



Consejo Nacional de Operación



Resiliencia y Restablecimiento

- Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia.
- Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad.
- Ubicación óptima del Black Start.
- Restablecimiento de Sistemas de Potencia.



Resiliencia y Restablecimiento

- Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia.
- Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad.
- Ubicación óptima del Black Start.
- Restablecimiento de Sistemas de Potencia.

Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia

Northeast Blackout August 14-16, 2003

- Caused 11 death
- Billion in econom
- People trapped i
- elevators
- No water supply
- (runs on electric p
- Raw sewage dur
- flush problems
- No lights, cell p
- conditioning, ATM

- **Natural Disasters**

- Clima
- Wildf
- Puert
- hurric
- month

Why the Texas power grid is struggling to cope with the extreme cold

A sudden spike in energy demand and a loss of natural gas, coal, nuclear, and wind energy during a winter storm triggered blackouts across the state.

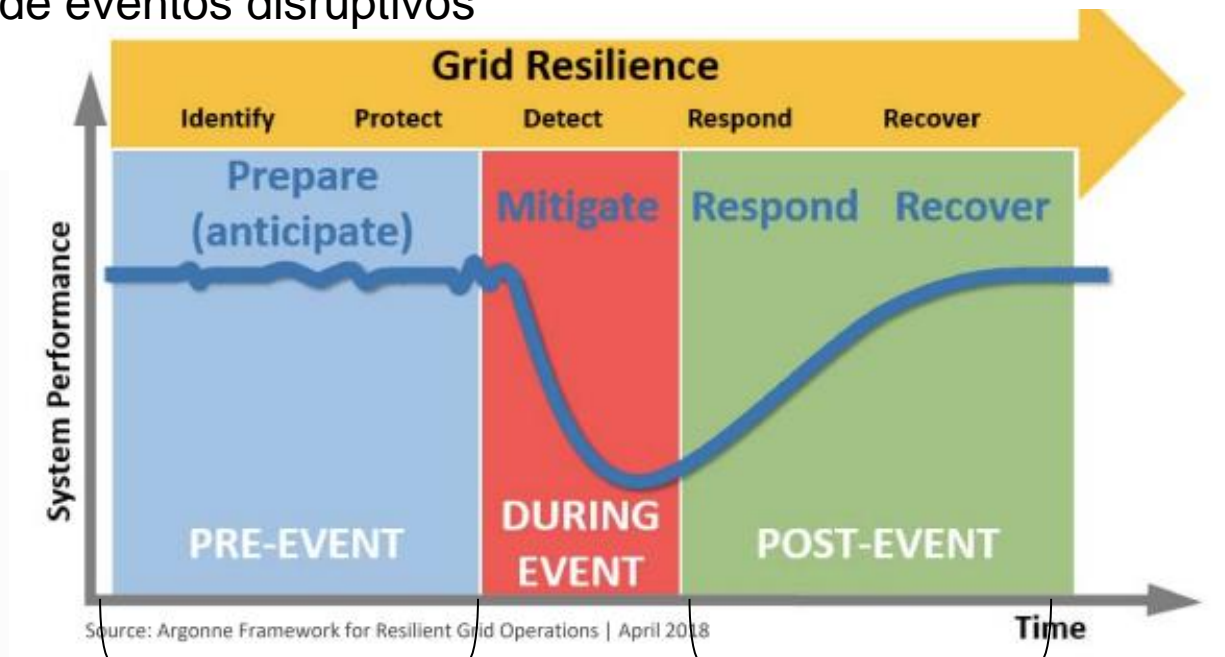
By Umair Irfan | Updated Feb 16, 2021, 5:26pm EST

f t  SHARE



Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia

Resiliencia: Habilidad del Sistema de Potencia para resistir y reducir la magnitud de la duración de eventos disruptivos



Ubicación óptima de
Black Start

Restablecimiento



Resiliencia y Restablecimiento

- Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia.
- **Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad.**
- Ubicación óptima del Black Start.
- Restablecimiento de Sistemas de Potencia.



Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad

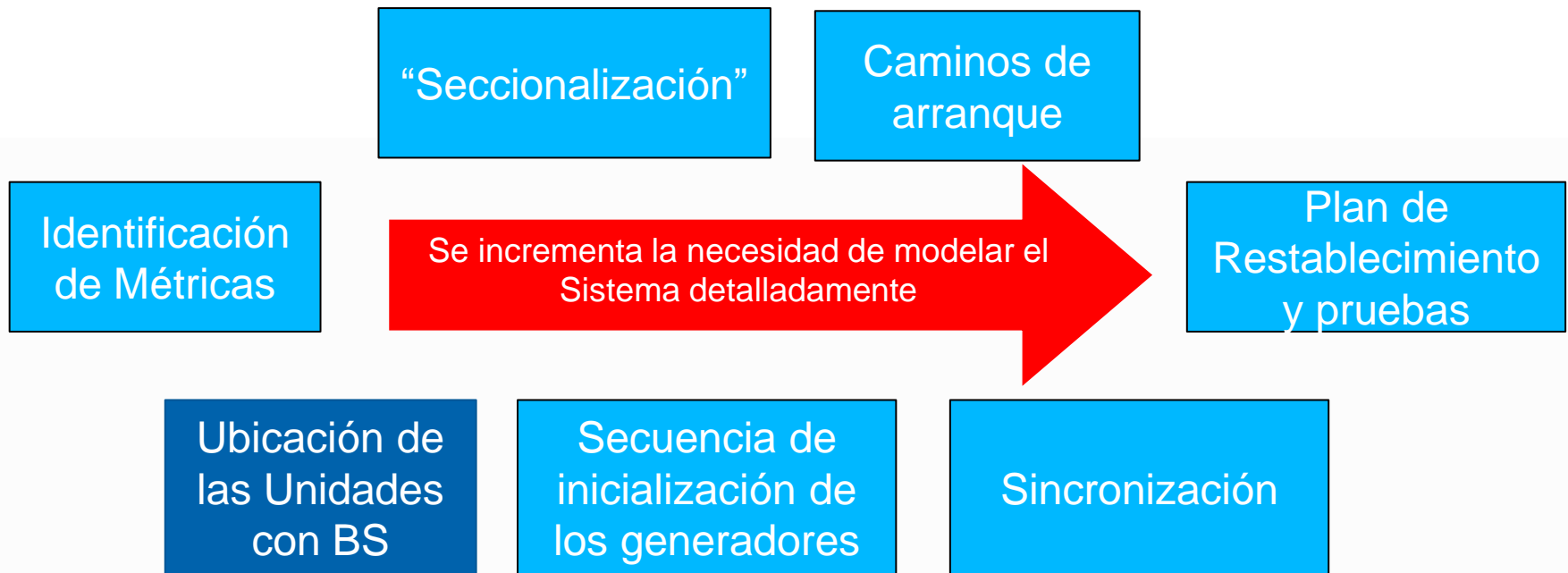
Problema:

- Varias de las unidades no pueden arrancar si no están conectadas a la red.
- Se debe confiar en el Black Start (BS) de algunas unidades de generación después de un colapso generalizado o parcial.
- El costo de ubicación de estas unidades con BS es muy alto.
- Algunas unidades tienen ciertos atributos que las hacen “elegibles” para prestar este servicio, en comparación de otras.
- **Objetivo: Optimización de la ubicación del BS.**



Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad

Planeamiento del Restablecimiento:





Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad

Realidad:

- Se desconoce el real estado del Sistema.
- Pueden haber daños permanentes en los componentes del Sistema.
- Siempre existirán necesidades de control manual.
- Algunos centros de control pueden quedar sin servicio de electricidad.
- Pueden existir problemas de comunicación que retrasen la recuperación de la carga.



Resiliencia y Restablecimiento

- Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia.
- Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad.
- Ubicación óptima del Black Start.
- Restablecimiento de Sistemas de Potencia.



