

**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones  
Carrera de Ingeniería en Electromecánica**

**“ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE FRECUENCIA EN LA  
PLANIFICACIÓN DE LA DESCARBONIZACIÓN DE LAS ISLAS  
GALÁPAGOS”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Electromecánica**

**Autor:** Angamarca Armas, Jorge Daniel

*jdangamarca [ @espe.edu.ec ]*

**Tutor:** Ing. Ortiz Villalba, Diego Edmundo, MSc, PhD.

*ddortiz5 [ @espe.edu.ec ]*



# AGENDA:

- **MOTIVACIÓN**
- **OBJETIVOS**
- **THEORETICAL BACKGROUND**
- **METODOLOGÍA**
- **CASO DE ESTUDIO**
- **ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES**
- **RECOMENDACIONES**



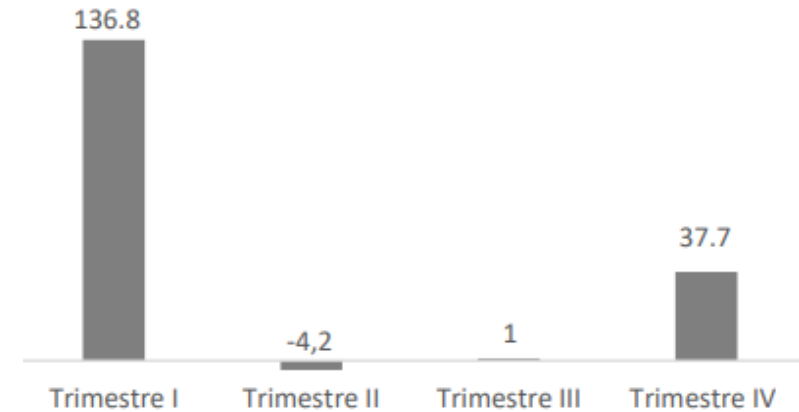
# MOTIVACIÓN

- Las Islas Galápagos es uno de los destinos turísticos más importantes del Ecuador y del mundo, fue proclamado como patrimonio natural de la Humanidad en 1978 esto gracias a su amplia y endémica fauna-flora.
- Debido a esto en el 2022 se tuvo un arribo de 267.688 turistas de estos el 54% corresponde a extranjeros, frente a un 46% de turistas nacionales.
- Las Islas Galápagos tiene una tasa anual de crecimiento compuesto (TACC) de arribos turísticos de 3.04%, lo que hace hincapié en la importancia de las Islas en el ámbito turístico para el Ecuador [1].
- En el aspecto económico las Islas en el año 2020 tuvo un balance positivo con un valor de 171 millones de dólares, el turismo representa el primer rubro en la balanza de servicios

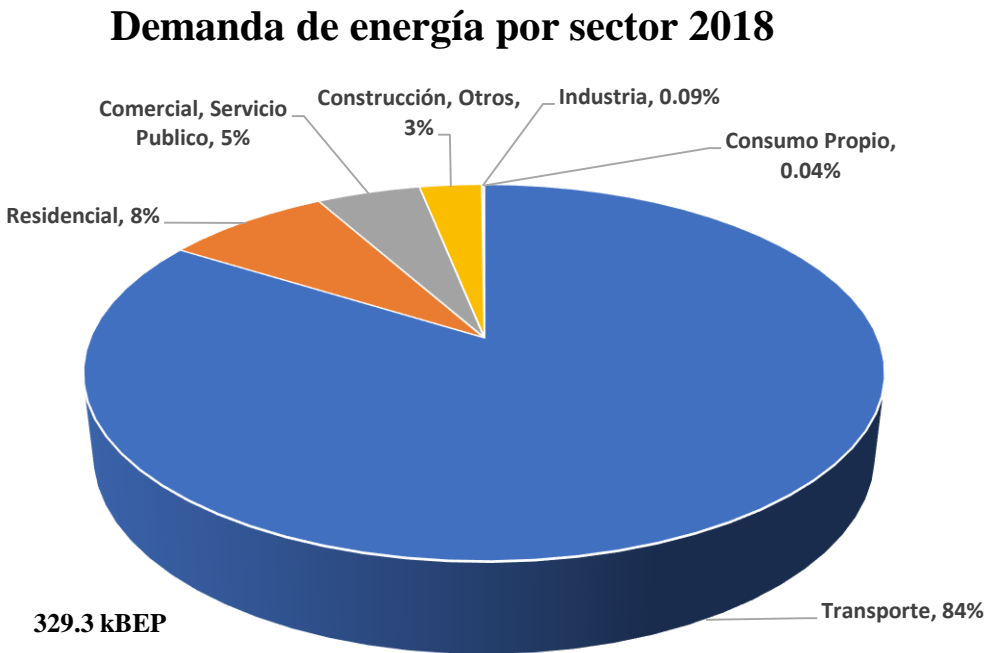
## Arribos según procedencia de turistas en 2022



## Balanza Turística (MILLONES USD)



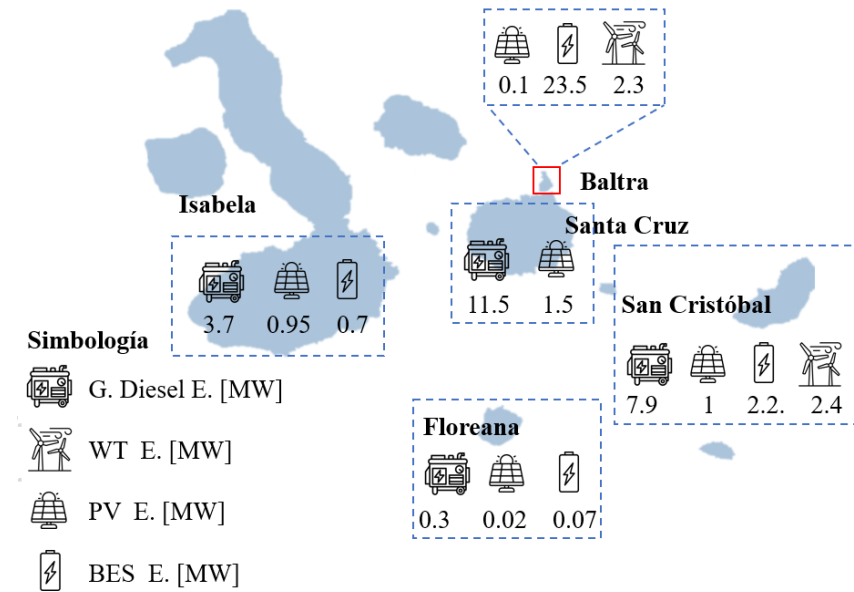
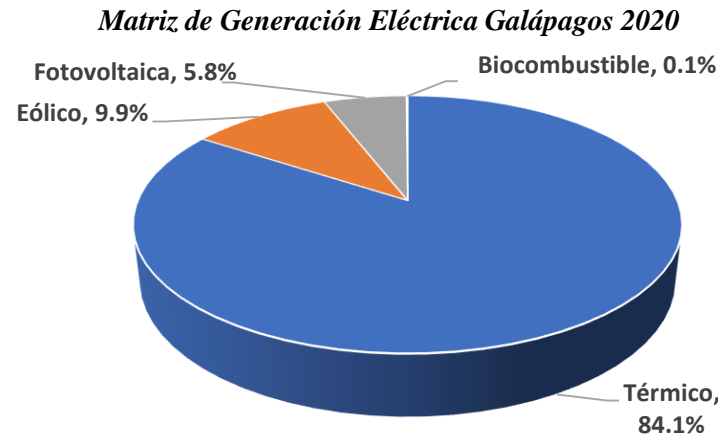
- Las Islas Galápagos importaron desde el continente 329.3 kBEP de combustibles en el 2018, de lo cual se estima que se vertieron 160.9 kt de  $CO_2$  al ecosistema de las Islas. [2]



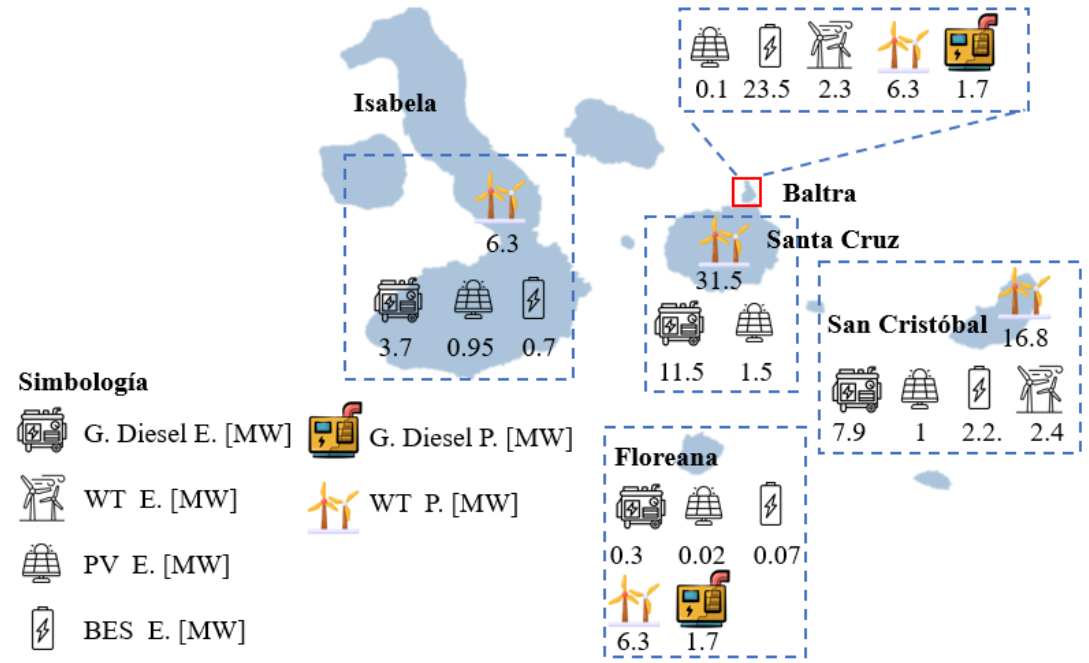
[2] IIGE, 2020. [En línea]. Available: [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/05/balance\\_energetico\\_de\\_galapagos\\_2018.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/05/balance_energetico_de_galapagos_2018.pdf)



- Las Islas Galápagos es un SEP aislado debido a que no tienen ninguna conexión con el continente.
- El sistema eléctrico de las Islas Galápagos en la actualidad su principal fuente de generación eléctrica es de origen térmico con un 84.1%, lo demás se compone de generación eólica con un 9.9%, fotovoltaico 5.8% y el sobrante de biocombustible.
- Ante lo expuesto se puede evidenciar la importancia de una rápida transición energética del SEP de las Islas.

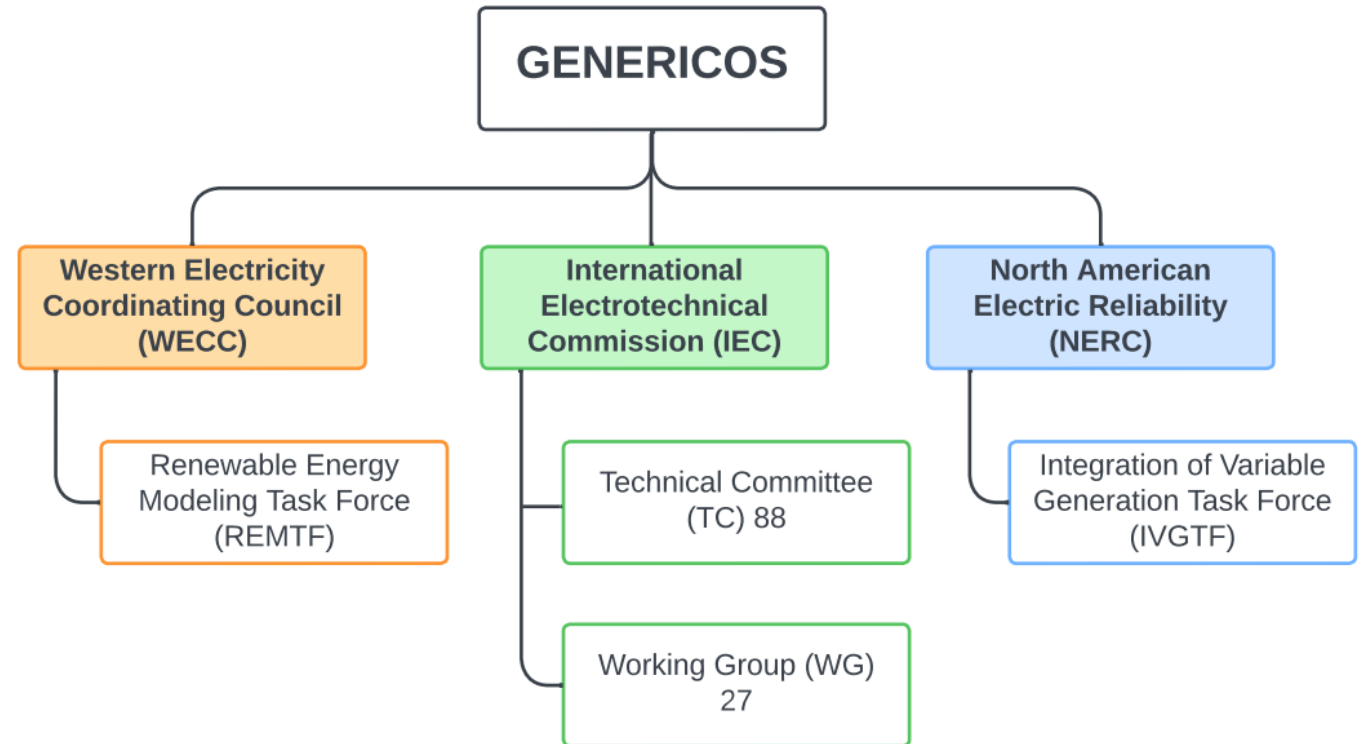


- Basado en la “Planificación de la descarbonización de las Islas Galápagos mediante herramientas de optimización” se propone una descarbonización parcial dentro de 20 años.



GEP de las Islas Galápagos					
Generación	Diesel [MW]	WT [MW]	PV [MW]	BESS [MW]	Interconexión
Existente (E.)	23.4	4.7	3.6	26.5	Sta. Cruz - Baltra
GEP (P.)	3.4	67.2	---	---	
P. Instalada total	26.8	71.9	3.6	26.5	Sta. Cruz - Baltra

- En las turbinas eólicas existen dos categorías de modelos: el previsto por el fabricante del aerogenerador y el genérico.
- El uso de los modelos de WECC, NERC, IEC es principalmente para el análisis de estabilidad del sistema de energía.
- El modelo Western Electricity Coordinating Council (WECC) da una respuesta primaria en frecuencia en caso de una perturbación en el sistema.



[3] Pourbeik, P., Ellis, A., Sanchez-Gasca, J., Kazachkov, Y., Muljadi, E., Senthil, J., & Davies, D. (2013). Generic Stability Models for Type 3 & 4 Wind Turbine Generators for WECC. *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Vancouver, BC, Canada*, 1-5. doi:10.1109/PESMG.2013.6672398.



# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES





## Objetivo General

- Desarrollar el estudio de estabilidad de frecuencia en las Islas Galápagos tomando en consideración los resultados obtenidos en el estudio de “Planificación de la descarbonización de las Islas Galápagos” empleando un software especializado en el sector eléctrico.

## Objetivos Específicos

- Modelar de forma detallada el sistema eléctrico (generación y carga) referente a las unidades de generación existentes de las Islas Galápagos mediante la utilización de un software especializado en el sector eléctrico.
- Implementar los resultados del plan de expansión de la generación alcanzados en el estudio “Planificación de la descarbonización de las Islas Galápagos” considerando modelos detallados en las unidades de generación además de las líneas de interconexión entre islas en función de los escenarios modelados y agregarlos al sistema eléctrico existente.
- Seleccionar los puntos críticos de operación del sistema para realizar el análisis de la estabilidad de frecuencia.
- Desarrollar el estudio de estabilidad de frecuencia en los puntos críticos de operación.
- Analizar el desempeño del sistema eléctrico e implementar medidas correctivas en el escenario que se requiera para alcanzar la estabilidad en los puntos críticos de operación bajo estudio.



# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

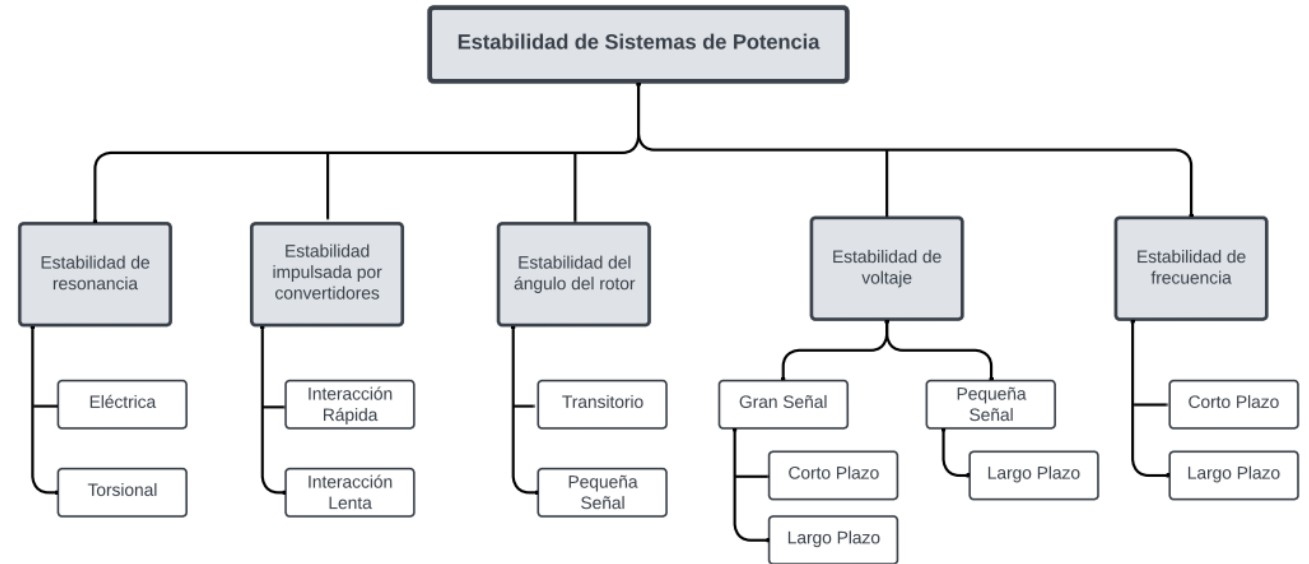


## Estabilidad del SEP.

- Es la capacidad que tiene el sistema para volver a un estado de equilibrio operativo y mantener un funcionamiento normal después de haber estado sujeto a una perturbación.

## Estabilidad de Frecuencia

- Se refiere a la capacidad del sistema para mantener una frecuencia de operación cercana a su valor nominal, incluso en presencia de perturbaciones.



