

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Estructura del trabajo	3
1.3. Alcances del trabajo	3
2. Marco teórico y estado del arte	5
2.1. Control de frecuencia	5
2.1.1. Respuesta a la demanda	8
2.2. Sistema Eléctrico Nacional	8
2.2.1. Coordinador Eléctrico Nacional	10
2.2.2. Clientes libres	11
2.3. Servicios Complementarios (SSCC)	12
2.3.1. Control Primario de Frecuencia (CPF)	14
2.3.2. Control Secundario de Frecuencia (CSF)	15
2.3.3. Control Terciario de Frecuencia (CTF)	15
2.3.4. Control Rápido de Frecuencia (CRF)	16
2.3.5. Cargas Interrumpibles (CI)	16
2.3.6. Esquema de Desconexión Automático de Cargas (EDAC)	17
2.3.7. Desconexión Manual de Cargas (DMC)	17

2.4.	Respuesta a la demanda en Europa	18
2.4.1.	Francia	19
2.4.2.	Alemania	19
2.4.3.	España	20
2.5.	Estrategias de desconexión de carga	20
2.5.1.	Optimizadores	21
2.5.2.	Listas de mérito	22
2.6.	Otras herramientas para el control de frecuencia	24
2.6.1.	Respuesta implícita a la demanda	24
2.6.2.	Uso de baterías (BESS)	24
2.6.3.	Uso de vehículos eléctricos	25
3.	Metodología	26
3.1.	Diseño del algoritmo	27
3.1.1.	Estimación de déficit de potencia generada	29
3.1.2.	Elaboración del puntaje utilizado	30
3.2.	Códigos Python utilizados	33
4.	Descripción de la red utilizada	34
4.1.	Red IEEE 39-Bus	34
4.2.	Red IEEE 39-Bus ERNC	37
4.3.	Comportamiento de las redes	39
4.3.1.	Salida de funcionamiento de generador	40
4.3.2.	Aumento repentino de carga	44
4.3.3.	Cortocircuito de línea y despeje	46
5.	Detección de desequilibrio de potencia	48
5.1.	Red IEEE 39-Bus	48
5.2.	Red IEEE 39-Bus ERNC	52

6. Resultados y análisis	54
6.1. Desconexión parcial o total de carga	58
6.1.1. Caso 1: Salida de funcionamiento de generador 2	60
6.1.2. Caso 2: Salida de funcionamiento de generador 5	64
6.1.3. Caso 3: Aumento de carga	69
6.1.4. Análisis desconexión parcial o total de cargas	74
6.2. Comparación de puntajes	75
6.2.1. Caso 1: Salida de funcionamiento de generador 2	76
6.2.2. Caso 2: Salida de funcionamiento de generador 5	79
6.2.3. Caso 3: Aumento de carga	82
6.2.4. Análisis resultados comparación de puntajes	85
6.3. Resultados para red IEEE 39-Bus ERNC	86
6.3.1. Caso 1: Salida de funcionamiento de generador convencional	86
6.3.2. Caso 2: Salida de funcionamiento de generador eólico	89
6.3.3. Caso 3: Aumento de carga	91
6.3.4. Análisis resultados red con 30% de generación eólica	93
7. Conclusiones	94
7.1. Trabajo futuro	95
Bibliografía	97
Anexos	100
Anexo A. Código utilizado	101
A.1. Archivo <i>desconexion_cargas.py</i>	101
A.1.1. Ejemplo de uso	112
Anexo B. Manual de uso del código	113
B.1. Network Manager	113

B.1.1. Entradas	113
B.1.2. Atributos	113
B.1.3. Métodos	114
B.2. Desconexión Cargas	116
B.2.1. Entradas	117
B.2.2. Atributos	117
B.2.3. Métodos	119
Anexo C. Comparación modelos de carga	123
Anexo D. Resultados adicionales	125
D.1. Respuesta de la red convencional ante cambios de carga	125
D.2. Gráficos de <i>ROCOF</i> para distintos valores de dt ante fallas en la red convencional	127
D.3. Respuesta de la red con 30% de generación eólica ante cambios de carga	128