Modelización de la capacidad de las cadenas de suministro de combustible

30 de noviembre de 2023
Reunión del Clúster de Logística Global

Jarrod Goentzel, MIT

MIT Humanitarian Supply Chain Lab

https://humanitarian.mit.edu

MIT Center for Transportation & Logistics

https://ctl.mit.edu

Motivación

- El combustible es esencial en situaciones de emergencia
  - Facilitación de la movilidad de los supervivientes
  - Suministro temporal de electricidad
  - Transporte de bienes esenciales
- El aumento de la demanda y los daños en las infraestructuras provocan escasez y largas colas

nola.com

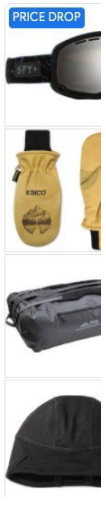
'The whole system imploded': How Ida crippled Louisiana's gasoline distribution

BY SAM KARLIN | STAFF WRITER SEP 1, 2021 - 5:58 PM

1 of 5

People wait in line for gas at the Triangle Deli in the Gentilly neighborhood of New Orleans, Tuesday, Aug. 31, 2021. (Staff photo by David Grunfeld, NOLA.com | The Times-Picayune | The New Orleans Advocate)

PHOTO BY DAVID GRUNFELD DIRECTOR OF PHOTOGRAPHY



THE WALL STREET JOURNAL.

WORLD | EUROPE | U.K.

Panic Buying in U.K. Creates Shortages at Gas Stations

British government keeps soldiers on standby to deliver fuel supplies if necessary

Drivers lined up for fuel in London on Saturday.

PHOTO: DOMINIC LIPINSKI/PA WIRE/ZUMA PRESS

By Max Colchester

Sept. 27, 2021 9:40 am ET

MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Motivación

Durante el huracán Irma, los camiones cisterna hicieron colas de hasta 4 horas para acceder a los surtidores de combustible.

Fuente: Departamento de Transporte de Florida. (enero de 2018). “Hurricane Irma’s Effect on Florida’s Fuel Distribution System and Recommended Improvements”. Extraído de http://www.fdot.gov/info/CO/news/newsreleases/020118_FDOT-Fuel-Report.pdf.

¿Por qué se forman colas en los surtidores?

MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Cadena de suministro de combustible

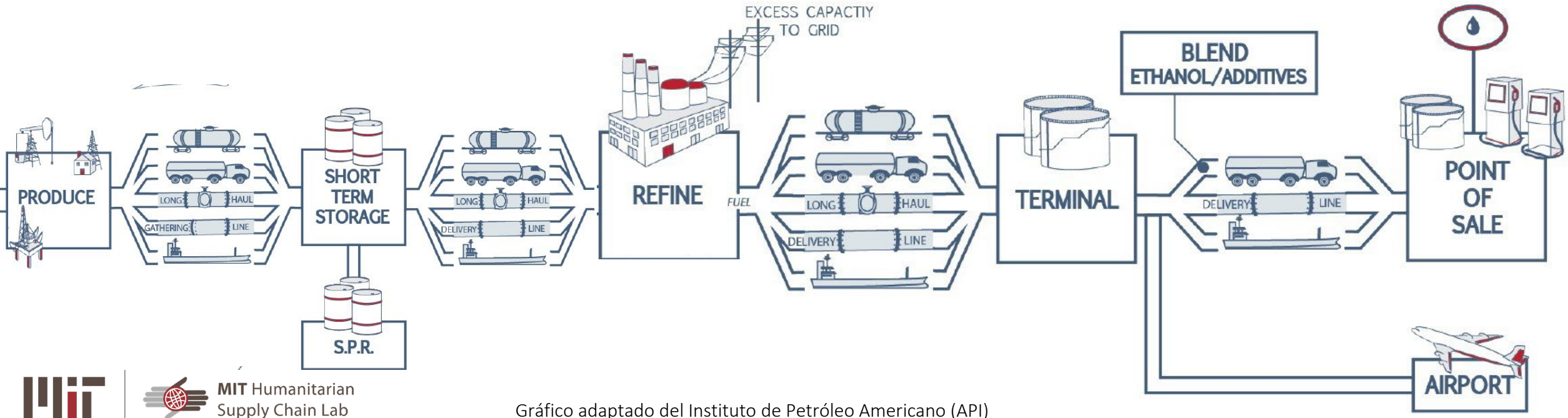
Fases iniciales (petróleo)

Fases finales (productos derivados del petróleo)

Producción

Distribución en el tramo intermedio

Distribución en el tramo final

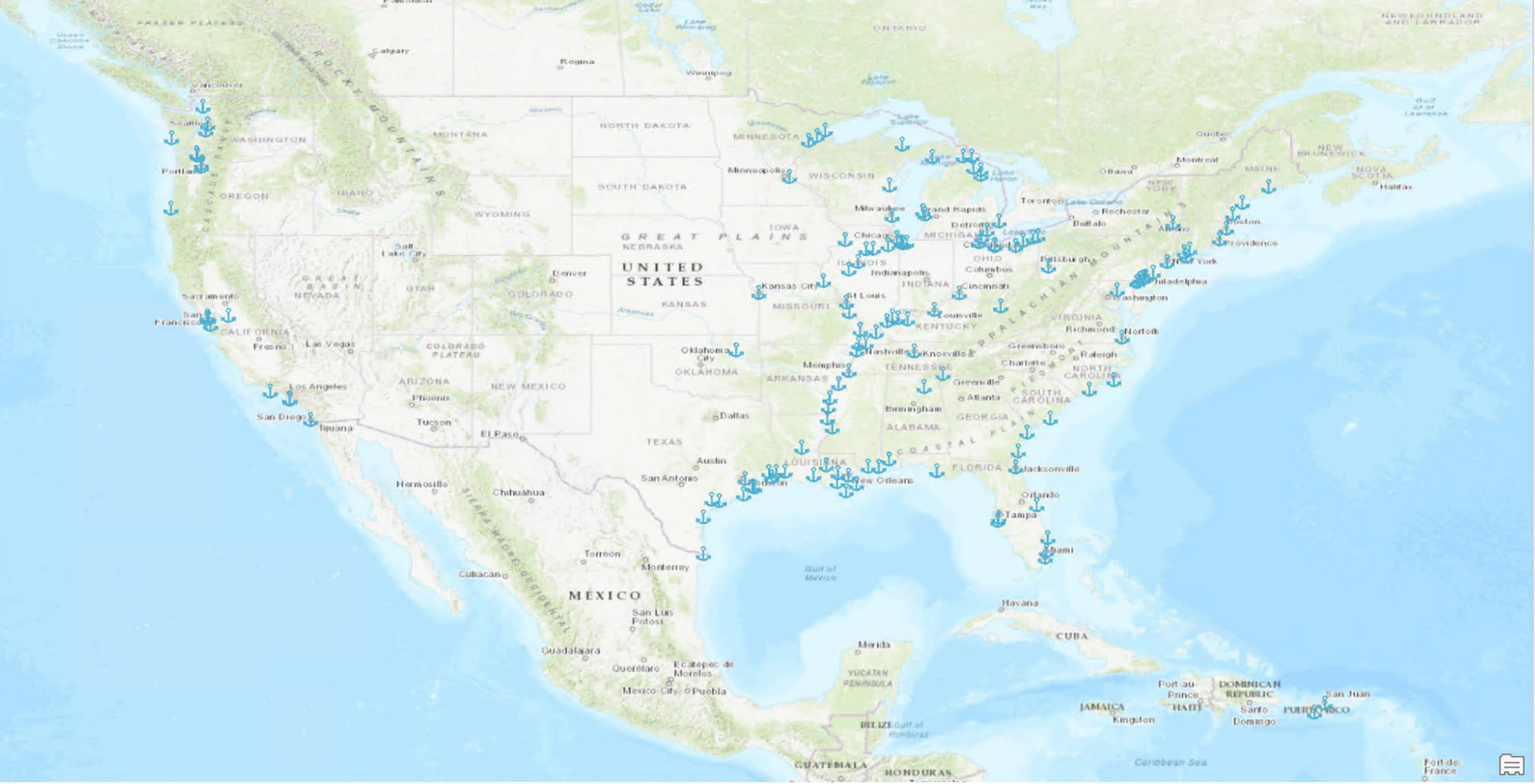


MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Gráfico adaptado del Instituto de Petróleo Americano (API)

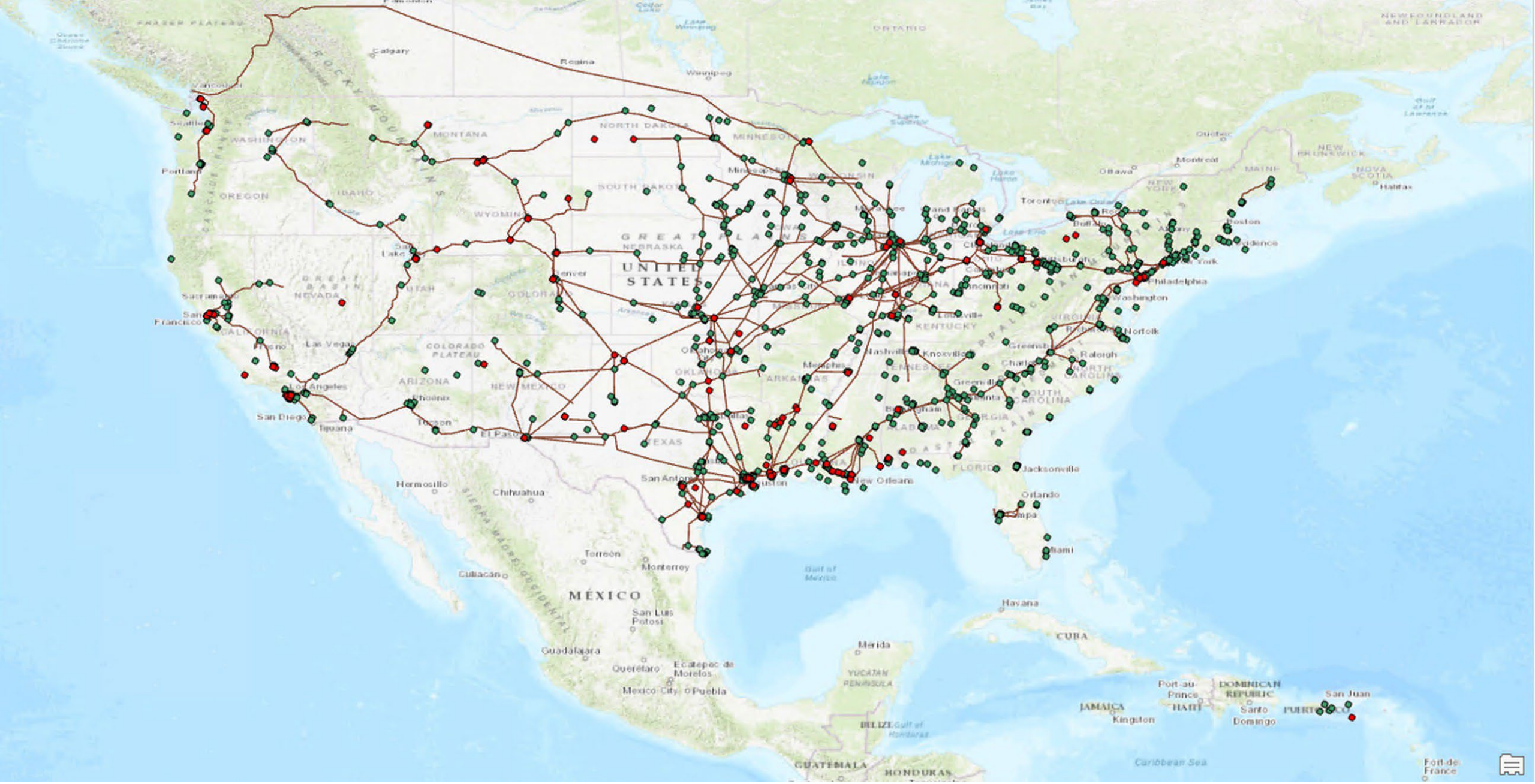
MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Las refinerías aparecen en rojo y las terminales en verde. Los oleoductos se representan con líneas y los puertos, con anclas.