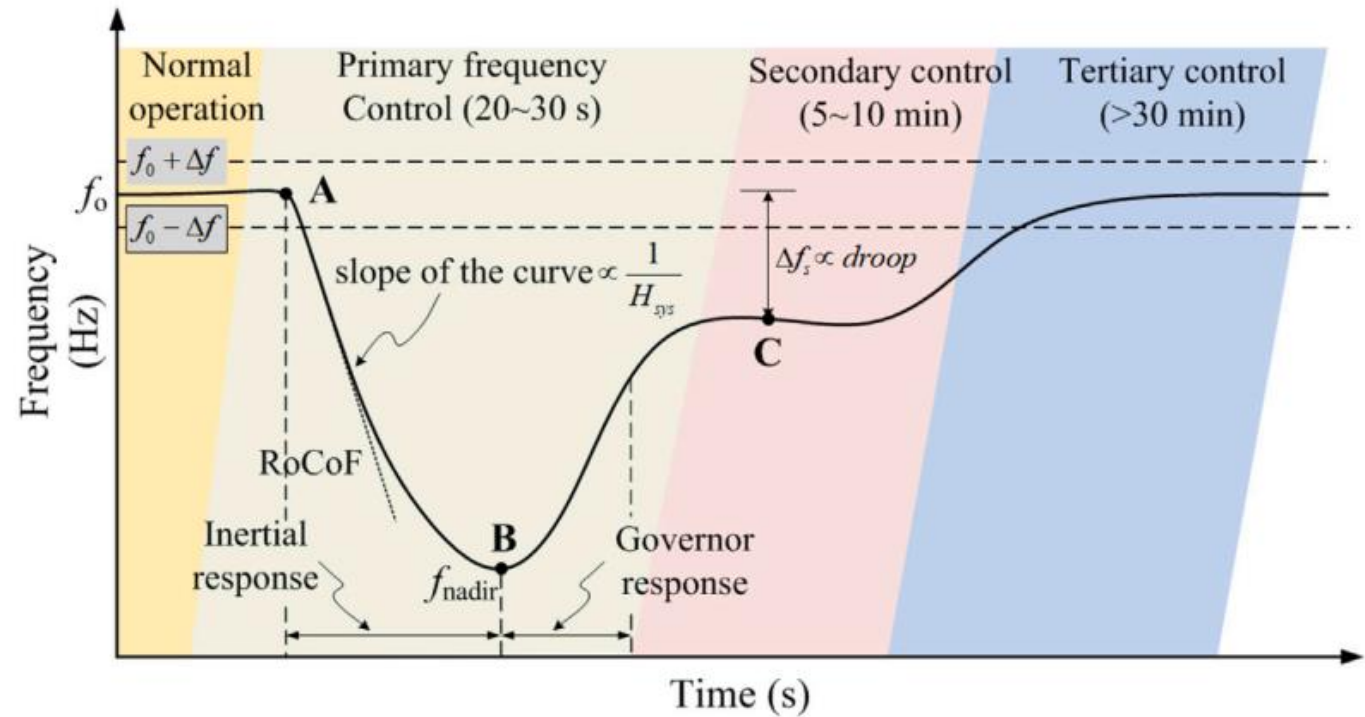
## Indicadores de la Estabilidad de Frecuencia

- Tasa de cambio de frecuencia (RoCoF).
- Frecuencia nadir

$$RoCoF = \frac{df}{dt} = \frac{f_0}{2} \cdot \frac{\Delta P}{H_{sys}}$$

## Factores incidentes en la Estabilidad de Frecuencia

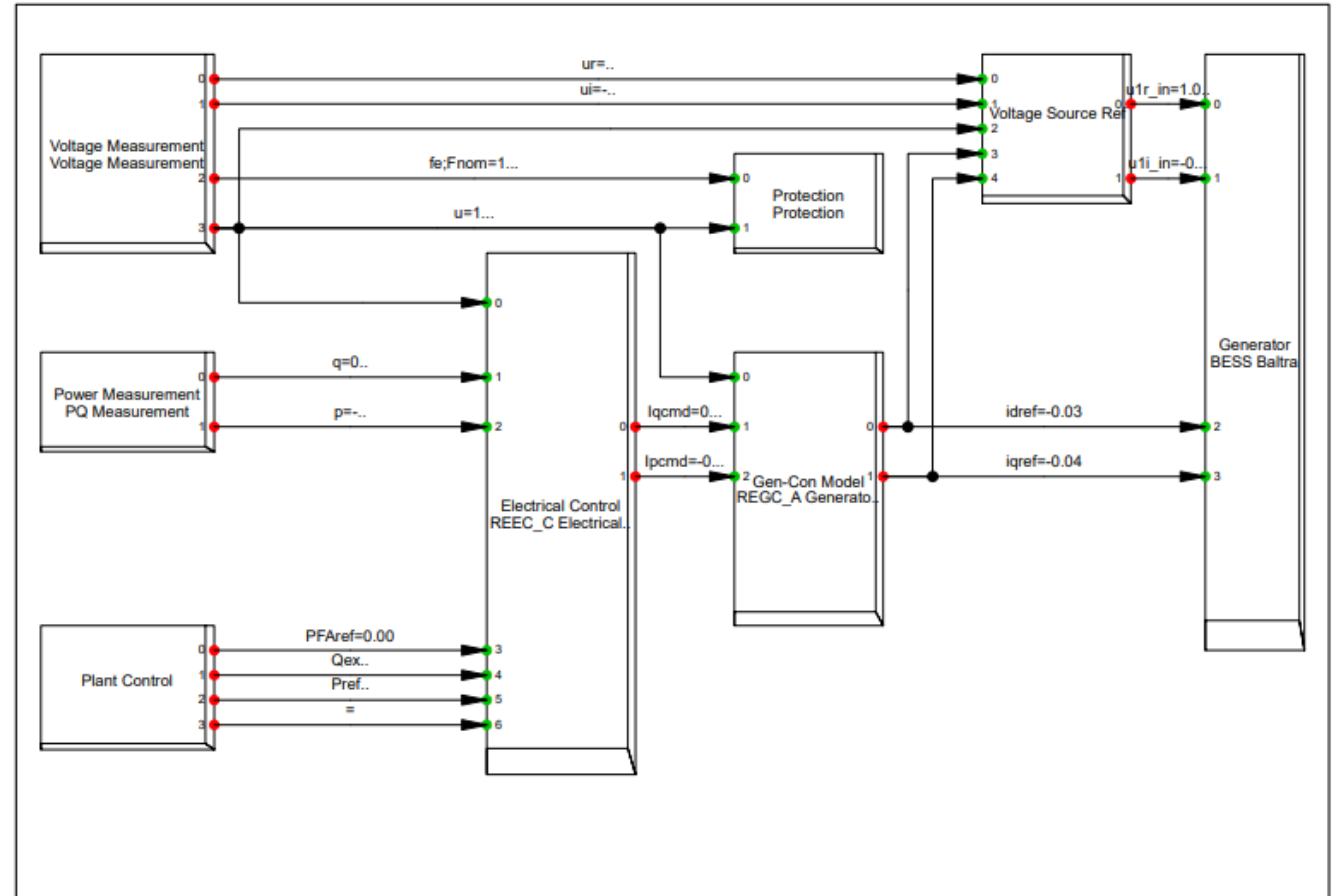
- Desbalance de potencia
- PFR.
- Governor
- Inertial Response



## WECC Models

DSL Model	Block Definition	BESS
REEC_A Electrical Control Model	REEC_C	x
REGC_A Generator-Converter Model	REGC_A	x
Voltage Source Reference	Voltage Source Reference	x
Protection Model	Protection	x
Plant Control	Frame WECC Planta Control	(x)

Frame WECC BESS: Frame for WECC Battery Energy Storage System

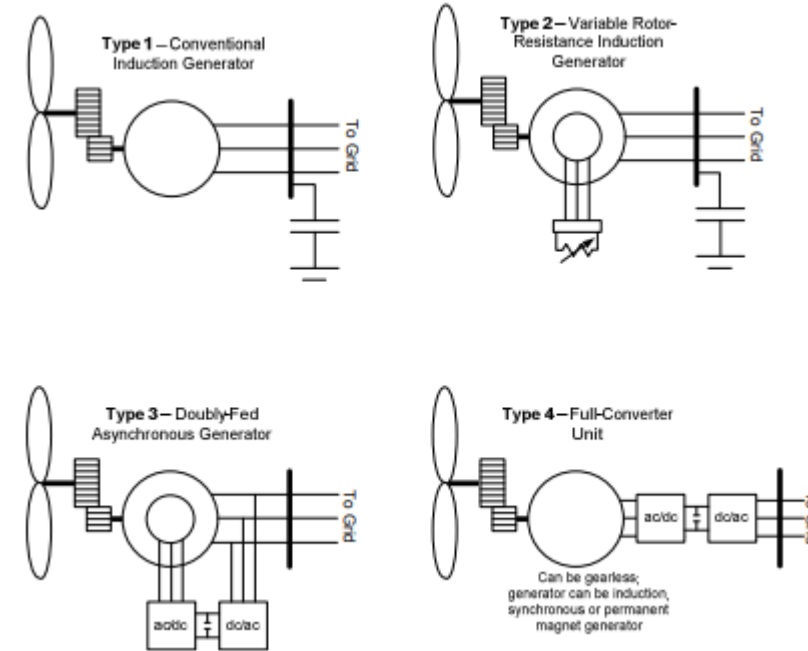


[6] DIgSILENT GmbH. (2023). *Technical Reference "WECC Battery Energy Storage System"*. Gomaringen / Germany.



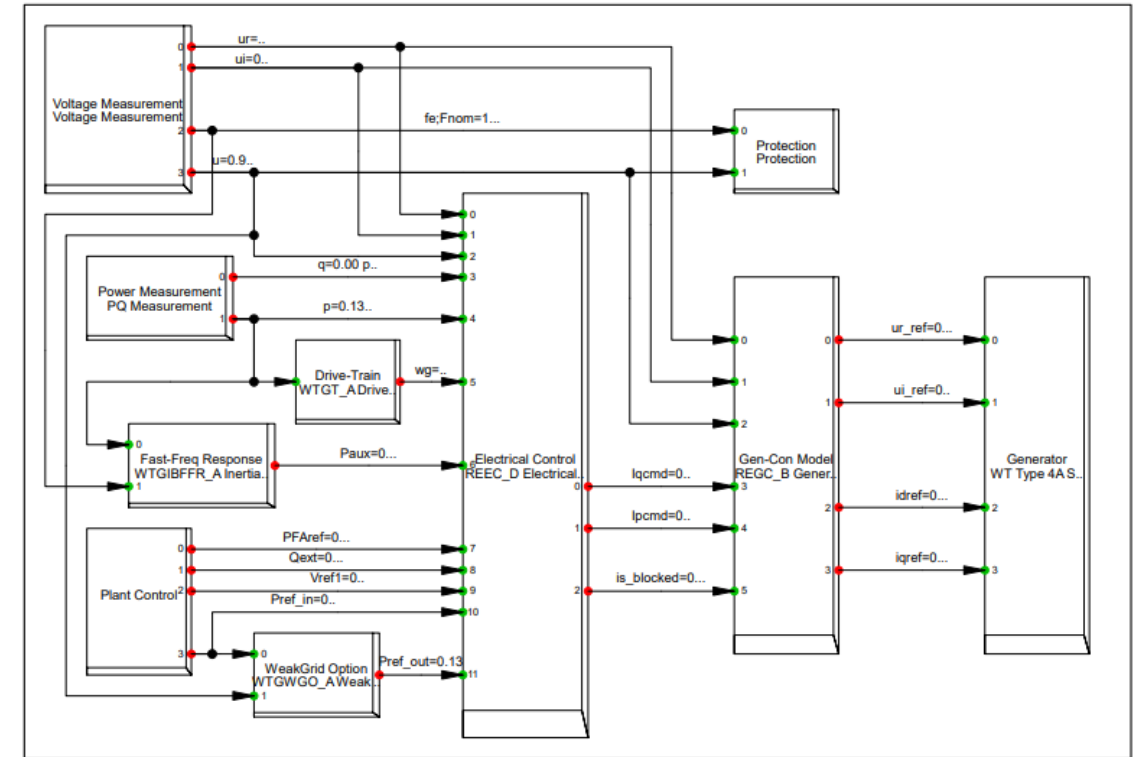
## WECC Wind Turbine

- Type 1 (Conventional induction generator)
- Type 2 (Variable rotor-resistance induction generator)
- Type 3 (Doubly fed induction generator-DFIG)
- Type 4 (Full scale power converter)



DSL Model	Block Definition	1	2	3	4A	4B
WT12T Drive-Train Model	WT12T	X	X			
WT1P_B Pitch Control Model	WT1P_B	X	X			
WT2E External Resistance	WT2E		X			
WTGTRQ_A Torque Control Model	WTGTRQ_A			X		
WTGPT_A Pitch Control Model	WTGPT_A			X		
WTGAR_A Aero-Dyn Model	WTGAR_A			X	X	
WTGT_A Drive-Train Model	WTGT_A			X	X	
WTGIBFFR_A Inertial-Base Fast-Frequency	WTGIBFFR_A			X	X	X
WTGWGO_A Weak Grid Option Model	WTGWGO_A				X	X
REEC_D Electrical Control Model	REEC_D			X	X	X
REGC_B Generator-Converter Model	REGC_B			X	X	X
Protection Model	Protection	X	X	X	X	X
Plant Control	Frame WECC Planta Control			(X)	(X)	(X)

Frame WECC WT Type 4A: Frame for WECC Wind Turbine Model Type 4A

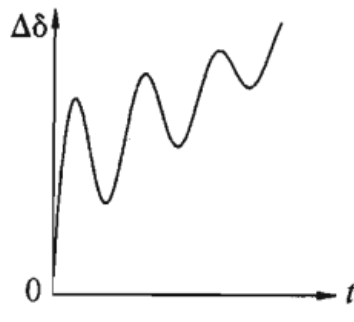
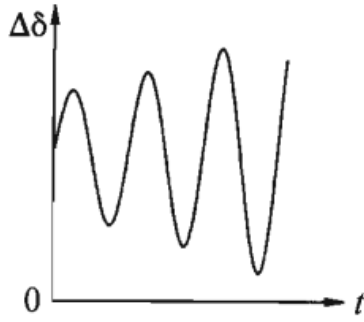
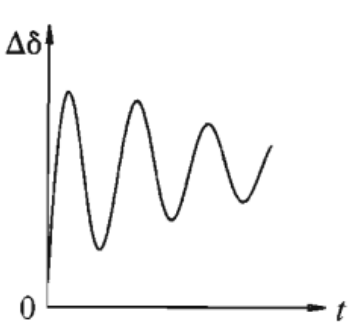


## Pequeña Señal

Stable

Oscillatory  
Instability

Non-oscillatory  
Instability



Con AVR

Sin AVR

$T_S$  = Coeficiente de par de sincronización

$T_D$  = Coeficiente de par de amortización

### INESTABILIDAD

- i. Aumento del ángulo del rotor debido a la falta de un par de sincronización.
- ii. Aumento de oscilaciones del rotor de amplitud debido a la falta de un par de amortización

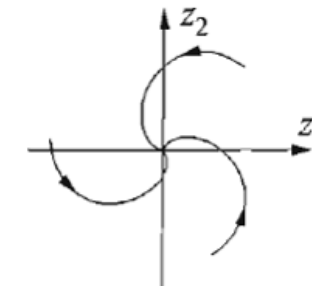
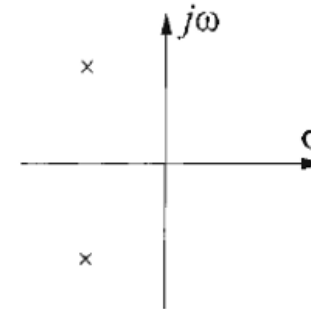
### FACTORES

- Operación Inicial.
- Potencia del sistema de transmisión.
- Tipo de controles de excitación del generador

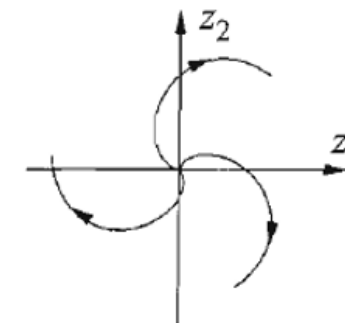
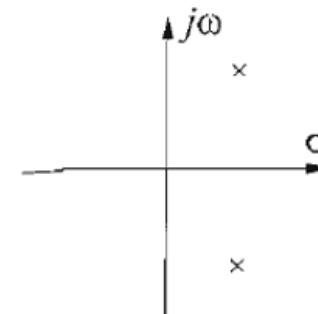
Valores Propios

Trayectoria

Tipo de  
Singularidad



Estable



Inestable





# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



**1.Base de Datos:** Se obtiene la información del SEP necesaria para el estudio en estado estacionario y dinámico de los sistemas de generación actual y propuestos en el planning.

**2.Modelamiento Detallado del SEP:** Utilizando DIGSilent se modela las unidades de generación convencionales y no convencionales (generación y carga) actual y los planes de expansión.

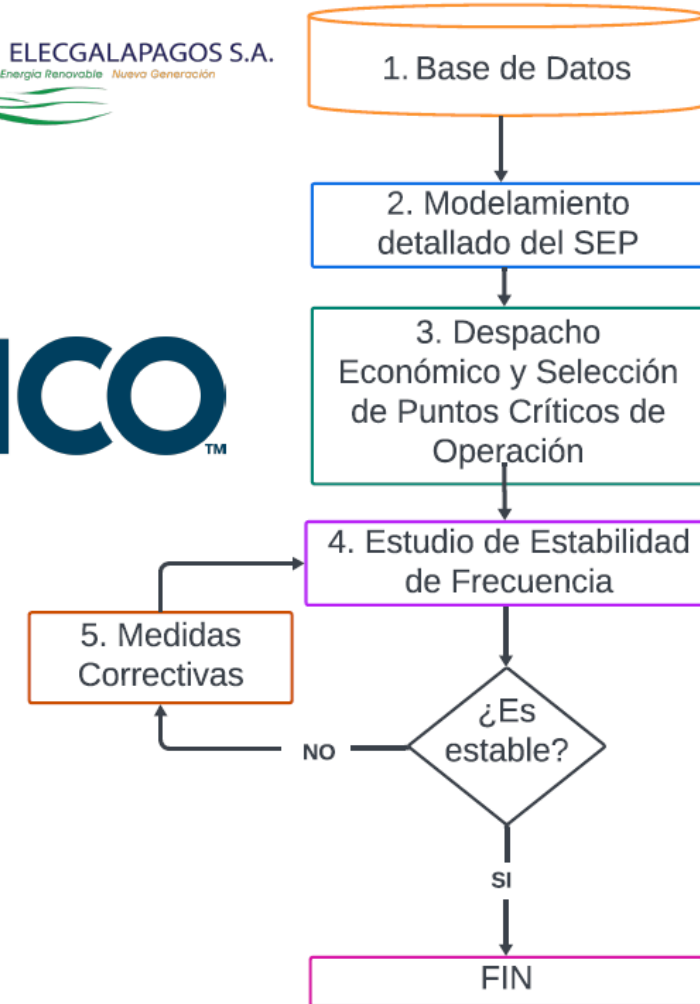
**3.Despacho Económico y Selección de Puntos Críticos de Operación:** Mediante modelos matemáticos se realiza un Despacho Económico y aplicación de filtros en función de la Inercia, %ER y  $\Delta P$ .

**4.Estudio de Estabilidad de Frecuencia:** Se realiza el análisis en estado estacionario, cuasi-estacionario y dinámico.

