



# Consolidación de carga: la solución para eficientar la última milla del e-commerce



Abril 11, 2024.  
Mario Monsreal

# AGENDA

1. TTI – presentación
2. Última milla
  - a) Importancia
  - b) Los últimos 50 pies
  - c) Factores de influencia
  - d) Objetivos y problemas frecuentes
  - e) Retos y tendencias
  - f) Relación con el Valor de la Empresa
3. Consolidación de Carga
  - a) Panorama de la CC - Encuestas
  - b) Mejores prácticas - Entrevistas
  - c) Caso Houston
4. Oportunidades y recomendaciones

# Texas A&M Transportation Institute - TTI





Since 1950, experts at the Texas A&M Transportation Institute (TTI) have developed solutions to the problems and challenges facing all modes of transportation.



## TTI BY THE NUMBERS

### MISSION

To deliver practical, innovative and sustainable solutions to improve the movement of people, data, and goods through research, education, and technology transfer

### VISION

TTI leads in the creation of knowledge that transforms transportation for the benefit of society



**\$66.9M**

**Annual  
Research  
Expenditures**



**200+**

**Students**



**400+**

**Professional  
Researchers**

**Public and  
Private  
Sponsors**

**200+**



**700+**

**Annual  
Projects**



## FACILITY HIGHLIGHTS



**Bridge Performance  
Test Bed**



**Proving Grounds**



**Visibility Research  
Laboratory**



**Asphalt Innovation  
Laboratory**



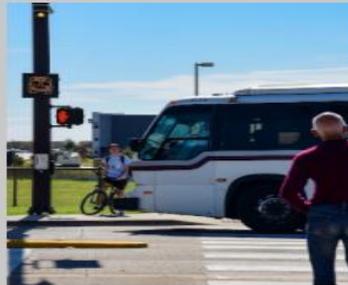
**Driving Simulation  
Laboratory**



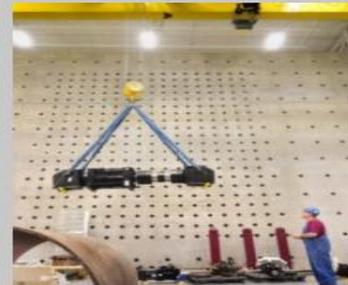
**Sediment and Erosion  
Control Laboratory**



**Environmental and  
Emissions Research  
Facility**



**Smart Intersection**



**Structural and  
Materials Testing  
Laboratory**



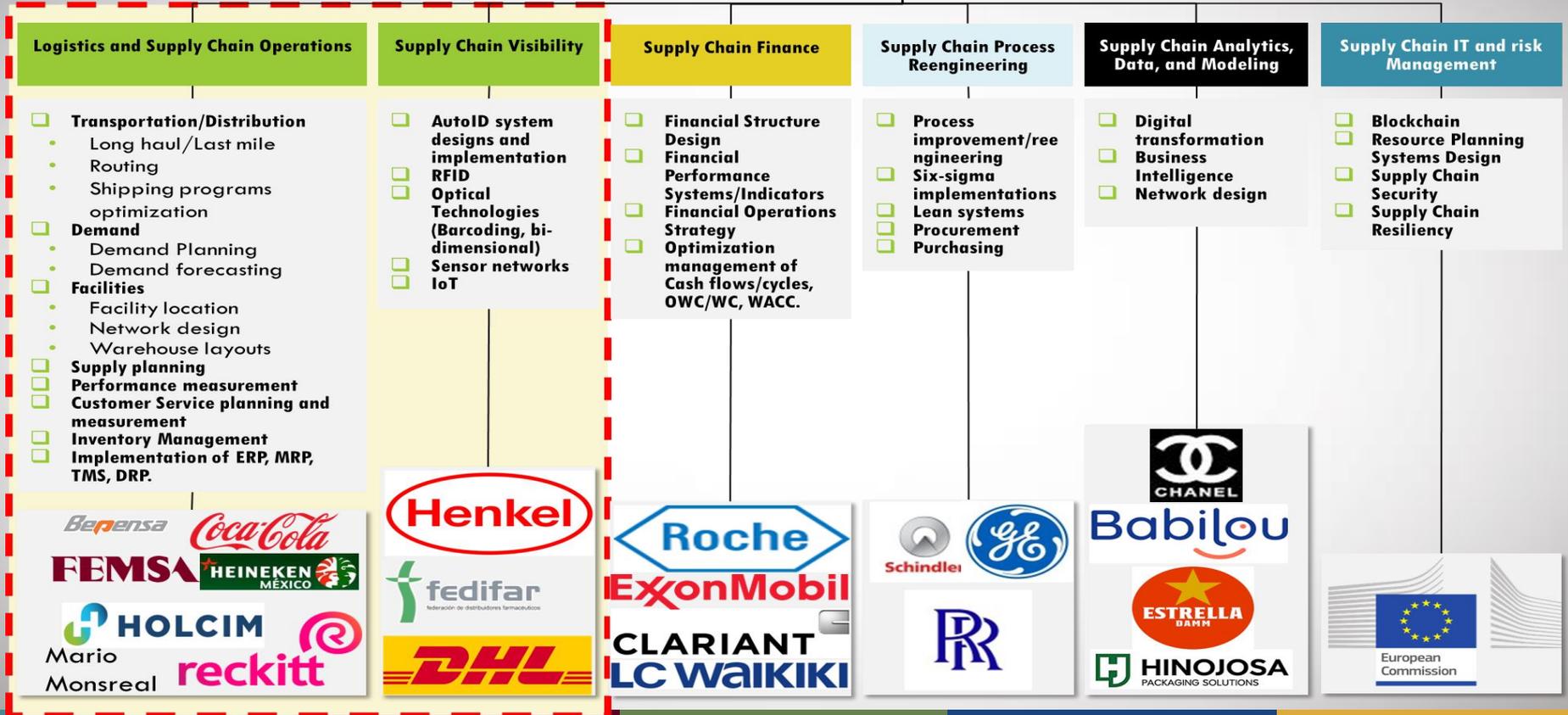
**Computer Modeling  
and Scanning Facility**