MIT Humanitarian Supply Chain Lab

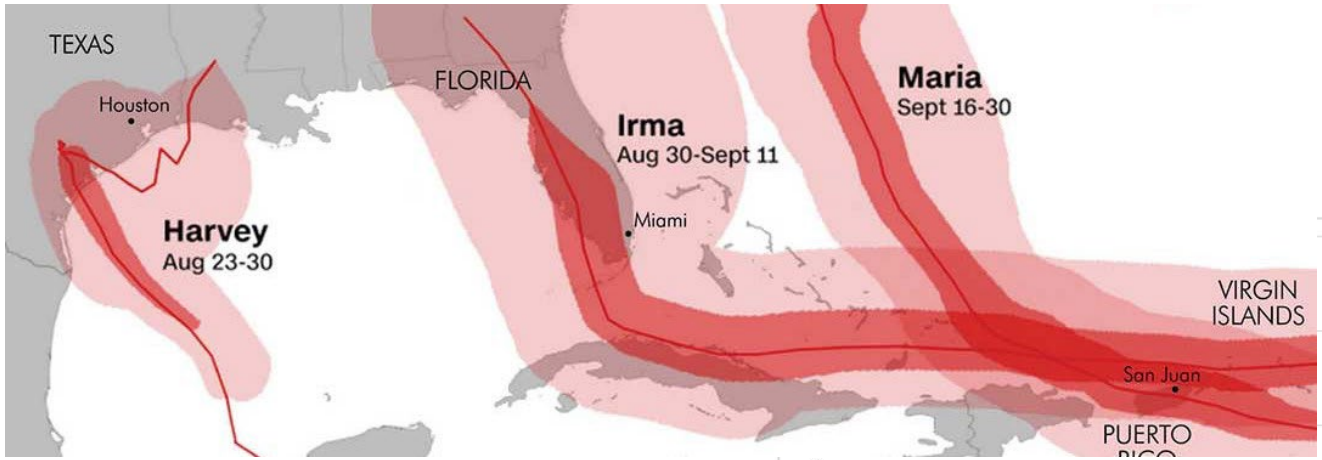
Las refinerías aparecen en rojo y las terminales en verde. Los oleoductos se representan con líneas y los puertos, con anclas.

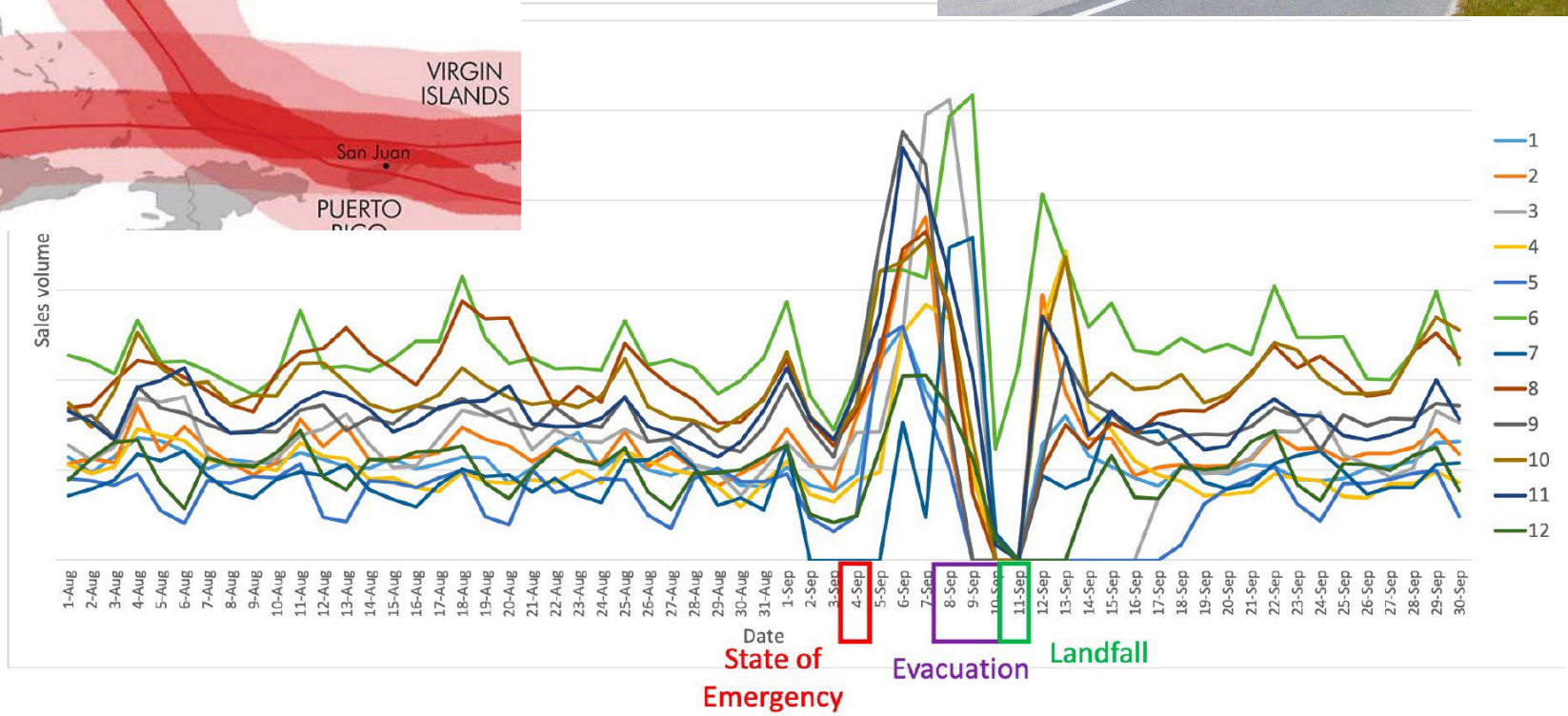


MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Las refinerías aparecen en rojo y las terminales en verde. Los oleoductos se representan con líneas y los puertos, con anclas.

¿Qué ocurrió durante el huracán Irma?





Fuente: Laboratorio de Cadena de Suministro Humanitaria del MIT, Centro de Transporte y Logística del MIT. (2019). *Disaster Supply Chains: Moving from Situational Awareness to Actionable Analysis.* Cambridge, MA: Boutilier, J., Goentzel, J. y Windle, M. http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186

MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Figure 13: Regular fuel sales volume for 12 retailer locations in Florida during August and September 2017. Source: Retailer(s), MIT analysis.

No se trata de un problema de sumir

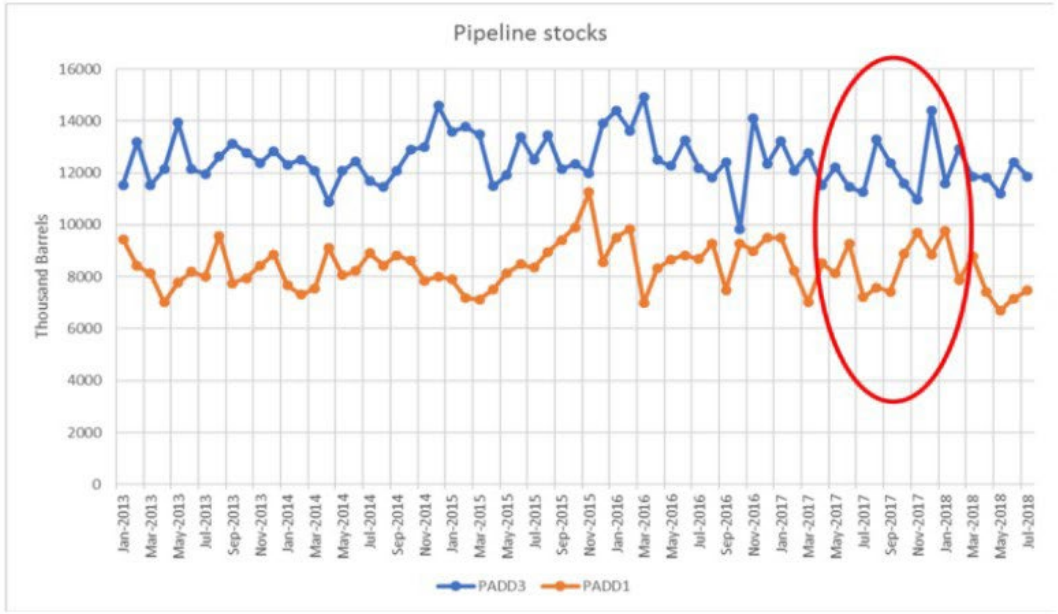


Figure 10: Aggregate pipeline stocks in PADD1 and PADD3. Source: EIA.

