



Infraestructura de Transportación de Puerto Rico: Adelantos en el Plan de Recuperación y Resiliencia Post Huracán María

Benjamín Colucci Ríos, PhD, PE, PTOE, FITE, API, JD

Catedrático, UPR-Mayagüez

Director, Centro de Transferencia de Tecnología de Transportación

Ingeniero Distinguido de IIC - 2014

Viernes, 5 de abril de 2019





Buenos Días!

Agradecimientos

- Personal de apoyo del Centro de Transferencia de Tecnología en Transportación (T²/LTAP):
 - Emily Bernard
 - Xavier Babilonia
 - Grisel Villarrubia





“Tenemos en el horizonte un panorama alentador. Nuestro llamado a los profesionales de la construcción es a liderar junto al gobierno este proceso.”

Ing. Marilú de la Cruz

Presidenta del Instituto de Ingenieros Civiles del Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico

Fuente: El Nuevo Día



“En los próximos años tendremos la inversión más grande en la historia reciente para la reconstrucción de nuestras vías de rodaje y mejoramiento en la seguridad vial. Nuestro compromiso es trabajar mano a mano con la industria de la construcción para ejecutar un plan agresivo que facilite las oportunidades de crecimiento profesional de todos, mientras mejoramos la calidad de vida de los usuarios de nuestra red vial de carreteras. ¡Unidos transformaremos la red vial de Puerto Rico!”

Ing. Rosana Aguilar Zapata

Directora Ejecutiva de la Autoridad de Carreteras y Transportación

“Nuestras carreteras ya se encontraban en un estado delicado, pero los daños ocurridos habrían ocurrido incluso si se hubieran mantenido en buenas condiciones. [...] Tuvimos dos huracanes de categoría 5, seguidos. Nunca habíamos experimentado esto antes en Puerto Rico.”

Ing. Carlos M. Contreras-Aponte

Secretario del Departamento de Transportación y Obras Públicas





“It is critical to get the island’s infrastructure in working condition as soon as possible so relief supplies and other assistance can be delivered to the people of Puerto Rico.”

Elaine L. Chao

Secretary of the United States Department of Transportation

Source: <https://www.fhwa.dot.gov/>



“El huracán María nos dejó una lección palpable, un nuevo paradigma de construcción ... parte de nuestra infraestructura construida en la Isla no estaba ni remotamente preparada para un huracán de esta magnitud. Construir de la misma manera, informalmente, solo nos llevará a repetir el mismo ejercicio de construcción en innumerables ocasiones. ”

Ing. Pablo Vázquez Ruiz

Presidente CIAPR 2017-2019

Fuente: El Nuevo Día

...En solidaridad con nuestra gente puertorriqueña, en particular aquellos que sufrieron pérdidas de vida y toda su propiedad. #PRSeLevanta



Fuente: <https://www.telemundo51.com>

EL GOBIERNO DE PUERTO RICO - MEMORIAS DE ANTERIOES GOBIERNOS - 1978 - 2017

GRATIS

de Puerto Rico

el Vocero

en línea www.vocero.com

«La verdad no tiene precio»

El gobernador ordena actualizar la cifra oficial de personas fallecidas a causa del devastador huracán, que permanecía en 64.

El informe de la Universidad George Washington se centra más en el tema de las comunicaciones y el manejo de crisis que en las causas de los fallecimientos. >P3/4



2,975

MUERTES POR MARÍA



Fuente: <http://www.laprensa.hn/>



Temas a cubrir

- I. Introducción
- II. Resiliencia y su relación al la infraestructura de transporte
- III. Importancia de la infraestructura de transporte en el desarrollo socioeconómico de Puerto Rico
- IV. Estimados de costos a la infraestructura de transporte según el Informe Económico de la Junta de Planificación de Puerto Rico



Temas a cubrir (cont.)

- v. Desglose de asignaciones del DTOP para el mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial
- vi. Adelantos en el Plan de: Recuperación, Reconstrucción y Resiliencia Post Huracán María
- vii. Lecciones aprendidas y desafíos futuros para fortalecer la resiliencia de la infraestructura de transporte en zonas costaneras y montañosas
- viii. Recomendaciones a corto y mediano plazo para el Plan de Recuperación de la Junta de Planificación conforme a las especificaciones de: Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) Departamento de Transportación Obras Públicas (DTOP)¹¹ y Administración Federal de Carreteras (FHWA)







Impacto y lecciones aprendidas a raíz del paso del huracán María en la infraestructura de transporte en la isla caribeña de Puerto Rico

Benjamin Colucci Rios, PhD, PE
Vicepresidente de la Región del Caribe de UPADI, Catedrático en el área de transporte, y Director del Centro de Transferencia de Tecnología en Transportación, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Alberto M. Figueroa Medina, PhD, PE
Catedrático en el área de transporte, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Alexander Molano Santiago, BSCE, MSCE Candidate
Estudiante graduado de Ingeniería Civil y asistente de investigación en transporte, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

I. Introducción: Paso de Huracán *María* por Puerto Rico



Impacto en Infraestructura de Transporte a Raíz del Huracán María

Erosión costanera



Derrumbes



Socavación de pavimentos



Semáforos



Reconstrucción de Telecomunicaciones



Reconstrucción red eléctrica



Limpieza de escombros



Infraestructura de Transportación en Puerto Rico y Datos Afines

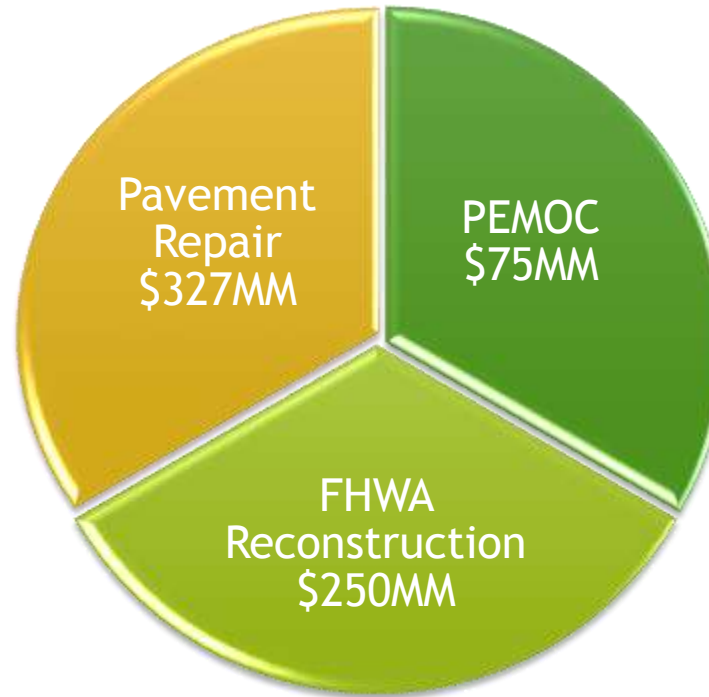


Fuente: mapacarreteras.org

- ▶ **Superficie terrestre:** 9,104 km² (3,515 mi²)
- ▶ **Población (julio 2017):** 3,337,177
- ▶ **Línea de costa:** 1,286 km (800 mi)
- ▶ **Infraestructura de Transporte**
 - ▶ **Red de carreteras:** 26,860 km (16,694 mi)
 - ▶ **Puentes:** 2,304 en total
 - ▶ **Aeropuertos:** 11 en total, 5 adyacentes al mar
 - ▶ **Puertos marítimos:** 12, concentrado al sur

Programa Abriendo Caminos de la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT)

- * ACT está manejando una inversión de \$652 millones en reconstrucción.
- * Sobre 80% está relacionado a la preservación de pavimentos, mantenimiento y/o reconstrucción.



Programa Abriendo Caminos

Fuente: Presentación SIPR por Ing. Rosana Aguilar Zapata, 3 de abril de 2019

Estatus de Restauración de Servicios Esenciales

- ▶ **AEE:** 83.8% generación (18/feb/2018)
- ▶ **AAA:** 98.46% de clientes (19/feb/2018)
- ▶ **Telecomunicaciones:** 98.5% de clientes (2/feb/2018)
- ▶ **Puertos reabiertos:** 100% (24/ene/2018)
- ▶ **Estaciones de gasolina:** 88% (26/dic/2017)
- ▶ **Rutas AMA:** 100% (24/ene/2018)
- ▶ **Oficinas de correo:** 100%



Condición de la Infraestructura de Puerto Rico: Antes del Impacto del Huracán María

Bridges

- ▶ Inventory: 2,304 bridges (2015)
 - ▶ National Highway System: 780
 - ▶ Deficient classification: 1,269
 - ▶ Functionally obsolete: 968
 - ▶ Structurally deficient: 301
- ▶ Design life: 50 years
 - ▶ 33.1% (762) of bridges are 50 years or older
 - ▶ 12.5% (287) of bridges are 75 years or older

Source: Eng. Javier Arroyo, PRHTA-DTPW, August 2015

Pavements

- ▶ Approximately 16,694 miles (26,860 km) of roads.
- ▶ Inspected in 2014: 7,467.59 km of National Highway System
- ▶ Pavement network rating:
 - ▶ 80.4% poor
 - ▶ 16.7% fair
 - ▶ 2.9 % good

19
Source: *Pavement and Bridge Condition, Puerto Rico NHS Network 2014*
Eng. Cándido Camacho Ayala, ACT

Radiografía de la infraestructura de puentes en Puerto Rico

- ▶ Inventario: 2,304 puentes
 - ▶ Sistema Nacional de Vías Federal: 780
 - ▶ Clasificación deficiente: 1,269
 - ▶ Funcionalmente obsoletos: 968
 - ▶ Estructura deficiente: 301
- ▶ Vida útil de diseño: 50 años
 - ▶ 33.1% (762) puentes tienen 50 años o más
 - ▶ 12.5% (287) puentes tienen 75 años o más



Infraestructura de pavimento

- ▶ Aproximadamente 16,694 millas (26,860 km) de carreteras.
- ▶ Inspeccionado en el 2014: 7,467.59 km. de la Red Nacional Local.
- ▶ Calificación de la red:
 - ▶ 80.4% “poor”
 - ▶ 16.7% “fair”
 - ▶ 2.9 % “good”