# INTERNATIONAL REACH



\*Angola • Argentina • Australia • Azerbaijan • Belgium • Bolivia • Belize • Brazil • Canada • Chile • "China, People's Rep" • Colombia • Costa Rica • Denmark • Dominican Republic • Ecuador • El Salvador • Estonia • France • Germany • Guatemala • Honduras • Hong Kong • Ireland • India • Italy • Jamaica • Korea (South) • Kosovo • Latvia • Lithuania • Macedonia • Mexico • Namibia • New Zealand • Nicaragua • Panama • Peru • Philippines • Portugal • Puerto Rico • Qatar • Saudi Arabia • Spain • South Africa • Sweden • Taiwan • United Arab Emirates • United Kingdom • United States of America • Uruguay • Venezuela

# Supply Chain and Logistics Initiative – Portfolio



# Supply Chain Technology Hub - Service Structure



TTI assists in identifying candidate technologies and solutions to address user's supply chain issues.

**STAGE 01**  
**(Match solutions to needs)**



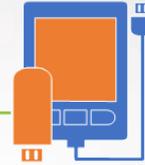
A short list of technologies and solutions serves as basis to select specific technologies to be tested by TTI in user's operations.

**STAGE 02**  
**(Technology testing)**



Once a specific technology or solution is selected and proven technically and operationally adequate, a business case is developed to make sure it produces financial benefits to the user.

**STAGE 03**  
**(Business case)**



Includes KPI/performance system definition, process reengineering, technology integration, and operational implementation.

**STAGE 04**  
**(Technology Implementation)**



# Última Milla



# ¿Qué es la entrega de última milla?

- Representa el tramo final de la Cadena de Suministro desde la producción al consumo.
- Generalmente comprende desde las bodegas o centros de distribución hasta el cliente final.



Planta



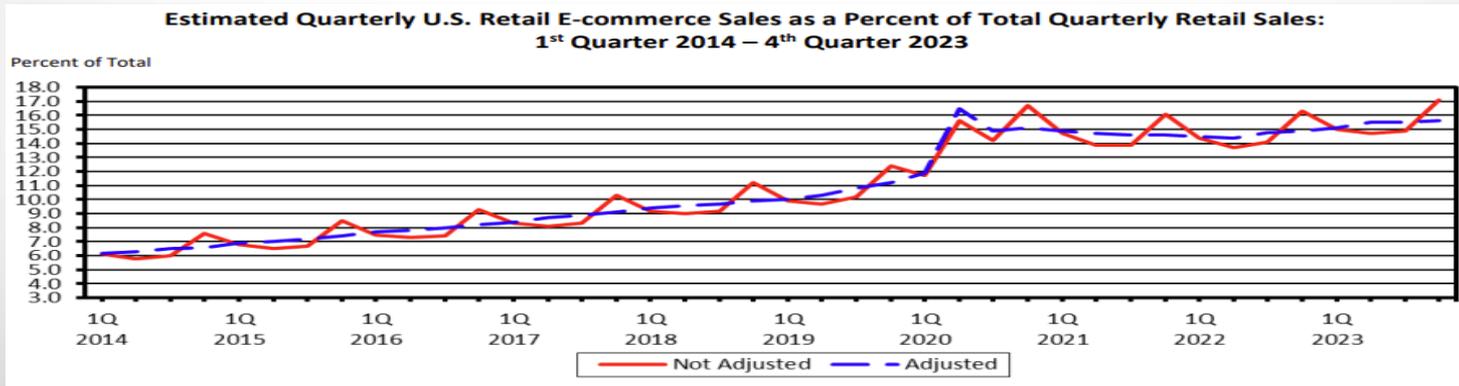
Centro de Distribución



Última milla

# ¿Por qué es importante?

- Alto costo (entre 25 y 50% del costo total de envío).<sup>1</sup>
- Altamente relevante para el nivel de servicio y satisfacción del cliente.<sup>2</sup>
- Típicamente se mezcla con la “primera milla” de la logística inversa.
- Crecimiento del Comercio Electrónico (E-commerce)
  - Volumen (ventas de comercio electrónico al detalle –retail- \$215 billones USD con crecimientos del 7.7%).<sup>3</sup>
  - Complejidad (50-150 visitas por día, en comparación con 10-15 visitas en promedio con otras industrias).<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Smart Industry, Logistics: Automating the last 50 Feet, M. Weiss, 2020. ([www.smart-industry.net/logistics-automating-the-last-50-feet/](http://www.smart-industry.net/logistics-automating-the-last-50-feet/))

<sup>2</sup> Future Proof, Why “The Last Mile” Matters, B. Jacobson, 2019. (<https://www.futureplatform.com/blog/why-last-mile-matters>)

<sup>3</sup> U.S. Census Bureau News, U.S. Department of Commerce, Quarterly Retail e-commerce Sales, 1st Quarter 2021, 2021. ([https://www.census.gov/retail/frts/www/data/pdf/ec\\_current.pdf](https://www.census.gov/retail/frts/www/data/pdf/ec_current.pdf))

# Los “últimos 50 pies”

- Representa el tramo desde el espacio de carga/descarga de la unidad en la calle hasta la entrega al cliente final.
- Implica las maniobras de descarga, el recorrido en acera, intersecciones, acceso a edificios, traslado vertical, etc.

Fuente: University of Washington. Supply Chain Transportation & Logistics Center. 2021. (<https://depts.washington.edu/scctlctr/research-project-highlights/urban-goods-delivery-0>)



# Objetivo y problemas frecuentes

Entrega a tiempo, intacta, eficiente y segura. Pero....

- Rampas bloqueadas
- Vehículos estacionados en doble fila
- Falta de acceso a la acera
- Mal uso de zonas de carga/descarga y de estacionamiento
- Aceras bloqueadas
- Competencia por el uso de aceras, rampas y/o elevadores.