**5.Medidas Correctivas:** En caso de existir una inestabilidad fuera de normativa, se tomara acciones para contrarrestar dicha inestabilidad.



FICO™



DIG  
SILENT

DIG  
SILENT



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DESPACHO ECONÓMICO Y SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE OPERACIÓN

### *Despacho Económico*

#### *Función Objetivo*

$$\min \sum_{t=1}^T \left( \sum_{i=1}^{NGS} C_i^{GS} * P_{i,t}^{GS} + \sum_{k=1}^{Nb} C_k^{ENS} * ENS_{k,t} + \sum_{u=1}^{NPV} C_u^{CurtPV} * P_{u,t}^{CurtPV} \right.$$

+ ...

$$\left. \sum_{w=1}^{NWT} C_w^{CurtWT} * P_{w,t}^{CurtWT} + \sum_{j=1}^{NBess} C_j^{Bess} * P_{j,t}^{PDBess} \right)$$



**FICO**™



$$Sa \sum_{i=1}^{NGS} P_{i,t}^{GS} + \sum_{u=1}^{NPV} P_{u,t}^{PV} + \sum_{w=1}^{NWT} P_{w,t}^{WT} + \sum_{j=1}^{NBess} P_{j,t}^{PDBess} + \sum_{l=1}^{NL} P_{l,t}^L = Dem_{k,t} - ENS_{k,t} + \sum_{u=1}^{NPV} P_{u,t}^{CurtPV} + \sum_{w=1}^{NWT} P_{w,t}^{CurtWT} + \sum_{j=1}^{NBess} P_{j,t}^{PCBess}$$

Sujeto a:

### Restricción GS

$$P_{i,t}^{GS} + R_{i,t} \leq \overline{P_i^{GS}} * Y_{i,t}$$

$$P_{i,t}^{GS} > \underline{P_i^{GS}} * Y_{i,t}$$

$$0 \leq R_{i,t} \leq \underline{R_i} * Y_{i,t}$$

$R_{i,t}^{segui}$

$$= 0.03 * Dem_{k,t}^{total} + 0.05$$

$$* (P_{u,t}^{PV} + P_{w,t}^{WT})$$

$\sum_{i=1}^{NGS}$

$$R_{i,t} \geq Pl_{ss} + R_{i,t}^{segui}$$

### Restricción Flujo

$$P_{l,t}^L = \frac{1}{X_l} (\theta_{fr(l)} - \theta_{to(l)})$$

$$-\overline{S_l} \leq P_{l,t}^L \leq \overline{S_l}$$

$$-\frac{\pi}{2} \leq \theta_{k,t} \leq \frac{\pi}{2}$$

### Restricción Generación Eólica

$$P_{w,t}^{IWT} = n_w * P_{nom_w}^{WT}$$

$$P_{w,t}^{WT} = n_w * f_w * \eta_w^{invWT}$$

$$0 \leq P_{w,t}^{CurtWT} \leq P_{w,t}^{WT}$$

### Restricción Generación Fotovoltaica

$$P_{u,t}^{PV} = P_u^{IPV} * \left( \frac{I_{r,u,t}}{1000[W/m^2]} \right) * \left( 1 - n_u^T * (T_{u,t} - 25[^\circ C]) \right) * \eta_u^{invPV}$$

$$T_{u,t} = T_{u,t}^{amb} + \frac{I_{r,u,t}}{800[W/m^2]} * (NOCT_u - 20[^\circ C])$$

$$P_u^{IPV} = n_u^{paneles} * P_{nom_u}^{PV}$$

$$0 \leq P_{u,t}^{CurtPV} \leq P_{u,t}^{PV}$$



## Restricción BESS

$$E_{j,t} = E_{j,t-1} + P_{j,t}^{PCBess} * \eta_j^{invBess} - \frac{P_{j,t}^{PDBess}}{\eta_j^{invBess}} \quad t \geq 1$$

$$E_{j,t} = E_{0j,t} + P_{j,t}^{PCBess} * \eta_j^{invBess} - \frac{P_{j,t}^{PDBess}}{\eta_j^{invBess}} \quad t = 1$$

$$0 \leq P_{j,t}^{PDBess} \leq Bess\_installed_j * \eta_j^{invBess}$$

$$0 \geq -P_{j,t}^{PCBess} \geq -\frac{Bess\_installed_j}{\eta_j^{invBess}}$$

$$0.2 * Bess\_installed_j \leq E_{j,t} \leq 0.95 * Bess\_installed_j$$



## DESPACHO ECONÓMICO Y SELECCIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE OPERACIÓN

### Filtros

- Inercia del sistema.
- % de ER en función a la demanda.
- $\Delta P$

$$Index_t = \sqrt{[(RES_t + H_t)^2 * W_{San\ Cris}]_{San\ Cris} + [(RES_t + H_t)^2 * W_{San\ Cruz}]_{San\ Cruz} + \dots + [(RES_t + H_t)^2 * W_{Balt}]_{Baltra} + [(RES_t + H_t)^2 * W_{Isabe}]_{Isabela} + [(RES_t + H_t)^2 * W_{Flor}]_{Flore}}$$

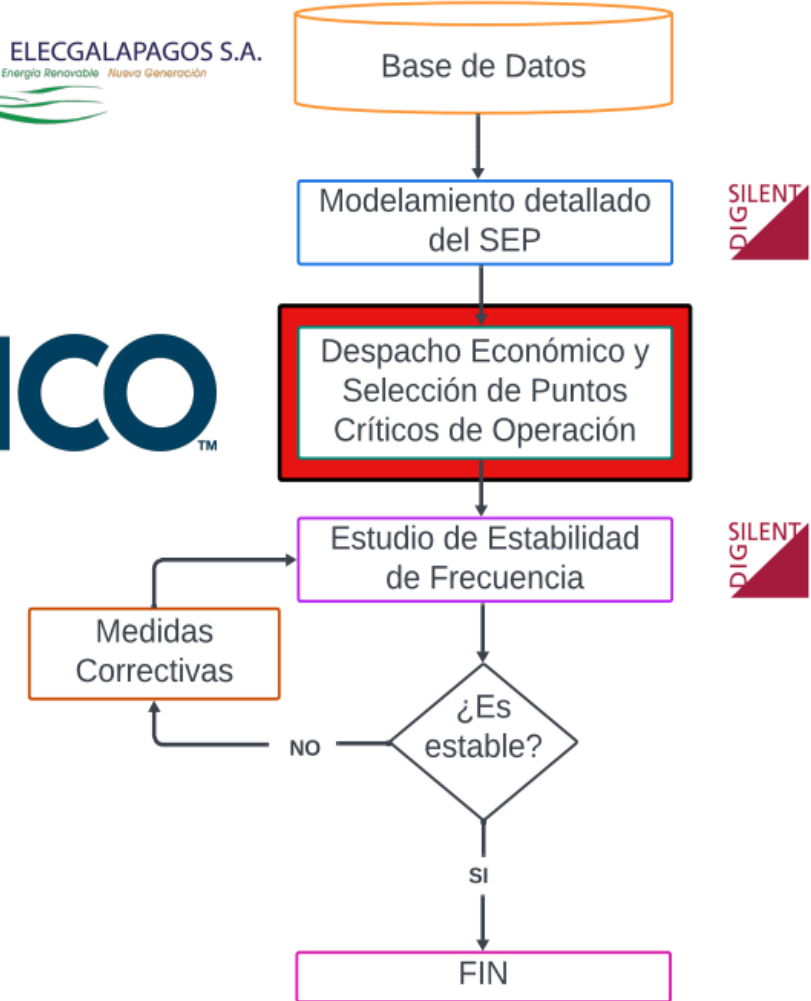
$$RES_t = 100 - \%ER_t$$

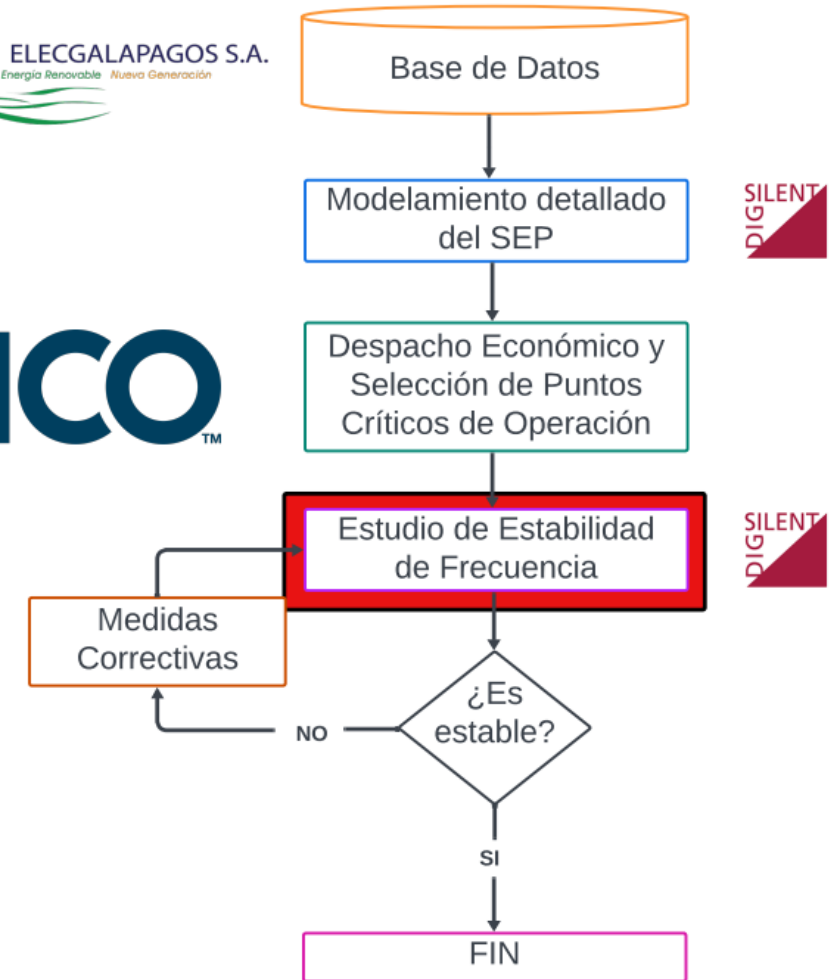
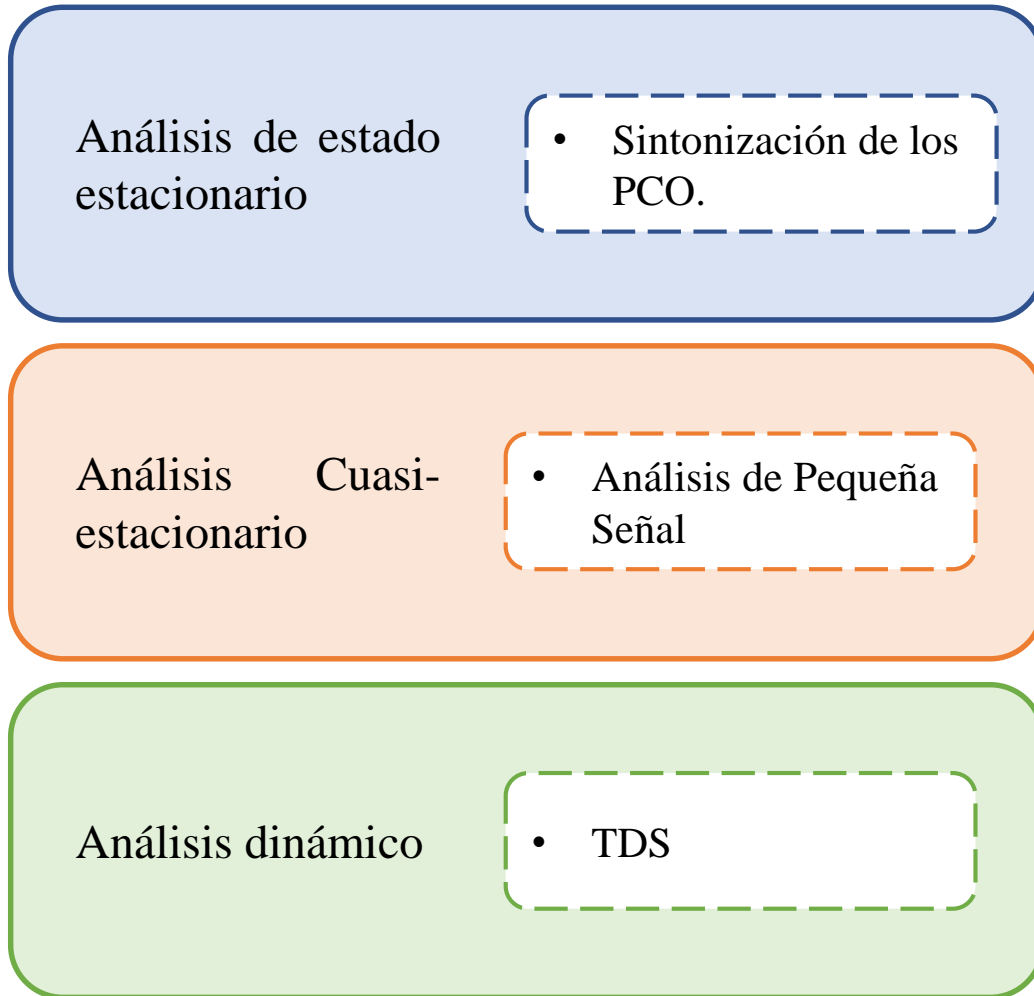
$$Index_t^{Threshold} = PROM(\text{Min}(Index_t^{Dom}), \text{Min}(Index_t^{Lunes}), \text{Min}(Index_t^{Martes}), \dots, \text{Min}(Index_t^{Mierc}), \text{Min}(Index_t^{Jueves}), \text{Min}(Index_t^{Vier}), \text{Min}(Index_t^{Saba}))$$

$$PCO_n \leq Index_t \leq Index_t^{Threshold}$$



**FICO**™





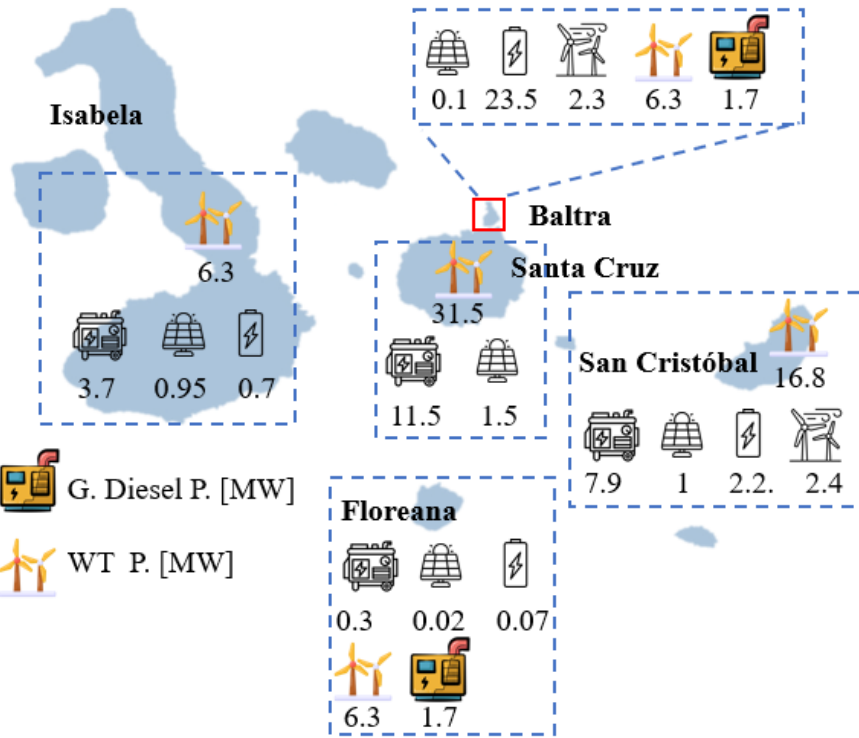
# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES





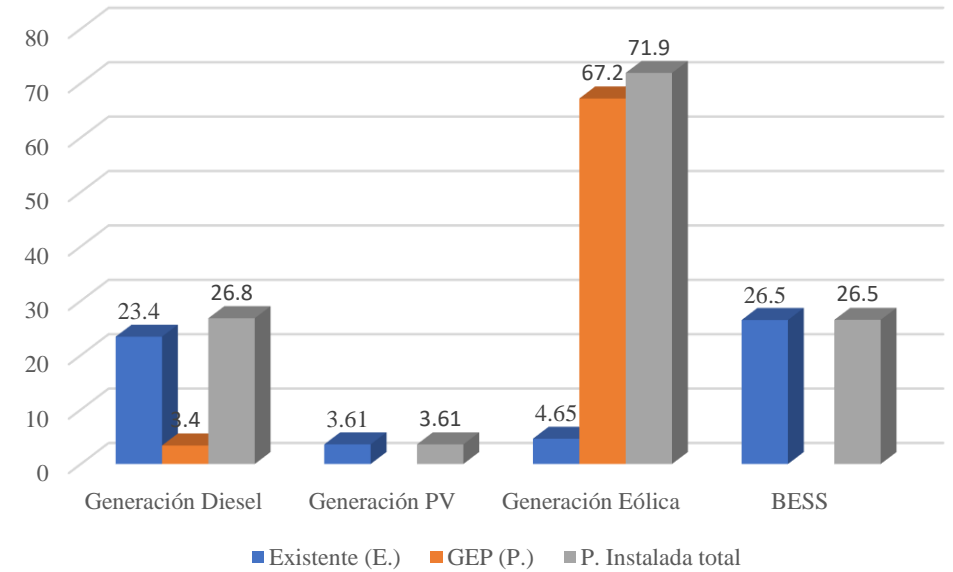
Islas Galápagos: Caso base, descarbonización pasiva y línea de 34.5kV



### Simbología

- G. Diesel E. [MW]
- G. Diesel P. [MW]
- WT E. [MW]
- WT P. [MW]
- PV E. [MW]
- BES E. [MW]

GEP de las Islas Galápagos



GEP de las Islas Galápagos

Generación	Diesel [MW]	WT [MW]	PV [MW]	BESS [MW]	Interconexión
Existente (E.)	23.4	4.7	3.6	26.5	Sta. Cruz - Baltra
GEP (P.)	3.4	67.2	---	---	
P. Instalada total	26.8	71.9	3.6	26.5	Sta. Cruz - Baltra



<i>Caso Base, DP 34.5kV</i>				
Tipo	Marca	Potencia Unidad (MW)	Potencia Total (MW)	# de Unidades
Diesel	Hyundai	1.7	3.4	2
Eólica DP	Siemens SG 2.1-114	2.1	63	30
Eólica WECC	Vesta V136-3.45	3.45	13.8	4

<i>Siemens SG 2.1-114</i>	Isla	# de turbinas
	San Cristobal	8
	Santa Cruz	15
	Isabela	2
	Floreana	2
	Baltra	3