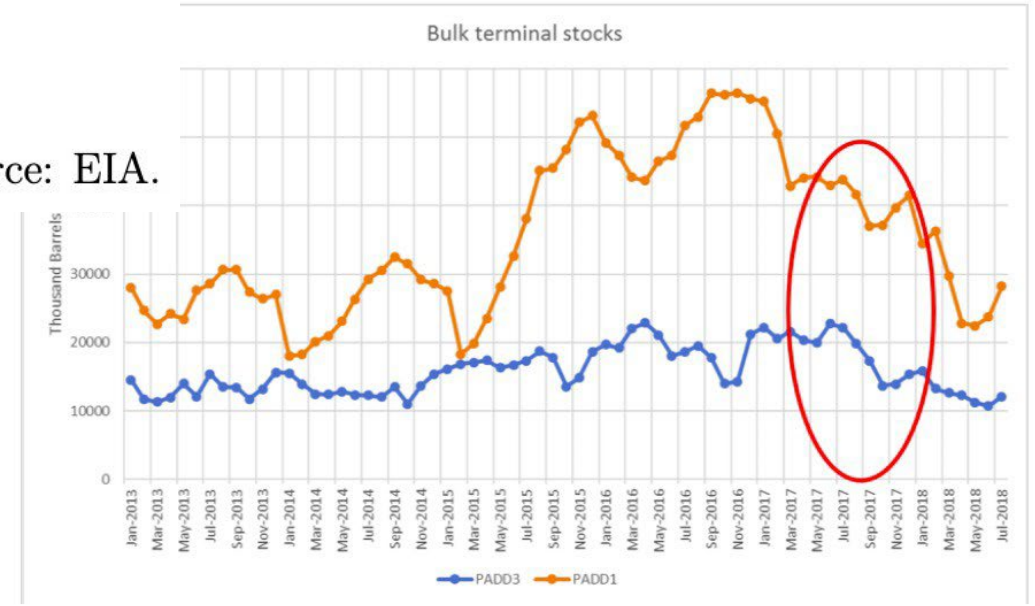
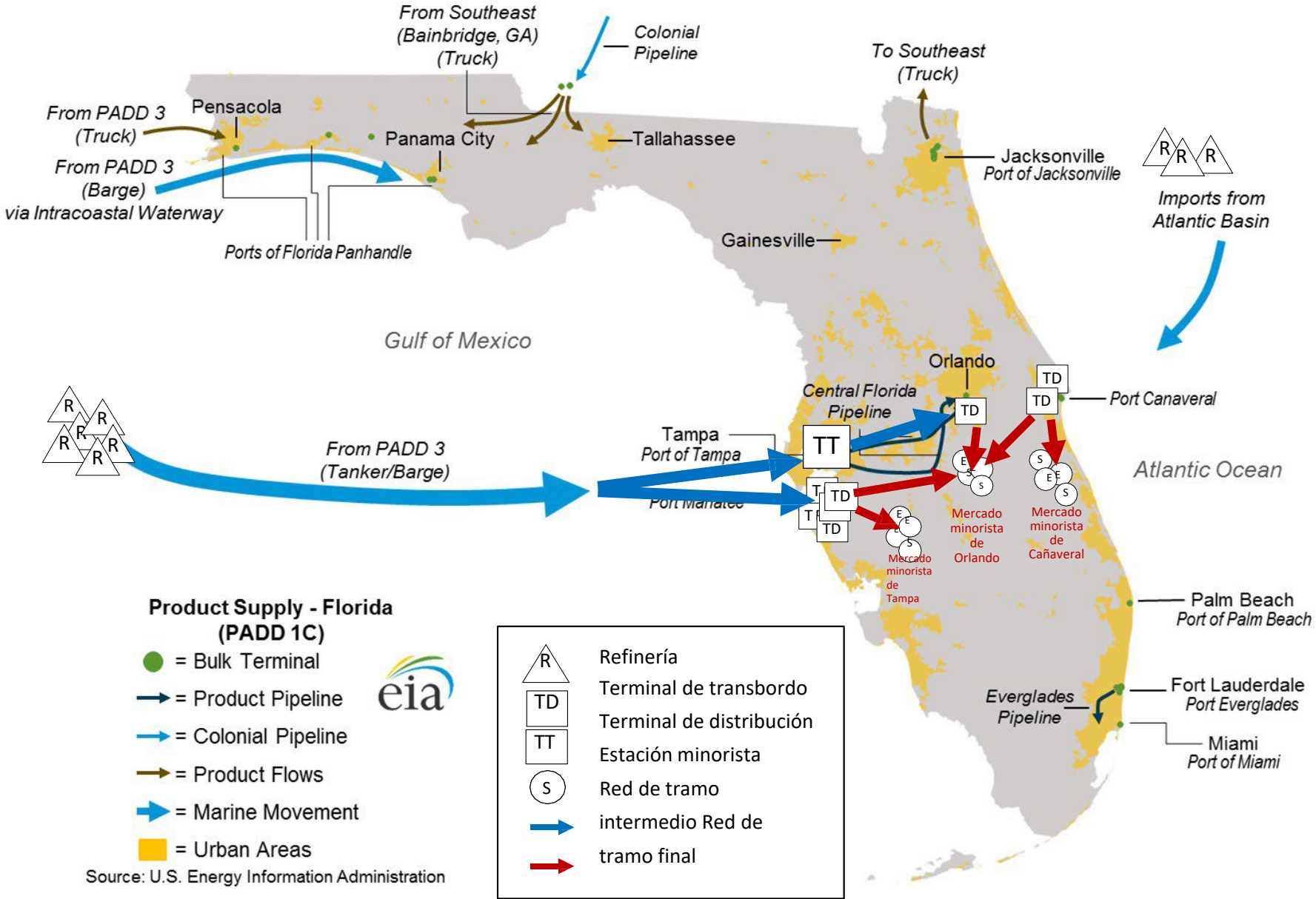


Figure 11: Aggregate bulk terminal stocks in PADD1 and PADD3. Source: EIA.

Fuente: Laboratorio de Cadena de Suministro Humanitaria del MIT, Centro de Transporte y Logística del MIT. (2019). *Disaster Supply Chains: Moving from Situational Awareness to Actionable Analysis.* Cambridge, MA: Boutilier, J., Goentzel, J. y Windle, M. http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186

MIT Humanitarian Supply Chain Lab

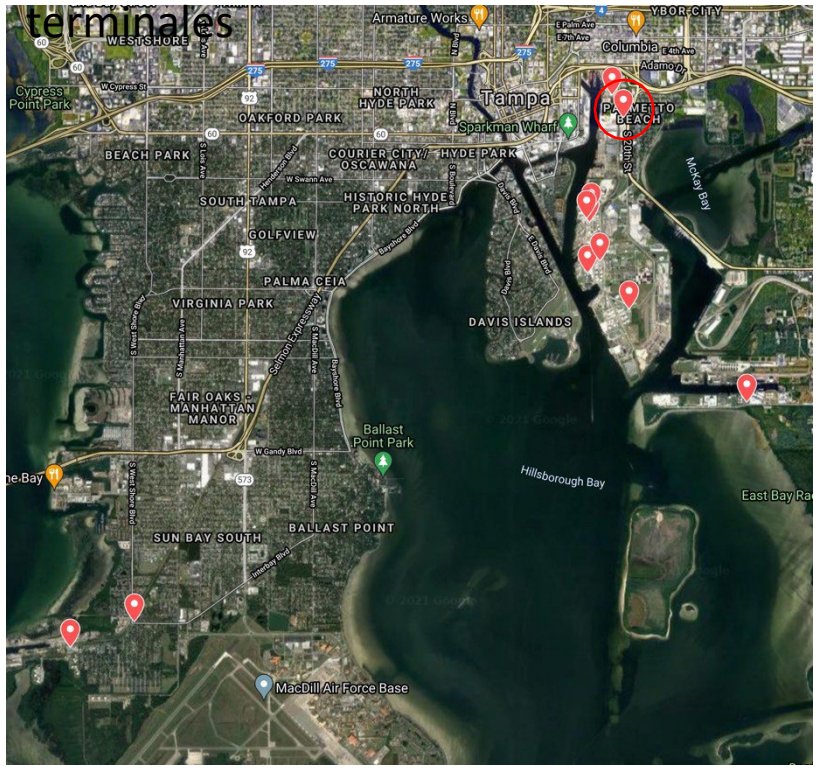
Análisis de los cuellos de botella en la distribución



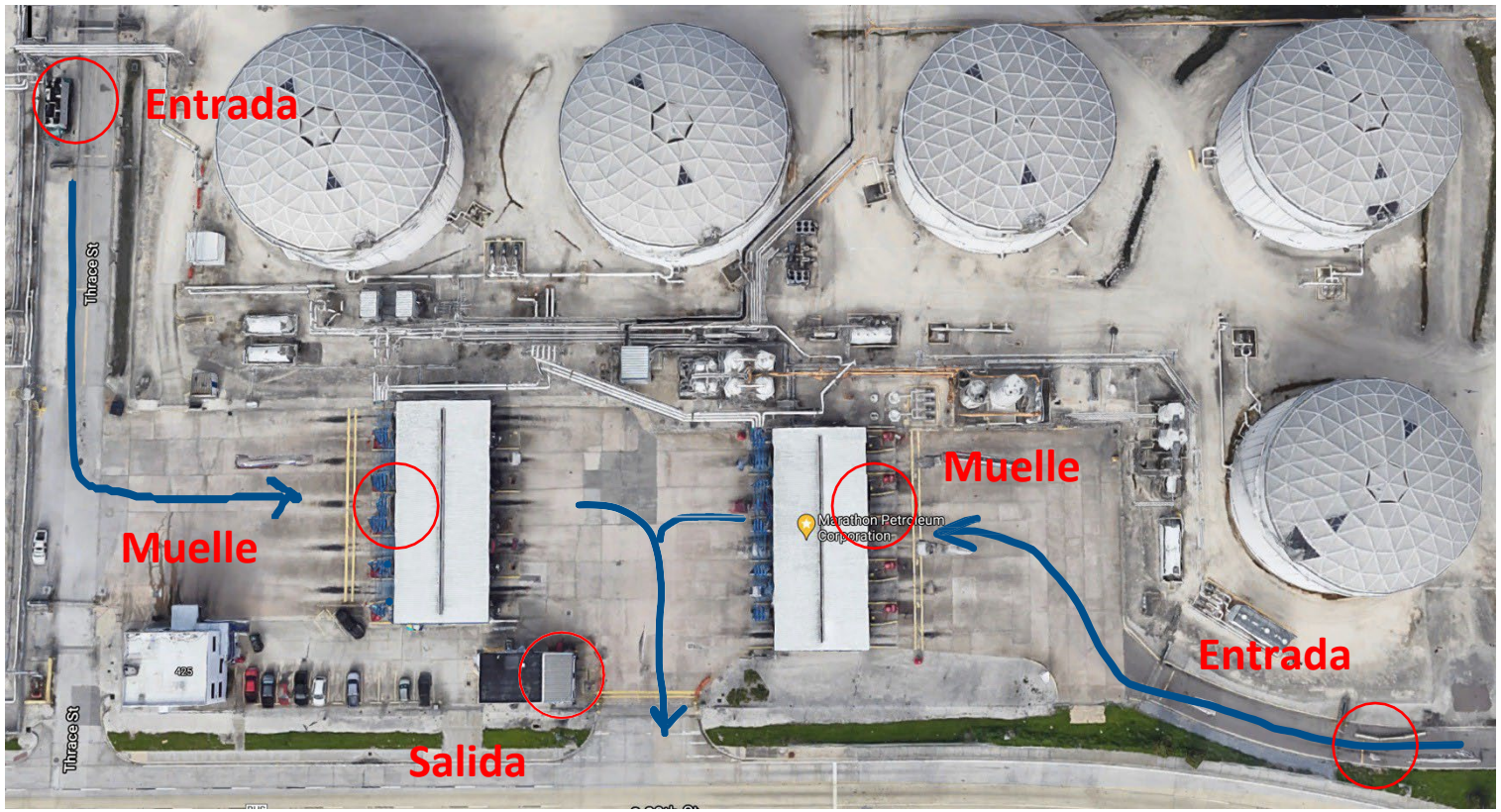
MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Análisis detallado de los cuellos de botella en la distribución