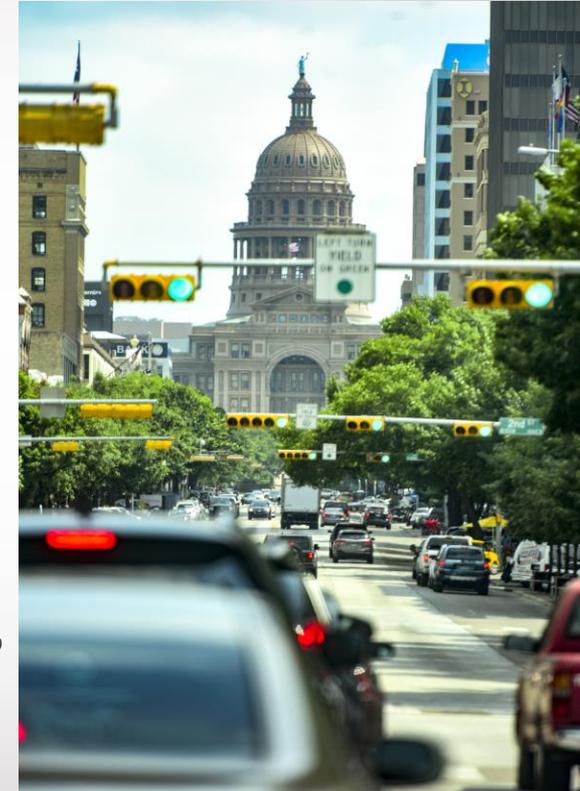


Volumen de Vehículos

# Factores externos de influencia

- Tipo de urbanización (vertical, horizontal)
- Densidad
- Infraestructura (e.g., accesos, capacidades)
- Regulaciones
- Normativas ambientales y municipales

Fuente: University of Washington Supply Chain Transportation & Logistics Center. 2021. (<https://depts.washington.edu/scctr/research-project-highlights/urban-goods-delivery/>)



# Retos y tendencias

- Envíos más pequeños y frecuentes
- “Densificación” del espacio comercial e industrial
- Problemas con el sector de transporte:
  - Falta de conductores de unidades de transporte
  - Restricciones en las horas de operación
  - Disponibilidad de zonas de estacionamiento
- Congestión del tráfico
- Disminución del tiempo de entrega debido a nuevos modelos de negocio (e.g., comercio electrónico)
- Sistemas alternos de envío y entrega (drones/robots, impresión 3D, bicicletas, vehículos autónomos)
- Uberización y economía de “trabajo temporal” o “segunda chamba”



Fuente: SCAG. Last-Mile Freight Delivery Study, 2020 ([https://scag.ca.gov/sites/main/files/file-attachments/2958\\_lastmilefreightstudy-final.pdf](https://scag.ca.gov/sites/main/files/file-attachments/2958_lastmilefreightstudy-final.pdf))

# Y...

innover



## Retos...

- Métodos obsoletos de comunicación
- Visibilidad limitada
- Procesos lentos



## Falta de eficiencia...

- >25% de millas recorridas con vehículos vacíos
- Camiones cargados tienen una utilización de solo el 56% en EEUU y 54% en la UE.



## Ambiente externo...

- Incertidumbre en precios de combustible (40% de incremento de 2021 a 2022)
- Puertos congestionados, y escasez de conductores
- Expectativas de clientes como “entrega el mismo día”



## Tendencias

### Operación logística digitalizada

- Conectividad API con el ecosistema para enfrentar la velocidad del comercio electrónico.



### Decisiones basadas en datos

- Precios dinámicos, en lugar de precios de contrato
- Reducción de millas vacías a través de ML
- Mantenimiento de vehículos predictivo usando datos de sensores.

# Importancia para el valor de la empresa

Gestión de envíos como punto de referencia de cobros y pagos (e.g., e-commerce).

*Ciclo de conversión de efectivo (Cash Conversion Cycle "CCC") = Días de inventario + Días de cuentas por cobrar - Días de cuentas por pagar*

Inversión en activos (e.g., flotilla de vehículos)

$$\text{Rendimiento de activos (ROA)} = \frac{\text{EBITDA}}{\text{Activos Totales}}$$

$$\text{Rotación de Activos} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Activos}}$$

Costos de operación

*Costo de productos vendidos (COGS)*

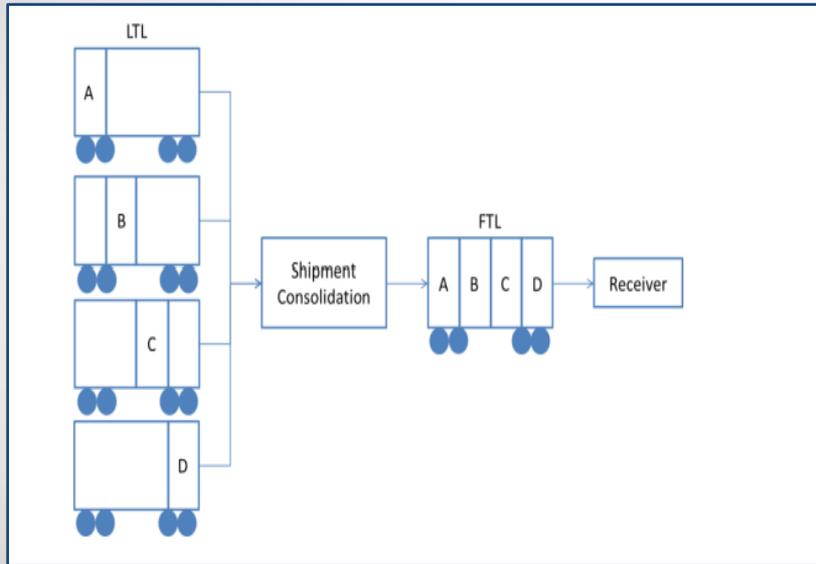
*Rentabilidad sobre recursos propios (ROE) = (Márgen neto) x (Rotación de activos) x (Apalancamiento financiero)*

# Consolidación de Carga



# Consolidación de Carga

Consolidar cargas LTL en cargas FTL.