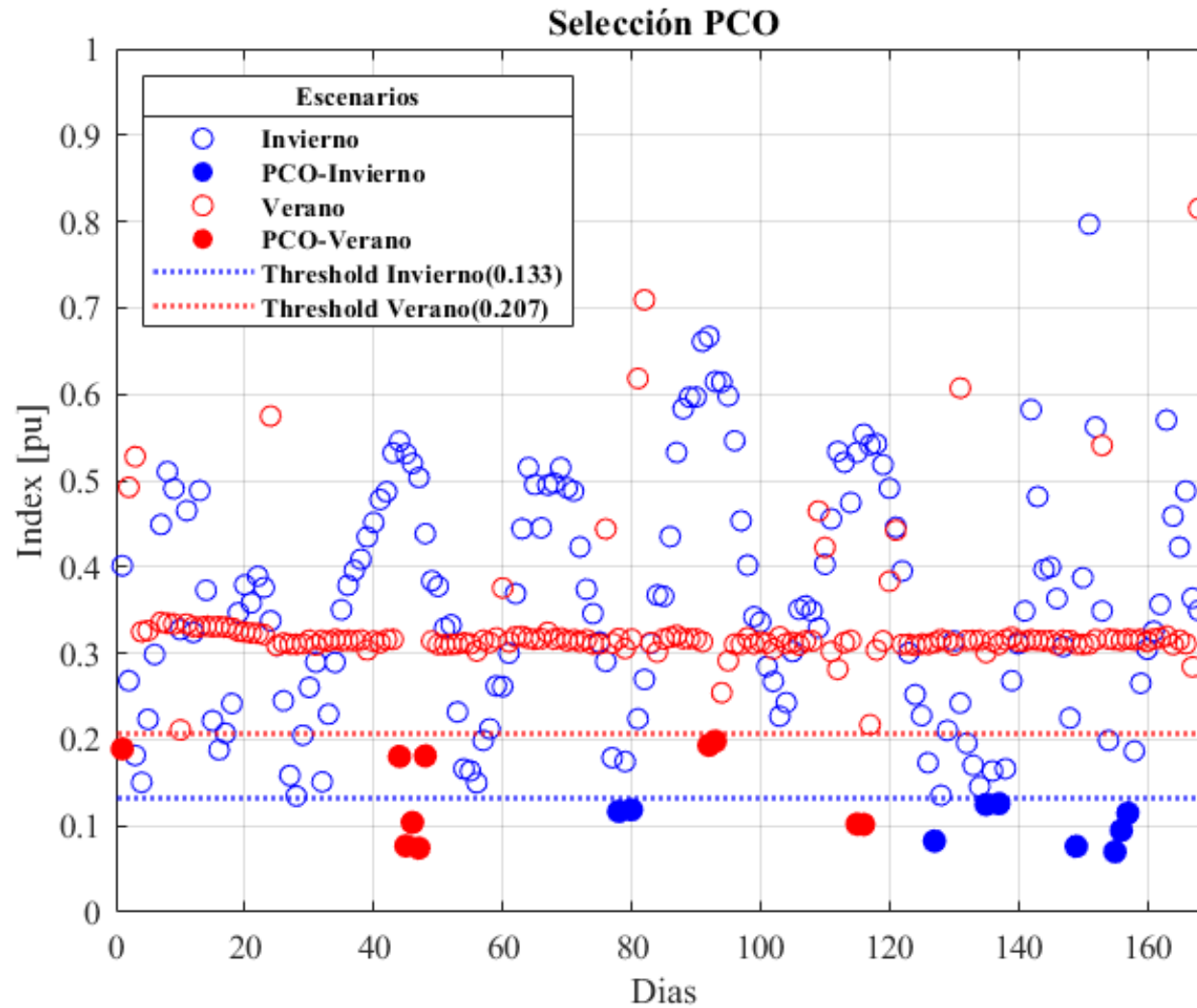
<i>Vesta V136-3.45</i>	Isla	# de turbinas
	Isabela	2
Floreana	2	



# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES





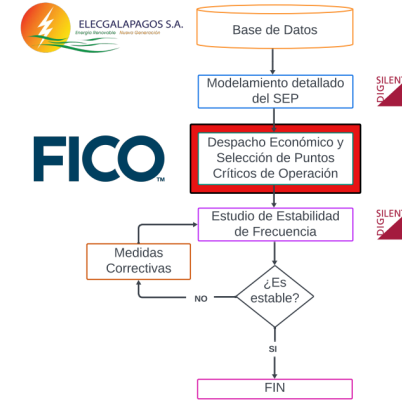
### *Result PCO*

***PCO\_INV***

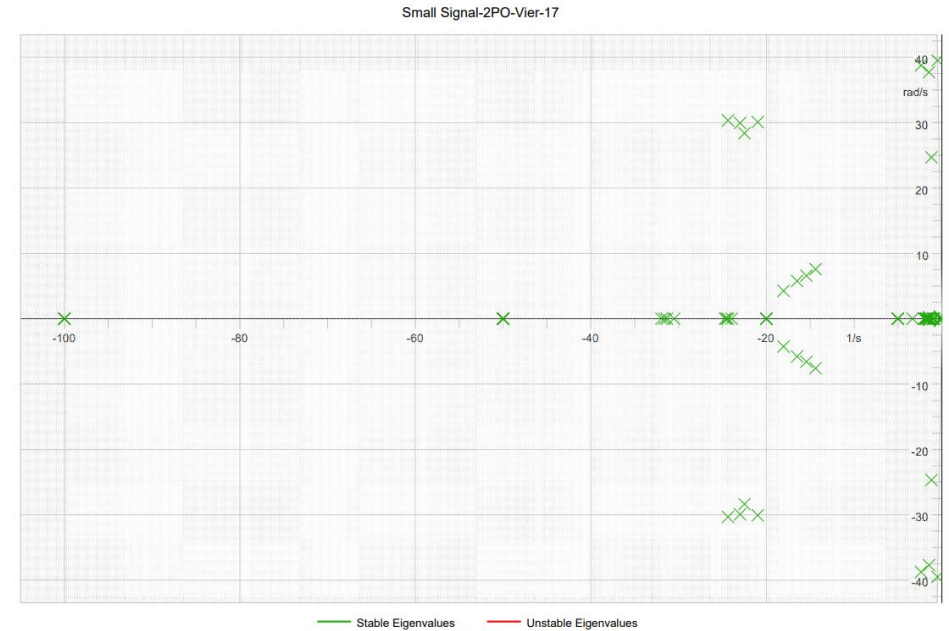
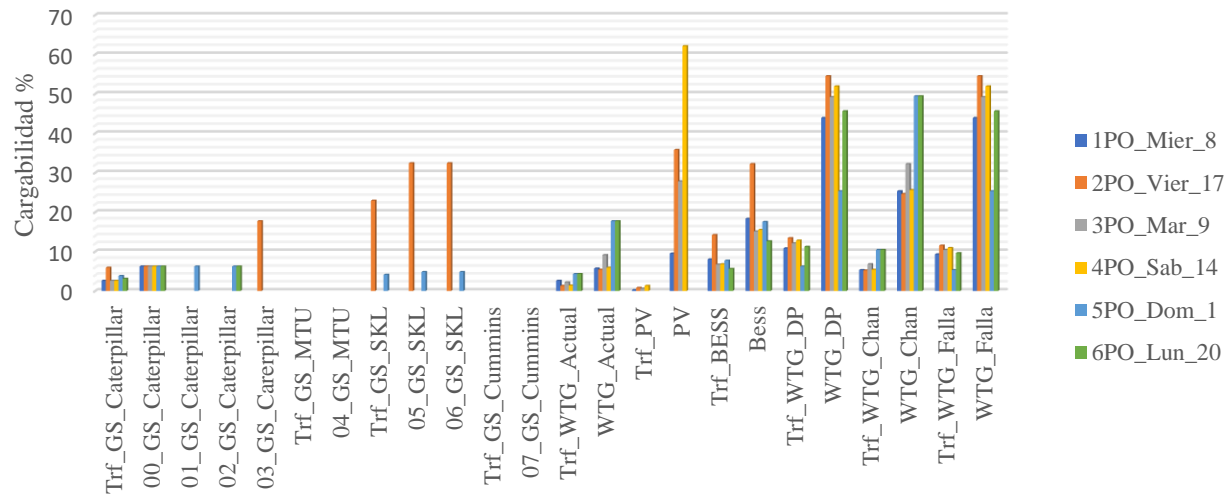
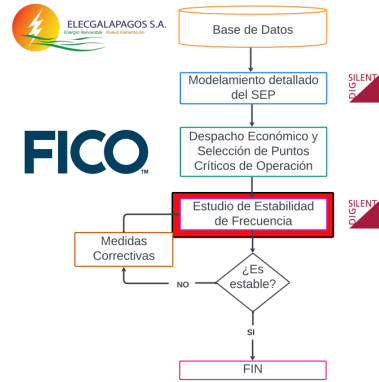
- Martes 9hr.
- Miércoles 8hr.
- Viernes 17hr.
- Sábado 14hr.

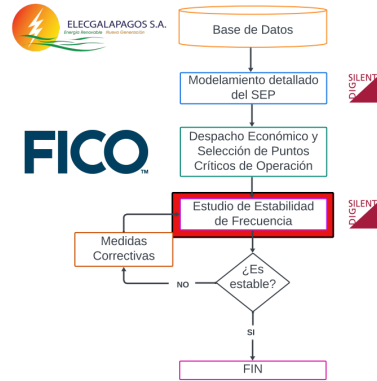
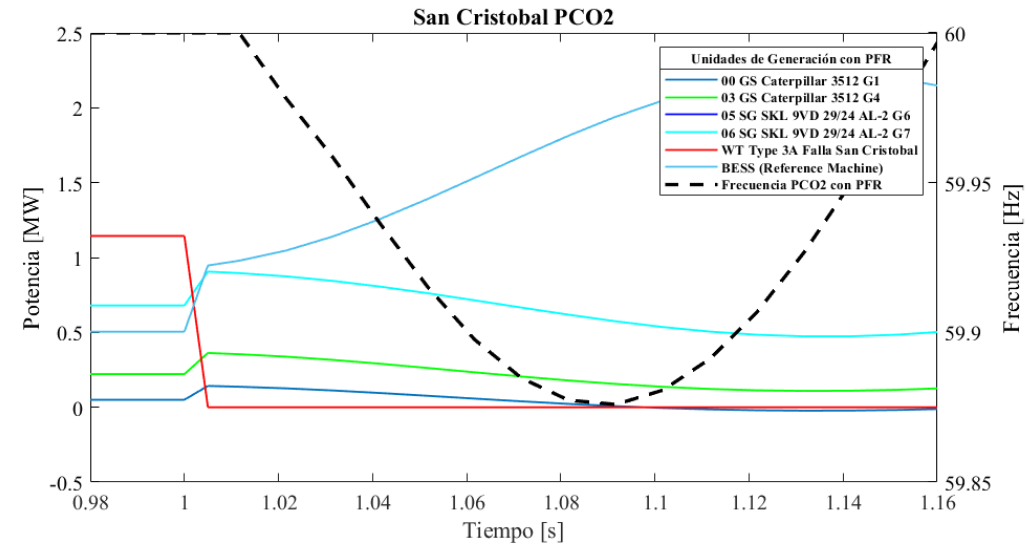
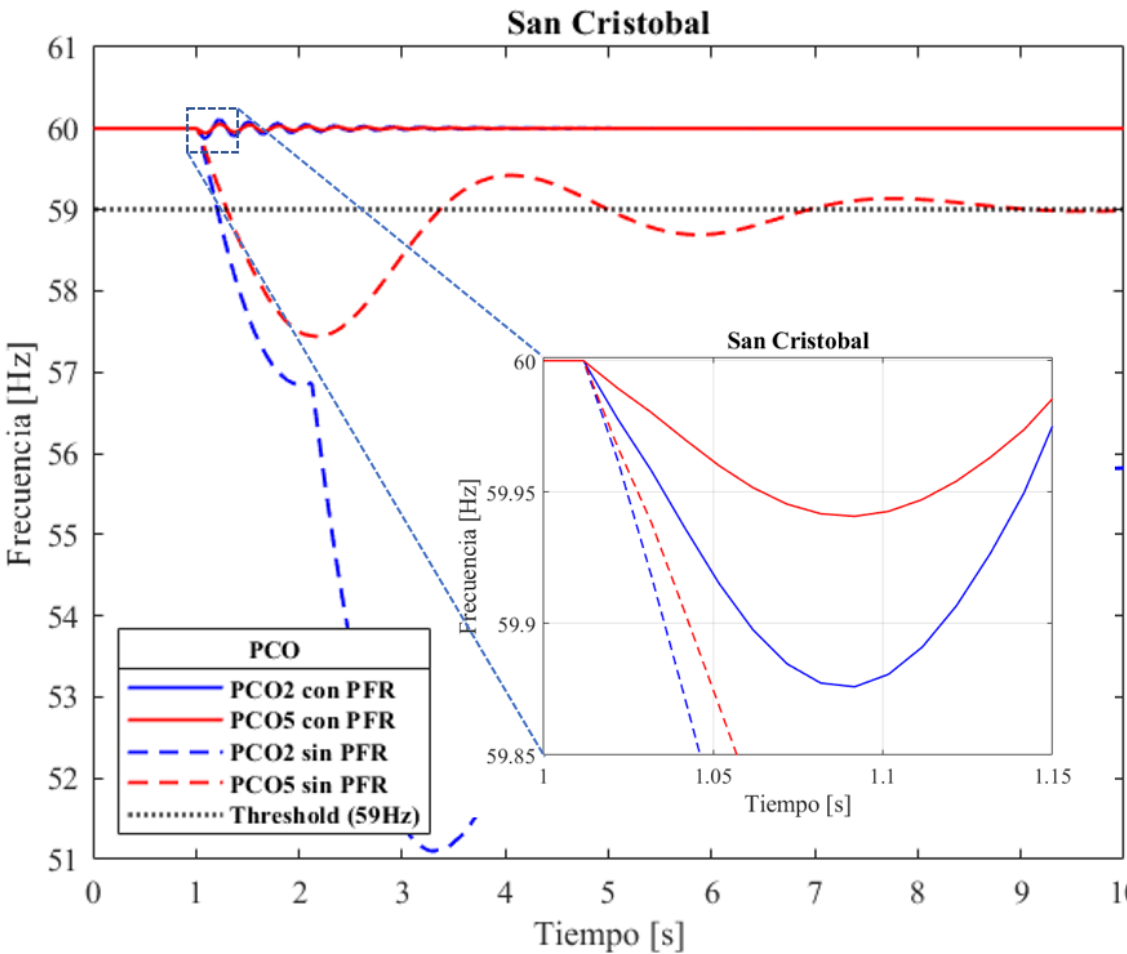
***PCO\_VER***

- Domingo 1hr.
- Lunes 20hr.



## SAN CRISTOBAL

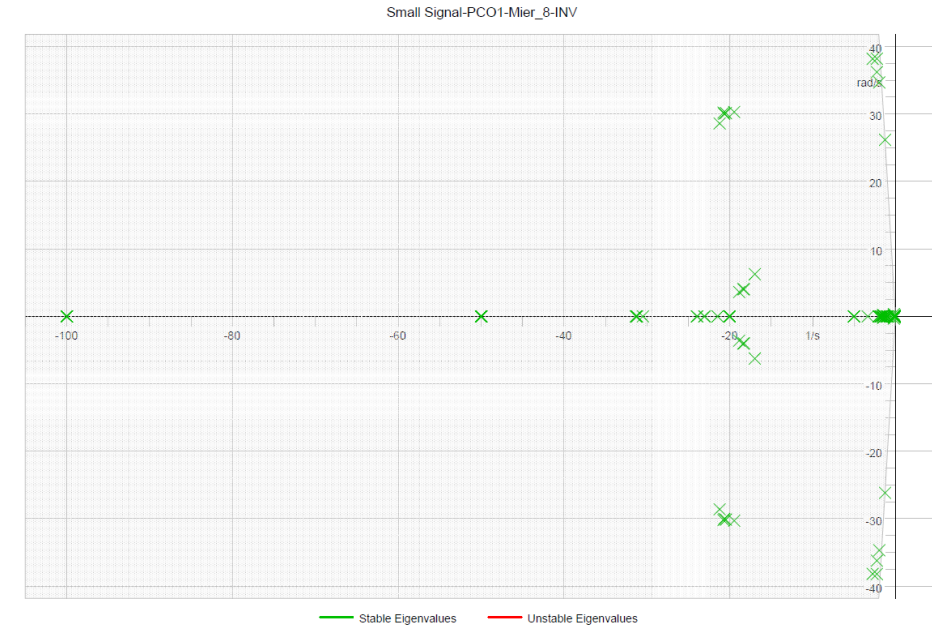
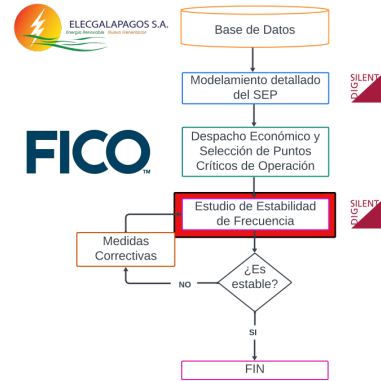
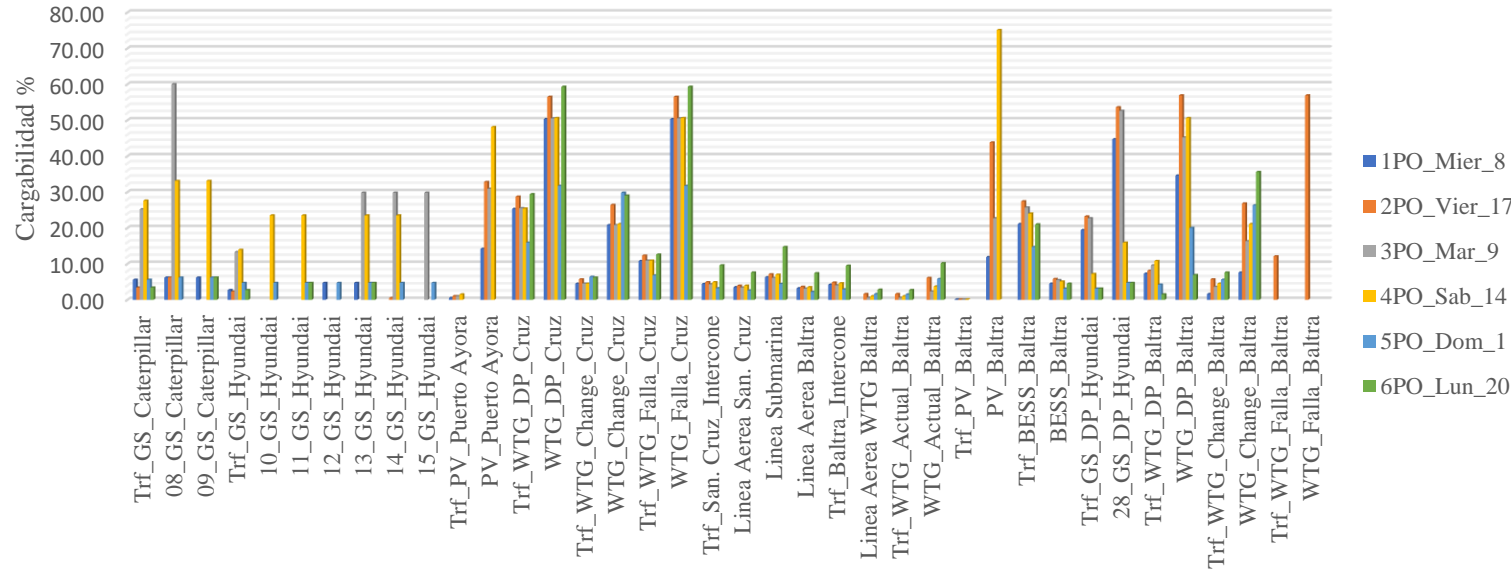
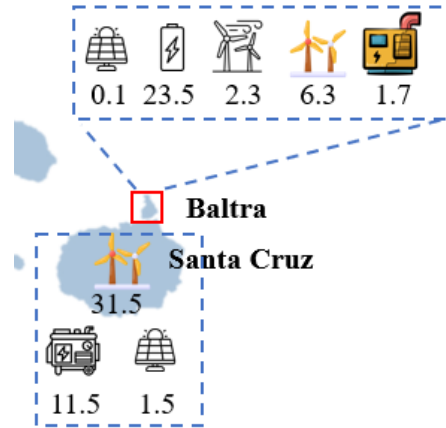