Agrupación de terminales



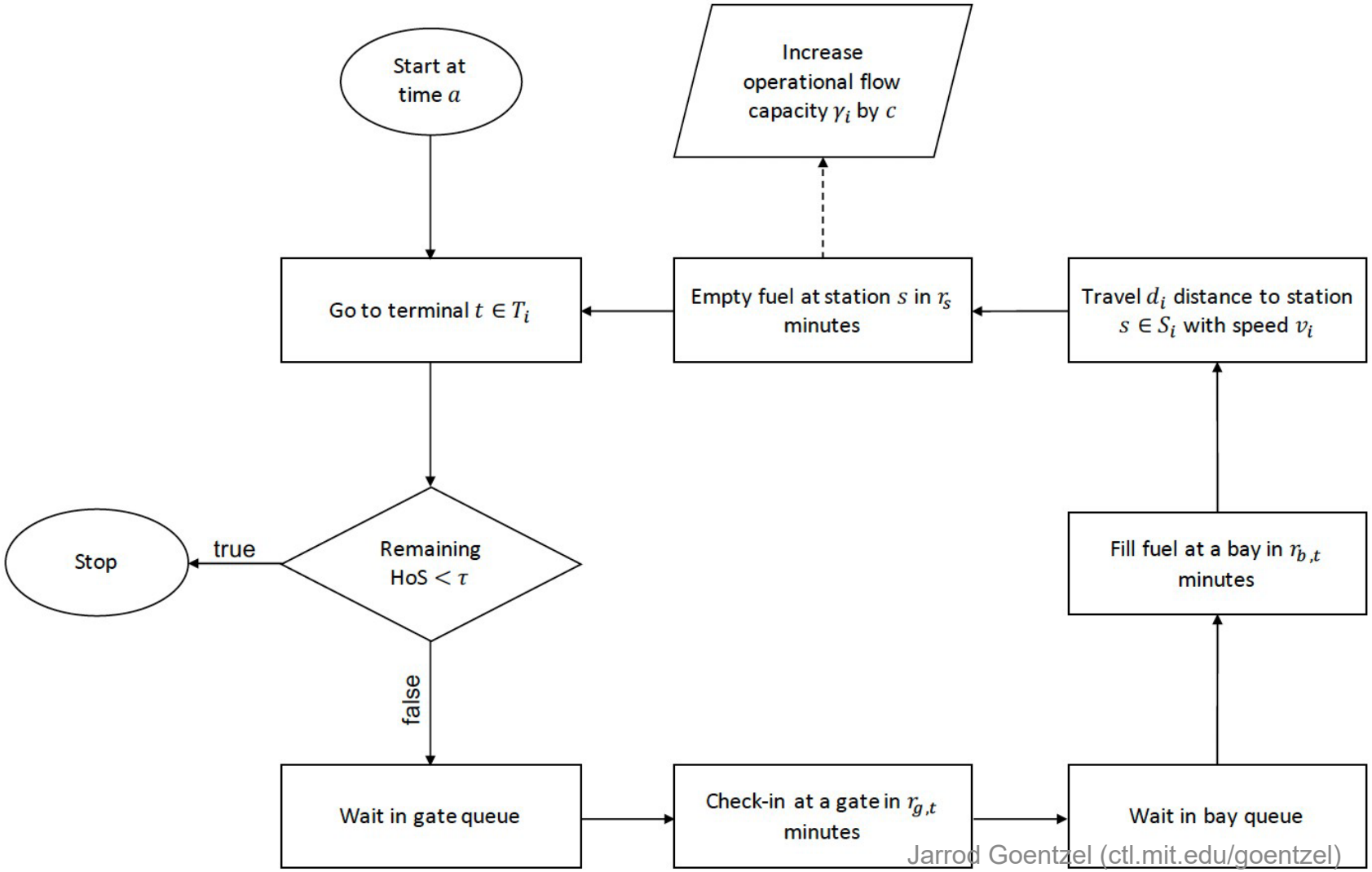
Termina



Creación de un modelo de simulación de eventos aislados

Parameter	Description
n_g	Number of check-in gates
n_b	Number of fuel fueling bays
d	Station distance in miles
S	Set of stations
m	Number of parking spaces
a	Start time for trucks in hour of day
τ	Stopping criteria for trucks in mins
c	Capacity of trucks in gallons
h	Hours of service of drivers
r_s	Time taken at stations in mins
r_g	Time taken at terminal gates in mins
r_b	Time taken at terminal bays in mins
v	Speed of trucks in miles/hr
f	Fleet size

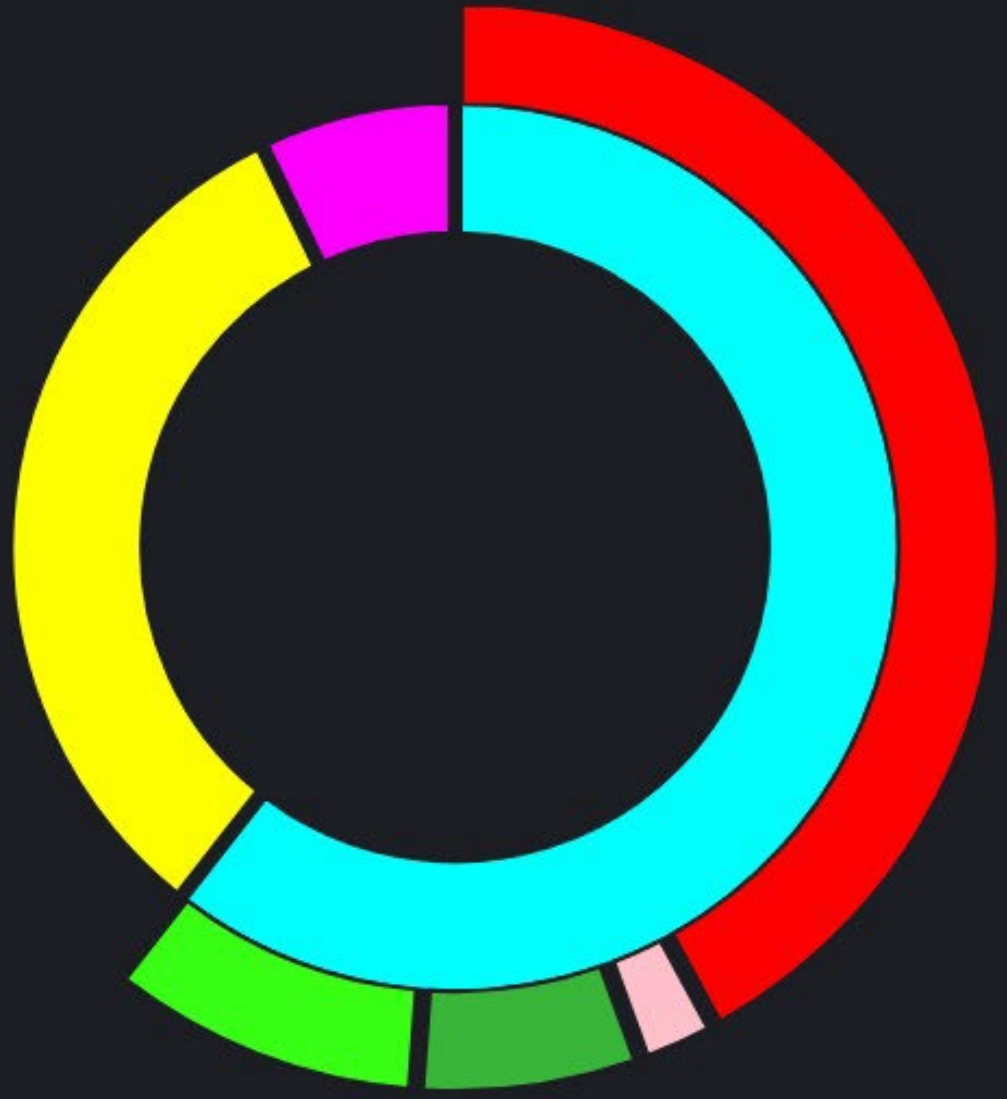
Figure 2 **Flow chart of the process cycle of a truck serving terminal group i.**




Cave Template App
localhost:4000/session/default/map
Creación de un modelo de simulación de eventos aislados
Map
Dashboard
SCENARIO
Florida Standard Configuration
MODEL
Manage input data
MAP LEGEND
Toggle layers

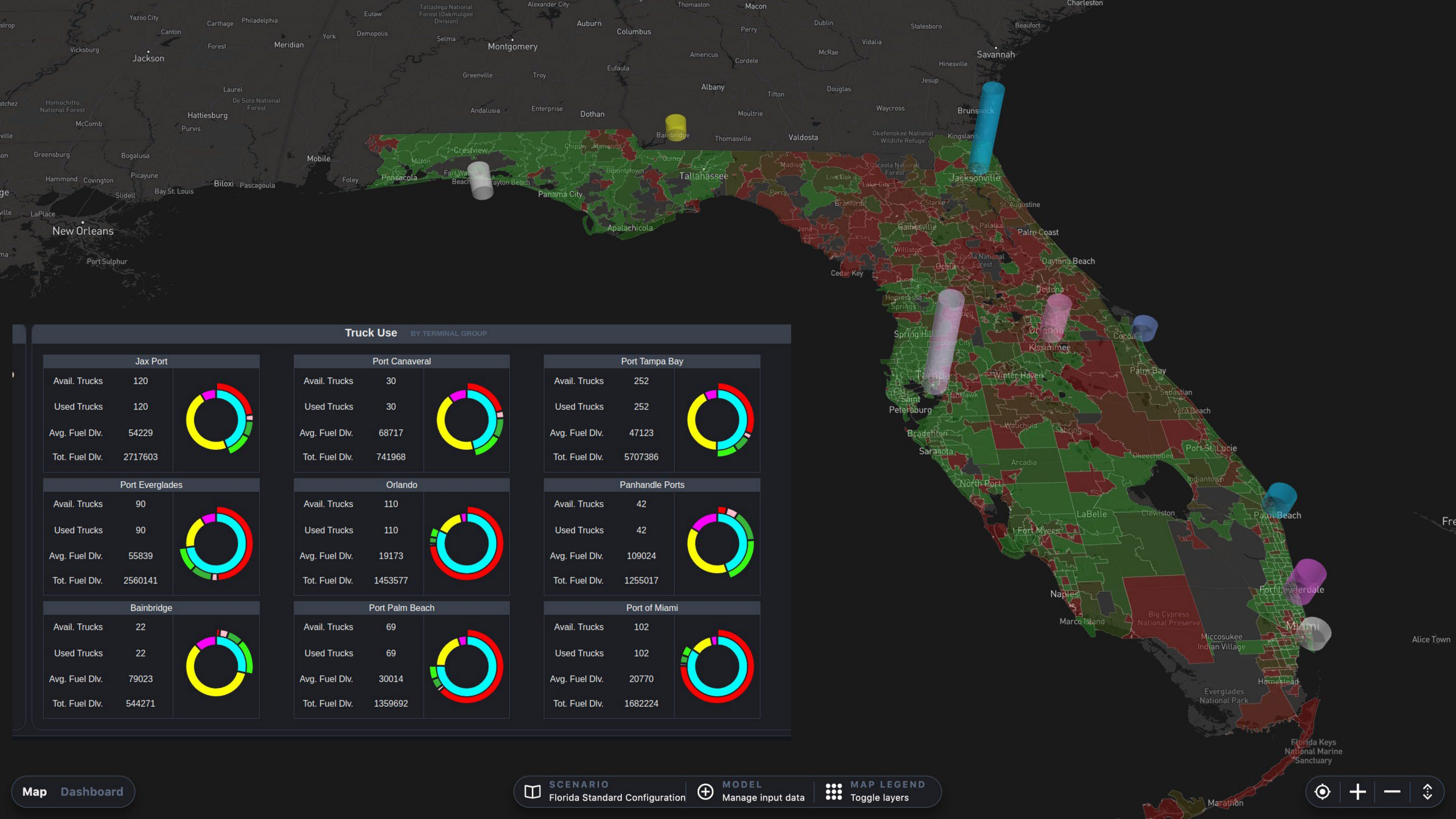
System Results

TRUCK USE AND DEMAND SUMMARY



LEGEND

- Closed
- Driving
- Station
- Terminal
- Terminal - Waiting for Gate to Open
- Terminal - In Gate Queue
- Terminal - At Gate
- Terminal - Waiting for Bay to Open
- Terminal - In Bay Queue
- Terminal - Filling Truck



Truck Use BY TERMINAL GROUP

Terminal Group	Avail. Trucks	Used Trucks	Avg. Fuel Dlv.	Tot. Fuel Dlv.
Jax Port	120	120	54229	2717603
Port Canaveral	30	30	68717	741968
Port Tampa Bay	252	252	47123	5707386
Port Everglades	90	90	55839	2560141
Orlando	110	110	19173	1453577
Panhandle Ports	42	42	109024	1255017
Bainbridge	22	22	79023	544271
Port Palm Beach	69	69	30014	1359692
Port of Miami	102	102	20770	1682224