Situación de infraestructura de transportación de Puerto Rico Post Huracán María

► Carreteras:

- 1,500 tramos de carreteras urbanas y rurales con daños
- No incluye la longitud total

► Puentes:

- 129 puentes afectados (aprox. 6%);
Fuente: Noticel - 30/septiembre
- 22 puentes con daños estructurales mayores, de un total de 2,304 puentes
 - Socavación crítica (7)
 - Colapso (15)



Fuente: www.elnuevodia.com

Situación de infraestructura de semáforos Post Huracán María

- ▶ Semáforos:
 - ▶ 1,200 intersecciones semaforizadas en total
 - ▶ 100% averiados
 - ▶ 615 reparados y operando
 - ▶ 220 reparados pero sin operar por falta de energía eléctrica (11/ene/2018)
 - ▶ \$8.7 millones fondos asignados por FHWA
 - ▶ Gastos de rotulación, mástiles y accesorios están enmarcados en el estimado global



Situación de otros sistemas de transportación en Puerto Rico Post Huracán María

- ▶ Aeropuertos y puertos marítimos:
 - ▶ Colapso total de sistema de control de tráfico aéreo
 - ▶ Daños a boyas de navegación en puertos marítimos
- ▶ Tren Urbano:
 - ▶ Cierre de estaciones por daño estructural con 14 de 16 estaciones operando

Fuentes: <http://www.elvocero.com/>



Estatus de Recuperación Sistemas Inteligentes de Transportación (ITS) luego del Huracán María

- ▶ Construcción del Centro de Manejo del Tránsito en la Plaza de Peaje de Caguas Norte.
 - ▶ **Propósito:** Integrar las operaciones de la ACT y de los Negociados de la Policía y Emergencias Médicas
 - ▶ **Beneficios:** Mejorar la **respuesta** a incidentes en las carreteras.
- ▶ Instalación de dispositivos de ITS en las carreteras principales del AMSJ
 - ▶ **Estatus:**
 - ▶ PR-26- Expreso Ramón Baldorioty de Castro: En construcción
 - ▶ PR-18 - Expreso Las Américas: Construcción futura como parte del DTL
 - ▶ PR-30 - Expreso Caguas -Humacao: Construcción futura como parte del DTL
 - ▶ PR-52: Autopista Luis A. Ferré: Construcción futura como parte del DTL
 - ▶ **Beneficios:** Proveerán información en tiempo real al Centro de Manejo de Tránsito con el objetivo de monitorear el flujo vehicular y detectar incidentes de tránsito para activar al personal de respuesta necesario y reducir el impacto de estas situaciones.

Estatus de Recuperación Sistemas Inteligentes de Transportación (ITS) luego del Huracán María (cont)

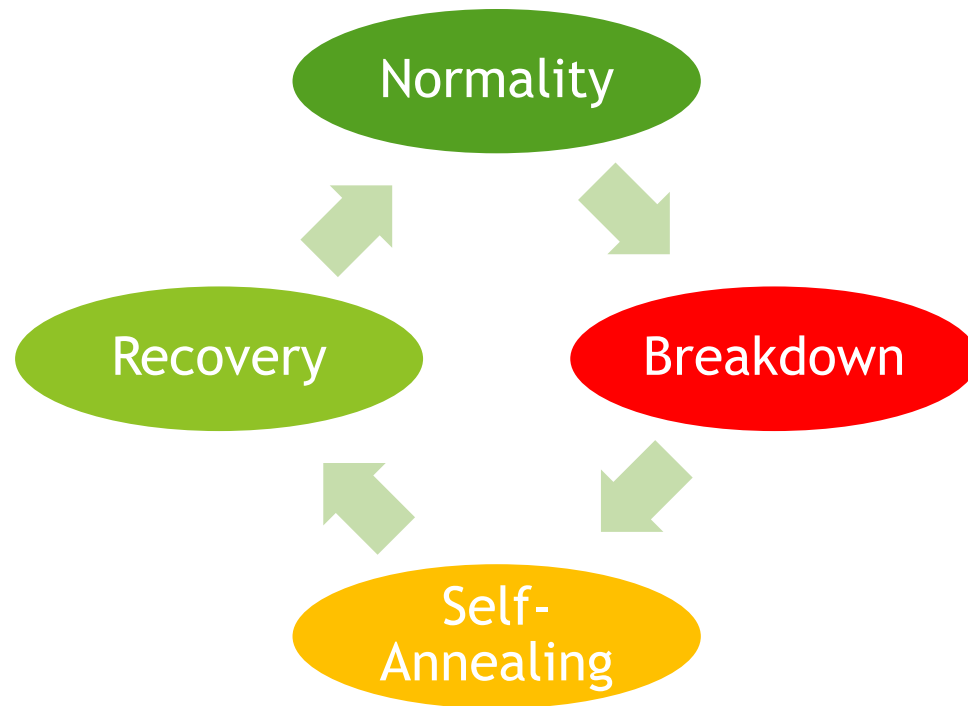
- ▶ Estatus: SEGURO
- ▶ En funcionamiento las Operaciones de Servicio de Emergencia Gratuito Unificado de Respuesta y Operación (SEGURO)
- ▶ Expresos Las Américas (PR-18),
- ▶ Expreso Ramón Baldorioty de Castro (PR-26)
- ▶ Expreso Cruz Ortiz Stela (PR-30),
- ▶ Autopistas Ing. Luis A. Ferré (PR-52)
- ▶ Autopista Ing. Roberto Sánchez Vilella (PR-66).
- ▶ **Eficiencia:** El servicio se reanudó operaciones al día siguiente del impacto del Huracán María.
- ▶ **IMPACTO:** La recolección de datos de incidentes de tránsito (TIM) post-Huracán María ha sido resaltada como una historia de éxito por la Administración Federal de Carreteras (FHWA), debido al tiempo en que se reanudo la misma.

Fuente: Ing. Lissette Lugo - ACT; 4 de abril de 2019

Estatus de Recuperación Sistemas Inteligentes de Transportación (ITS) luego del Huracán María (cont)

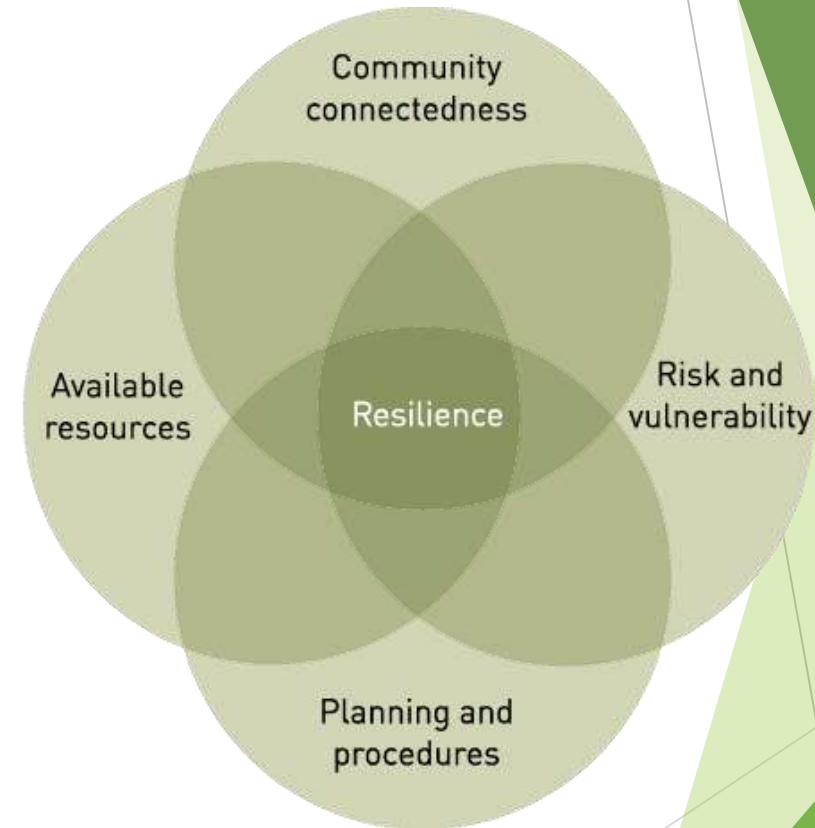
- ▶ Expansión de las operaciones de SEGURO en el 2018
 - ▶ Expresos John F. Kennedy (PR-2),
 - ▶ Expreso Luis Muñoz Rivera (PR-1)
 - ▶ Expreso Martínez Nadal (PR-20).
- ▶ Continuación del programa de adiestramiento a personal de respuesta en el manejo de incidentes de las carreteras.
 - ▶ Forma parte del currículo de los Negociados de la Policía y de Bomberos, ambos teniendo como meta el adiestramiento del 100% del personal en tácticas efectivas y seguras durante el manejo de incidentes de carreteras.
- ▶ Evaluación de los sistemas de comunicación disponibles para mejorar la resiliencia de sistemas ITS
 - ▶ Utilización de fibra óptica soterrada y de sistemas inalámbricos disponibles por las compañías de telecomunicación.
- ▶ Restauración en un 86% de los sistemas de semáforos afectados por Huracán María.