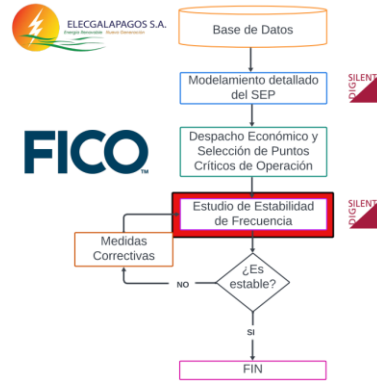
San Cristobal	CON PFR			SIN PFR			ER [%]	T <sub>PFR</sub> [s]	PFR [MW]	ΔP [MW]
	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]				
PCO1	0.945	1.060	59.958	8.437	3.270	46.083	99.4%	1.101	0.516	0.923
PCO2	2.007	1.099	59.877	5.228	3.287	51.100	86.9%	1.122	1.120	1.144
PCO3	1.053	1.065	59.954	49.141	2.440	26.231	99.5%	1.091	0.997	1.034
PCO4	1.171	1.061	59.951	60.666	2.352	20.955	99.5%	1.101	1.030	1.089
PCO5	0.869	1.090	59.941	3.296	2.181	57.437	94.2%	1.142	0.420	0.531
PCO6	1.315	1.067	59.933	19.035	2.861	40.858	98.9%	1.142	0.846	0.957



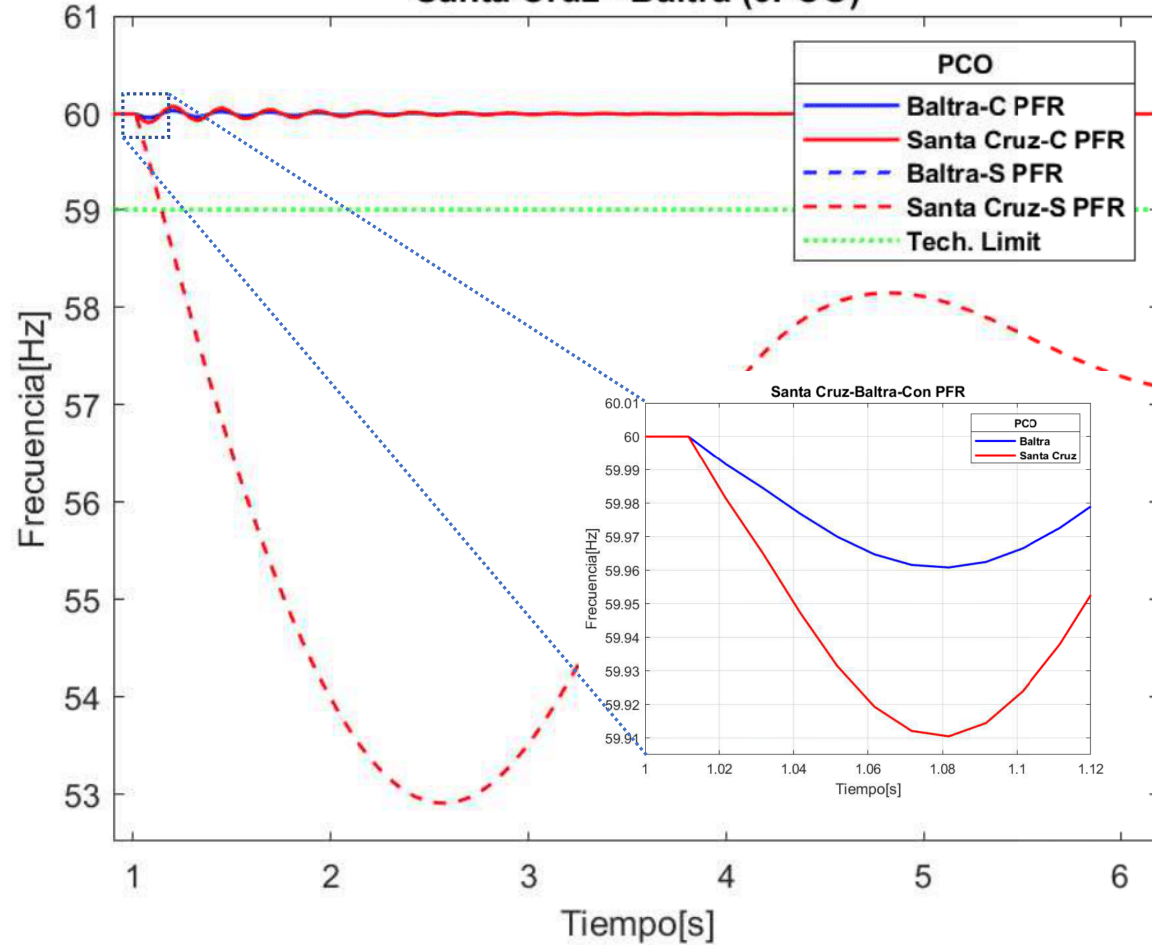
## SANTA CRUZ - BALTRA



# ANÁLISIS DE RESULTADOS



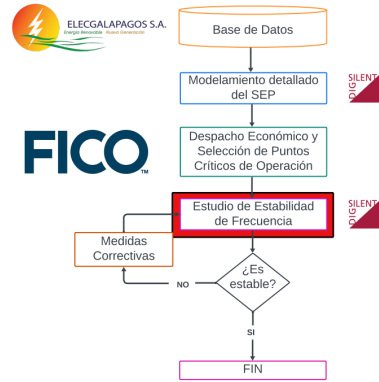
Santa Cruz - Baltra (6PCO)



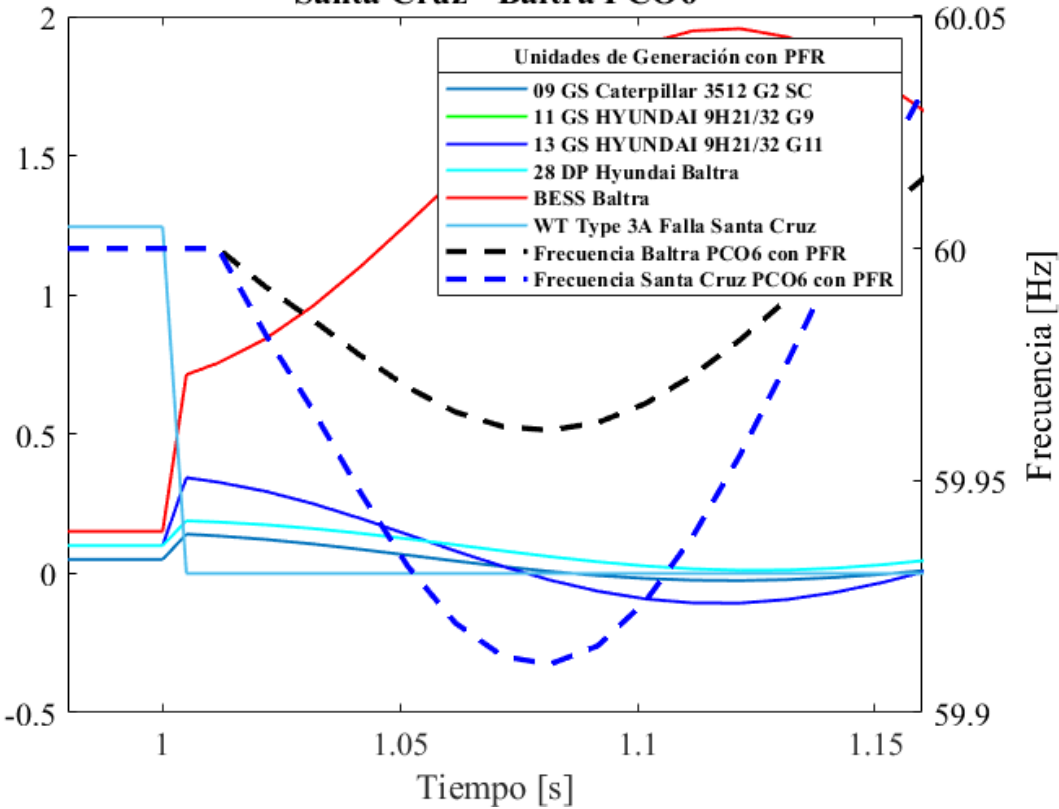
Santa Cruz	CON PFR			SIN PFR			ER [%]	T <sub>PFR</sub> [s]	PFR [MW]	ΔP (MW)
	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]				
PCO1	1.359	1.084	59.925	6.326	2.482	54.076	98.1%	1.131	1.049	1.057
PCO2	0.611	1.074	59.968	12.645	2.902	47.644	93.7%	1.121	1.193	1.195
PCO3	1.161	1.093	59.922	5.446	2.372	54.976	84.6%	1.141	1.018	1.059
PCO4	1.163	1.097	59.919	4.371	2.462	54.888	86.8%	1.161	1.017	1.063
PCO5	0.578	1.111	59.947	1.783	2.212	58.639	94.1%	1.161	0.665	0.666
PCO6	1.511	1.089	59.911	7.524	2.572	52.908	108.4%	1.121	1.227	1.244







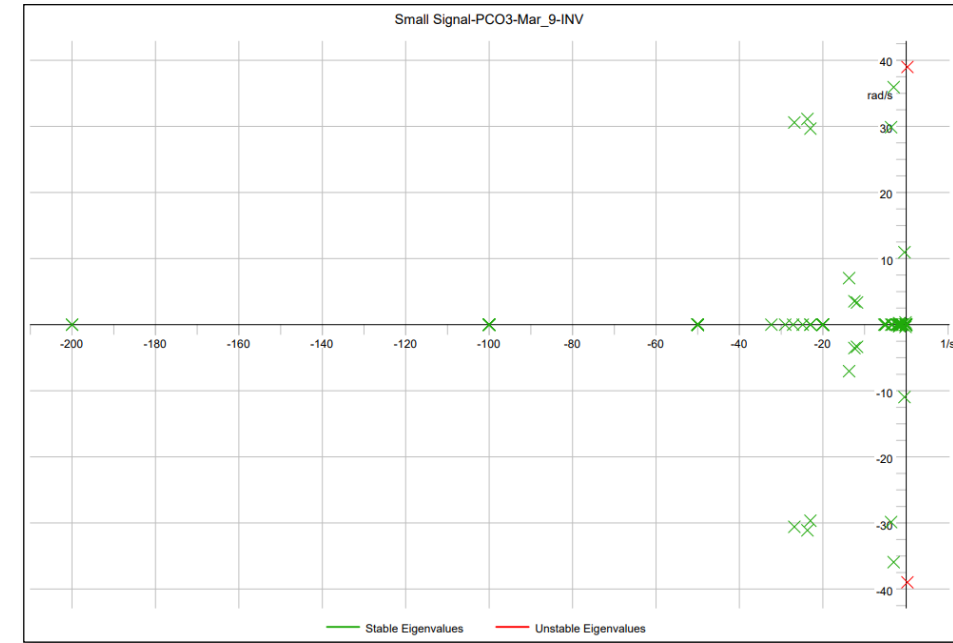
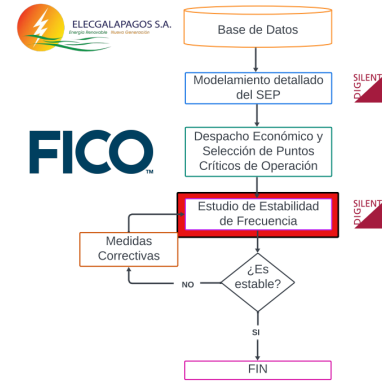
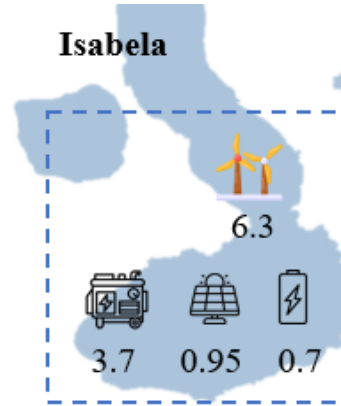
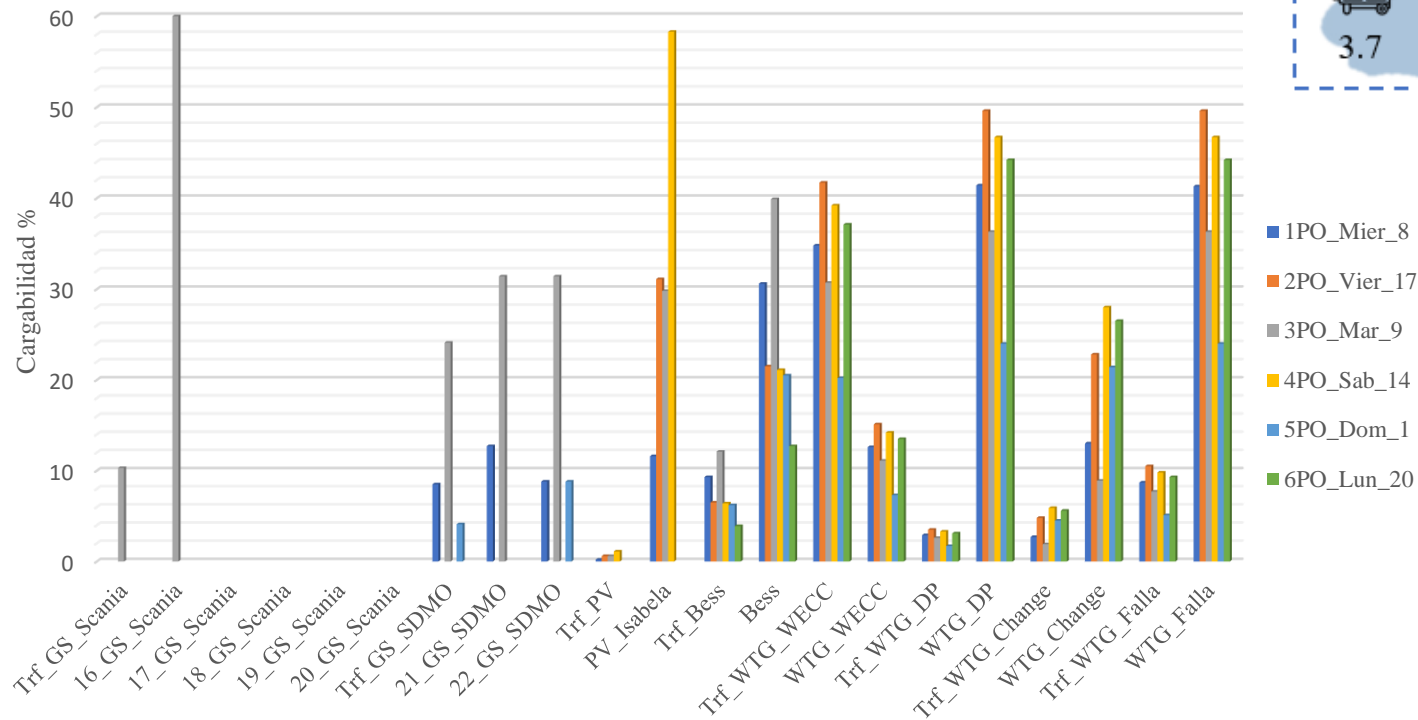
Santa Cruz - Baltra PCO6



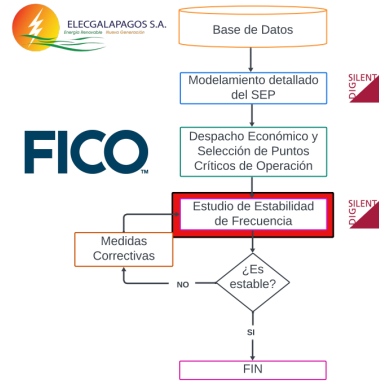
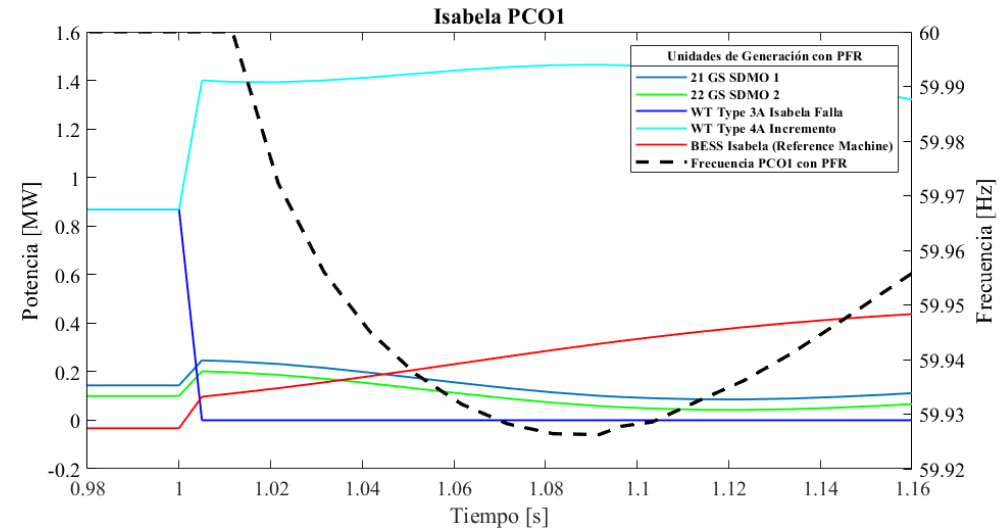
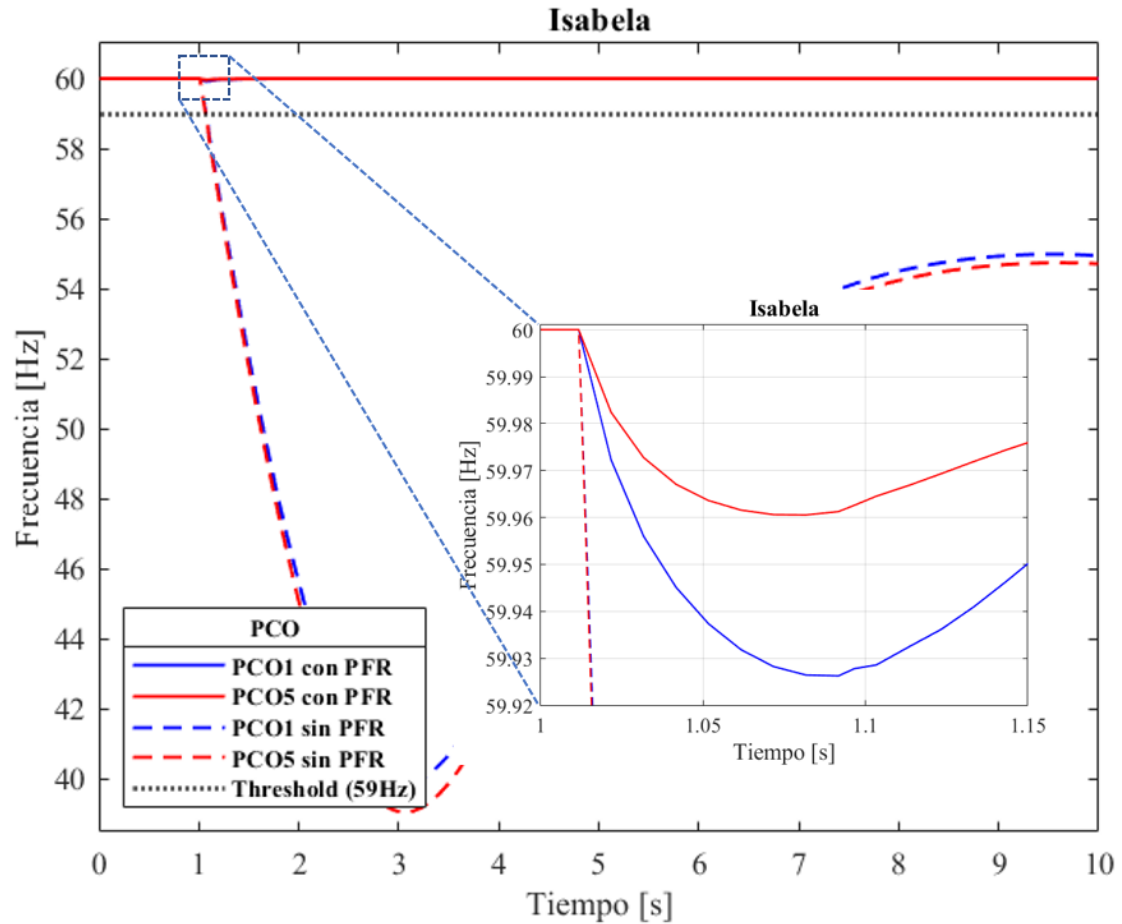
Baltra	CON PFR			SIN PFR			ER [%]	T <sub>PFR</sub> [s]	PFR [MW]	ΔP [MW]
	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]				
PCO1	0.599	1.084	59.967	6.326	2.482	54.076	71.9%	1.131	1.049	1.057
PCO2	0.366	1.074	59.982	12.645	2.902	47.644	100.3%	1.121	1.193	1.195
PCO3	0.491	1.093	59.967	5.446	2.372	54.976	90.3%	1.141	1.018	1.059
PCO4	0.483	1.097	59.966	4.371	2.462	54.888	94.8%	1.161	1.017	1.063
PCO5	0.291	1.111	59.978	1.783	2.212	58.639	95.1%	1.161	0.665	0.666
PCO6	0.659	1.089	59.961	7.524	2.572	52.908	43.3%	1.121	1.227	1.244