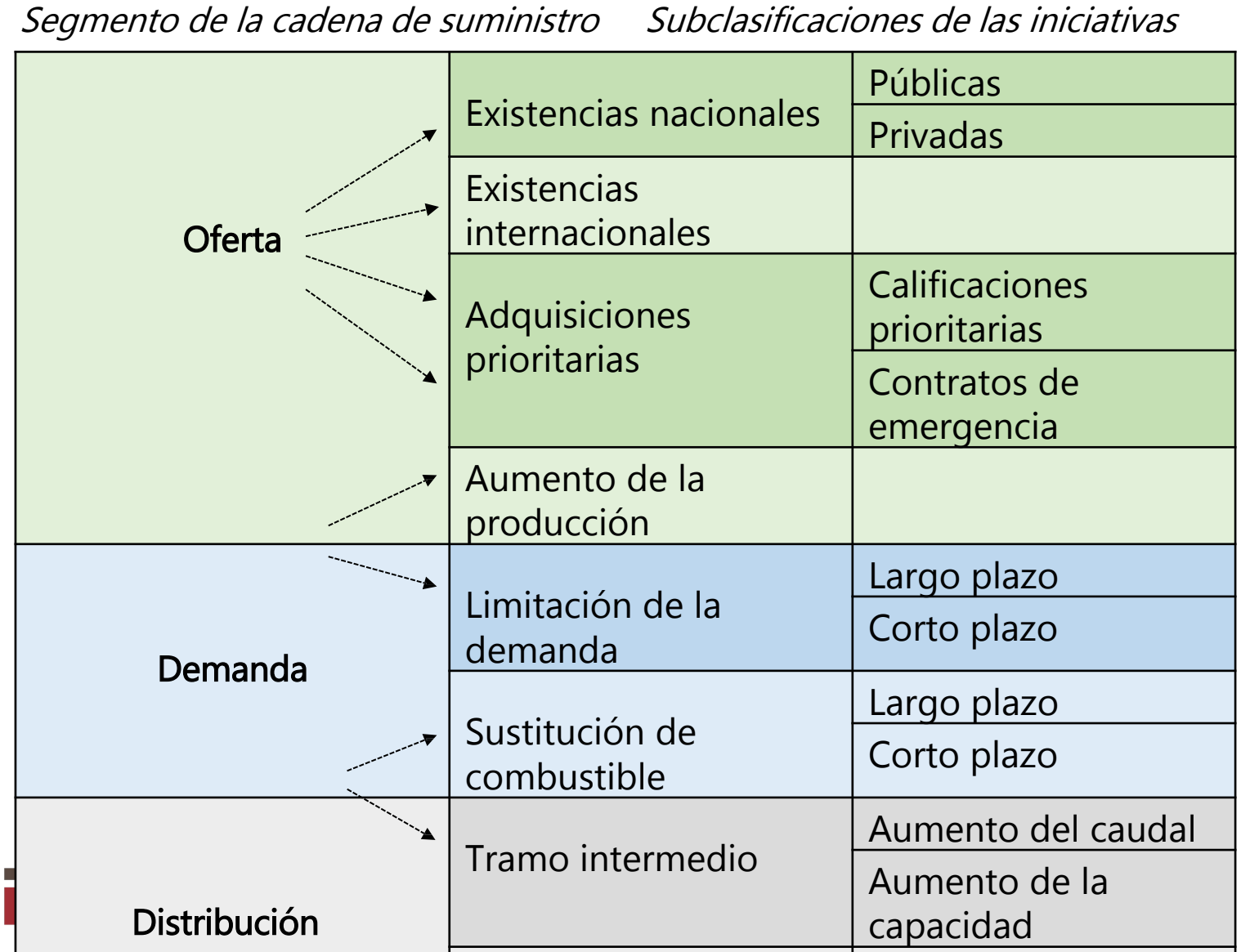
Map Dashboard

SCENARIO Florida Standard Configuration

MODEL Manage input data

MAP LEGEND Toggle layers

Trazado de perfiles de 43 iniciativas de los sectores público y privado para aumentar el suministro de combustible en los Estados Unidos



43 iniciativas identificadas

Se recopilaron datos sobre varias características de cada iniciativa, entre ellas:

- *Contexto*
- *Uso histórico*
- ***Impacto***
- *Limitaciones*
- ***Tipo: operacional o facilitadora***

Trazado de perfiles de 43 iniciativas de los sectores público y privado para aumentar el suministro de combustible en los Estados Unidos

5 Appendix A: Policy and Operational Levers

This section includes summaries of 43 policy and/or operational levers that government and private sector actors in the fuel supply chain can pull.

5.1 Lever Attributes

The table below includes descriptions of each of the attributes the levers were evaluated on in the 'Lever Summaries' section.

Attribute	Description
Actor	Decision maker. Who "pulls" the lever?
Background	Relevant information about the lever, the challenge in the system it aims to solve, or reasoning for including it
Standard requirements	What are the baseline requirements (with no lever). This is most appropriate for levers that are waivers of existing regulations.
Action	Action that the actor takes and/or process for activating/initiating the lever
Historic Use	Data on past use of this lever (where possible)
Time Horizon	Short term (emergency, can be initiated in a matter of days to a couple of weeks following a disruption) Long term (preparedness)
Impact	Impact of "pulling" the lever. Described in one of three ways, either (a) quantitative estimate of the lever's impact on fuel flow at a node or through the system, based on model or simulation, (b) quantitative "back of the envelope" estimate, or (c) description of data needed and how the impact could be assessed if data were available
Limitations/caveats	Limitations to the lever's use, or caveats to consider
Political consideration	Does the lever carry "political weight" or demonstrate government action
Enabling/Operational	Is the lever enabling another actor (usually Private sector) to operate (e.g., waiver) or is the lever actor operating (e.g., activating a bulk fuel contract)
Source(s)	Include link to source or reference for information included. Note: in many cases, hyperlinks are included throughout the lever summary.

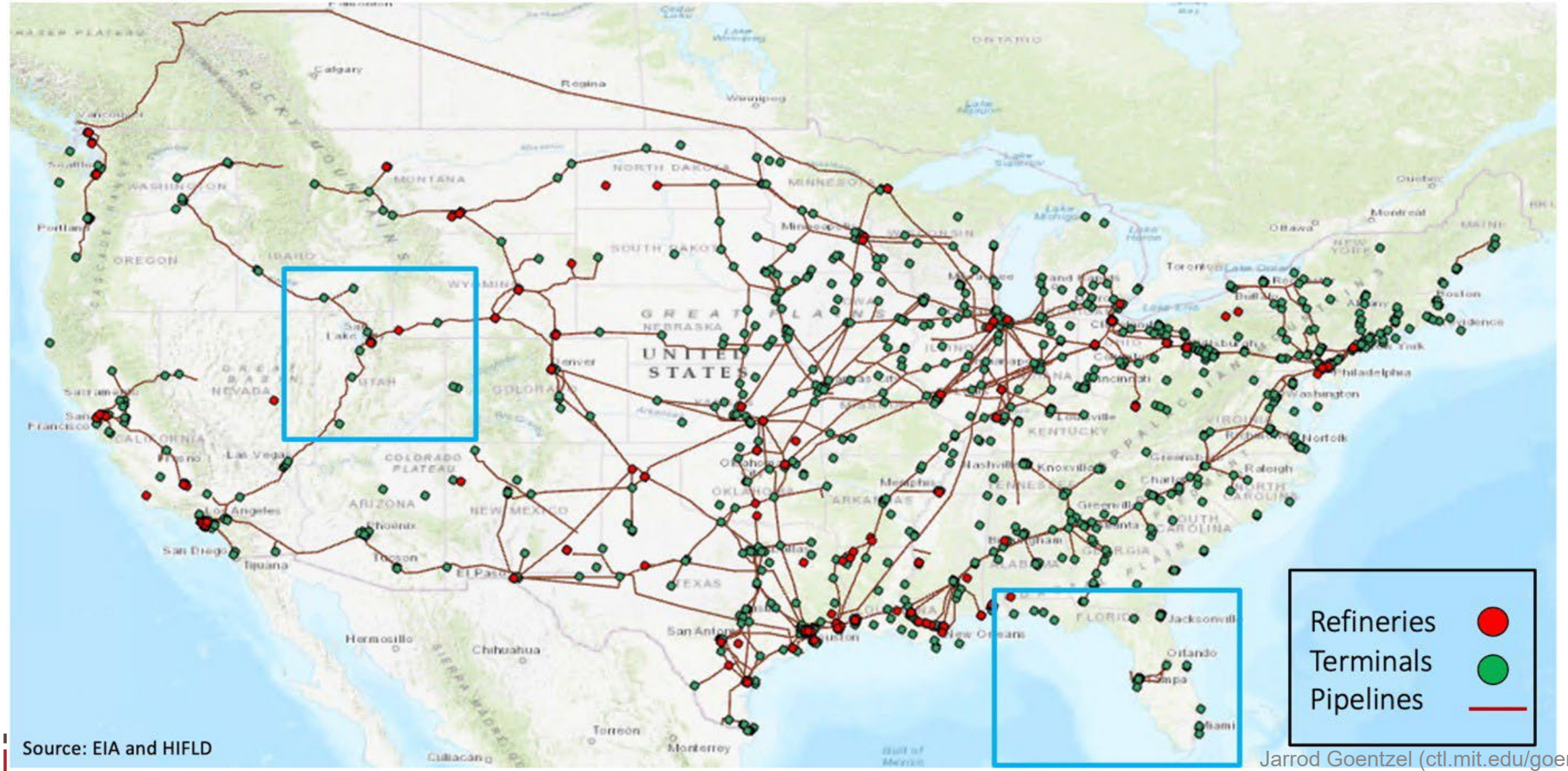
5.2 Lever Summaries

Below are summaries of the 43 levers assessed. This list is not meant to be exhaustive, but represents a broad range of levers available to public and private sector actors in the fuel supply chain.