II. Resiliencia y su Relación a la Infraestructura de Transporte

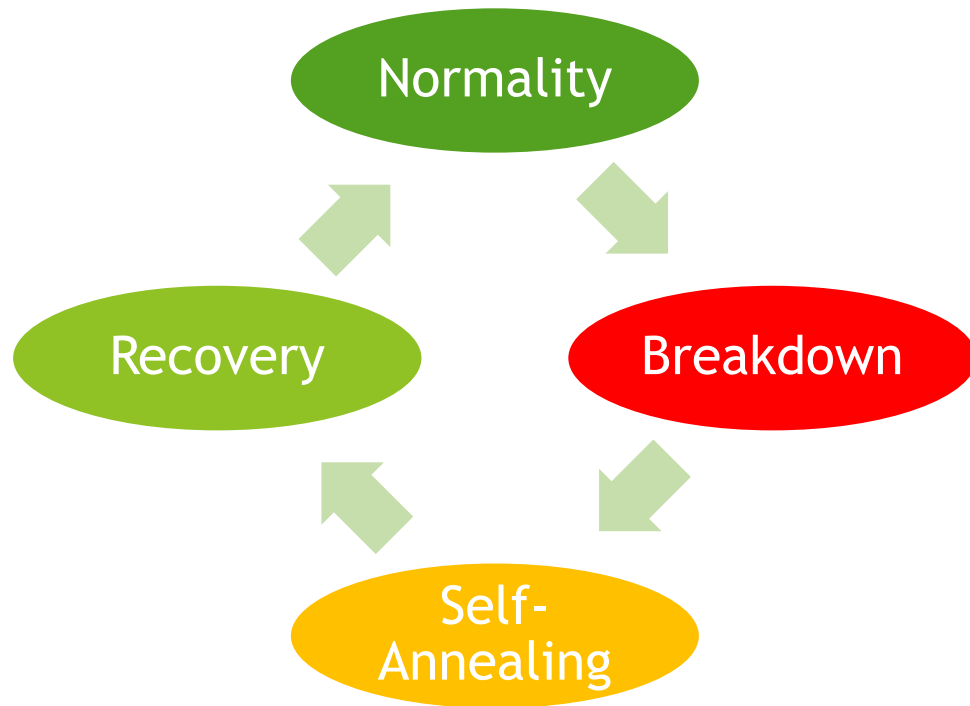


1. Resiliencia

- ▶ *“The ability to prepare and plan for, absorb, recover from, or more successfully adapt to actual or potential adverse events.”*
- ▶ *“La habilidad para prepararse y planificar, absorber, recuperarse de, o recuperarse más exitosamente ante eventos adversos reales o potenciales.”*



2. Cuatro etapas principales del ciclo de resiliencia



- ▶ **Normality:** Sistema opera a capacidad completa
- ▶ **Breakdown:** evento adverso impacta sistema, pérdida de funcionalidad
- ▶ **Self-annealing:** usuarios de sistema buscan cómo adaptarse
- ▶ **Recovery:** se restaura infraestructura y servicios del sistema

3. El impacto de un sistema de transporte no resiliente



Tiempo

→ Interrupciones a operaciones de tránsito



Dinero

→ Operación, mantenimiento, rehabilitación, reemplazo

→ Actividad económica que se afecta



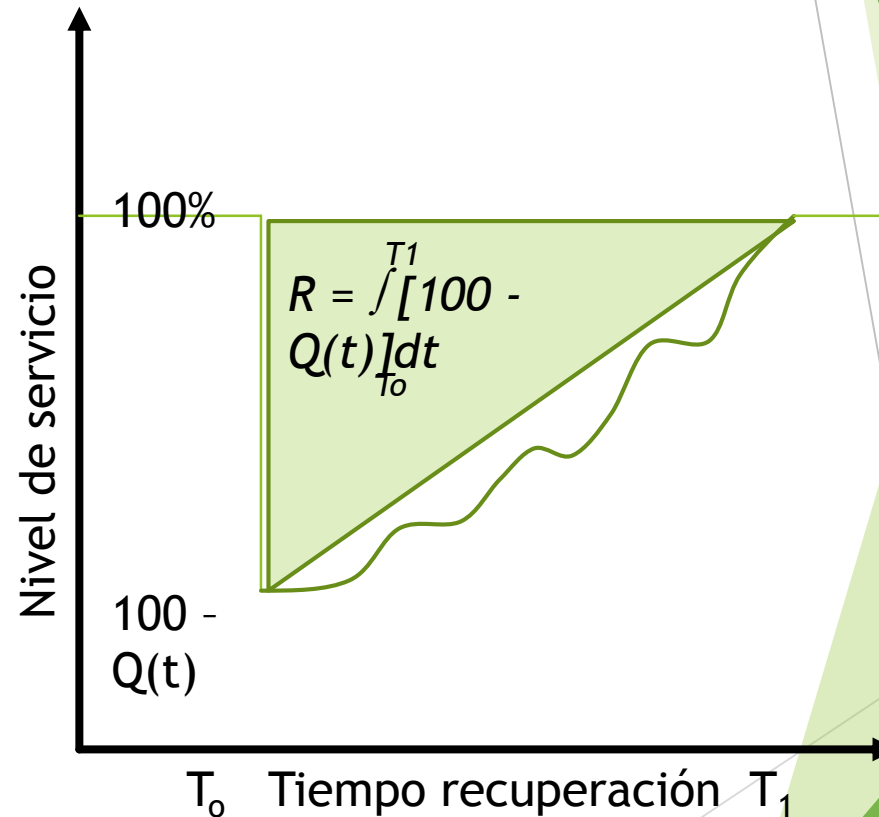
Vidas

→ Desastres naturales, salud, daños a comunidades, situaciones peligrosas más frecuentes

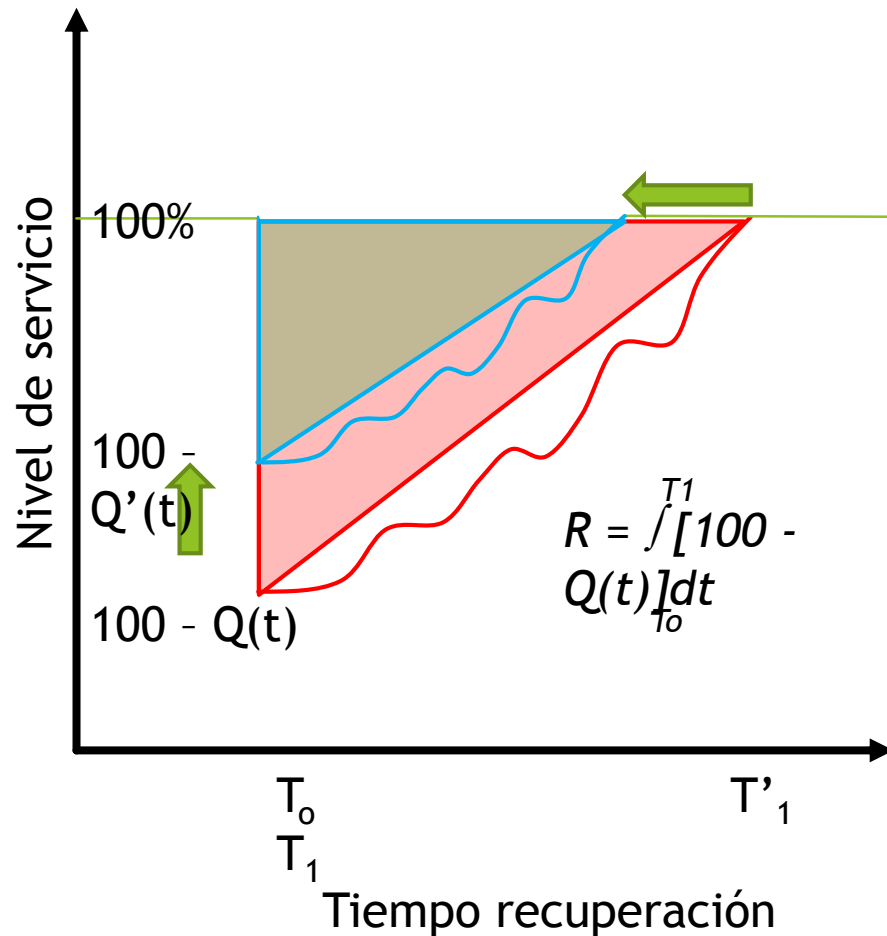
Fuente: Puerto Rico's State of the Climate 2010-2013, NCHRP Report 750
"Climate Change, Extreme Weather Events, and the Highway System",
"Building Climate Resilient Transportation" (FHWA)

4. Relación entre tiempo y nivel de servicio: Triángulo de resiliencia

- ▶ Ocurre evento adverso
- ▶ Servicio normal cambia abruptamente a condición impactada
- ▶ Proceso gradual de recuperación
- ▶ Triángulo más pequeño indica mayor resiliencia
- ▶ $Q(t)$ = porcentaje de cantidad o calidad de servicio



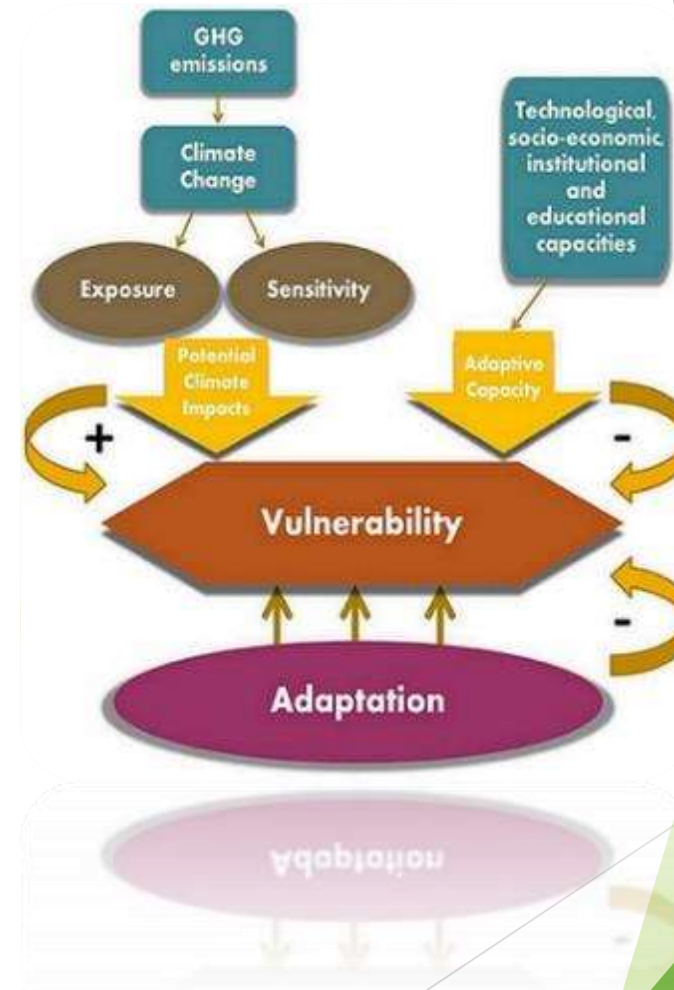
5. Riesgo versus resiliencia



- ▶ **Riesgo:** Propensión a sufrir daños o pérdidas por un evento adverso
- ▶ Se usa la resiliencia para minimizar el riesgo y maximizar la recuperación de los daños que ocurran por un evento adverso