## ISABELA



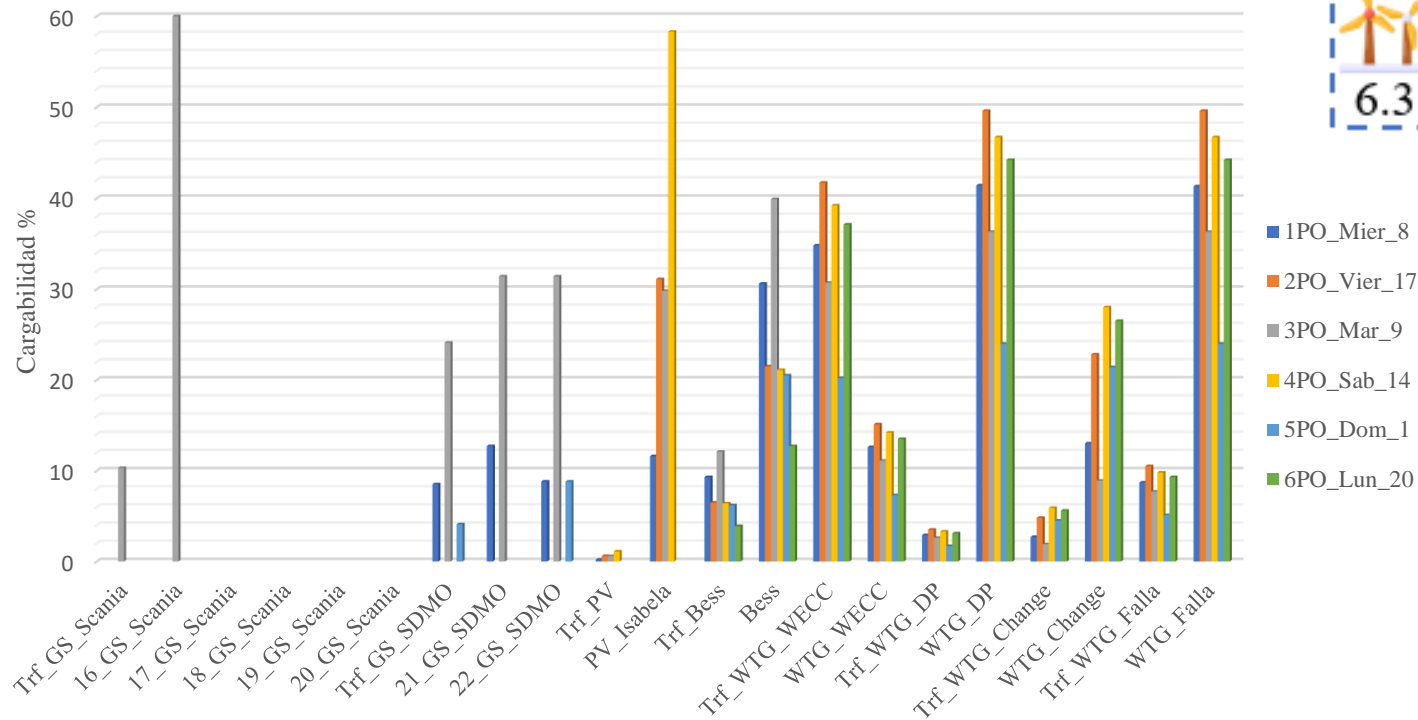
# ANÁLISIS DE RESULTADOS



Isabela	CON PFR			SIN PFR			ER [%]	T <sub>PFR</sub> [s]	PFR [MW]	ΔP[MW]
	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]	RoCoF [ $\frac{Hz}{s}$ ]	T <sub>nadir</sub> [s]	f <sub>nadir</sub> [Hz]				
PCO1	-1.357	1.084	59.925	-16.332	3.022	39.904	92.5%	1.131	0.792	0.868
PCO2	-1.524	1.074	59.968	3.324	1.029	59.920	100.0%	1.121	0.949	1.042
PCO3	-1.241	1.093	59.922	-14.122	2.946	45.294	74.1%	1.141	0.653	0.763
PCO4	-1.247	1.097	59.919	5.355	1.029	59.840	100.0%	1.161	0.891	0.980
PCO5	-0.766	1.111	59.947	-16.921	3.022	39.073	95.2%	1.161	0.472	0.504
PCO6	-1.185	1.089	59.911	0	-	-	100.0%	1.121	0.893	0.928



## FLOREANA



**Floreana**

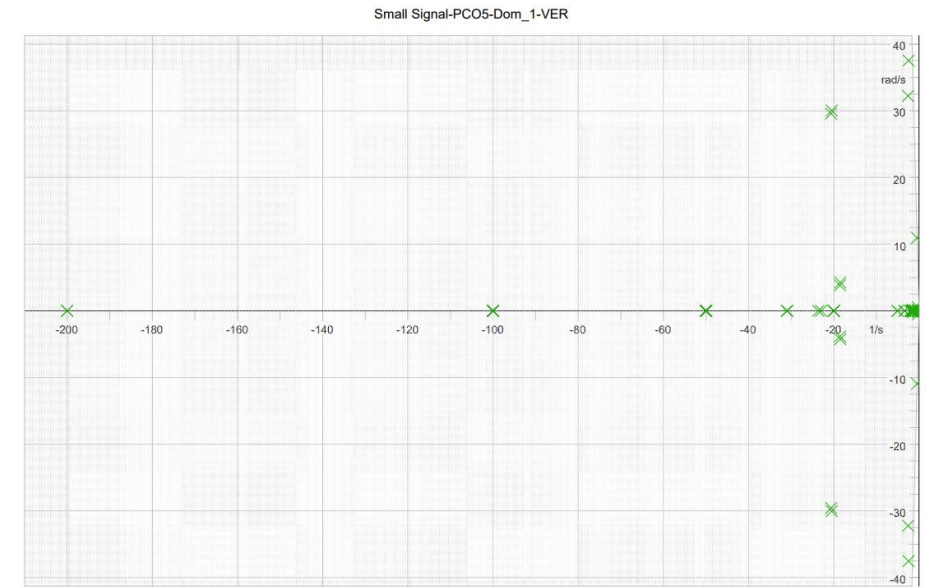
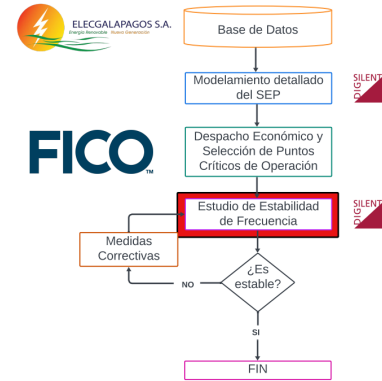
0.3

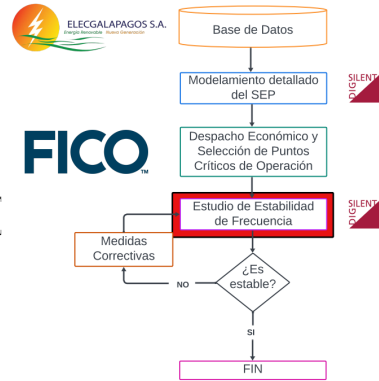
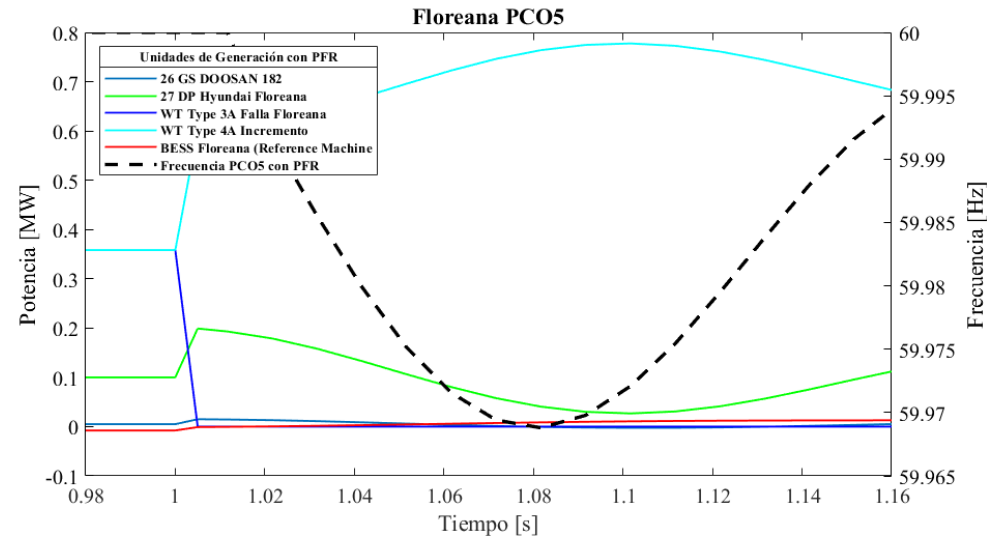
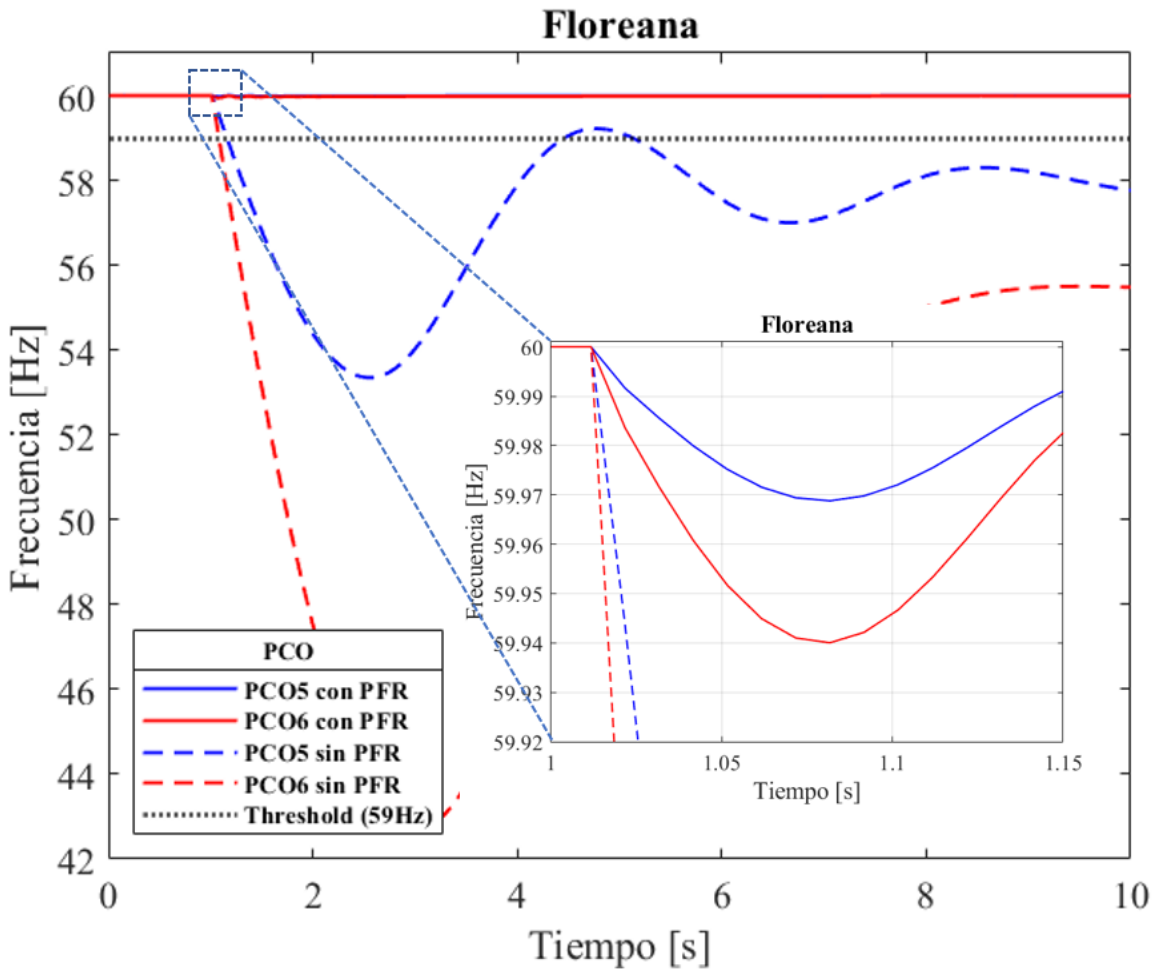
0.02

0.07

6.3

1.7





Floreana	CON PFR			SIN PFR			ER [%]	$T_{PFR}$ [s]	PFR [MW]	$\Delta P$ (MW)
	RoCoF $\left[\frac{Hz}{s}\right]$	$T_{nadir}$ [s]	$f_{nadir}$ [Hz]	RoCoF $\left[\frac{Hz}{s}\right]$	$T_{nadir}$ [s]	$f_{nadir}$ [Hz]				
PCO1	0.538	1.084	59.972	0.166	1.031	59.991	100.0%	1.131	0.658	0.667
PCO2	0.781	1.088	59.959	1.480	1.032	59.982	100.0%	1.121	0.952	0.976
PCO3	0.726	1.088	59.962	1.469	1.032	59.982	100.0%	1.141	0.889	0.906
PCO4	0.733	1.099	59.961	2.785	1.032	59.966	100.0%	1.161	0.879	0.910
PCO5	0.584	1.080	59.969	6.207	2.572	53.349	94.3%	1.161	0.341	0.358
PCO6	0.224	1.081	59.988	13.489	3.002	42.691	96.6%	1.121	0.682	0.712



# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



- La metodología utilizada permite evaluar la estabilidad de frecuencia en sistemas aislados con altos índices de penetración de CGT. La metodología fue validada en las Islas Galápagos donde se realizó un estudio para alcanzar la carbono-neutralidad. Para los diferentes PCO bajo estudio, se requiere que las unidades de generación eólica (15%) y unidades BESS brinden soporte en PFR con el propósito de evitar la activación de los esquemas de desconexión automáticos de carga (EDAC).
- Se formuló el problema de optimización en dos escenarios verano e invierno (336 PO) considerando las unidades de generación existentes y propuestas, además de la interconexión entre islas. En el despacho se incluyen las reservas que se debe tener en un SEP para hacer frente a contingencias y a la intermitencia de los recursos y variaciones de demanda.
- El filtro propuesto es efectivo debido a que todos los puntos identificados como críticos efectivamente al momento que se presenta una contingencia presentaron una excursión severa de frecuencia. En la mayoría de las Islas la frecuencia cae debajo del umbral de protección, activando los EDAC en el sistema.
- Los resultados de las simulaciones dinámicas en los distintos PCO bajo estudio capturan las dinámicas de los controladores de las diferentes unidades de generación existentes y propuestas lo que permite identificar que unidades brindan el mayor soporte en frecuencia y cuánto tiempo toma alcanzar el PFR al momento de la perturbación.