- Disminución de distancia total de viaje
- Disminución de número de viajes
- Incremento en utilización de activos de transporte
- Disminución del costo de operación
- Disminución de inversiones
- Mejorar servicio al cliente:
  - Entregas a tiempo
  - En costo
  - Integridad física

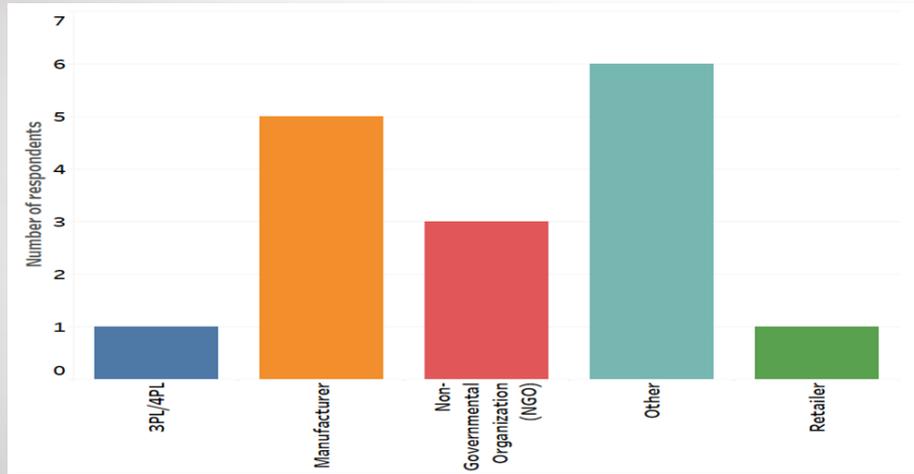


## Panorama de la CC - Resultados de Encuesta

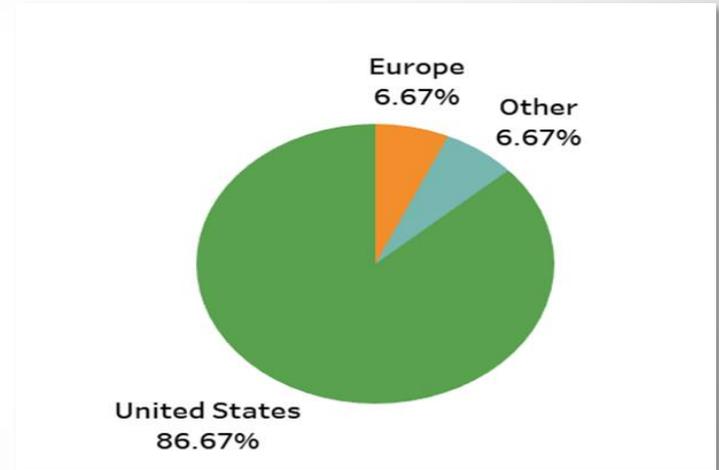
---

# Resultados Encuesta - Sector Privado

## Tipo de Organización

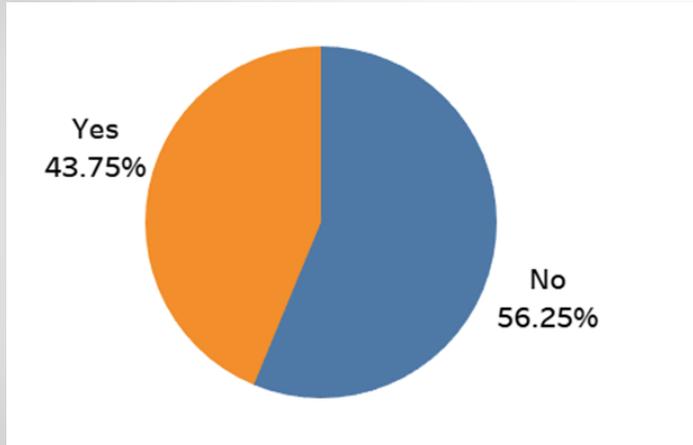


## Ubicación Regional

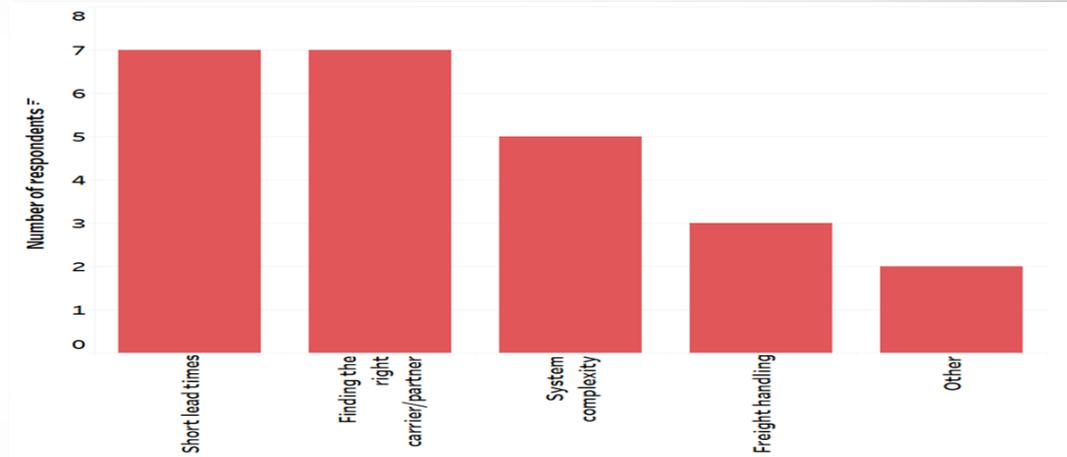


# Resultados Encuesta - Sector Privado

Proporción de compañías usando CC

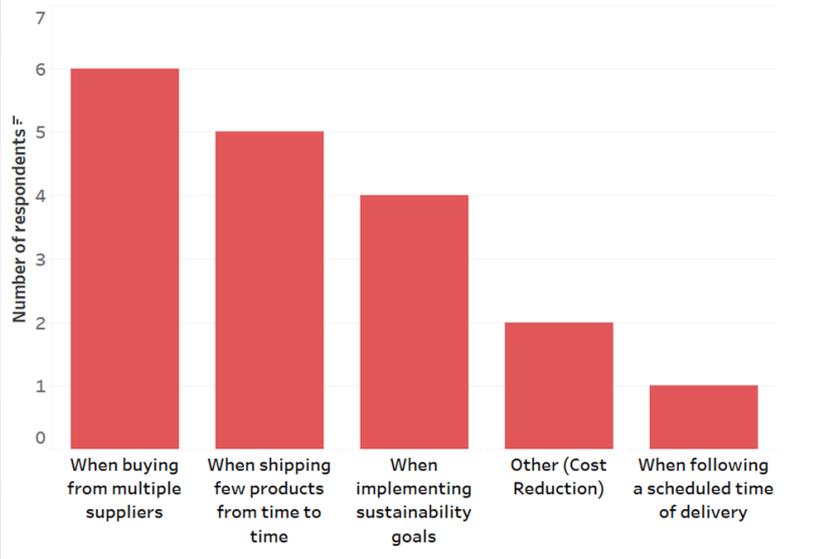


Retos en la implementación de la CC

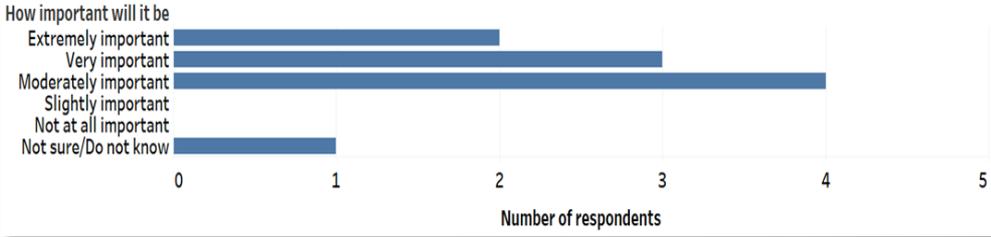


# Resultados Encuesta - Sector Privado

## Preferencias en la utilización de la CC



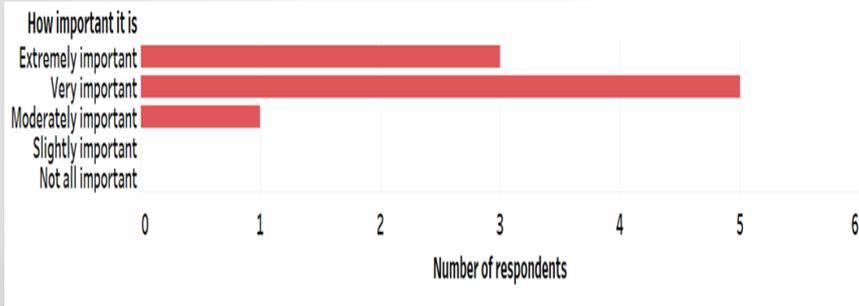
## Importancia de la CC en 5 a 10 años



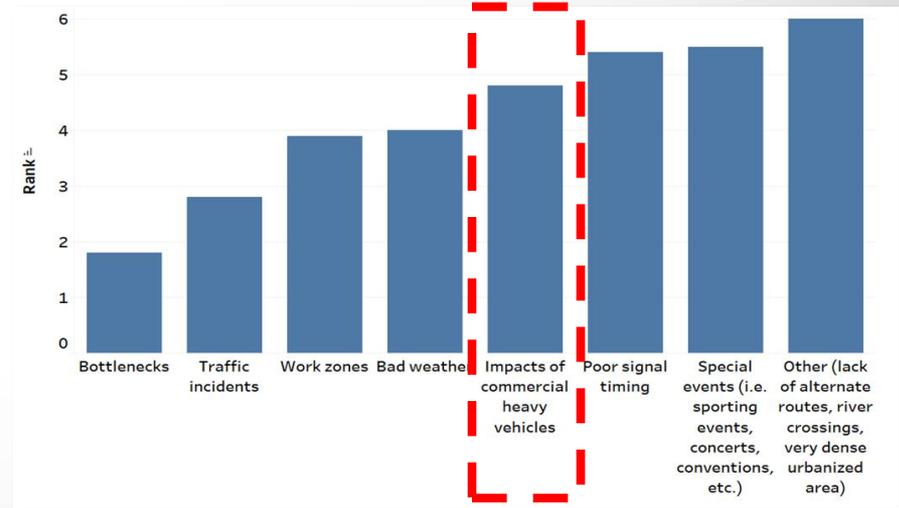
# Resultados Encuesta - Sector Público

## Relación congestión y tráfico de vehículos pesados

¿Qué tan importante es la congestión para los departamentos de transporte?



## Principales causas de congestión de tráfico





## Mejores Prácticas – Entrevistas con grandes distribuidores y compañías de envíos

---

# Entrevistas

## Prácticas de éxito

- Consideran la planificación de envíos como un proceso de pensamiento sofisticado y estratégico impulsado por diversas consideraciones.
- La optimización del transporte se ha convertido es una parte integral del proceso de pensamiento en la planificación de envíos, tanto para carga estándar como para carga mixta.



# Entrevistas

## Variabes:

- La geografía y localización juega un papel crucial, donde se evalúa meticulosamente la proximidad de los puertos a los centros de distribución y los destinos finales.
- Análisis exhaustivo de las características de la carga que manipulan. Esto incluye consideraciones sobre la naturaleza de los productos, sus requisitos de almacenamiento y cualquier restricción regulatoria asociada con su transporte.

## Herramientas

- La optimización de la carga utiliza algoritmos avanzados y análisis de datos para mejorar la eficiencia del transporte de carga. Implica evaluar varios factores, incluida la planificación de rutas, la selección de transportistas y la consolidación de carga, con el objetivo de minimizar costos, reducir los tiempos de tránsito y maximizar la eficiencia operativa general.