6. Adaptación

- ▶ Cambio de prácticas en anticipación o respuesta a cambios de circunstancias
 - ▶ Minimizar impactos adversos
 - ▶ Sacar provecho a oportunidades emergentes
- ▶ Proceso proactivo



III. Importancia de la infraestructura de transporte en el desarrollo socioeconómico de Puerto Rico



La importancia de la infraestructura de transporte en el desarrollo económico de Puerto Rico

- ▶ La infraestructura de transporte es un activo clave para la economía
 - ▶ Acceso a empleo y servicios
 - ▶ Exportaciones de fabricación de alto valor
 - ▶ Las buenas importaciones de los consumidores
 - ▶ Turismo
 - ▶ Construcción
 - ▶ Ingresos del gobierno relacionados con actividades de transporte
 - ▶ Componente de competitividad económica



La importancia de la infraestructura de transporte en el desarrollo económico de Puerto Rico

Objeto	Valor en 2016
PIB en transporte y almacenamiento	\$985 millón (1%)
Ingresos netos en el transporte	\$720 millón (0.8%)
Gastos de visitantes	\$3,985 millón (3.8%)
Fondos federales para agencias gubernamentales de transporte y corporaciones públicas	\$234 millón
Valor total de las exportaciones	\$71,856 millón (68.4%)
Valor total de las importaciones	\$43,320 millón (41.2%)
Gastos personales en transporte	\$6,226 millón (5.9%)

Fuente: Statistical Appendix of the Economic Report to the Governor 2016

Efecto del huracán María en el inventario del puente

- Inventario de puentes: 2,343 (2017):
 - 1,772 cuerpos de agua(75.6%), 571 sobre carreteras y otras depresiones(24.4%)
- Puentes colapsados: **26 (1.1%)**
- Contratos de puentes colapsados (Cierre del puente): **31 (1.3%)**
- Otros daños: **331 (14%)**
- Número total de puentes dañados: **388 (17%)**
- Puentes del Sistema Nacional de Autopistas con daños: **42 (1.8%)**
- Año promedio de construcción de puentes colapsados: **1968**
- (Edad promedio: 50 años)

IV. Estimados de costos a la infraestructura de transporte según el Informe Económico de la Junta de Planificación de Puerto Rico

PW Assistance Project - PW Listing
PR Highway and Transportation Authority (PRHTA)

Category	Sub-Category	Costs
Force Account Labor and Equipment	Force Labor Account Payroll	184,111
	Total	184,111
Emergency Protective Measures	First Transit Buses for Military Personnel	44,686
	First Transit Buses use during Emergency	29,236
	Security Protection for Toll System Facilities	21,392
	Health & Safety Inspections Facilities	3,500
	Provision of Foods, Water and Other Essential Items to COE (Central Operacional de Emergencia)	20,287
	First Transit Security Protection	63,000
	Direct Administrator Cost	17,078
	Temporary Generators Facilities Rental (including Maintenance and Diesel)	346,691
	Vehicle Rentals, Equipment, Parts	213,829
	Total	759,699
Emergency Road Repairs	Emergency Road Repairs	1,800
	Total	1,800
Building and Equipment Damages	PRHTA Offices Damages and Repairs	1,508,049
	PRHTA - Toll System Equipment Damages and Repairs	97,191
	PRHTA- 2% Mapfre Insurance Deductible	958,687
	PRHTA Vehicles Damages and Repairs	18,311
	First Transit Bus Damages	16,142
Total	2,598,380	
Debris, Emergency Protective Measures & Building and Equipment Damages	Debris, Emergency Protective Measures & Building and Equipment Damages	67,668,704
	Total	67,668,704
Total		71,212,694

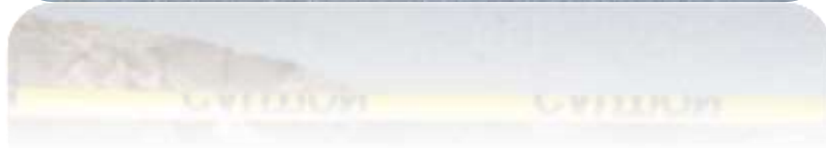
Impacto del Huracán María en Puerto Rico

- ▶ Estimado total de daños y pérdidas
 - ▶ Gobierno de Puerto Rico: \$94,000 millones
 - ▶ NOAA: \$90,000 millones



Fuente: Naval Research Laboratory, NOAA

Daños estimados causados por el huracán María (\$ 114M a los activos no viales de la ACT)



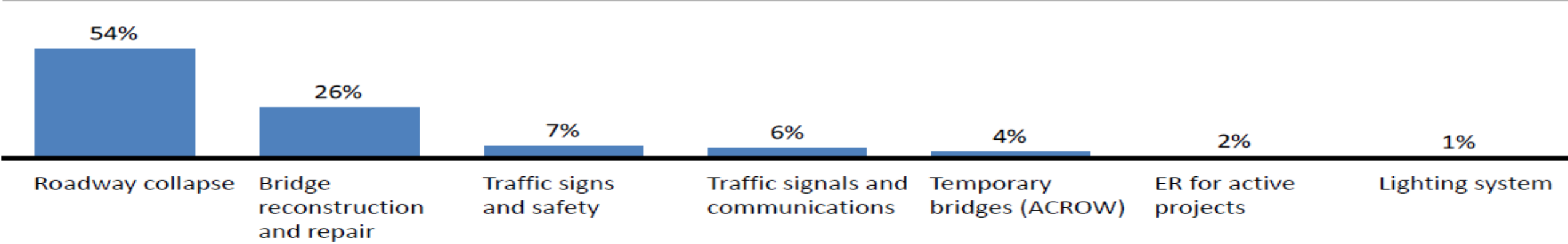
PW Assistance Project - PW Listing PR Highway and Transportation Authority (PRHTA)

Category	Sub-Category	Costs
Force Account Labor and Equipment	Force Labor Account Payroll	184,111
	Total	184,111
Emergency Protective Measures	First Transit Buses for Military Personnel	44,686
	First Transit Buses use during Emergency	29,236
	Security Protection for Toll System Facilities	21,392
	Health & Safety Inspections Facilities	3,500
	Provision of Foods, Water and Other Essential Items to COE (Central Operacional de Emergencia)	20,287
	First Transit Security Protection	63,000
	Direct Administrator Cost	17,078
	Temporary Generators Facilities Rental (including Maintenance and Diesel)	346,691
	Vehicle Rentals, Equipment, Parts	213,829
	Total	759,699
Emergency Road Repairs	Emergency Road Repairs	1,800
	Total	1,800
Building and Equipment Damages	PRHTA Offices Damages and Repairs	1,508,049
	PRHTA - Toll System Equipment Damages and Repairs	97,191
	PRHTA- 2% Mapfire Insurance Deductible	958,687
	PRHTA Vehicles Damages and Repairs	18,311
	First Transit Bus Damages	16,142
	Total	2,598,380
Debris, Emergency Protective Measures & Building and Equipment Damages	Debris, Emergency Protective Measures & Building and Equipment Damages	67,668,704
	Total	67,668,704
Total		71,212,694

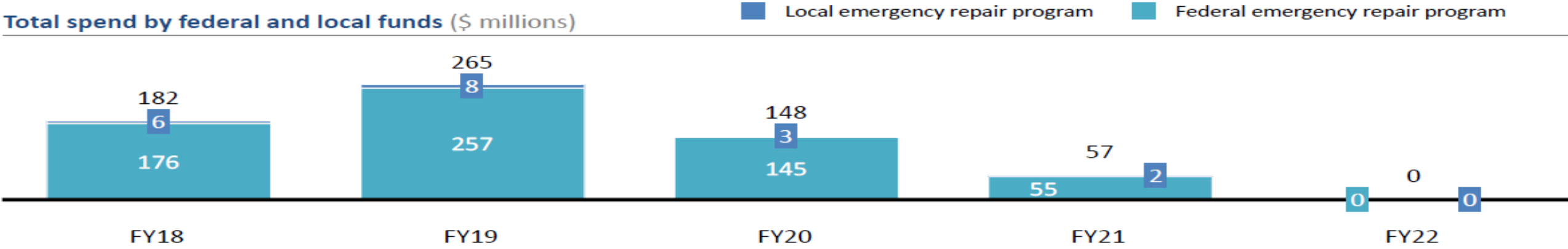
Preliminary Damage Estimates. Subject to Change / Finalization

Estimación de los daños causados a la Red de Carreteras de la PRHTA por el Huracán María (\$ 652 millones, 97% cubiertos por Fondos Federales / FHWA, etc.)

Percent of budgeted repair cost by category



Total spend by federal and local funds (\$ millions)



1 Bipartisan Budget Act of 2018, 115th Cong., 2d Sess. (2018). Page. 88; line 8.

Estimación de los daños causados a la Red de Carreteras de la PRHTA por el Huracán María

- A partir del 19 de febrero, la ACT estimó que las reparaciones costarían un total de \$ 652 millones
- De este total, se proyecta que \$ 20M provendrán de fondos locales asumiendo un 100% de igualación federal para todos los gastos de FHWA y algunos gastos locales para la administración del diseño y una parte de los gastos de FEMA.
- Más de la mitad del gasto total se destinará a la reparación de carreteras derrumbadas, y otro 26% se destinará a la reparación y reconstrucción de puentes.