Ubicación óptima del Black Start

Consideraciones:

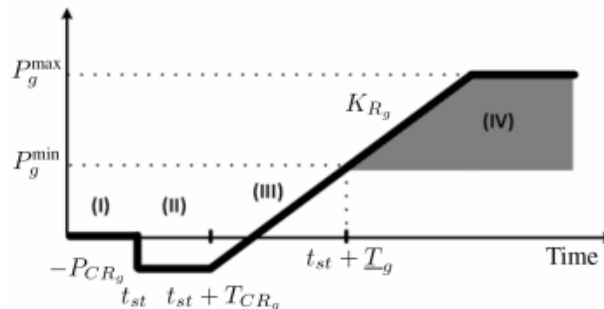
- Características de los generadores.
 - Tiempo mínimo y potencia para restablecimiento.
 - Suficiencia para restablecer otros generadores.
 - Costos relativamente bajos para que un generador pueda ser elegible para el restablecimiento.
- Características de la locación de los generadores:
 - Cercanía con otros generadores para reestablecerlos.
 - Distribución geográfica de los generadores para permitir un rápido restablecimiento.
- Plan de restablecimiento resultante:
 - Conformación de islas estables.
 - Compensación de potencia reactiva suficiente.

Ubicación óptima del Black Start

Problema de Optimización: Minimizar la carga critica deslastrada / Maximizar los componentes a energizar.

- Restricciones:

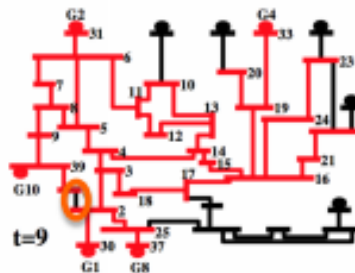
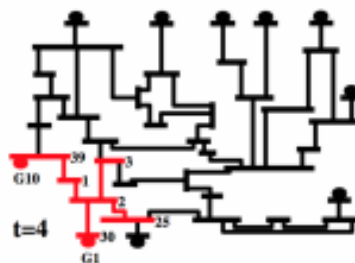
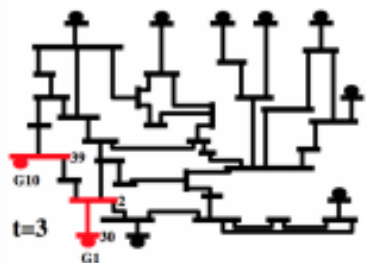
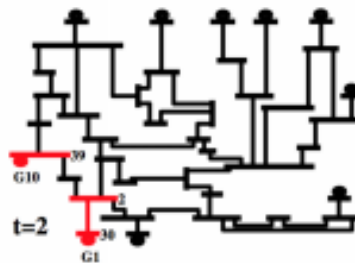
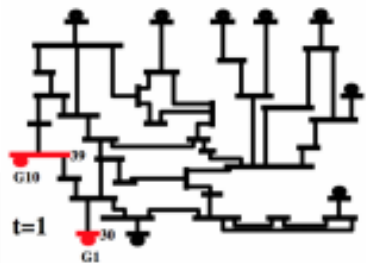
- Presupuesto para la ubicación del BS a unidades de generación.
- Perfiles de arranque de los generadores.
- Balance nodal de potencia activa y reactiva.
- Switcheo de líneas de transmisión.
- Restricciones de energización de islas.



- Starts at time t_{st}
- Cranking for a period: T_{CRg}
- Can increase generation at a slope: K_{Rg}
- Maximum/minimum generation: P_g^{\max}/P_g^{\min}

Ubicación óptima del Black Start

Optimal Sequence Profile for BSA



- BSA: Generators 1 and 10
- Generator 10 has small cranking time and power
- Generator 1 has large reactive power capacity
- Sample restoration profile for the optimal BSA
- Wait for cranking before energizing transmission
- De-energizing line at time 9 due to voltage considerations



Resiliencia y Restablecimiento

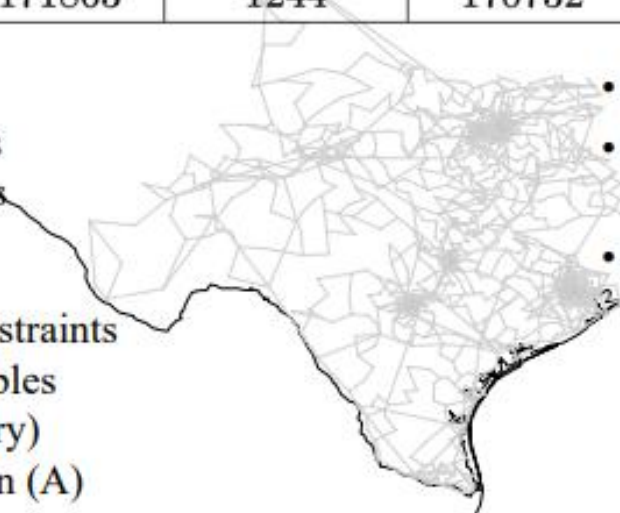
- Definición Resiliencia en Sistemas de Potencia.
- Black Start y Restablecimiento: Planeamiento vs Realidad.
- Ubicación óptima del Black Start.
- Restablecimiento de Sistemas de Potencia.