1. Interstate Hours of Service Waiver

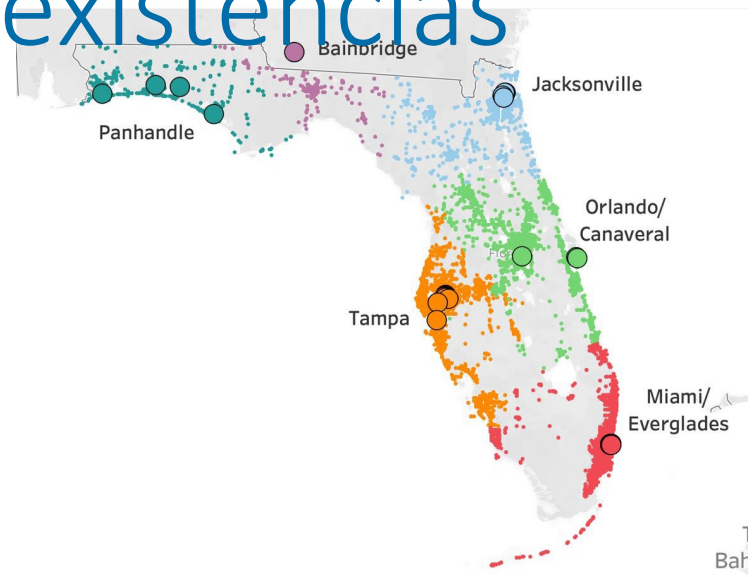
Attribute	Description
Actor	DOT – Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA)
Background	Hours of service apply to drivers of commercial motor vehicles. Interstate commerce refers to the transfer of goods, services, people across state borders.
Standard requirements	Set by the FMCSA, including: • 11 Hour Drive Limit: 11 hours max drive time after 10 consecutive hours off duty • 14 Hour Rule: 14-hour window – may not drive beyond 14th hour after coming on duty • 30 min breaks after 8 hours of driving • 70 Hour Rule: 70 hours in 8 days, or 60 hours in 7 days is the total time spent driving and on-duty • 34 Hour Restart: After 60 hours in 7 days or 70 hours in 8 days driver must be off duty 34 hours to drive again
Action	FMCSA can waive the interstate hours of service restrictions. Regional waivers are more impactful, as they give flexibility to, for example, allow trucks to refuel in another state and travel in to an affected area.
Historic Use	May 9 Emergency Declaration related to Colonial Pipeline system: Granted relief from Parts 390 through 399 of Title 49 Code (Part 395 is related to waiver of hours of service limits) for those carriers providing direct assistance transporting gasoline, diesel, jet fuel, and other refined petroleum products into the Affected States, and was subsequently modified May 12 to include additional states. The declaration was expanded May 26 for those carriers providing direct assistance hauling medical supplies, food, paper products, raw materials related to the national emergency. *This is an example of recent use; however, these waivers are frequently granted following natural disasters, including hurricanes, prolonged cold weather, etc. FMCSA maintains records of current and past waivers.*
Time Horizon	Short-term
Impact	Based on Florida and Utah models and assumptions, hours of service waivers increase surge capacity 49% to 67% over normal operations by allowing trucks to complete more trips per day.
Limitations/caveats	Emergency declaration should include items/identify elements NOT being granted emergency relief like the May 26, 2021 COVID Emergency Declarations (i.e., carriers not requiring fatigued drivers that request rest to continue to operate). Drivers still need appropriate rest for safety, and drivers (or their employers) may not be willing or able to work an extreme number of hours.
Political consideration	Yes, demonstrates Federal action
Enabling/Operational	Enabling
Source(s)	Links included above

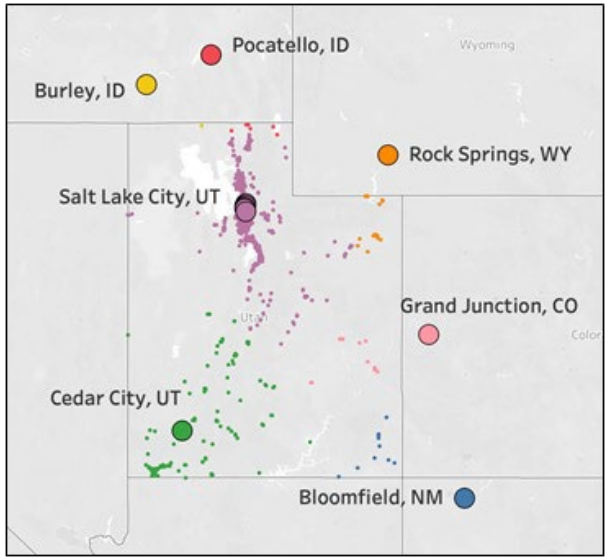
ESTUDIOS DE CASO



Jarrod Goentzel (ctl.mit.edu/goentzel)

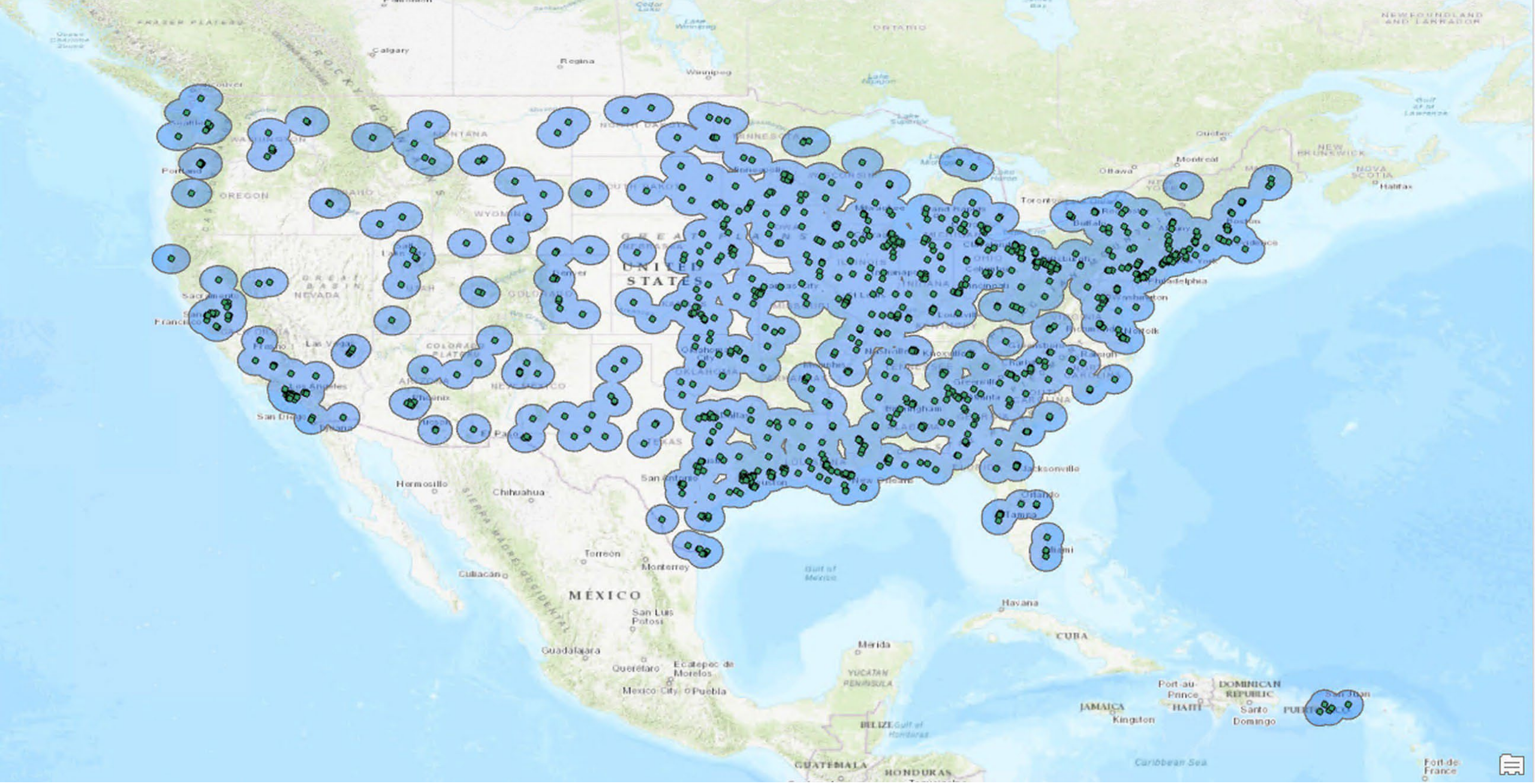
Capacidad de refuerzo en el tramo final si las terminales tienen existencias





Lever Status					Simulation Results - Surge Capacity			
Gate Rate	Bay Rate	Speed	Fleet Size	Hours of Service	FL Nominal	FL No Tampa	UT Nominal	UT No SLC
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	136%			
Normal	Normal	Normal	Normal	High	186%			
High	High	High	High	High	247%			

Jarrod Goentzel (ctl.mit.edu/goentzel)



MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Margen azul de 50 millas alrededor de las terminales

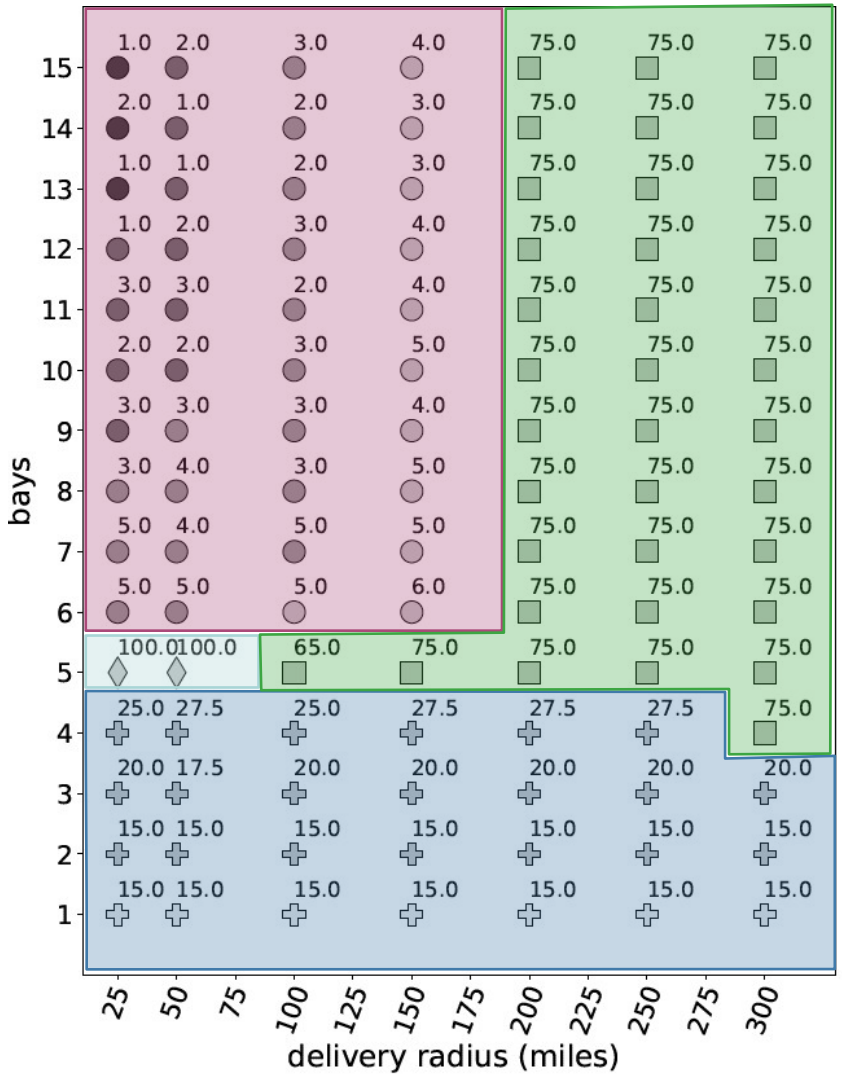
Orientaciones de las iniciativas por tipo de terminal

Operational Flow Capacity (MMgal/day)
- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5