Situación de otros sistemas de transportación en Puerto Rico

- ▶ Estimado total de daños en transportación; Fuente: Oficina del Gobernador
- ▶ Carreteras, puentes y transporte colectivo: \$4,500 millones
 - ▶ Puertos marítimos y aeropuertos: \$1,350 millones
- ▶ El Departamento de Transportación de EE. UU. (USDOT) ha desembolsado \$72.5 millones (diciembre 2017) para recuperación de transportación



Sistema de Carreteras de Puerto Rico según Plan Certificado por PROMESA

- HTA is a public corporation founded with the purpose of continuing the government's effort of providing the public with the best highways, easing the flow of vehicles, and minimizing the risks and inconveniences that traffic congestions may cause.
- HTA is charged with constructing, operating, and maintaining Puerto Rico's toll road network, major highways and mass transportation facilities, which are financed by revenue bonds, federal grants and specified tax revenues.
- The Puerto Rico State Highway System consists of a total of **4,605 miles**:

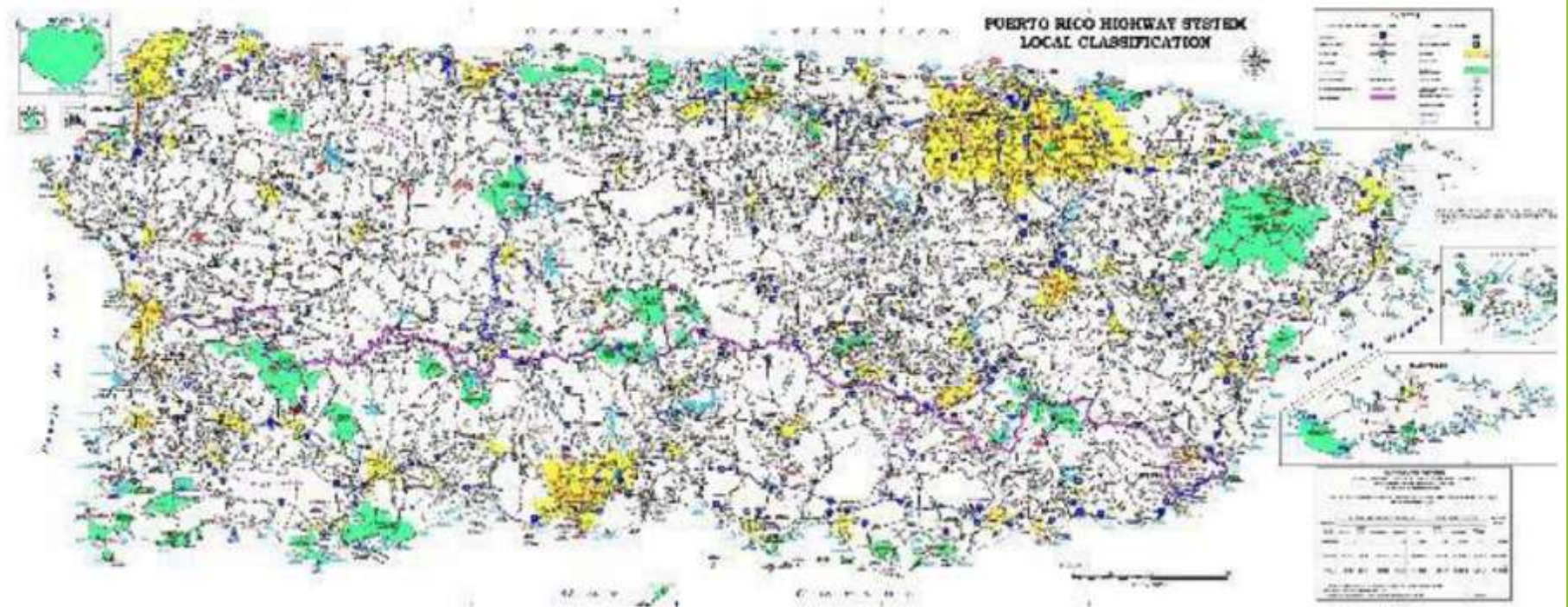
Breakdown by type of Road:

Toll Roads (incl. PR 22 & 5) – 185.6 miles

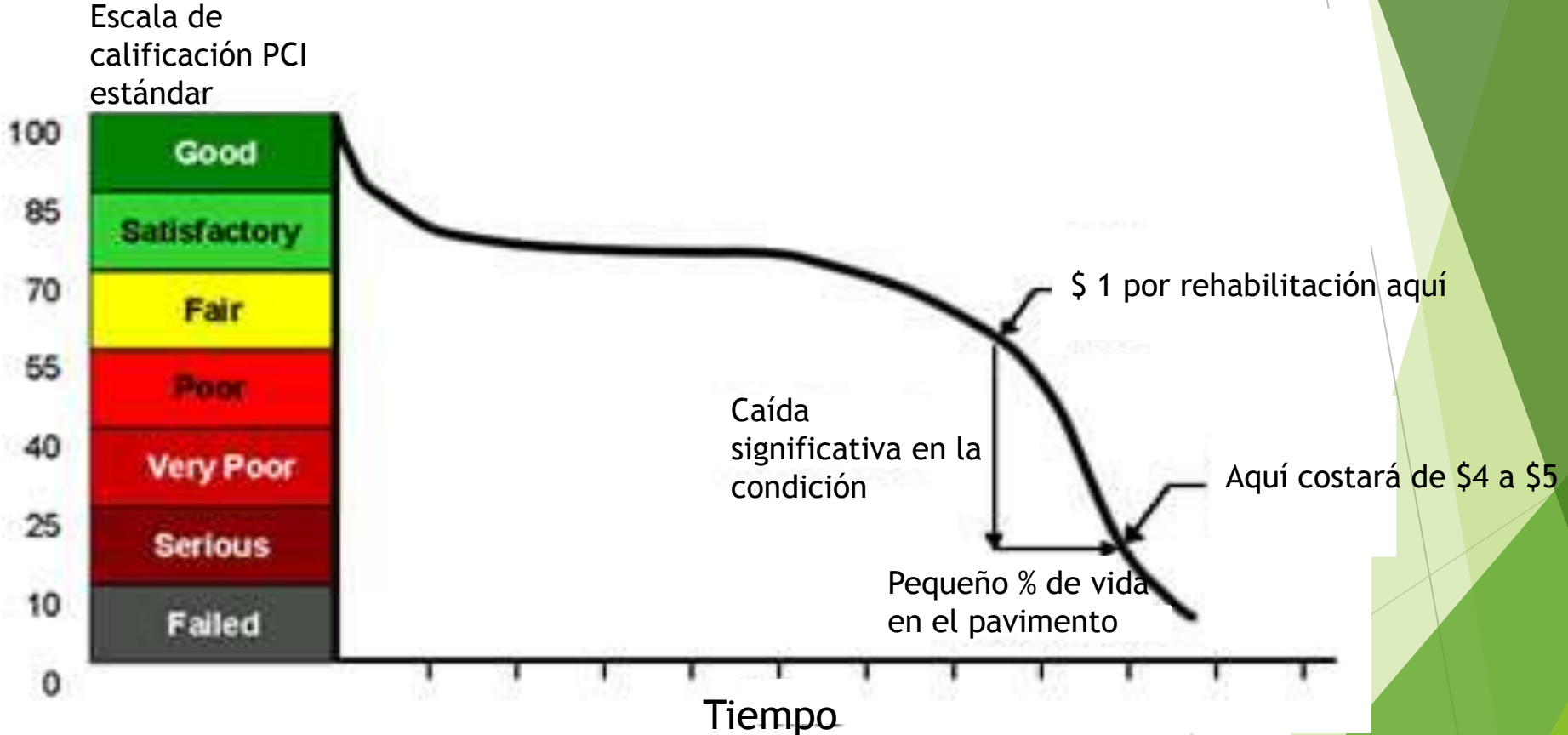
Primary Roads (incl. Urban) – 986 miles

Secondary & Tertiary Roads – 3,434 miles

Total = 4,605 Miles



Curva de Rendimiento del Pavimento y su Relación con los Costos Preventivos y de Rehabilitación



Fuente: <http://paver.colostate.edu/>

V. Desglose de las nuevas asignaciones del DTOP/ACT para el mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial

Costos y Daños Estimados en Puerto Rico

\$94.392 billones

SECTOR	COSTO (BILLONES DE DÓLARES)
ALOJAMIENTO	\$31.068
RED DE ENERGÍA	\$17.789
SALUD	\$14.946
OTROS	\$30.589

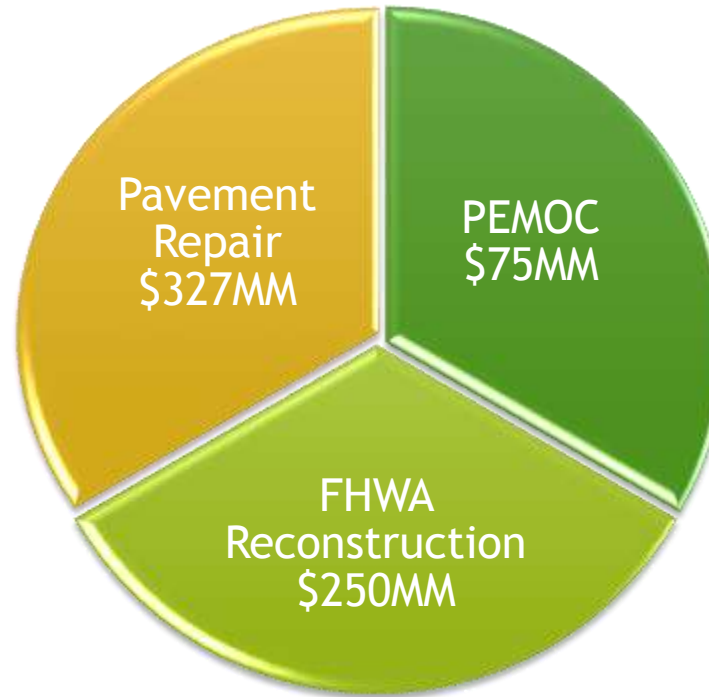


SECTOR	COSTO (BILLONES DE DÓLARES)
AUTOPISTA Y PUENTES	\$4.497
PUERTOS NAVALES Y AEROPUERTOS	\$1.345
RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS PÚBLICOS	\$0.153
SISTEMAS DE DRENAGE	\$1.409

Fuente: Oficina del Gobernador

Programa Abriendo Caminos de la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT)

- * ACT está manejando una inversión de \$652 millones en reconstrucción.
- * Sobre 80% está relacionado a la preservación de pavimentos, mantenimiento y/o reconstrucción.