Restablecimiento de Sistemas de Potencia Texas

BSA Implementation	UB after root	Time after root [s]	UB at time limit	LB at time limit	Gap at time limit
(A)	178224	4597	178224	164112	8.59%
(C)	175366	5475	173712	164112	5.84%
(D)	171874	11371	171874	164112	4.72%
(E)	171863	1244	170732	164112	4.03%

- ▶ 2000 buses
3206 branches
544 generators
40 time steps

- ▶ 1 830 671 constraints
779 178 variables
(274 064 binary)
for formulation (A)



- Heuristic for LB
- Gurobi Termination
20 000 time limit
- Heuristics parameter: 0.3
Custom Branching Priority
Lazy Constraints
Method: 3



Restablecimiento de Sistemas de Potencia

T = 2



T = 3



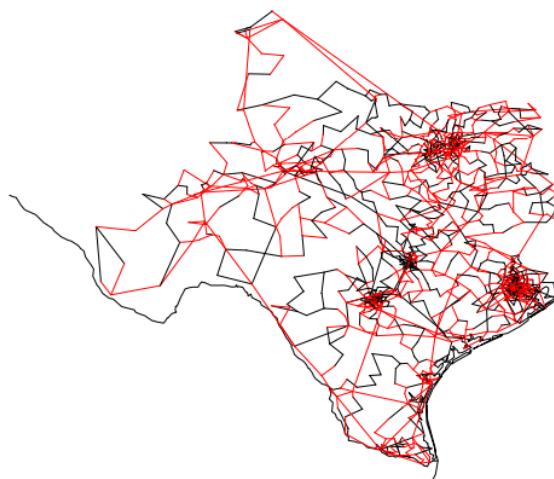
T = 7



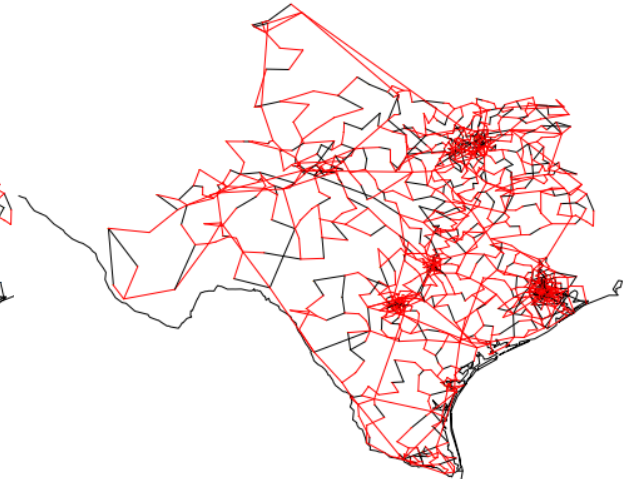
T = 10



T = 15



T = 20





Restablecimiento de Sistemas de Potencia

Strong Mixed-Integer Formulations for Power System Islanding and Restoration

Georgios Patsakis, *Student Member IEEE*, Deepak Rajan, Ignacio Aravena, *Member IEEE*,
and Shmuel Oren, *Life Fellow, IEEE*

PowerModelsRestoration.jl: An Open-Source Framework for Exploring Power Network Restoration Algorithms

Noah Rhodes¹, David M Fobes², Carleton Coffrin² and Line Roald¹

¹University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin, USA. Email: {nrhodes,roald}@wisc.edu

²Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA. Email: {dfobes,cjc}@lanl.gov

<https://www.youtube.com/watch?v=gAWPXwufLqU>

<https://github.com/lanl-ansi/PowerModelsRestoration.jl>