

SEGUNDO ENCUENTRO REGIONAL LATINOAMERICANO Y CARIBEÑO DE COMUNIDADES LOGÍSTICAS PORTUARIAS

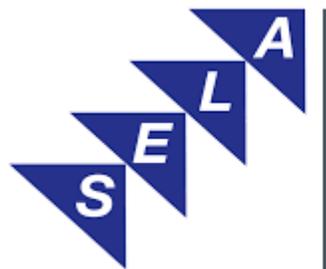
Programa SELA-CAF

“Red de Puertos Digitales y Colaborativos”

Ciudad de Cartagena – 27, 28 y 29 de Julio de 2017



BANCO DE DESARROLLO
DE **AMÉRICA LATINA**



SISTEMA ECONÓMICO
LATINOAMERICANO
Y DEL CARIBE

**Mejoramiento de procesos
operativos en terminales de
contenedores a través de modelos
de optimización, simulación y
minería de datos**

Dr. Julio Mar-Ortiz & Dra. María D. Gracia



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA de
TAMAULIPAS**



CUERPO ACADÉMICO
Propti
PRODUCTIVIDAD Y OPTIMIZACIÓN

Agenda



1. Vinculación Escuela-Empresa

- Experiencia del PrOpti

2. Modelado y Optimización de Operaciones en Logística Portuaria

- Caracterización de Problemas en Terminales de Contenedores
- Metodologías Genéricas para la Mejora de Procesos

3. Mejora de Procesos Operativos en Terminales de Contenedores

- Modelos de Simulación (Diseño y análisis de políticas de operación)
- Predictive Analytics (Análisis de la eficiencia de operaciones portuarias)
- Modelos de Optimización (Programación de recursos y agendamiento de citas)

Vinculación Escuela – Empresa

¿Qué busca la Universidad?

- Acceso a problemas reales
- Acercar a los alumnos y tesis a proyectos de investigación, desarrollo y consultoría
- Formar **capital humano** con experiencia y sólidas bases metodológicas, enfocados a la **solución de problemas reales**
- Desarrollar y validar **metodologías** que compitan en el estado del arte
- Proponer y evaluar estrategias para **aumentar la productividad** a través de mejores prácticas operativas
- **Generar y transferir conocimiento**
- Proyectar a la Universidad como una institución responsable y generadora de conocimiento nuevo y aplicado, en beneficio de la industria y sociedad.

Vinculación ATP – UAT

➤ Agosto 2012 – Diciembre 2013: Proyectos de Fin de Curso

- ✓ **Proyectos desarrollados por estudiantes** (supervisados por Docente-Investigador) – Propuestas de Mejora en Patios y Bahía

➤ Marzo 2014 – a la fecha: Proyectos de Investigación

- ✓ **2014** – Diseño de políticas de operación para atención a buques
- ✓ **2015** – Diseño de políticas de operación para atención a SPF
- ✓ **2016** – Análisis de la eficiencia de carga y descarga de buques
- ✓ **2016 ~ 2017**– Desarrollo de un DSS para Planeación de la Capacidad

➤ Agosto 2017: Cursos de Capacitación

- ✓ Análisis de líneas de espera y niveles de congestión
- ✓ Medición de capacidad y eficiencia portuaria
- ✓ Metodologías para el análisis y mejora de procesos operativos

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Investigador Responsable en Proceso de Investigación: DR. JULIO MAR ORTIZ