Programa Abriendo Caminos

Programa Abriendo Caminos

- ▶ Programa por medio del cual se invertirán más de \$652 millones.
- ▶ Los trabajos de reconstrucción del sistema vial se prolongarán por los próximos dos años.
- ▶ Tiene la meta de impactar 20 carreteras primarias, expresos y carreteras primarias urbanas.



Fuente: Walo Radio

Programa Abriendo Caminos (cont.)

- ▶ La segunda fase conlleva una inversión adicional de \$54.7 millones.
- ▶ Las carreteras impactadas en esta reconstrucción serán la:
 - ▶ PR-10
 - ▶ PR-2
 - ▶ PR 123
 - ▶ PR 129
 - ▶ PR-165
 - ▶ PR-167
 - ▶ PR-610



Fuente: www.wipr.pr

Programa Abriendo Caminos (cont.)

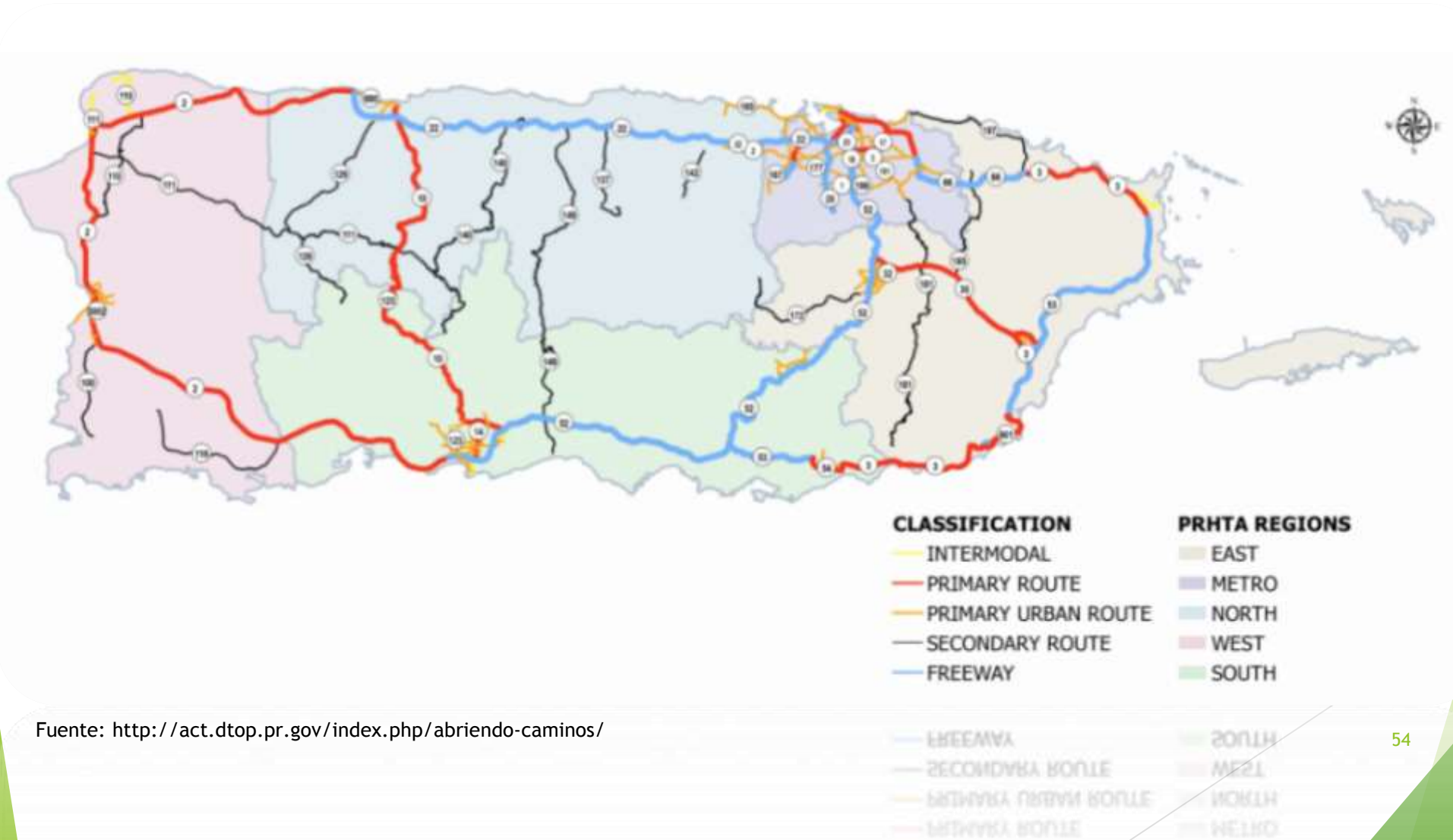


“Gracias al programa Abriendo Caminos — que nuestro gobernador ha desarrollado junto al DTOP y la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT) la PR-52 y el resto de las carreteras en Puerto Rico, más que reparadas y reconstruidas, serán transformadas en carreteras de primer orden, como nuestro Pueblo merece.”

Carlos M. Contreras Aponte

Secretario del DTOP

Mapa de Carreteras a Impactar con Proyecto de la ACT *Abriendo Caminos*



Fuente: <http://act.dtop.pr.gov/index.php/abriendo-caminos/>

Abriendo Caminos: Fase 1



- ▶ Inversión: \$327MM
- ▶ Frentes de acción:
 1. Reparación por Paños (segmentos):
Reconstrucción de segmentos más críticos o con mayor número de fallas en el pavimento
 2. Reparación por Hoyos/Losas de Hormigón- Bacheo agresivo de alta calidad, para fallas aisladas en asfalto, reparación de losas de hormigón usando asfalto y sellado de juntas.
- ▶ Tiempo de ejecución: 24 meses



Fuente: <https://i2.wp.com/newsismybusiness.com/>

ABRIENDO CAMINOS



Abriendo Caminos: Fase 1 (cont.)

FASE 1 } INVERSIÓN APROX. \$80.0MM*

CATEGORÍA DE CARRETERA	PRESUPUESTO FASE 1	PRESUPUESTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN**	PORCIENTO DEL PRESUPUESTO TOTAL DE CONST.	COMENTARIO
Expresos	\$ 8,891,742	10,161,991	88%	SE PRIORITIZARÁN LOS SEGMENTOS MÁS CRÍTICOS COMO PARTE DE FASE 1
Primaria	\$ 25,264,910	45,936,200	55%	
Primaria Urbana	\$ 15,435,844	44,102,410	35%	
Secundaria	\$ 16,401,168	109,341,120	15%	
Terciaria	\$ 9,481,722	94,817,220	10%	
Sub-Total	\$ 75,475,385	\$ 304,358,941	24.8%	

* Considera un 6% de los costos de construcción para otros gastos (Gerencia, control de calidad, prueba de materiales, inspección y otros gastos administrativos).
Total de Inversión = \$80.0MM

** El presupuesto total del programa se estimó en \$327MM (\$304,358,941 + 6% para otros gastos)

Longitud Total(por región): Fase 1



Fuente:<http://act.dtop.pr.gov/index.php/abriendo-caminos/>

VI. Adelantos en el Plan de Recuperación, Reconstrucción y Resiliencia Post Huracán María e infraestructura de transporte

Estado de Restauración de Servicios Esenciales

- ❑ PREPA: 97.27% generación y 95.93% de clientes(Abril 20, 2018)
- ❑ PRASA: 98.93% de clientes, 1,216,159 medidores de agua activos(Abril 14, 2018)
- ❑ Telecomunicaciones: 99% de clientes(Abril 14, 2018)
- ❑ Puertos Navales Reabiertos: 100% (Enero 24, 2018)
- ❑ Estaciones de Servicio: 88% (Diciembre 26, 2017)
- ❑ Rutas MBA: 100% (Enero 24, 2018)
- ❑ Tren Urbano: 14 de 16 estaciones reabiertas (Diciembre 2017)
- ❑ Oficinas Postales: 100% (Enero 24, 2018)

Fuente: <http://status.pr/>

Orden general de actividades de recuperación (realizadas hasta Mayo 2018)

- ▶ Remoción inicial de escombros en vías principales
- ▶ Reparación de 585 intersecciones semaforizadas
- ▶ Reparación de carreteras y puentes en vías primarias y primarias urbanas
- ▶ Reactivar operaciones en puertos, aeropuertos, Tren Urbano y AMA



Orden general de actividades de recuperación (realizadas hasta Mayo 2018)

- ▶ Remoción de escombros en vías locales
- ▶ Reparación de 615 intersecciones semaforizadas
- ▶ Reparación de carreteras y puentes en vías secundarias y terciarias
- ▶ Reactivar operaciones de sistemas locales de transporte colectivo



Tabla 1: Status de la Recuperación

Al 6 de febrero de 2018

Fecha	Establecimientos	Total	Operando	Porcentaje	Fuente
26-Dec-17	Gasolineras	1,100	970	88.2%	Departamento de Asuntos del Consumidor (DACO)
26-Dec-17	Supermercados	471	437	92.8%	Cámara de Mercadeo, Industrias y Distribución de Alimento (MIDA)
6-Feb-18	Generación AEE (1)	-	-	80.3%	Autoridad de Energía Eléctrica (AEE)
6-Feb-18	AAA	1,229,325	1,214,819	98.8%	Autoridad de Acueducto y Alcantarillado (AAA)
2-Feb-18	Telecomunicaciones (2)	-	-	98.5%	Junta Reglamentadora de Telecomunicaciones (JRTC)
2-Feb-18	Torres celulares	2,671	2,487	93.1%	JRTC
6-Feb-18	Refugios	5	-	-	Departamento de la Vivienda
6-Feb-18	Refugiados	65	-	-	Departamento de la Vivienda
6-Feb-17	Mascotas refugiadas	4	-	-	Departamento de la Vivienda
4-Jan-18	Hospitales asistidos (3)	68	68	100.0%	Departamento de Salud Federal y Local
24-Jan-18	Centro de Dialisis asistido (4)	48	45	93.8%	Departamento de Salud Federal y Local
24-Jan-18	Farmacias Procesando en Línea	1,084	1,037	95.7%	Administración de Seguros de Salud de Puerto Rico (ASES)
24-Jan-18	Puertos abiertos	-	-	100.0%	Autoridad de Puertos
24-Jan-18	Contenedores	1,400	1,400	100.0%	Autoridad de Puertos
22-Dec-17	Sucursales Bancarias	314	279	88.9%	Oficina del Comisionado de Instituciones Financieras (OCIF)
24-Jan-18	Cooperativas	-	265	-	Comisión de Desarrollo Cooperativo de Puerto Rico (CDCOOP)
24-Jan-18	ATMs (5)	-	1,586	-	OCIF
4-Nov-17	Diésel (abasto en barriles)	-	1,163,245	-	DACO
4-Nov-17	Gasolina (abasto en barriles)	-	1,455,531	-	DACO
15-Dec-17	Comercio Porcesando PAN	2,513	1,910	76.0%	Departamento de la Familia
24-Jan-18	Rutas AMA	-	-	100.0%	Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP)
24-Jan-18	Oficinas del servicio postal	122	122	100.0%	United States Postal Service (USPS)
25-Jan-18	Hoteles	155	125	80.6%	Compañía de Turismo
25-Jan-18	Casinos	18	15	83.3%	Compañía de Turismo
15-Dec-17	Industria Lechera	8,065,965	7,899,788	97.9%	Departamento de Agricultura
24-Oct-17	Vuelos Comerciales	-	-	100.0%	AeroStar

1 - Representa el 71.55% de los abonados.