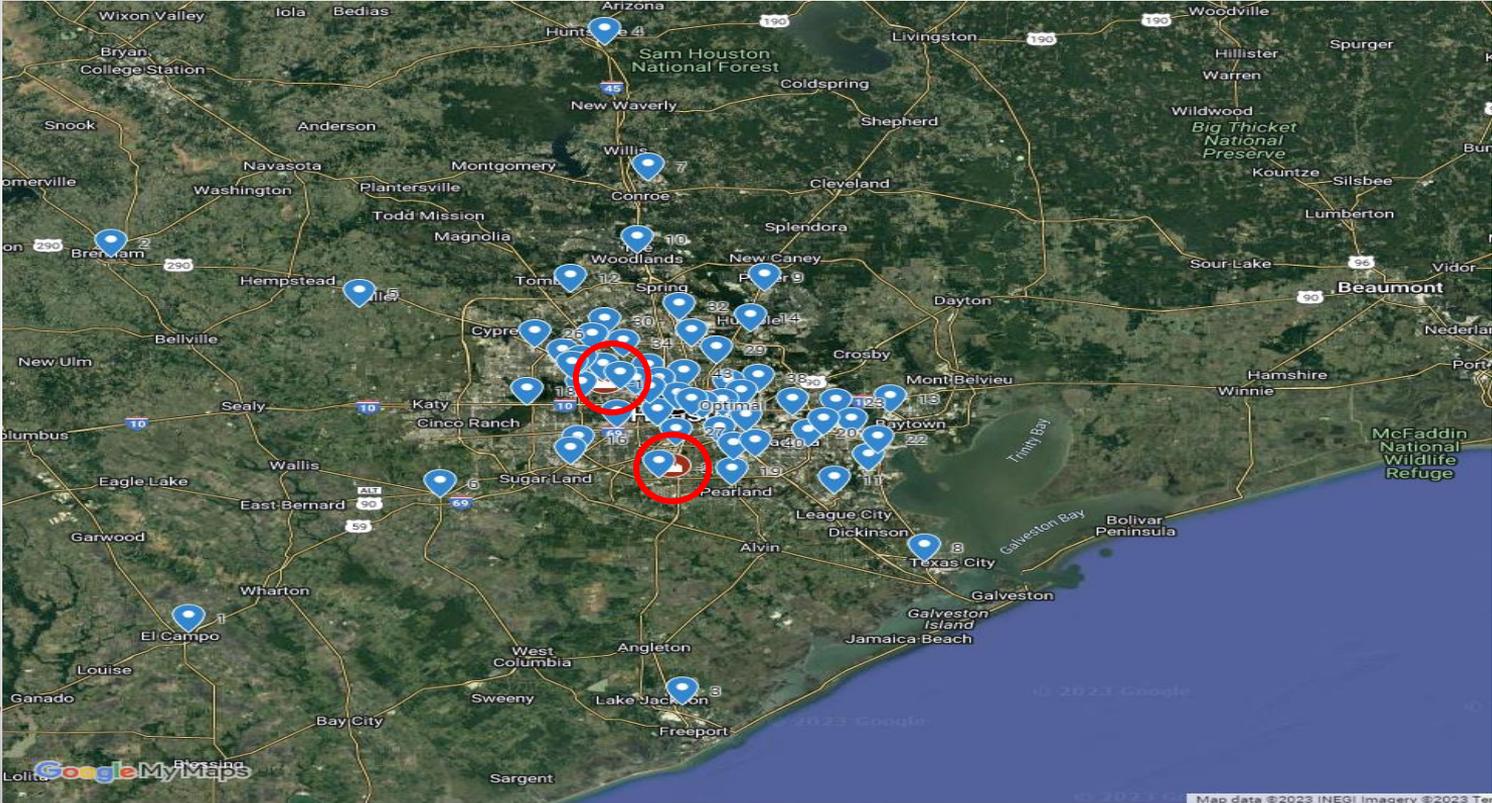


**NICR**  
NATIONAL INSTITUTE FOR  
CONGESTION REDUCTION

**Caso de aplicación (EE.UU.) - CC**

---

# Caso Houston



# Desarrollo del Modelo y Algoritmo

1. **Modelo de optimización matemática exacta (ruteo):** óptimo, pero solo aplicable a instancias pequeñas debido a su definición como problema “NP-Hard”.
2. **Heurístico - Algoritmo (ruteo):** subóptimo, pero capaz de manejar instancias más grandes.
3. **Modelo de optimización matemática (Ubicación):** Basado en distancias esféricas.



# Desarrollo del Modelo y Algoritmo

Supuestos:

- Dos nodos proveedores, a y b, suministran cada uno un único producto/mercancía.
- Los clientes demandan productos, en diferentes cantidades, de cada nodo.
- Los vehículos que salen del nodo proveedor "a" se cargan parcialmente y luego se dirigen al nodo proveedor "b" para completar la carga de toda la carga/demanda para los nodos de clientes asignados.
- El vehículo viaja por una ruta determinada visitando nodos asignados, hasta llegar al nodo cliente  $j_k$ ,  $(b, j_1, j_2, j_3, \dots, j_j, \dots, j_k)$ . Después, el vehículo regresa al nodo proveedor "b".

# Diseño de Experimento

## OPTIMIZATION MODEL (Small Scenarios)

### Original Depot Location(s)

#### Regular/Baseline Scenario

Single Demand  
( $Q_1$ ) Routing

+

Single Demand  
( $Q_2$ ) Routing

Vs.

#### Cargo Consolidation Scenario

Combined Demand  
( $Q_1 + Q_2$ ) Routing

### Optimized Depot Location(s)

#### Cargo Consolidation Scenario

Combined Demand  
( $Q_1 + Q_2$ ) Routing

Runs:  
20-clients random samples (3)