Co-Investigadores: DR. JOSÉ ANTONIO GARCÍA GONZÁLEZ, DR. OSCAR RAMÍREZ CARRANZA, DR. JOSÉ ANTONIO GARCÍA GONZÁLEZ

Asesor: DR. OSCAR RAMÍREZ CARRANZA

Asesor: DR. JOSÉ ANTONIO GARCÍA GONZÁLEZ

Tamaño: Tamaulipas, México, a 23 de noviembre 2018

Índice

Página

1.1. Introducción

1.2. Objetivos

1.3. Justificación

1.4. Estructura del Informe

2.1. Marco Teórico

2.2. Metodología

2.3. Resultados

2.4. Conclusiones y Recomendaciones

3.1. Análisis de la eficiencia de carga y descarga de buques

3.2. Análisis de la capacidad de los patios

3.3. Análisis de la capacidad de las bahías

3.4. Análisis de la capacidad de los muelles

3.5. Análisis de la capacidad de los puentes

3.6. Análisis de la capacidad de los sistemas de control

3.7. Análisis de la capacidad de los sistemas de comunicación

3.8. Análisis de la capacidad de los sistemas de seguridad

3.9. Análisis de la capacidad de los sistemas de mantenimiento

3.10. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión

3.11. Análisis de la capacidad de los sistemas de información

3.12. Análisis de la capacidad de los sistemas de logística

3.13. Análisis de la capacidad de los sistemas de transporte

3.14. Análisis de la capacidad de los sistemas de distribución

3.15. Análisis de la capacidad de los sistemas de almacenamiento

3.16. Análisis de la capacidad de los sistemas de procesamiento

3.17. Análisis de la capacidad de los sistemas de control de calidad

3.18. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de riesgos

3.19. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos humanos

3.20. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos financieros

3.21. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos tecnológicos

3.22. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos ambientales

3.23. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos sociales

3.24. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos culturales

3.25. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos espirituales

3.26. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos emocionales

3.27. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos mentales

3.28. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos físicos

3.29. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos energéticos

3.30. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos materiales

3.31. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos informáticos

3.32. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de datos

3.33. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de conocimiento

3.34. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de innovación

3.35. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de emprendimiento

3.36. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de liderazgo

3.37. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de trabajo en equipo

3.38. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de comunicación efectiva

3.39. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de resolución de conflictos

3.40. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de toma de decisiones

3.41. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión del tiempo

3.42. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la calidad

3.43. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la productividad

3.44. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la competitividad

3.45. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la sostenibilidad

3.46. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la responsabilidad social

3.47. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la ética

3.48. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la integridad

3.49. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la transparencia

3.50. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la confianza

3.51. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la reputación

3.52. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la imagen

3.53. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la marca

3.54. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la experiencia

3.55. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la satisfacción

3.56. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la fidelización

3.57. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la retención

3.58. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la adquisición

3.59. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la conversión

3.60. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la optimización

3.61. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la mejora continua

3.62. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la innovación

3.63. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la adaptación

3.64. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la resiliencia

3.65. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la flexibilidad

3.66. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la agilidad

3.67. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la escalabilidad

3.68. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la portabilidad

3.69. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la interoperabilidad

3.70. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la compatibilidad

3.71. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la coherencia

3.72. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la consistencia

3.73. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la claridad

3.74. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la precisión

3.75. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la exactitud

3.76. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la integridad

3.77. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la confiabilidad

3.78. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la validez

3.79. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la utilidad

3.80. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la aplicabilidad

3.81. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la transferibilidad

3.82. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la replicabilidad

3.83. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la escalabilidad

3.84. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la sostenibilidad

3.85. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la adaptabilidad

3.86. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la flexibilidad

3.87. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la agilidad

3.88. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la escalabilidad

3.89. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la portabilidad

3.90. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la interoperabilidad

3.91. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la compatibilidad

3.92. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la coherencia

3.93. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la consistencia

3.94. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la claridad

3.95. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la precisión

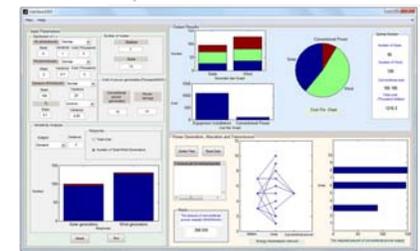
3.96. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la exactitud

3.97. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la integridad

3.98. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la confiabilidad

3.99. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la validez

3.100. Análisis de la capacidad de los sistemas de gestión de recursos de gestión de la utilidad



Modelado y Optimización de Operaciones en Logística Portuaria

1. Mar-Ortiz J., María D. Gracia, R. G. González-Ramírez. 2016. **A Framework for Improving Logistics Operations at Container Terminals**. Chapter in *Handbook of Research on Managerial Strategies for Achieving Optimal Performance in Industrial Processes*, pp. 1-604, G. Alor Hernández, C. Sánchez-Ramírez, J. L. García-Alcaraz (eds.). Hershey, PA: IGI Global. ISBN: 978-152-25013-0-5. doi:10.4018/978-1-5225-0130-5.ch001
2. Mar-Ortiz, J., M. D. Gracia (2017). **Un análisis de los factores que afectan la productividad de los sitios de atraque en una terminal de contenedores**. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 18(2), abril-junio 2017: 169-181.