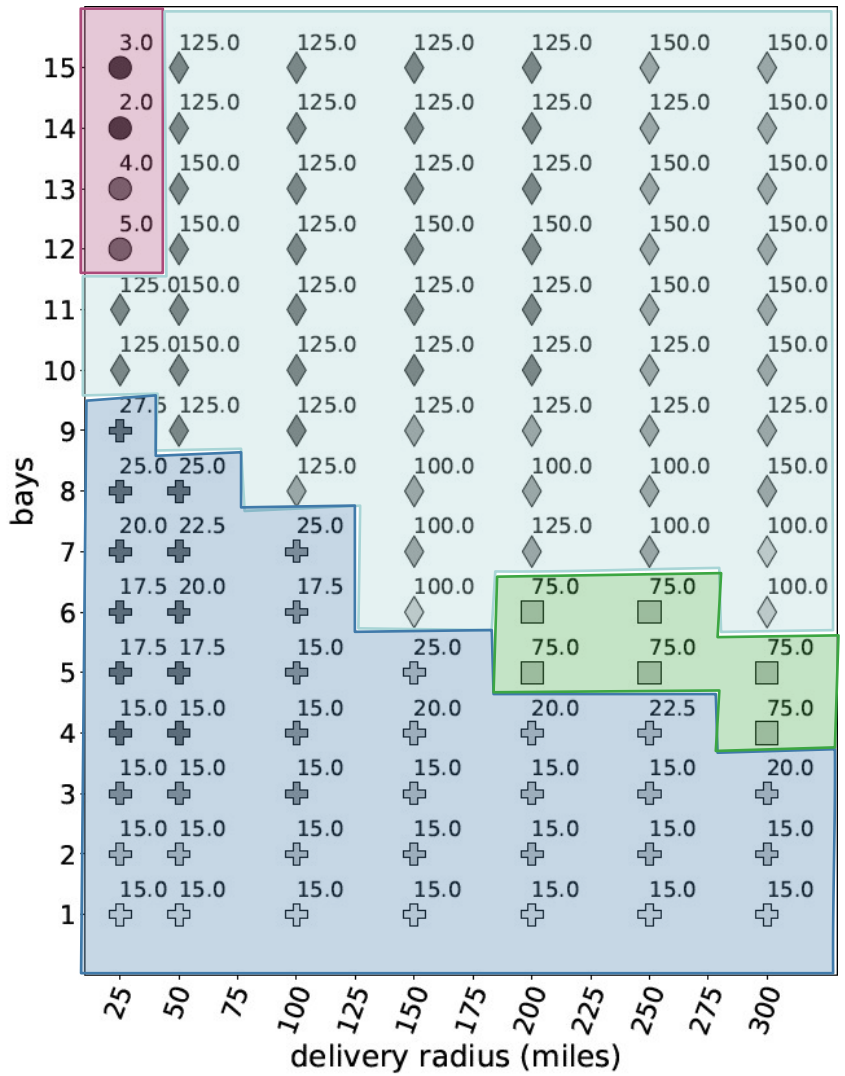
Recommended Intervention
- Gate Time
- Bay Time
- Transportation Speed
- Fleet Size

Valores de referencia

Tiempo en la entrada	7,7 min
Tiempo en el muelle	38,5 min
Velocidad del camión	49,5 millas/hora
Tamaño de la flota	50 camiones



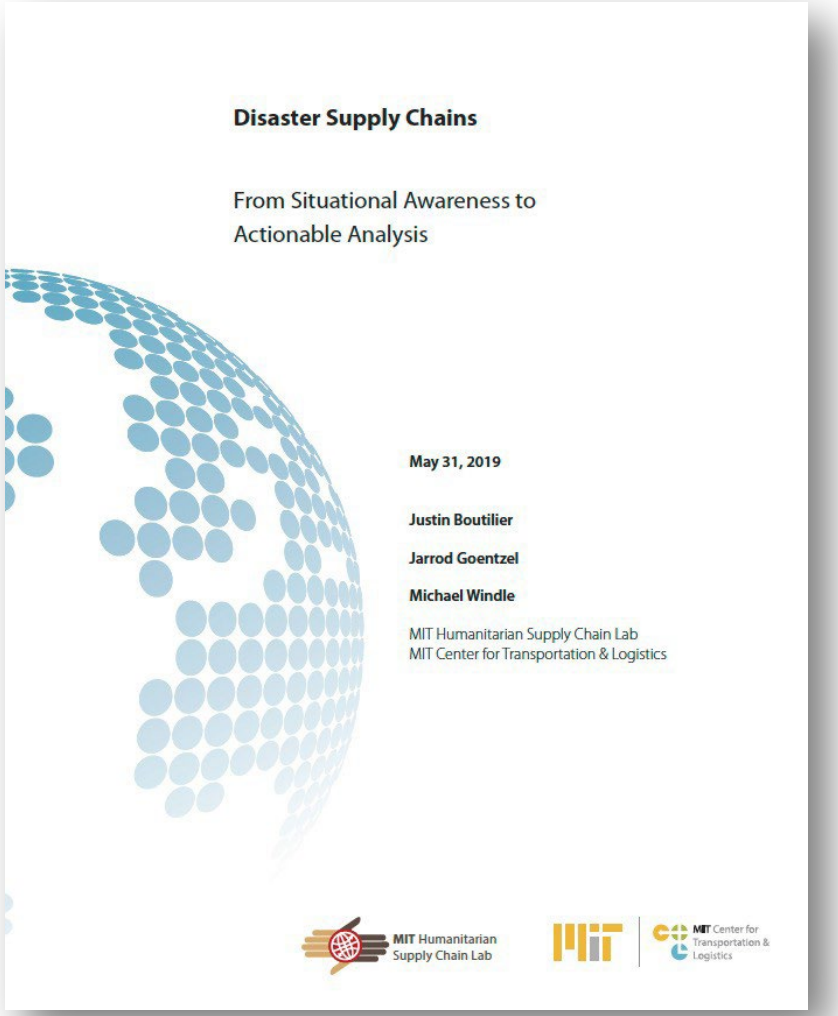
(a) 1 gates

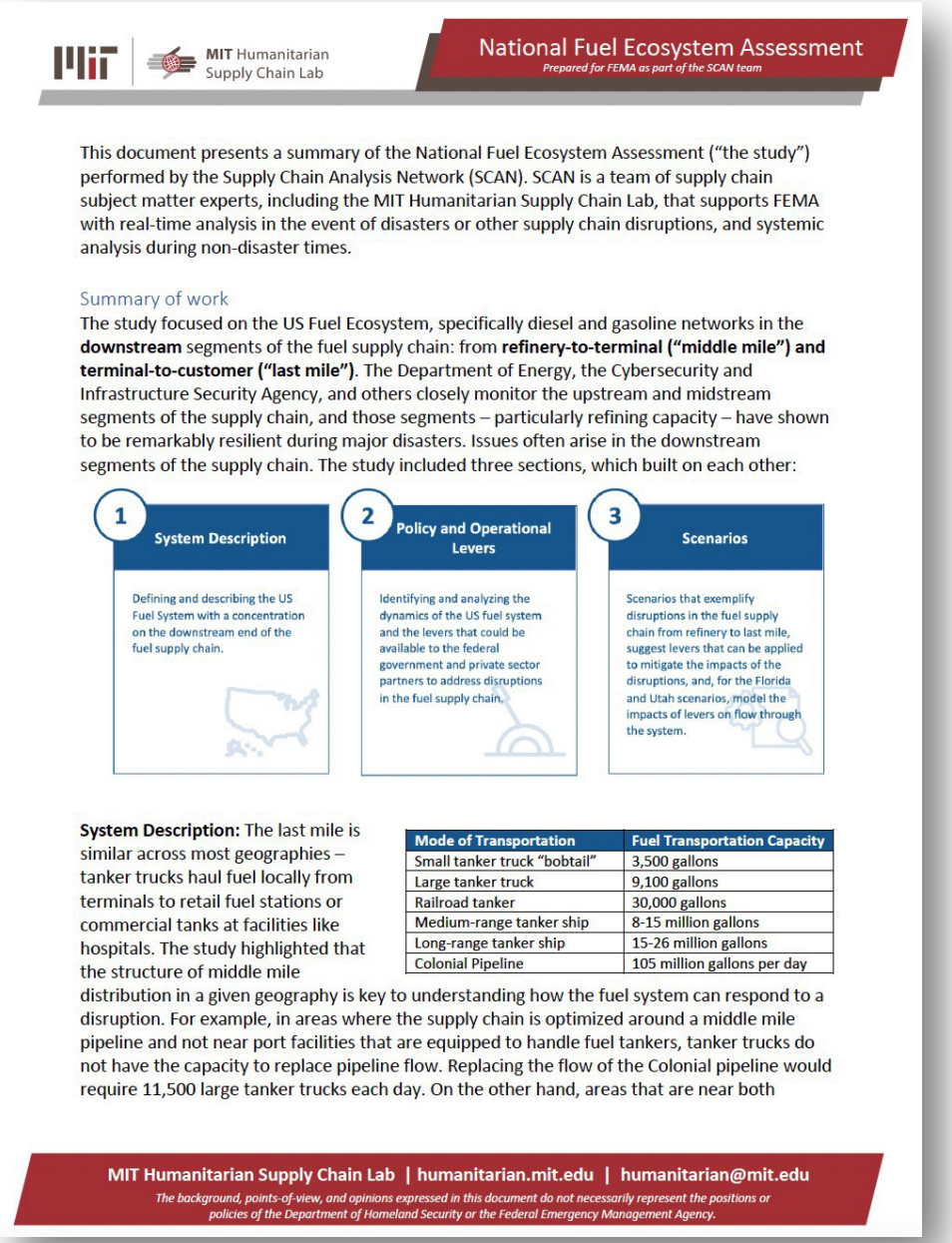


(b) 2 gates

Referencias adicionales

Publicación pendiente: Rana, S., Russell, T., Boutilier, J., and Goentzel, J. “Modeling Operational Flow Capacity and Evaluating Disaster Interventions for Downstream Fuel Distribution”. En revisión mínima para *Gestión de Producción y Operaciones*.





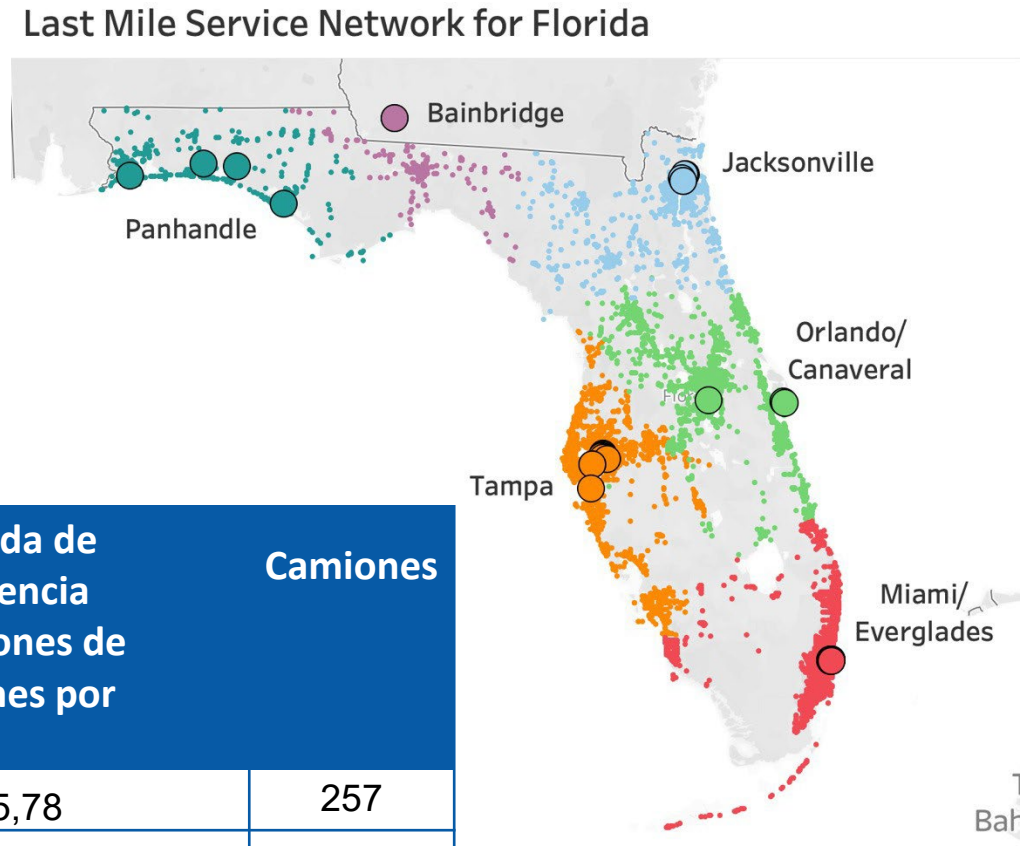
Fuente: Laboratorio de Cadena de Suministro Humanitaria del MIT, Centro de Transporte y Logística del MIT. (2019). *Disaster Supply Chains: Moving from Situational Awareness to Actionable Analysis.* Cambridge, MA: Boutilier, J., Goentzel, J. y Windle, M.

https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/126769

Diapositivas de reserva

Florida: Capacidad de refuerzo + Huracán de Tampa

La frecuencia de los huracanes en Florida hace que la red de distribución de gasolina sea vulnerable a los aumentos de la demanda y a las limitaciones de capacidad. Medimos su capacidad para satisfacer el aumento de la demanda y los efectos de estas iniciativas para mejorar el servicio. Además, incluimos un análisis en el que Port Tampa queda fuera de servicio para investigar el impacto sistémico de este resultado.



