57	686
12:26:58	618
12:26:59	652
12:27:00	678
12:27:01	619
12:27:02	624
12:27:03	685
12:27:04	617
12:27:05	617
12:27:06	677
12:27:07	616
12:27:08	688
12:27:09	641
12:27:10	678
12:27:11	612
12:27:12	659
12:27:13	665
12:27:14	627
12:27:15	655
12:27:16	618
12:27:17	619
12:27:18	639
12:27:19	673
12:27:20	686
12:27:21	632
12:27:22	652

12:27:23	627
12:27:24	622
12:27:25	624
12:27:26	662
12:27:27	621
12:27:28	650
12:27:29	653
12:27:30	619
12:27:31	616
12:27:32	614
12:27:33	674
12:27:34	676
12:27:35	628
12:27:36	618
12:27:37	683
12:27:38	644
12:27:39	669
12:27:40	612
12:27:41	645
12:27:42	684
12:27:43	659
12:27:44	645
12:27:45	650
12:27:46	629
12:27:47	662
12:27:48	650
12:27:49	675
12:27:50	667
12:27:51	665
12:27:52	624
12:27:53	690
12:27:54	670
12:27:55	660
12:27:56	669
12:27:57	651
12:27:58	670
12:27:59	636
12:28:00	643
12:28:01	689
12:28:02	614
12:28:03	684
12:28:04	665
12:28:05	635
12:28:06	647
12:28:07	650
12:28:08	637

12:28:09	623
12:28:10	637
12:28:11	683
12:28:12	625
12:28:13	674
12:28:14	669
12:28:15	636
12:28:16	627
12:28:17	687
12:28:18	671
12:28:19	675
12:28:20	619
12:28:21	614
12:28:22	640
12:28:23	622
12:28:24	682
12:28:25	618
12:28:26	670
12:28:27	639
12:28:28	633
12:28:29	627
12:28:30	687
12:28:31	665
12:28:32	615
12:28:33	690
12:28:34	674
12:28:35	690
12:28:36	661
12:28:37	631
12:28:38	671
12:28:39	671
12:28:40	665
12:28:41	666
12:28:42	616
12:28:43	676
12:28:44	623
12:28:45	672
12:28:46	668
12:28:47	657
12:28:48	657
12:28:49	671
12:28:50	664
12:28:51	666
12:28:52	631
12:28:53	653
12:28:54	624

12:28:55	676
12:28:56	629
12:28:57	686
12:28:58	618
12:28:59	666
12:29:00	626
12:29:01	630
12:29:02	622
12:29:03	683
12:29:04	617
12:29:05	676
12:29:06	630
12:29:07	683
12:29:08	612
12:29:09	662
12:29:10	644
12:29:11	647
12:29:12	676
12:29:13	677
12:29:14	672
12:29:15	672
12:29:16	686
12:29:17	661
12:29:18	613
12:29:19	633
12:29:20	660
12:29:21	654
12:29:22	669
12:29:23	646
12:29:24	661
12:29:25	614
12:29:26	660
12:29:27	628
12:29:28	652
12:29:29	688
12:29:30	667
12:29:31	670
12:29:32	675
12:29:33	684
12:29:34	614
12:29:35	629
12:29:36	661
12:29:37	645
12:29:38	619
12:29:39	617
12:29:40	643

12:29:41	621
12:29:42	681
12:29:43	687
12:29:44	645
12:29:45	625
12:29:46	647
12:29:47	644

12:29:48	618
12:29:49	660
12:29:50	625
12:29:51	664
12:29:52	665
12:29:53	613
12:29:54	649

12:29:55	630
12:29:56	689
12:29:57	620
12:29:58	641
12:29:59	647