Sistema Complejo

SEASIDE

Compañías Navieras



Vessel Handling Time

Ship productivity

YARD SIDE

Recursos de la Terminal



Cranes productivity

LANDSIDE

Compañías Transportistas



Truck Turnaround Time

Congestión

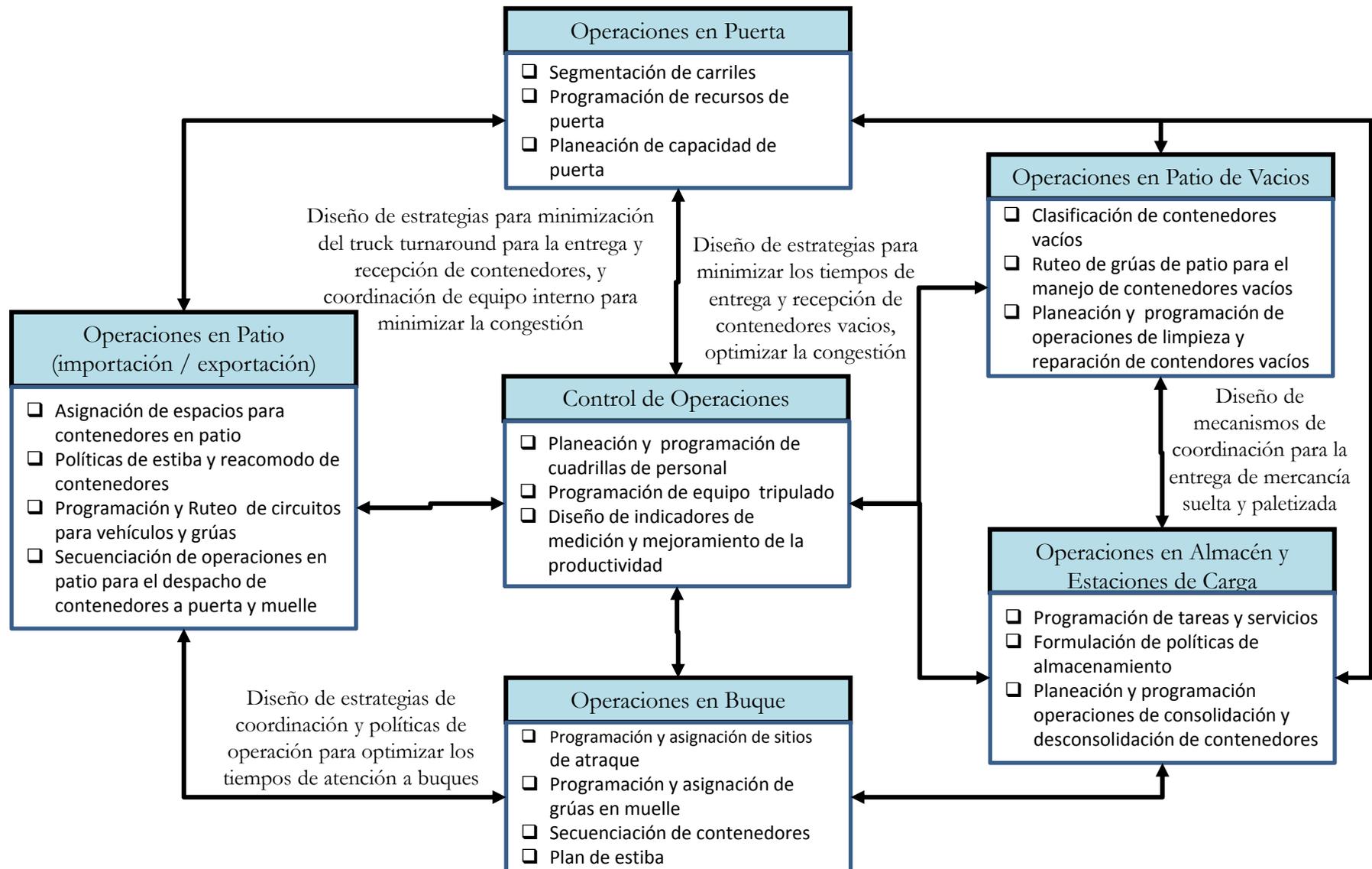
Tiempo de espera camiones

Largo de Cola

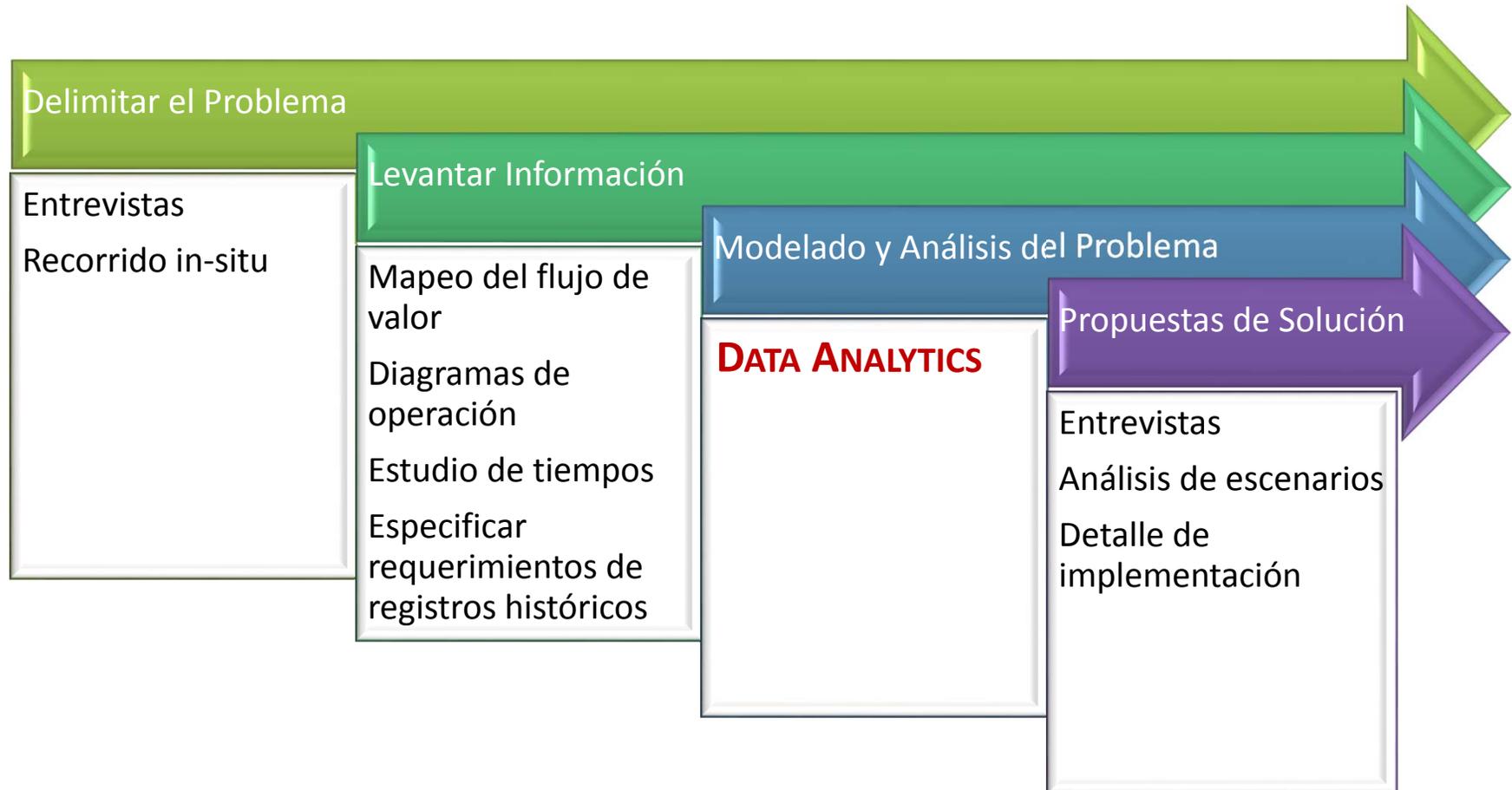
Emisiones de CO₂

Una terminal de contenedores puede ser visto como un **Sistema Complejo** que contiene varias entidades físicas (muelle, espacio de almacenamiento, equipo tripulado, personal), financieras (costos de operación, precios, tarifas, multas), y condicionales (niveles de contaminación, sistemas de inspección y control, sistemas de seguridad) que interactúan con socios externos tales como transportistas, navieras, aduanas, para proporcionar los servicios de almacenaje y transferencia de contenedores.

Líneas de Investigación



Enfoque Basado en Resolución de Problemas



Enfoque Basado en Resolución de Problemas

DATA ANALYTICS