# AGENDA:

- MOTIVACIÓN
- OBJETIVOS
- THEORETICAL BACKGROUND
- METODOLOGÍA
- CASO DE ESTUDIO
- ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES





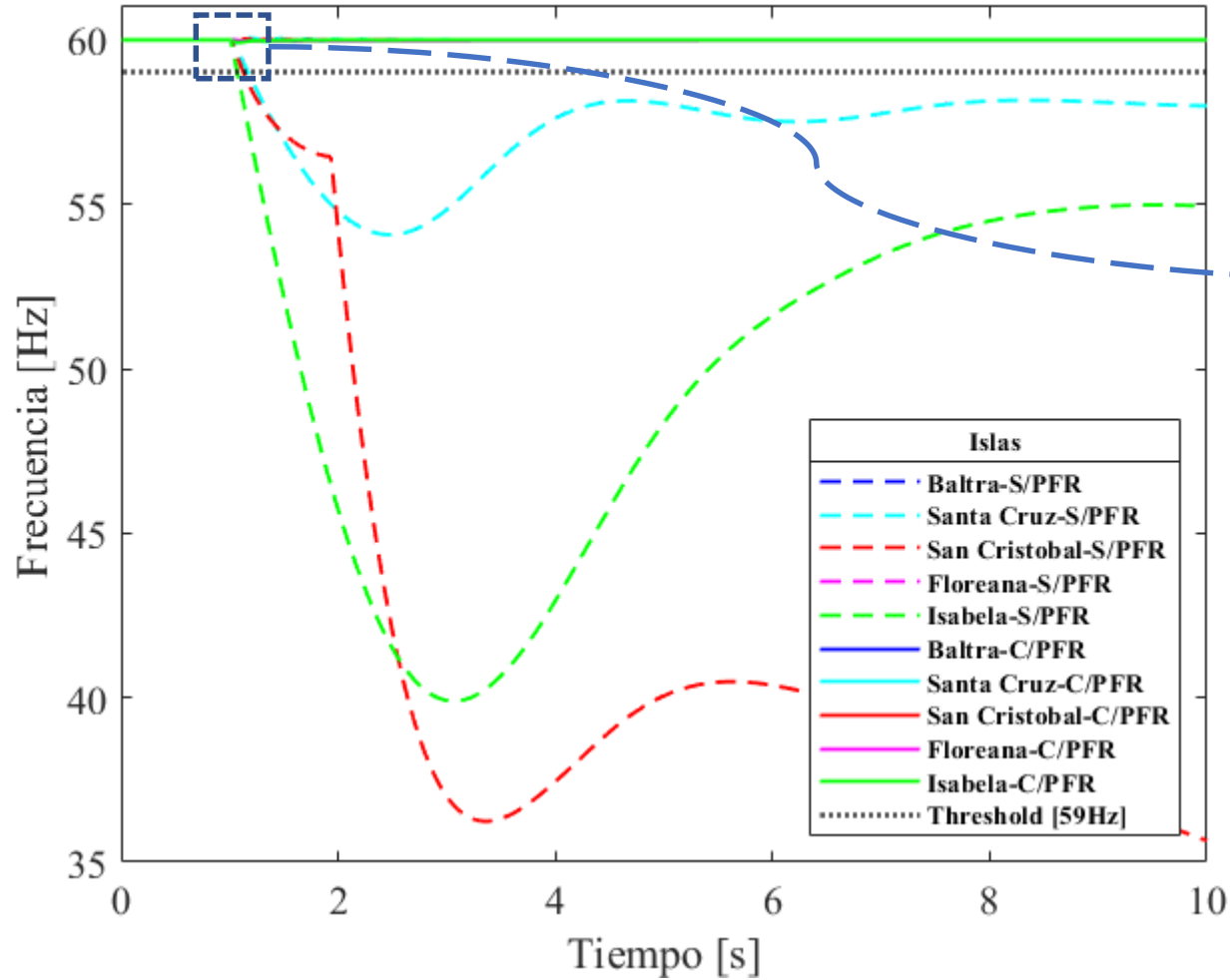
- Se recomienda realizar el estudio de estabilidad de voltaje con la finalidad de evaluar la seguridad y confiabilidad al plan de expansión.
- Realizar una prueba de escalón de carga que permita comprobar la efectividad del comportamiento de los modelos de control de las diferentes unidades de generación, ante una contingencia.
- Para llevar a cabo simulaciones en el dominio del tiempo con una alta rapidez, es aconsejable utilizar un ordenador con capacidades de procesamiento elevadas.
- Al momento de modelar los controladores verificar que los controles necesarios para los estudios de estabilidad estén disponibles en la versión del software utilizada.



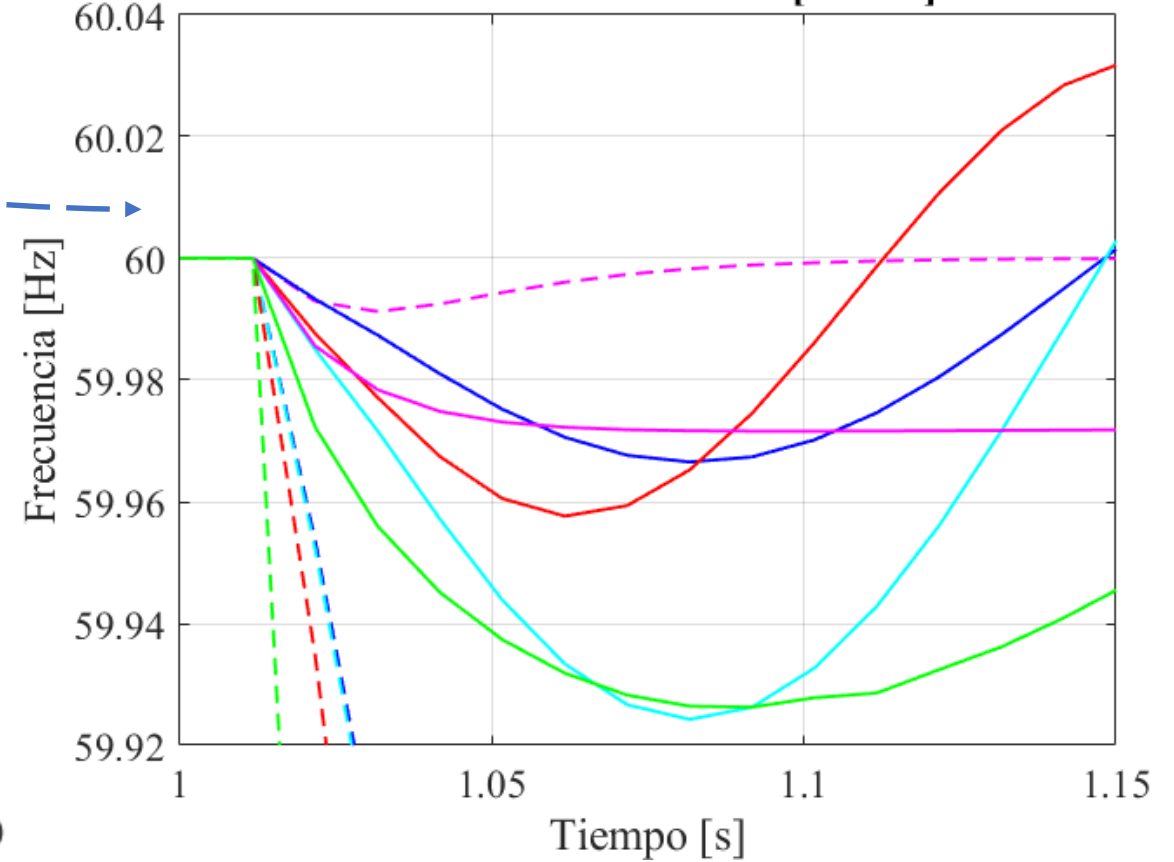
Gracias



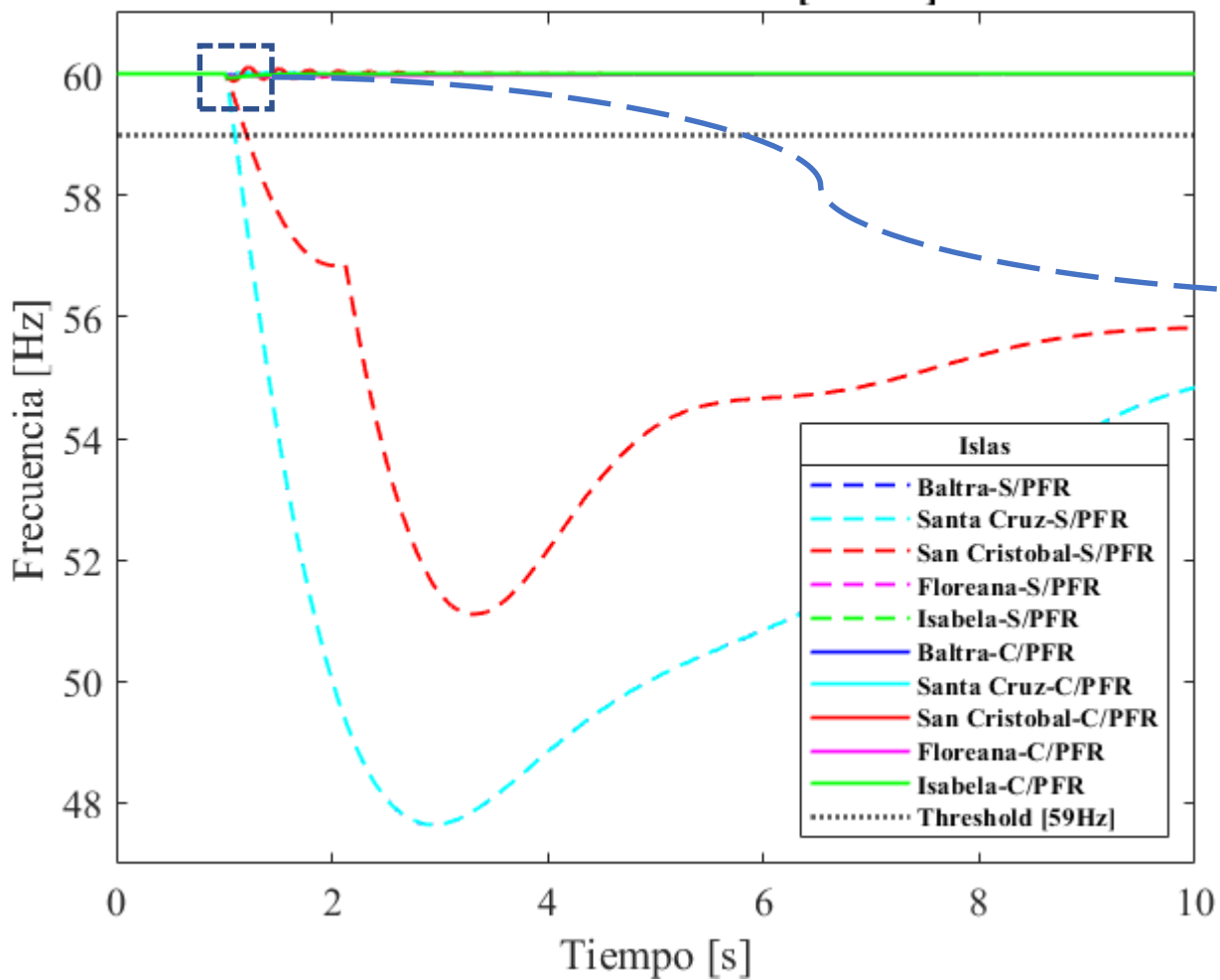
### ISLAS GALAPAGOS [PCO1]



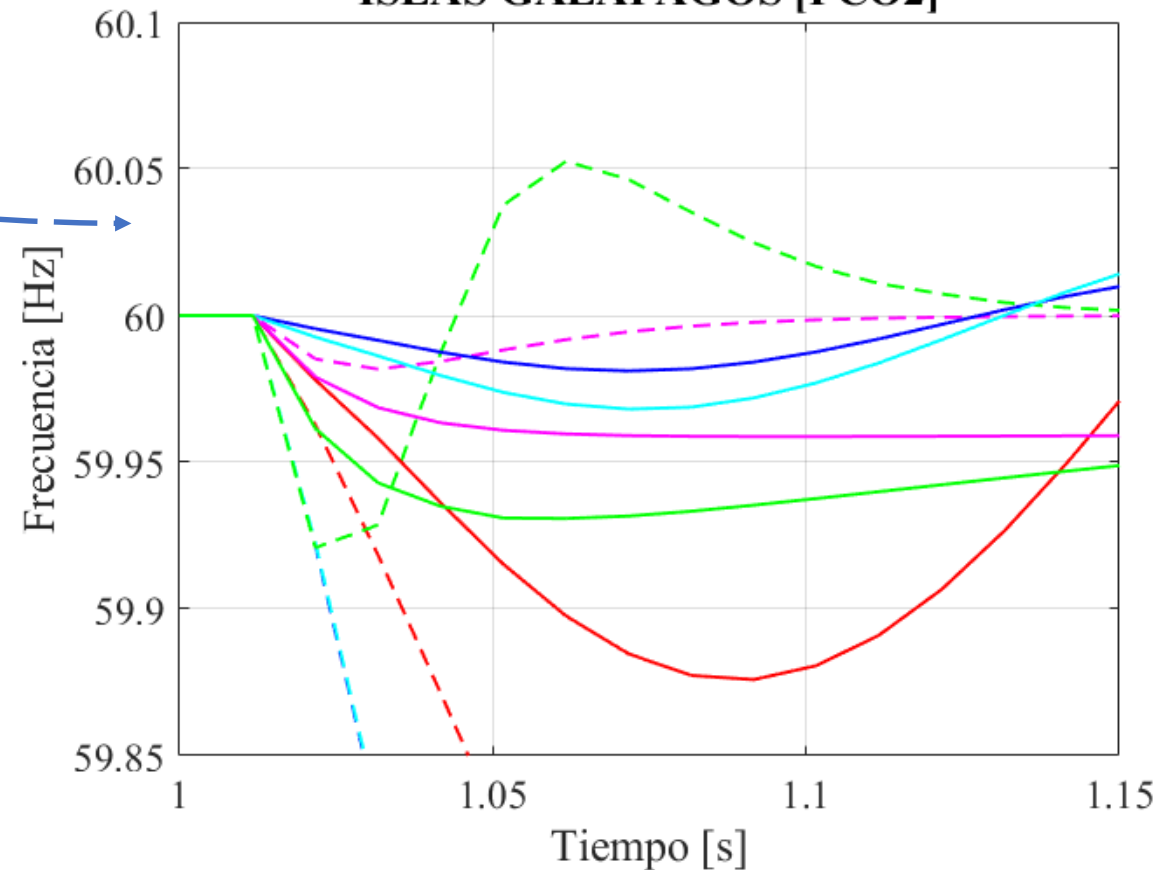
### ISLAS GALAPAGOS [PCO1]



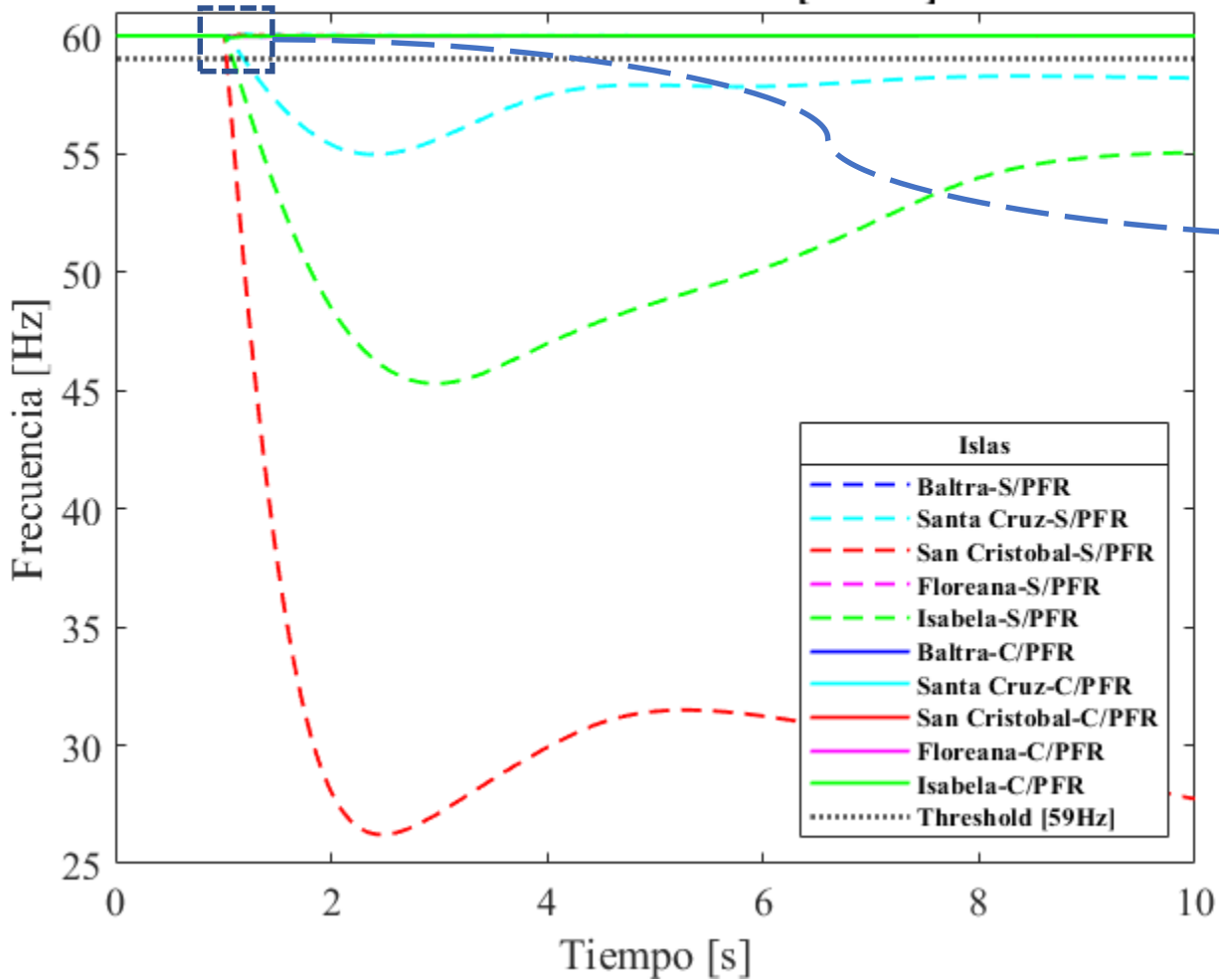
## ISLAS GALAPAGOS [PCO2]



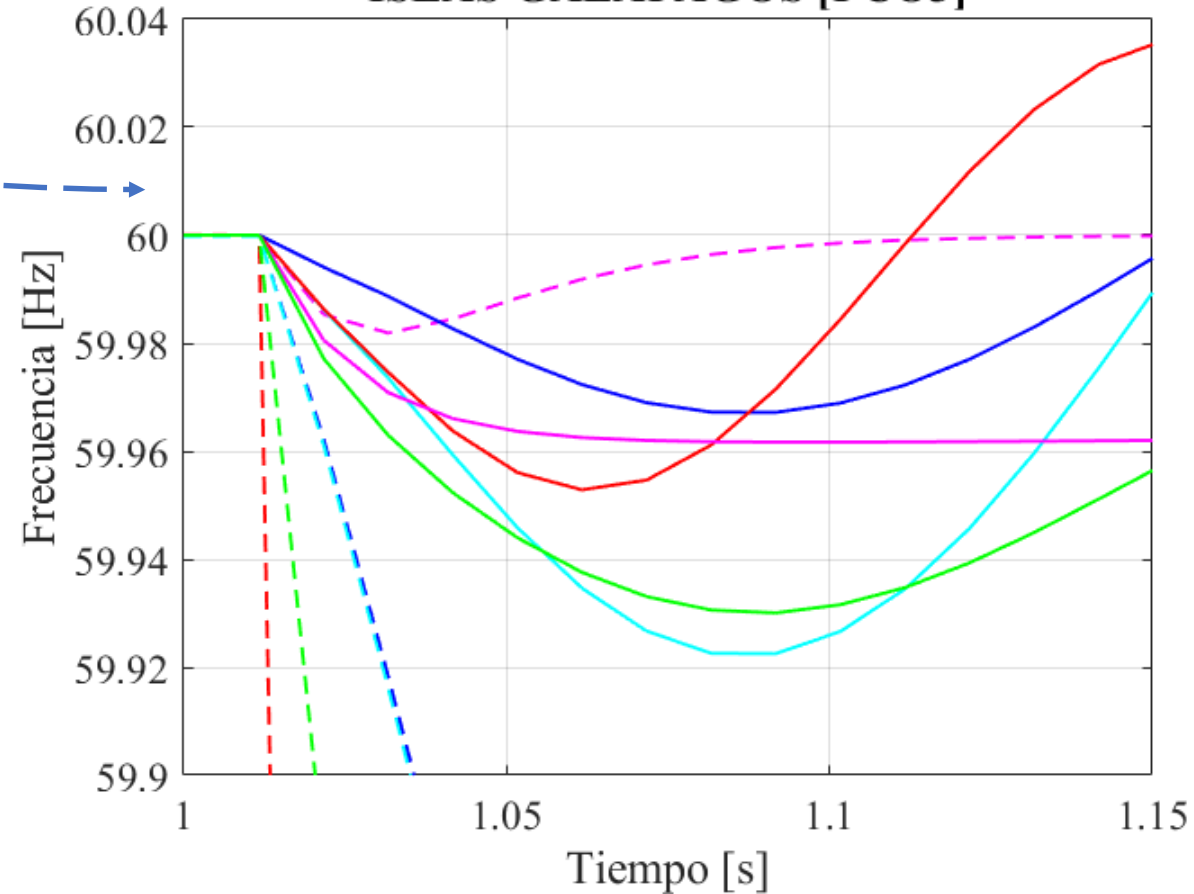
## ISLAS GALAPAGOS [PCO2]