2 - Incluye servicio alámbrico e inalámbrico.

3 - (67) funcionando con energía eléctrica.

4 - (41) funcionando con energía eléctrica.

5 - Incluye ATMs de bancos y cooperativas.

Fuente: <http://status.pr>

VII. Lecciones aprendidas y desafíos futuros para fortalecer la resiliencia de la infraestructura de transporte en zonas costaneras y montañosas



Lecciones Aprendidas: Reflexión, Recuperación y Resiliencia



PR-2 en TOA ALTA, PUERTO RICO
En Construcción

Fuente: Wall Street Journal



PR-2 en TOA ALTA, PUERTO RICO
Seis Meses después del H. María

Fuente: WLRN

Amenazas naturales en zonas costaneras de Puerto Rico



- A. Crédito: Dr. Aurelio Mercado, Sea Grant Puerto Rico
- B. <http://ecoexploratorio.org>
- C. <http://rec-end.gfrcdn.net>
- D. <http://www.recursosaguapuertorico.com>
- E. <https://cdn.shopify.com>

Impactos en zonas montañosas



Fuente: Puerto Rico's State of the Climate 2010-2013, YourWeekendReview

- ▶ Deslizamientos en suelos arcillosos impermeable
- ▶ Suelos arcillosos (montmorillonita) son expansivos que afectan adversamente la construcción en carretera
 - ▶ Cambios de volumen por nivel de humedad y temperatura

Hormigón Proyectado para la Estabilidad de las Pendientes en el Camino

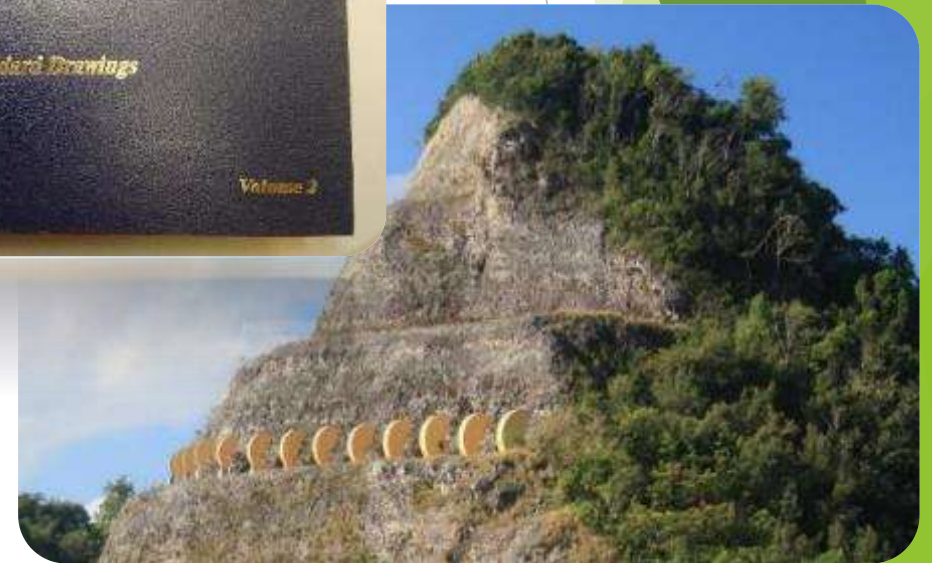
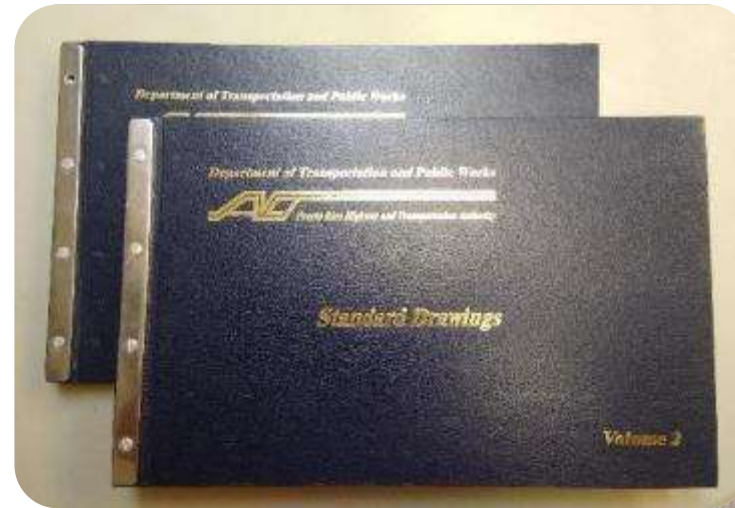
- La malla para contener rocas caídas en áreas donde ocurrieron caídas recurrentes, debe ser revaluada.
- El concreto proyectado en secciones cortadas en carreteras puede evaluarse adicionalmente para implementarse en la cordillera central como un posible diseño alternativo y rentable.



Fuente: <http://bestsupportunderground.com>

Banco para la Estabilidad de las Pendientes en el Camino

- Los Dibujos Estándar de la ACT relacionados con las secciones de la pendiente de corte con suelos arcillosos y / o la formación de rocas del suelo inestable deben revisarse.
- El uso de bancos en secciones cortadas con las pendientes apropiadas necesita ser incorporado en futuros diseños.



Fuente: Autores (arriba), Panoramio.com (debajo)

Puentes con Potencial de Fregado



PR-52 en JUANA DÍAZ, PUERTO RICO

Fuente: El Nuevo Día

- ▶ El diseño de los pilares de puentes requiere una revisión adicional cuando se espera una alta velocidad y un flujo turbulento en su vida útil y puede ocurrir una posible erosión.

Infraestructura de la Zona Marítima Terrestre

- ▶ Hacer cumplir rigurosamente las leyes y regulaciones en la zona marítima terrestre en el Caribe.
- ▶ Revise los planos estándar de la infraestructura de puentes y pavimentos adyacente a las áreas costeras.
- ▶ Analizar la viabilidad de aplicar ingeniería dura, ingeniería ecológica y/o reubicación planificada para la protección de activos críticos.



PR-64 en MAYAGÜEZ, PUERTO RICO
Fuente: El Nuevo Día

Beneficios de los Paseos

- ▶ Los paseos en los principales corredores de carreteras con sección cortada en montañas con altura moderada (menos de 800 pies) minimizan el impacto de los toboganes de lodo y roca, lo que permite la reconfiguración de la carretera con al menos un carril abierto al tráfico en ambas direcciones.
- ▶ Los hombros también pueden acomodar filas para servicios esenciales a la vez que se minimizan los impactos adversos a la congestión.



Fuente: <https://upload.wikimedia.org>

Mantenimiento Preventivo

- ▶ El mantenimiento preventivo de los sistemas de drenaje urbano es esencial para minimizar el potencial de inundación.

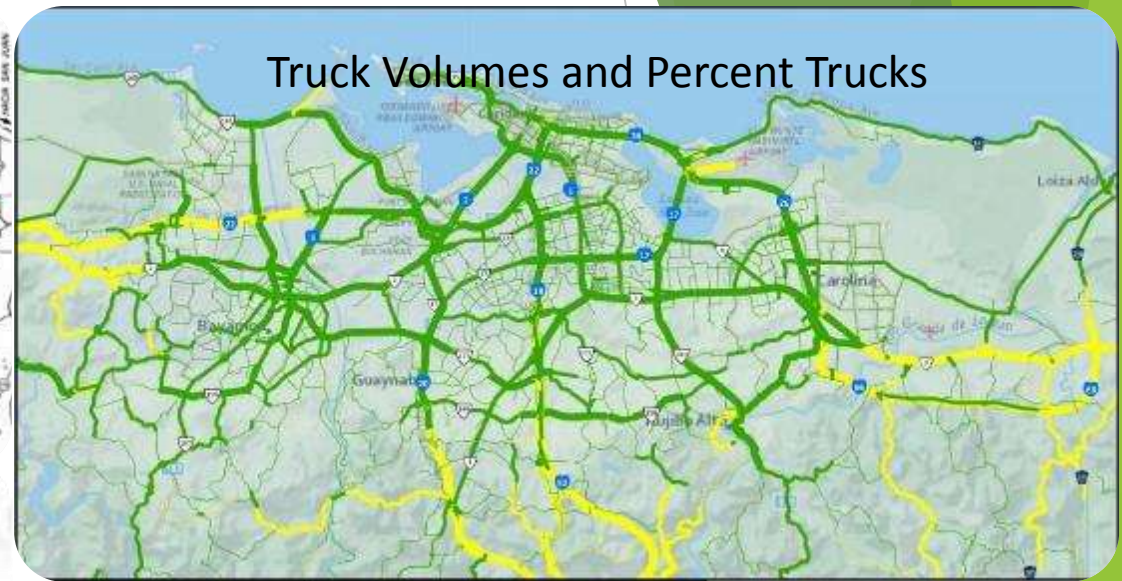


Fuente: Autores



Fuente: <https://www.montgomerycountymd.gov>

Redundancia en Corredores



Fuente: Puerto Rico Highway and Transportation Authority

- ▶ La importancia de la redundancia estratégica de los principales corredores de transporte de carreteras fue evidente para la movilidad de personas y bienes durante la emergencia después del huracán María.
- ▶ La planificación cuidadosa de las rutas redundantes debe tener en cuenta tanto los volúmenes de tráfico como el flete, a fin de facilitar tanto la respuesta de emergencia como la recuperación.