¿Qué pasó?

- Técnicas Estadísticas

Análisis Diagnóstico

¿Por qué pasó?

- Técnicas Ingeniería Industrial
- Pensamiento Esbelto

Análisis Predictivo

¿Cuál es la probabilidad de que suceda x ?

- Técnicas Estadísticas
- Machine Learning
- Data Mining

Análisis Prescriptivo

¿Cuál es la decisión óptima?

- Optimización
- Simulación

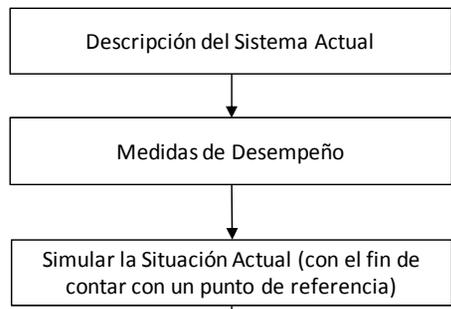
Decision Support Systems
Decision Automation System

PROBLEM-DRIVEN APPROACH

Diseño de Políticas Óptimas

Diseño de Sistemas Esbeltos (*Lean Logistics*)

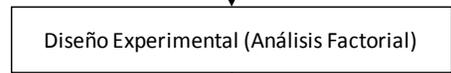
Modelo de Simulación



- ✓ Diagramas de flujo
- ✓ Value Stream Mapping
- ✓ Identificar los indicadores de rendimiento relevantes al sistema.
- Truck Turnaround / Ship Turnaround*
- ✓ Validation and Verification
- ✓ Simulation Analysis and Variance Reduction

Una vez que el modelo de simulación para el sistema actual ha sido verificado y validado, este puede ser utilizado para evaluar condiciones futuras de operación (políticas).