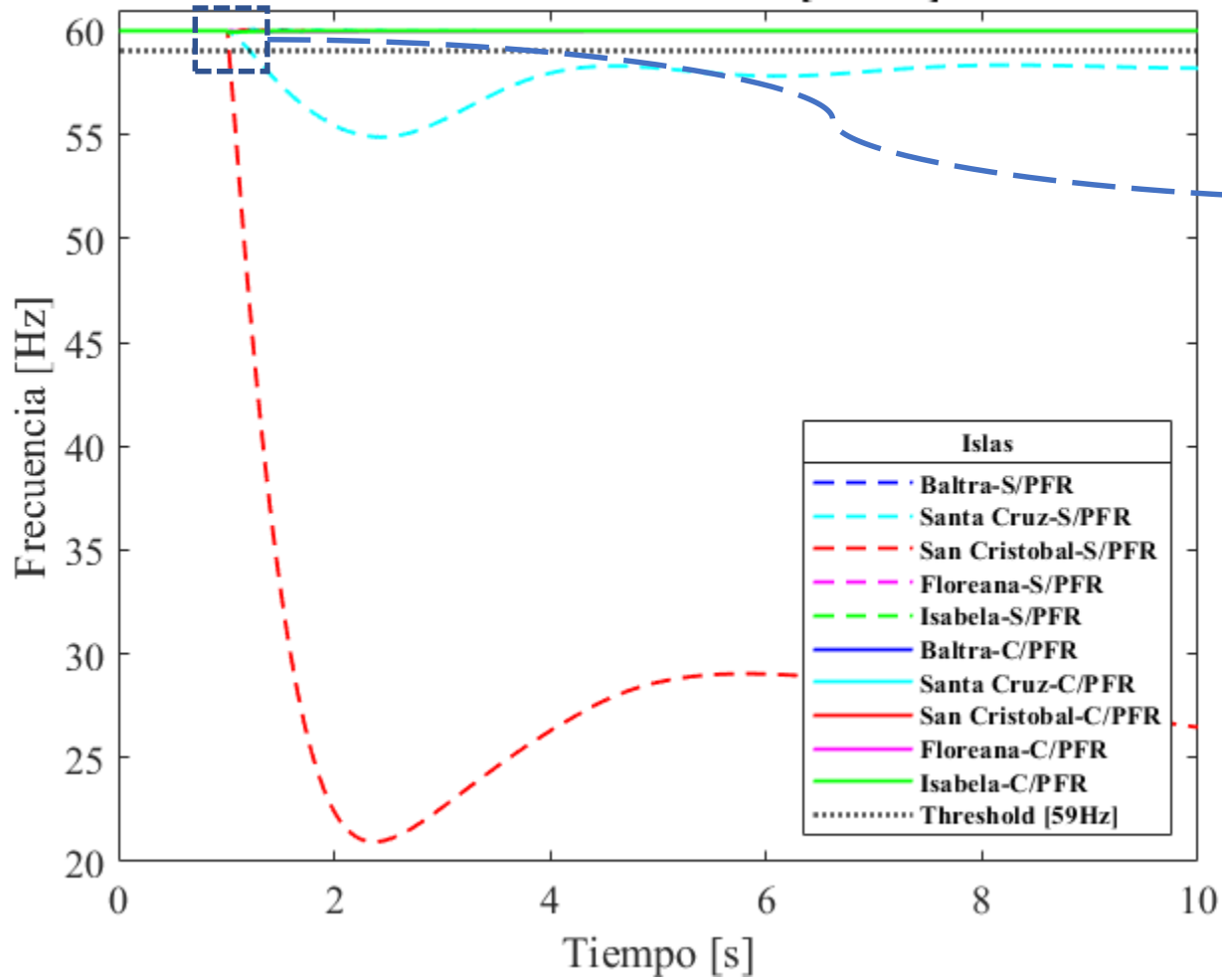
### ISLAS GALAPAGOS [PCO3]



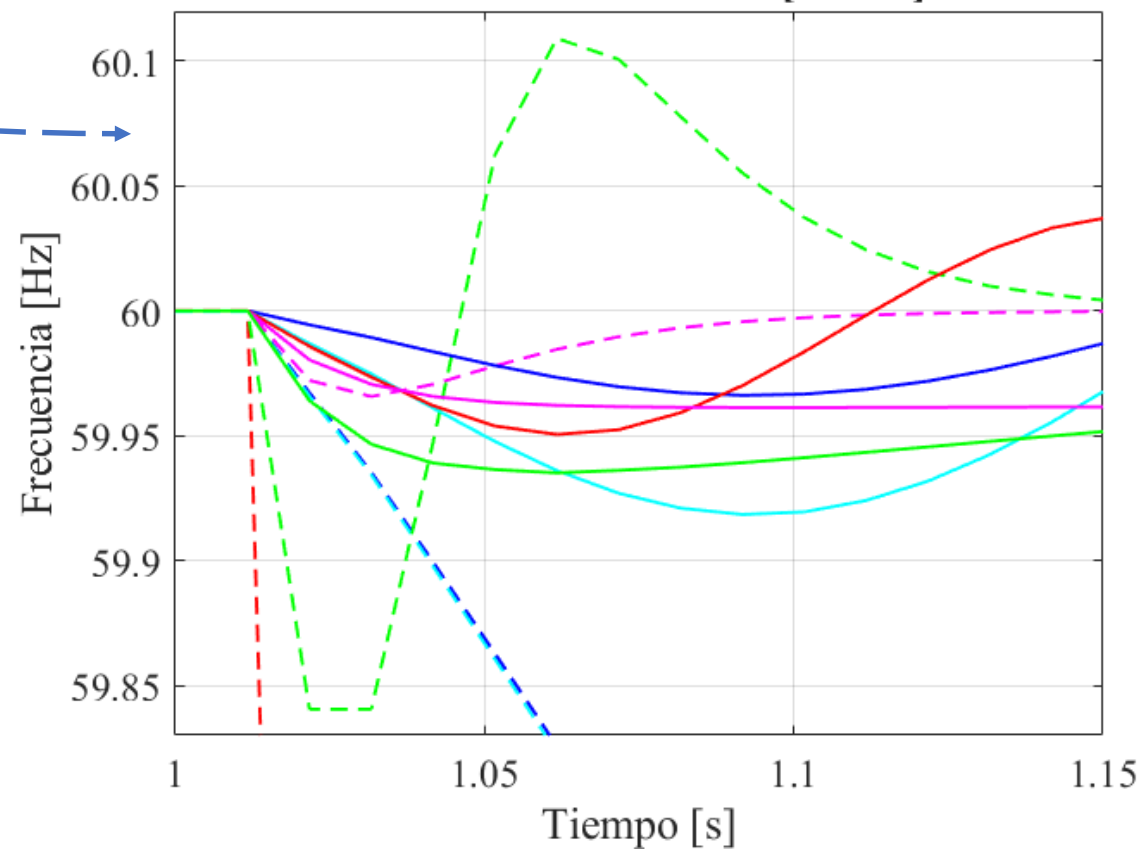
### ISLAS GALAPAGOS [PCO3]



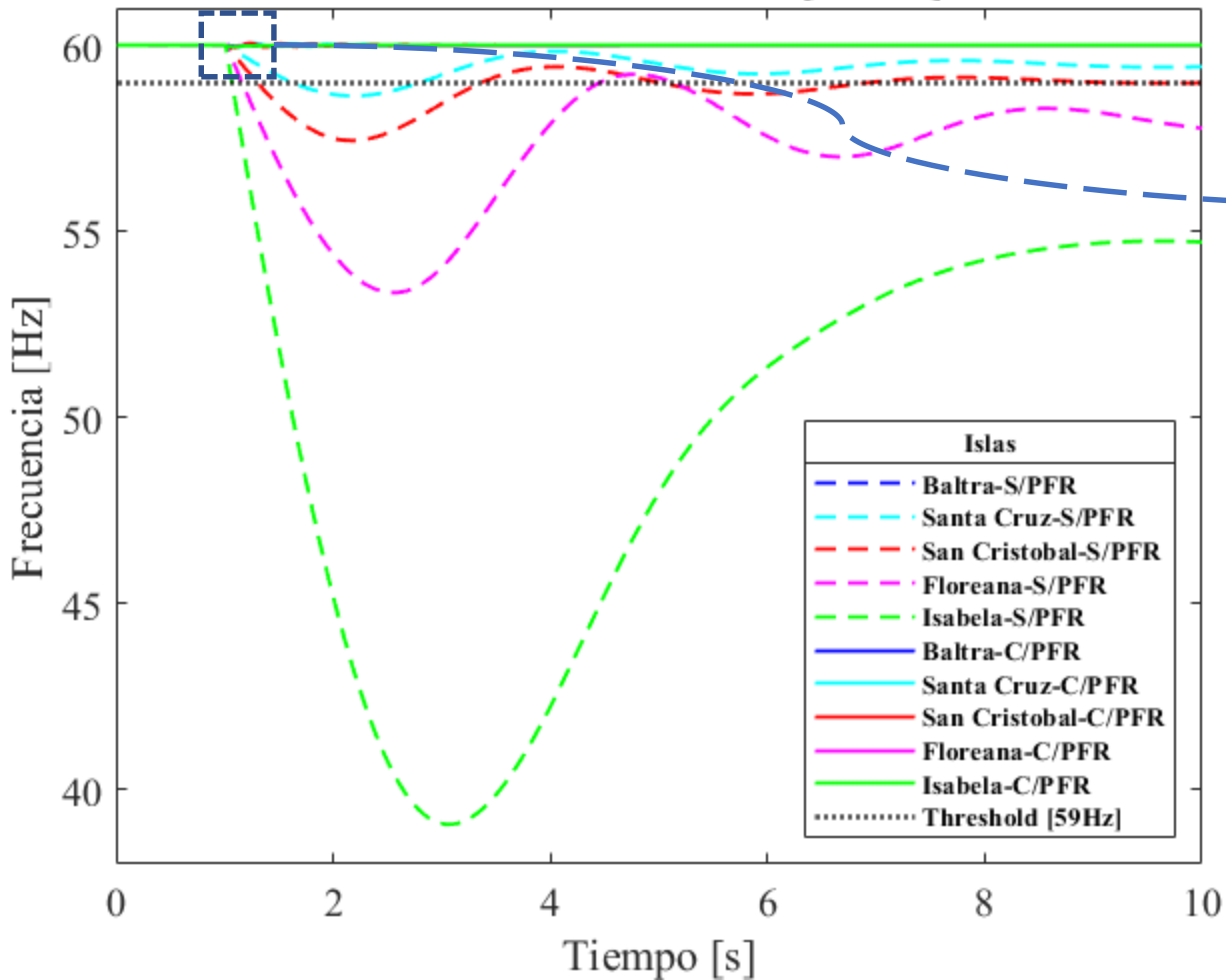
### ISLAS GALAPAGOS [PCO4]



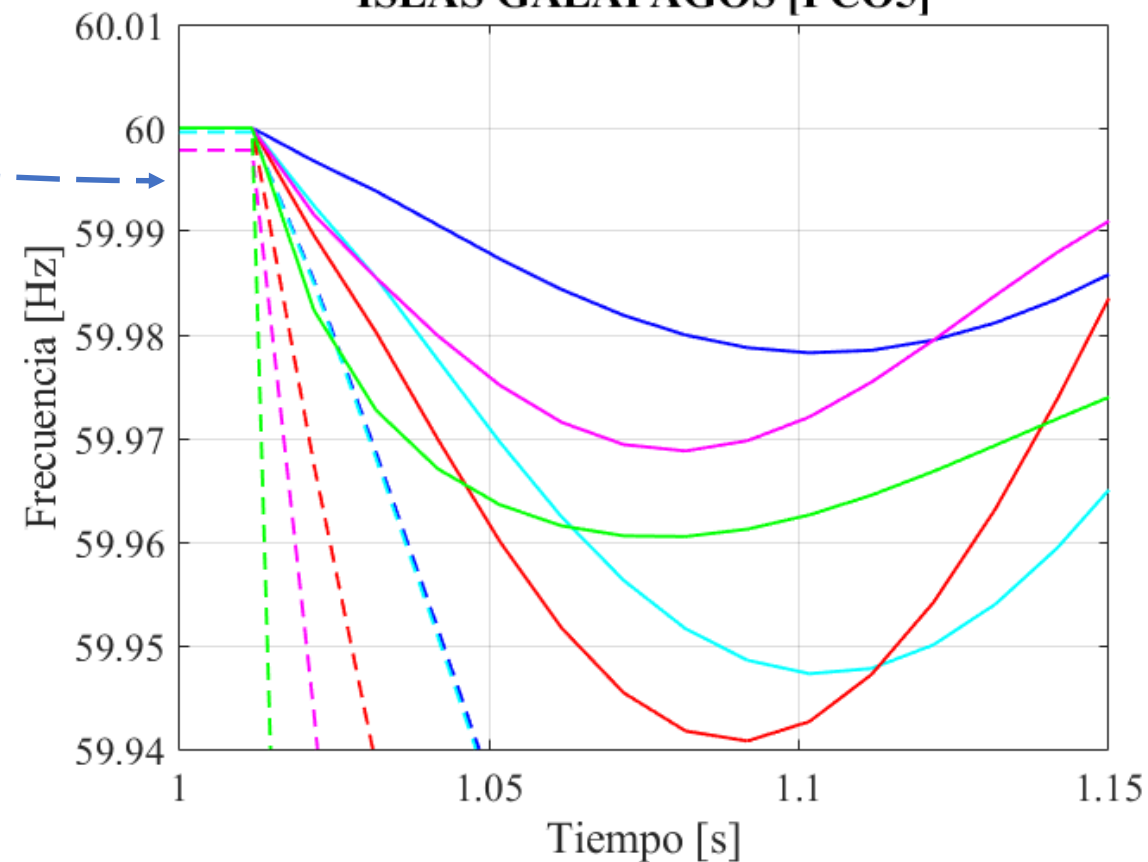
### ISLAS GALAPAGOS [PCO4]



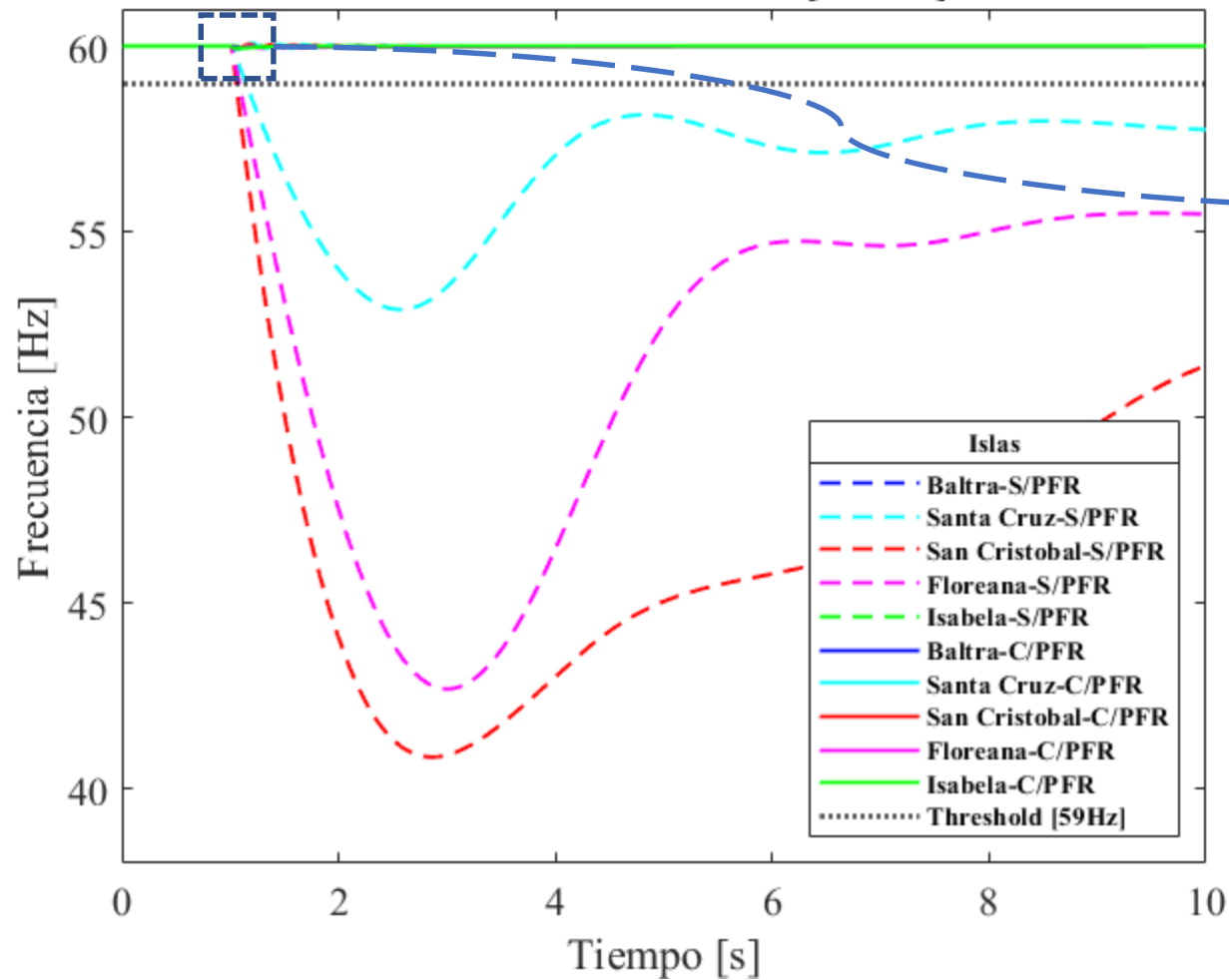
## ISLAS GALAPAGOS [PCO5]



## ISLAS GALAPAGOS [PCO5]



## ISLAS GALAPAGOS [PCO6]



## ISLAS GALAPAGOS [PCO6]