## ALGORITHM (Large Scenarios)

### Original Depot Location(s)

#### Cargo Consolidation Scenario

Combined Demand  
( $Q_1 + Q_2$ ) Routing

### Optimized Depot Location(s)

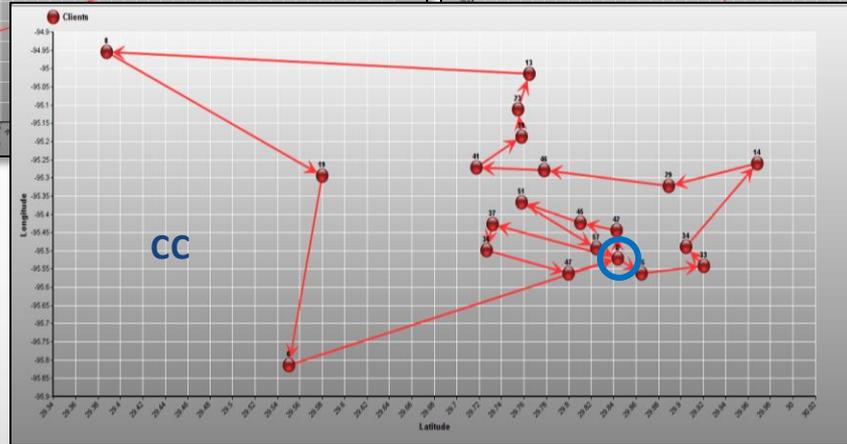
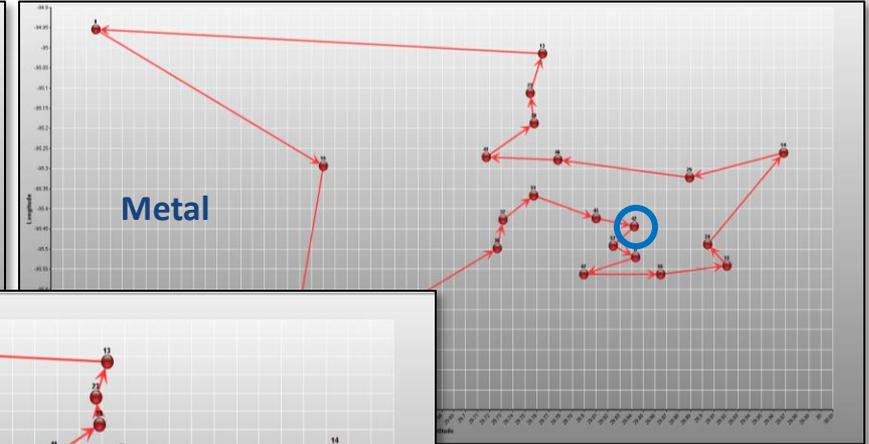
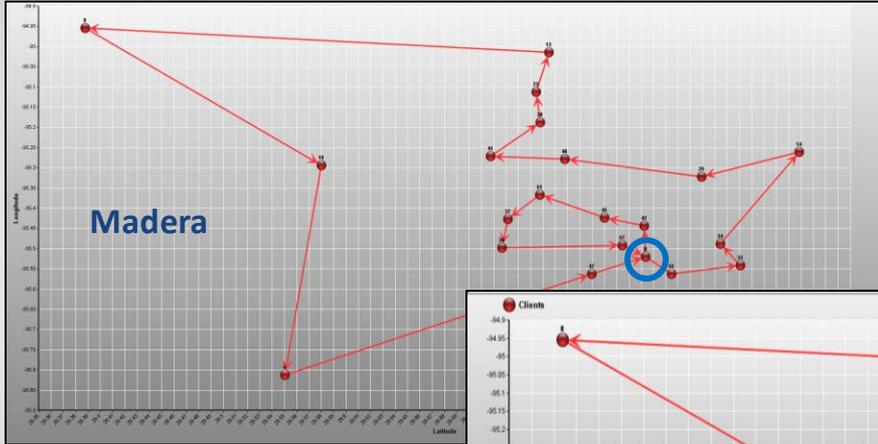
#### Cargo Consolidation Scenario

Combined Demand  
( $Q_1 + Q_2$ ) Routing

- Runs:
1. 20-clients random samples (3)
  2. Complete 58-clients sample

# Resultados – RS1

Parámetros: Capacidad 18 tons, Autonomía/rango: 400 km



# Resultados - Modelo

		Single-Demand Model	Cargo Consolidation Model	CC Model Improvement
RS1	Volume (tons)	39.3	39.3	
	Distance (km)	818.3	460.2	43.76%
	No. Trucks/Trips	3	3	0.00%
RS2	Volume (tons)	27.6	27.6	
	Distance (km)	1347	677	49.74%
	No. Trucks/Trips	4	2	50.00%
RS3	Volume (tons)	29.8	29.8	
	Distance (km)	818	431	47.31%
	No. Trucks/Trips	3	2	33.33%
Average %	<b>Distance (km)</b>	994.4	522.7	<b>46.94%</b>
	<b>No. Trucks/Trips</b>	3.3	2.3	<b>27.78%</b>
Average Nominal	<b>Distance (km)</b>			<b>-471.7</b>
	<b>No. Trucks/Trips</b>			<b>-1.0</b>