Diseño Experimental

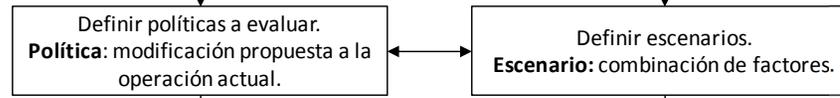


Una vez que se han depurado factores significativos mediante argumentación y estadísticas

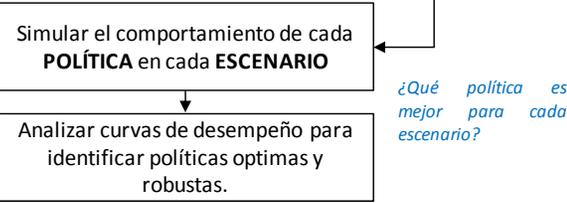
P.ej. De 10 factores se han identificado 4 significativos.

- ✓ Identificar factores (y sus niveles), que afectan a las medidas de desempeño.
- ✓ Definir el diseño experimental.
- ✓ Realizar la experimentación mediante simulación.
- ✓ Identificar factores significativos mediante ANOVA, o MANOVA, según sea el caso.

Evaluación de Políticas



- ✓ Política: abrir zona de inspección de sellos.
- ✓ Escenario: Viernes, tarde, 15% reservas, y buque.



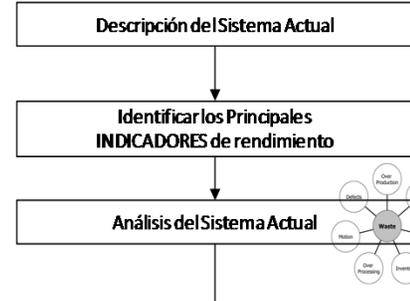
¿Qué política es mejor para cada escenario?

Optimización

□ Descripción y análisis de las implicaciones, beneficios y desventajas de cada una de las políticas (o reglas de operación) propuestas para optimizar los tiempos de atención a buques y patio.

Optimizar parámetros de operación de una política particular mediante la Metodología de Superficies de Respuesta

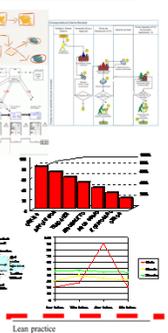
Descripción y Análisis del Sistema Actual



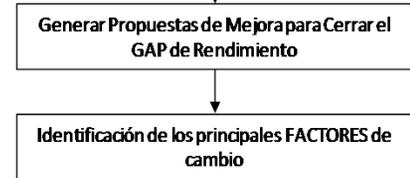
- ✓ Entrevistas, cuestionarios.
- ✓ Diagramas de flujo
- ✓ Graficas de proceso
- ✓ Value Stream Mapping
- ✓ Rich Picture (SSM)

Indicadores relevantes al sistema:

- ✓ Análisis estadístico
- ✓ Graficas, histogramas, Pareto, 7H
- ✓ Identificación de 7 Muda
- ✓ Ventana de valor
- ✓ SW+IH
- ✓ TOC, etc.



Diseño de las Propuestas de Mejora



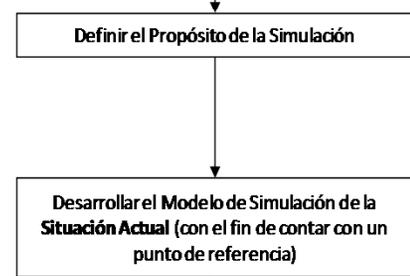
- ✓ Benchmark
- ✓ Buenas prácticas mundiales
- ✓ Lluvia de ideas
- ✓ Lean Practices

Con el fin de identificar las mejores prácticas (que puedan ser cuantificables y modeladas objetivamente) al implementar la filosofía lean.

Los factores pueden ser las técnicas lean (p.ej. Sistema pull vs push, TPM, reducción de setup, etc) donde se analizarán y evaluarán generalmente dos niveles.