Iniciativas
Tasa de entrada
Tasa de muelle
Velocidad del camión
Tamaño de la flota
Horas de servicio

Indicadores clave de desempeño
Capacidad de refuerzo
Tiempo de espera en la entrada
Tiempo de conducción
Viajes/día

Grupo	Demanda de referencia (millones de galones por día)	Camiones
Tampa	5,78	257
Panhandle	3,94	175
Orlando/Cañaveral	5,33	237
Miami	4,87	216
Jacksonville	2,15	96
Bainbridge	1,22	54
Total	**23,29**	**1035**

Jarrod Goentzel (ctl.mit.edu/goentzel)

Florida: Iniciativas de transporte > iniciativas de terminales; las horas de servicio son cruciales

- El sistema satisface hasta un 36 % de la demanda por encima de la base de referencia (condiciones normales)
- Durante las tormentas, el sistema funciona peor y puede satisfacer una demanda apenas superior a la de referencia.
- Horas de servicio más eficaces, con un aumento de la capacidad de refuerzo al 85,66 % sobre la base de referencia.
- La combinación de iniciativas ayuda al sistema a satisfacer más del doble de la demanda final.
- Con Tampa interceptada, las terminales de Orlando abastecen al 99 % de las estaciones de Tampa.
- Con Tampa cerrada, el sistema estatal no puede satisfacer la demanda de referencia.
- Orlando solo puede atender el 44,78 % de la demanda combinada (no se muestra en el gráfico)
- Así, Florida debe planificar el racionamiento y el abastecimiento de combustible en terminales lejanas cuando cierra un grupo de terminales.

Sistema nominal | Sin Tampa

Tasa de entrada	Tasa de muelle	Velocidad	Tamaño de la flota	Horas de servicio	Capacidad de refuerzo	Tiempo de espera en la entrada (horas)	Tiempo de conducción (horas)	Viajes por día
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	136,0 %	0,63	4,49	2,24
Bajo	Bajo	Normal	Normal	Normal	119,9 %	0,98	3,98	2,01
Normal	Normal	Bajo	Bajo	Normal	110,0 %	0,17	5,67	2,27
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Normal	101,8 %	0,39	5,19	2,10
Alto	Normal	Normal	Normal	Normal	141,6 %	0,48	4,67	2,33
Normal	Alto	Normal	Normal	Normal	148,3 %	0,47	4,90	2,44
Normal	Normal	Alto	Normal	Normal	142,3 %	0,74	3,95	2,35
Normal	Normal	Normal	Alto	Normal	145,0 %	0,99	4,03	2,01
Normal	Normal	Normal	Normal	Alto	185,7 %	0,70	6,32	3,06
Alto	Alto	Normal	Normal	Normal	160,9 %	0,20	5,37	2,65
Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	202,9 %	1,34	4,76	2,79
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	247,4 %	0,70	5,88	3,40

Sistema nominal | Sin Tampa

Tasa de entrada	Tasa de muelle	Velocidad	Tamaño de la flota	Horas de servicio	Capacidad de refuerzo	Tiempo de espera en la entrada (horas)	Tiempo de conducción (horas)	Viajes por día
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	96,8 %	1,38	3,55	1,88
Alto	Normal	Normal	Normal	Normal	102,3 %	1,27	3,59	1,91
Normal	Alto	Normal	Normal	Normal	107,7 %	1,14	3,89	2,07
Normal	Normal	Alto	Normal	Normal	99,7 %	1,47	3,07	1,94
Normal	Normal	Normal	Alto	Normal	100,4 %	1,75	3,26	1,72
Normal	Normal	Normal	Normal	Alto	131,7 %	1,71	4,46	2,30
Alto	Alto	Normal	Normal	Normal	120,3 %	0,96	3,99	2,10
Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	138,9 %	2,33	3,44	2,15
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	177,3 %	1,72	4,08	2,51

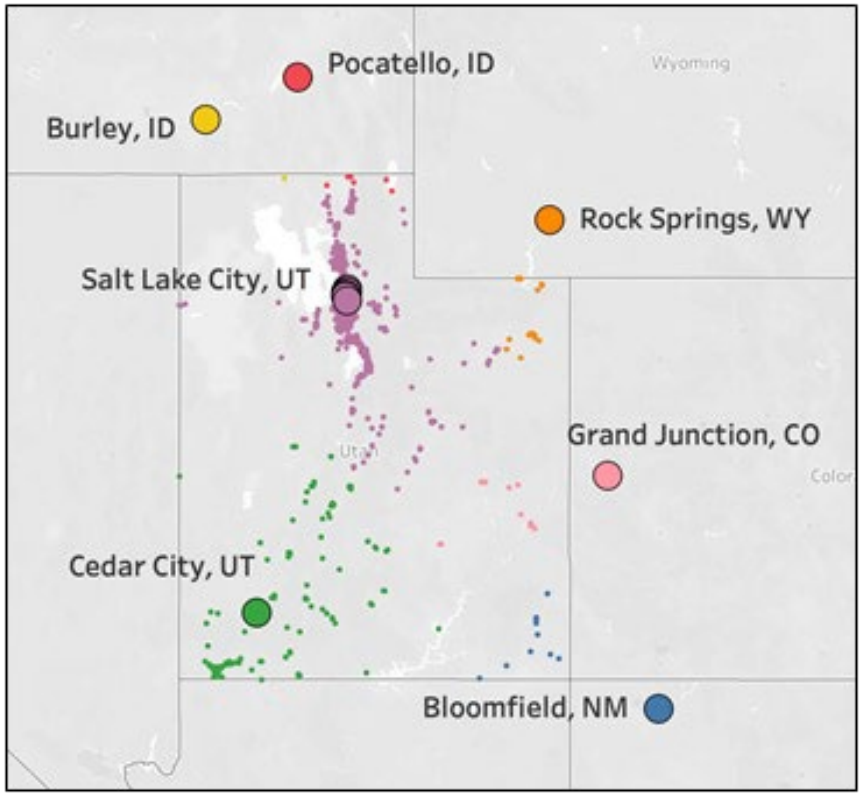
Utah: posibilidad de terremoto en la zona de la falla de Wasatch

La red de distribución descendente de gasolina de Utah es vulnerable a los terremotos. Medimos su capacidad para satisfacer el aumento de la demanda y los efectos de estas iniciativas para mejorar el servicio. Además, incluimos un análisis en el que la falla de Wasatch se rompe y la capacidad de la refinería queda fuera de servicio en Salt Lake City para investigar el impacto sistémico.

Iniciativas
Tasa de entrada
Tasa de muelle
Velocidad del camión
Tamaño de la flota
Horas de servicio

Indicadores clave de desempeño
Capacidad de refuerzo
Tiempo de espera en la entrada
Tiempo de conducción
Viajes/día

Grupo	Demanda de referencia en Utah (millones de gales por día)	Camiones
Salt Lake City	2,63	179
Cedar City	0,64	44
Rock Springs	0,08	6
Grand Junction	0,07	5
Bloomfield	0,05	4
Pocatello	0,02	2
Burley	0,01	1
Total	**3,50**	**241**



MIT Humanitarian Supply Chain Lab

Jarrod Goentzel (ctl.mit.edu/goentzel)

Análisis de Utah

- En comparación, Utah tiene una demanda menor que Florida, lo que se traduce en una mayor capacidad de refuerzo.
- Salt Lake City (grupo de terminales) puede atender casi el doble de la demanda de referencia en condiciones normales y hasta el triple de la demanda de referencia cuando se aplican todas las iniciativas.
- Iniciativas en cuanto a horas de servicio más eficaces.
- Cuando se intercepta Salt Lake City, el sistema queda en gran medida comprometido.
- Con todas las iniciativas, las demás terminales solo son capaces de satisfacer la mitad de la demanda de referencia de Utah.
- Las distancias son largas, por lo que los camiones no pueden hacer suficientes viajes al día.
- Para los sistemas descendentes que dependen en gran medida de un grupo central de terminales, la interceptación supone una mayor amenaza para el rendimiento y las fuentes alternativas de suministro cobran importancia.

Sistema nominal | Sin SLC

Tasa de entrada	Tasa de muelle	Velocidad	Tamaño de la flota	Horas de servicio	Capacidad de refuerzo	Tiempo de espera en la entrada (horas)	Tiempo de conducción (horas)	Viajes por día
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	178,9 %	0,05	5,26	2,89
Bajo	Bajo	Normal	Normal	Normal	161,8 %	0,30	4,74	2,61
Normal	Normal	Bajo	Bajo	Normal	127,7 %	0,01	5,8	2,61
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Normal	124,9 %	0,04	5,56	2,56
Alto	Normal	Normal	Normal	Normal	183,1 %	0,02	5,38	2,95
Normal	Alto	Normal	Normal	Normal	186,8 %	0,04	5,53	3,01
Normal	Normal	Alto	Normal	Normal	192,0 %	0,11	4,78	3,10
Normal	Normal	Normal	Alto	Normal	201,0 %	0,23	4,90	2,73
Normal	Normal	Normal	Normal	Alto	247,3 %	0,05	7,45	3,99
Alto	Alto	Normal	Normal	Normal	196,0 %	0,01	5,63	3,16
Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	274,0 %	0,43	5,85	3,72

Sistema nominal | Sin SLC

Tasa de entrada	Tasa de muelle	Velocidad	Tamaño de la flota	Horas de servicio	Capacidad de refuerzo	Tiempo de espera en la entrada (horas)	Tiempo de conducción (horas)	Viajes por día
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	27,9 %	0,16	6,46	1,14
Alto	Normal	Normal	Normal	Normal	28,7 %	0,11	6,55	1,17
Normal	Alto	Normal	Normal	Normal	28,9 %	0,14	6,78	1,18
Normal	Normal	Alto	Normal	Normal	33,0 %	0,14	6,23	1,35
Normal	Normal	Normal	Alto	Normal	31,4 %	0,24	6,43	1,14
Normal	Normal	Normal	Normal	Alto	38,5 %	0,14	8,83	1,57
Alto	Alto	Normal	Normal	Normal	28,9 %	0,06	6,75	1,18
Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	48,4 %	0,22	8,29	1,76
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	50,2 %	0,06	8,77	1,82