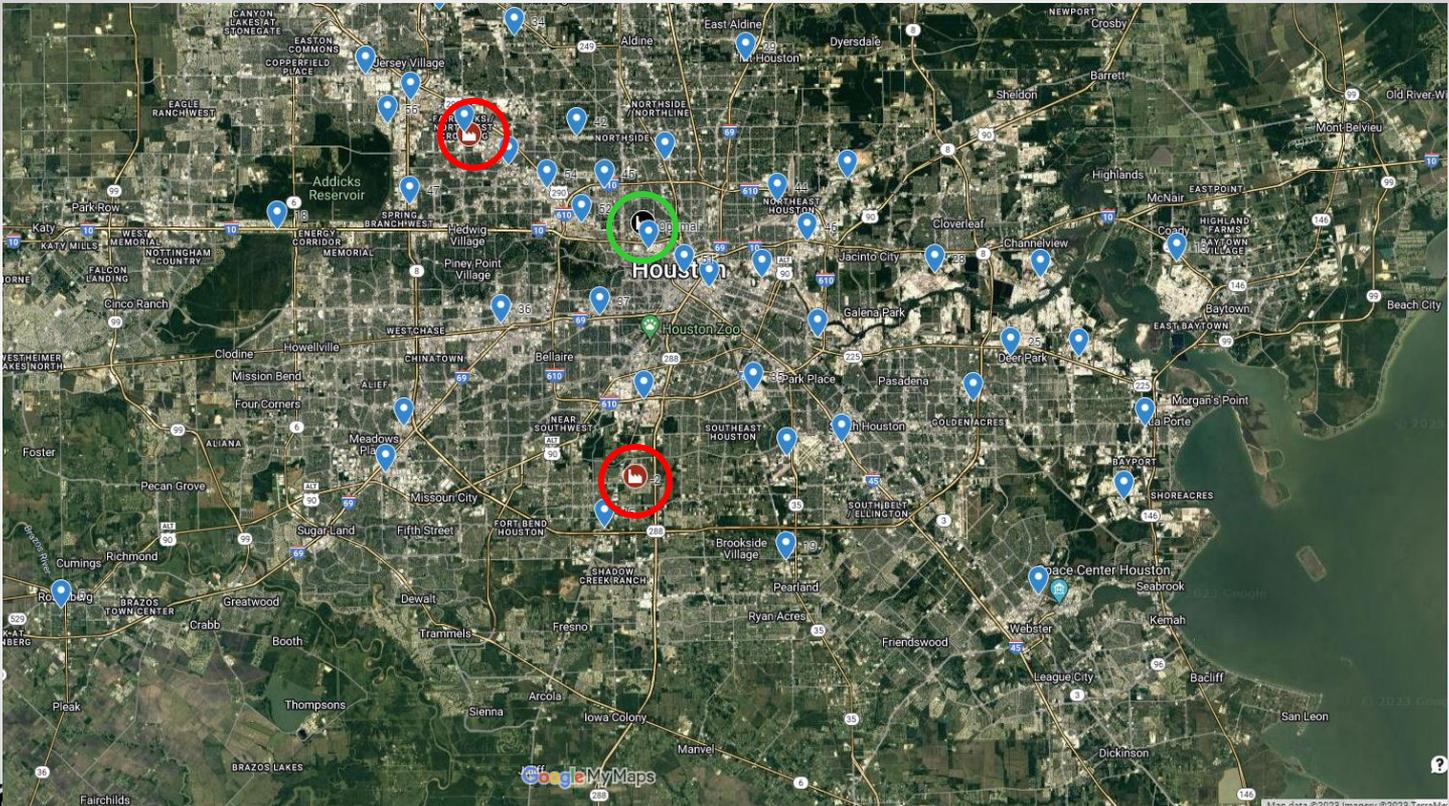
# Resultados - Algoritmo

		Single-Demand Model	Cargo Consolidation Algorithm	CC— Algorithm Improvement
RS1	Volume (tons)	39.3	39.3	
	Distance (km)	818.3	692.0	15.43%
	No. Trucks/Trips	3	3	0.00%
RS2	Volume (tons)	27.6	27.6	
	Distance (km)	1347	883.9	34.38%
	No. Trucks/Trips	4	3	25.00%
RS3	Volume (tons)	29.8	29.8	
	Distance (km)	818	509.9	37.67%
	No. Trucks/Trips	3	2	33.33%
Average %	<b>Distance (km)</b>	994.4	695.3	<b>29.16%</b>
	<b>No. Trucks/Trips</b>	3.3	2.7	<b>19.44%</b>
Average Nominal	<b>Distance (km)</b>			<b>-299.2</b>
	<b>No. Trucks/Trips</b>			<b>-0.7</b>

# Resultados – Desempeño del Algoritmo

		Cargo Consolidation Improvement		Algorithm's
		Model	Algorithm	Deviation from
		Optimality		
RS1	Distance	43.76%	15.43%	-50.38%
	No. Trucks/Trips	0.00%	0.00%	0.00%
RS2	Distance	49.74%	34.38%	-30.56%
	No. Trucks/Trips	50.00%	25.00%	-50.00%
RS3	Distance	47.31%	37.67%	-18.31%
	No. Trucks/Trips	33.33%	33.33%	0.00%
Average	Distance	46.94%	29.16%	-33.08%
	No. Trucks/Trips	27.78%	19.44%	-16.67%

# Resultados – Optimización de Ubicación



# Resultados - Original Vs. Ubicación Optimizada

		Single Demand		Original vs. Optimized Improvem ent	Cargo Consolidation		Original vs. Optimized Improvem ent	Cargo Consolidation		Original vs. Optimized Improvem ent
		Original Depot Loc.	Optimized Depot Loc.		Original Depot Loc.	Optimized Depot Loc.		Original Depot Loc.	Optimized Depot Loc.	
		Model	Model		Model	Model		Algorithm	Algorithm	
RS1	Distance (km)	818.3	806.9	1.39%	460.2	424.6	7.74%	692.047	611.645	11.62%
	No. Trucks/Trips	3	3	0.00%	3	3	0.00%	3	3	0.00%
RS2	Distance (km)	1347	1288	4.38%	677	647	4.43%	883.858	838.296	5.15%
	No. Trucks/Trips	4	4	0.00%	2	2	0.00%	3	3	0.00%
RS3	Distance (km)	818	806	1.47%	431	425	1.39%	509.897	569.589	-11.71%
	No. Trucks/Trips	3	4	-33.33%	2	2	0.00%	2	2	0.00%
Average %	Distance (km)	994.4	967.0	2.41%	522.7	498.9	4.52%	695.3	673.2	1.69%
	No. Trucks/Trips	3.3	3.7	-11.11%	2.3	2.3	0.00%	2.7	2.7	0.00%
Average Nominal	Distance (km)			-27.5			-23.9			-22.1
	No. Trucks/Trips			0.3			0.0			0.0

# Resultados – Beneficios

- Modelo – Reducción de 172,170 vehículos-km (~ 107,000 vehículos-millas)
- Algoritmo – Reducción anual de 72,797 vehículos-km (~ 45,233 vehículos-millas)

Los beneficios se derivaron de:

- 20 clientes
- En Houston
- Dos productos básicos (madera y metal)

# Oportunidades y recomendaciones

- Las operaciones de última milla tomarán todavía aún más relevancia para fines de competencia y diferenciación.
- La complejidad también aumentará.
- Esto representa nuevas oportunidades de sinergias entre compañías.

Sin embargo...

- Las tecnologías y las regulaciones tomarán un papel determinante en esta carrera.
- Toda aplicación tecnológica y/o de soluciones/estrategias deben estar respaldada por un caso de negocio.

# GRACIAS



---

**Contacto:**

**Mario Monsreal, Ph.D.**

Email: [m-monsreal@tti.tamu.edu](mailto:m-monsreal@tti.tamu.edu)