- Lean practice
- Bottleneck removal (production smoothing)
- Cellular manufacturing
- Competitive benchmarking
- Continuous improvement programs
- Cross-functional work force
- Cycle time reductions
- Focused factory production
- JIT continuous flow production
- Lot size reductions
- Maintenance optimization
- New process equipment technologies
- Planning and scheduling strategies
- Preventive maintenance
- Process capability measurements
- Pull system kanban
- Quality management programs
- Quick changeover techniques
- Reorganized production process
- Safety improvement programs
- Self-directed work teams
- Total quality management

Desarrollo del Modelo de Simulación

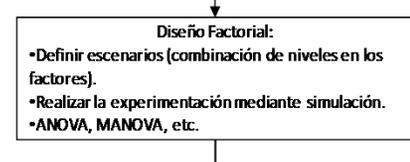


Simulation provides a basis for comparison among alternative strategies and, in turn, enhanced managerial decision-making. Simulation can be used to:

- The use of simulation to establish specific parameters of a lean manufacturing system.
- The use of simulation to design, test and improve lean systems.

- ✓ Validation – results comparable with the real system
- ✓ Verification – model mimics the real system
- ✓ Assumptions (condiciones iniciales, terminal vs no terminal, periodo de calentamiento, replicas, estado estable vs no estado estable)
- ✓ Variance Reduction Techniques
- ✓ Estrategia de recolección y tratamiento de datos.

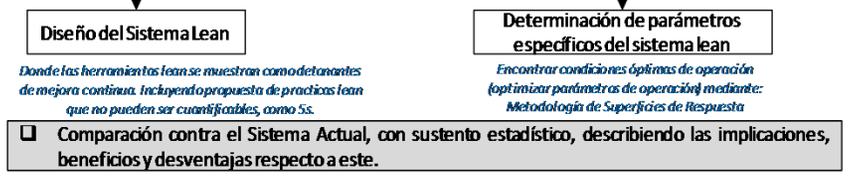
Análisis Experimental



Para estudiar el efecto de los FACTORES sobre los principales INDICADORES de rendimiento, lo cual permitirá determinar la mejor modificación o combinación de modificaciones.

ANOVA para estudiar formalmente los resultados y determinar la magnitud y significancia de todas las efectos e interacciones.

Validación del Sistema Lean



Donde las herramientas lean se muestran como detonantes de mejora continua. Incluyendo propuesta de prácticas lean que no pueden ser cuantificables, como 5s.

Encontrar condiciones óptimas de operación (optimizar parámetros de operación) mediante: Metodología de Superficies de Respuesta

- Comparación contra el Sistema Actual, con sustento estadístico, describiendo las implicaciones, beneficios y desventajas respecto a este.