Apoyos de Señal de Tráfico

- ▶ El diseño de catenaria utilizado en las intersecciones para montar las señales de tráfico debe revisarse.
- ▶ La consideración de los postes del mástil para reemplazar los diseños de catenaria es pertinente en la categoría 3 y el callejón de los huracanes, como las Antillas Mayores que incluyen a Puerto Rico.
- ▶ Revise los códigos de diseño para postes de mástil en el estado de Florida, EE. UU. Después del paso del huracán Andrew en 1991.



Fuente: <http://www.kdlt.com>

Soportes de Señales de Tráfico



PR-2 km 126.6, AGUADILLA, PUERTO RICO
Fuente: Autores



BAYAMÓN, PUERTO RICO
Fuente: Autores

- ▶ La sobrecarga de la autopista y los letreros direccionales/de guía en el camino, de acuerdo con MUTCD con dispositivo de ruptura en la base que cede al impacto, deben ser revisados.

Polos de Servicios y Luminarias

- ▶ Los postes de utillaje y luminaria de todos los materiales (concreto, madera y acero) que fallaron en la base y 1/3 superior de su longitud deben evaluarse para determinar su resistencia a las cargas de viento.
- ▶ El control de la vegetación a lo largo de los corredores de líneas de servicios públicos es esencial para minimizar la posibilidad de colapso de filas enteras.



Uso de diseños alternos para la infraestructura sustentable



- **Construcción de puentes al costado de la montaña sin realizar cortes en taludes con pendiente pronunciada**

Fuentes: Puerto Rico Strategic Highway Safety Plan FY 2015, Ivy Oyola en Panoramio

Control de erosión



Fuentes: <http://www.andex.com.pe>, NCHRP Synthesis 430 Cost-Effective and Sustainable Road Slope Stabilization and Erosion Control <https://www.nap.edu/download/22776>

- ▶ Reducción de riesgo de derrumbe
- ▶ Uso de vegetación y mejoras ingenieriles para minimizar transporte de sedimentos
- ▶ Extender vida útil de obras hidráulicas

VIII. Recomendaciones a **corto y mediano** plazo para el Plan de Recuperación de la Junta de Planificación conforme a las especificaciones de:

Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT)

Departamento de Transportación Obras Públicas (DTOP)

Administración Federal de Carreteras (FHWA)

Mejorando el gobierno y la gestión del rendimiento

- ▶ El Plan Fiscal describe una estrategia para desarrollar KPI organizacionales
 - ▶ para incentivar y monitorear el desempeño en toda la organización a nivel operativo
 - ▶ para garantizar que la organización más eficiente pueda cumplir con su plan de gasto de capital
- ▶ El Plan Fiscal también exige la contratación y el compromiso de una Junta de profesionales diversificados
 - ▶ definir e implementar la estrategia a largo plazo de la HTA

Perseguir mayores oportunidades de ingresos

- ▶ El nuevo plan fiscal detalla estrategias para:
- ▶ Buscar oportunidades adicionales de ingresos operativos
 - ▶ incluidos aumentos de peaje y optimización
 - ▶ para asegurar que el poder adquisitivo de los ingresos de peaje se mantenga al ritmo de la inflación
- ▶ Buscar financiamiento federal discrecional
- ▶ Buscar oportunidades de ingresos auxiliares de
 - ▶ bienes raíces
 - ▶ señalización
 - ▶ publicidad



Centrarse en la excelencia operativa y la eficiencia de capital

- ▶ El Plan Fiscal optimiza los gastos de capital
 - ▶ mejorando la priorización de proyectos basada en beneficios económicos/seguridad,
 - ▶ entrega mejorada
 - ▶ reducciones de costos reducidos.
- ▶ Para optimizar los gastos de operación, el Nuevo Plan Fiscal requiere que ciertos contratos se vuelvan a licitar utilizando los procesos del Título III para estar en línea con los puntos de referencia competitivos.

Centrarse en la excelencia operativa y la eficiencia de capital

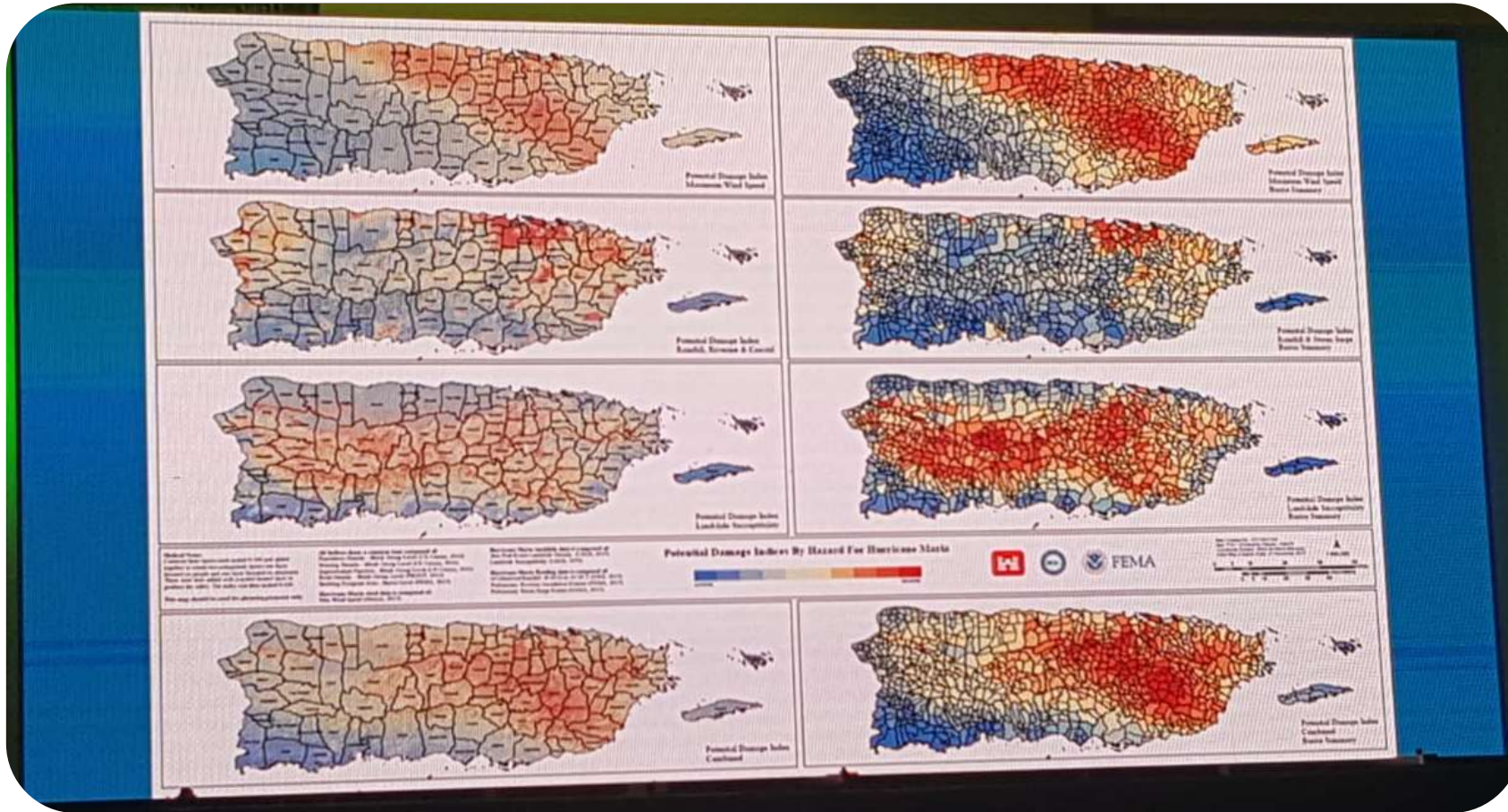
- ▶ Para ajustar el tamaño de la organización y convertirse en el mejor departamento de transporte **lean**, ACT completará los programas de jubilación anticipada (Ley 211) que ya están en curso y los esfuerzos de transición de la fuerza laboral para reducir el costo de personal en un 15%.
- ▶ La ACT también continuará evaluando las oportunidades de concesión que crean valor y capturan ahorros de pensiones relacionados con la reforma del Sistema de Jubilación de Empleados, según se detalla en el Nuevo Plan Fiscal de la Mancomunidad de abril de 2018.

Reducir el tráfico para impulsar el crecimiento económico:

- ▶ ACT completará los proyectos que ya están en progreso para
 - ▶ reducir el tráfico
 - ▶ por ejemplo: Dynamic Toll Lane, Bus Rapid Transit
 - ▶ planificar proyectos adicionales para promover
 - ▶ crecimiento económico
 - ▶ beneficios de ingresos

Conclusiones

- ▶ El huracán María es un ejemplo de un evento huracanado extremo capaz de causar un desastre mayor. Existe riesgo potencial de muchos otros en el futuro.
- ▶ Gran parte de la vulnerabilidad y daño resultante tras el impacto del huracán se asocia a vulnerabilidades en los diseños de infraestructura y la zona costanera.
- ▶ Existen numerosas tecnologías para la adaptación y resiliencia de la infraestructura en zonas costaneras.
- ▶ El Huracán María debe servir como una oportunidad dorada para repensar y re-diseñar la infraestructura para que sea resiliente
- ▶ Esta experiencia de catástrofe debe asegurar el desarrollo de infraestructura más resiliente par el bienestar social.



Presentación Ing. Carlos I. Pesquera en Mega Viernes Civil 2019, 5 de abril de 2019



Muchas gracias...