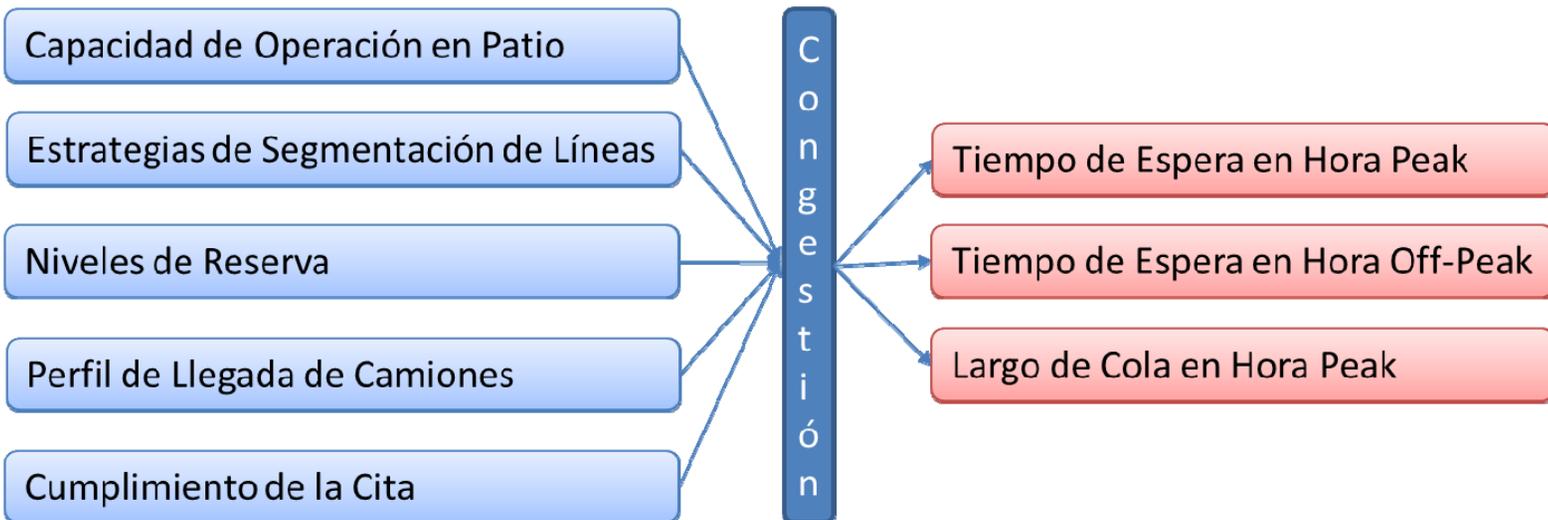
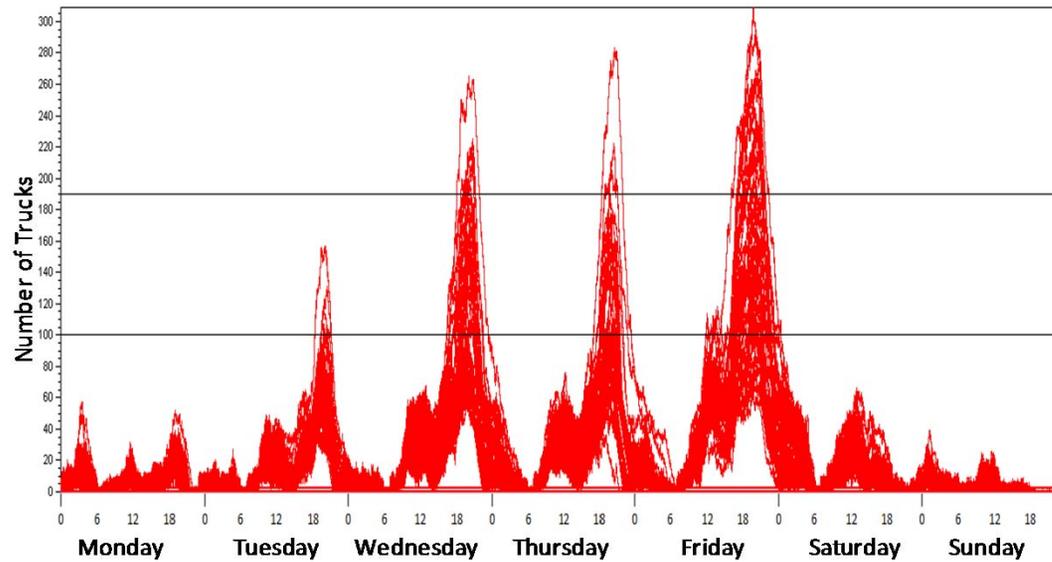
Mejora de Procesos Operativos en Terminales de Contenedores

Modelos de Simulación

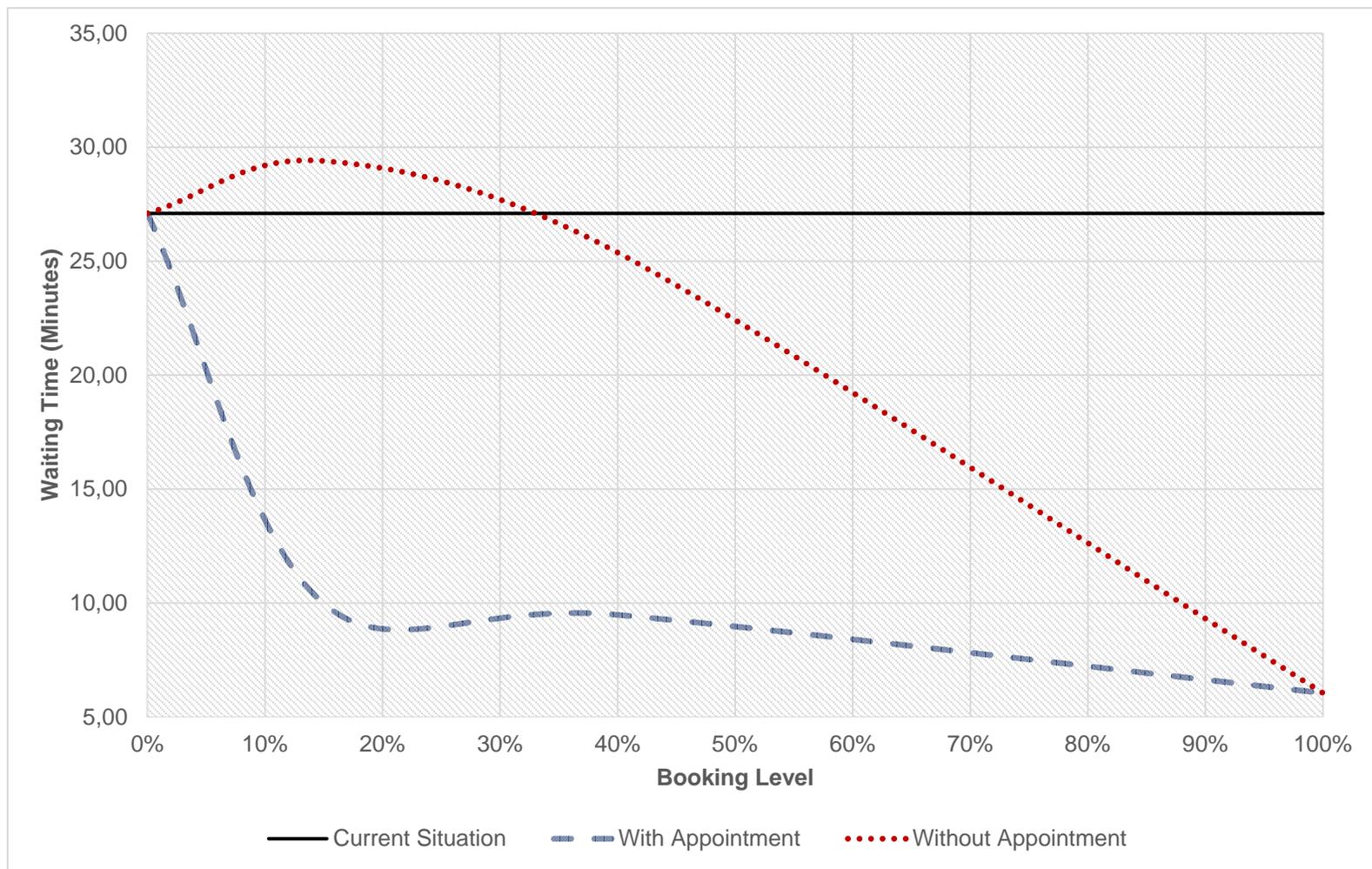
Diseño y Análisis de Políticas de Operación

1. Gracia M. D., Gonzalez-Ramirez, R. G., J. Mar-Ortiz (2016). **The impact of lanes segmentation and booking levels on a container terminal gate congestion.** *Flexible Services and Manufacturing Journal*. DOI: 10.1007/s10696-016-9256-4.
2. Gracia M. D., J. Mar-Ortiz, R. G. Gonzalez-Ramirez (2017). **Design and analysis of operational strategies to reduce vessel handling times at container terminals: a simulation approach.** Submitted to Int J Shipping and Transport Logistics
3. Gracia M.D., J. Mar-Ortiz (2017). **The impact disruptive events and random arrivals on container terminal productivity.** In process.

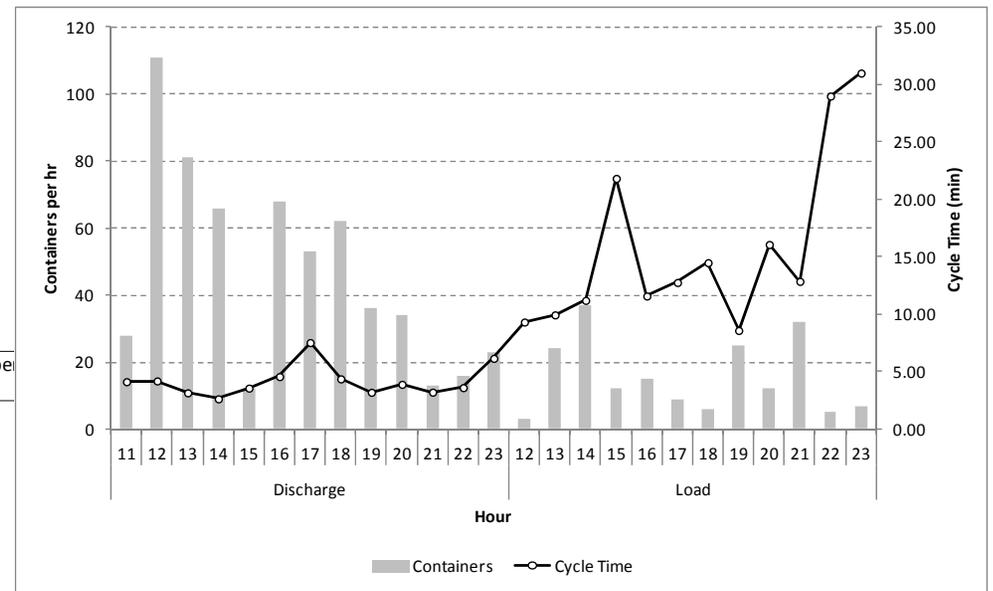
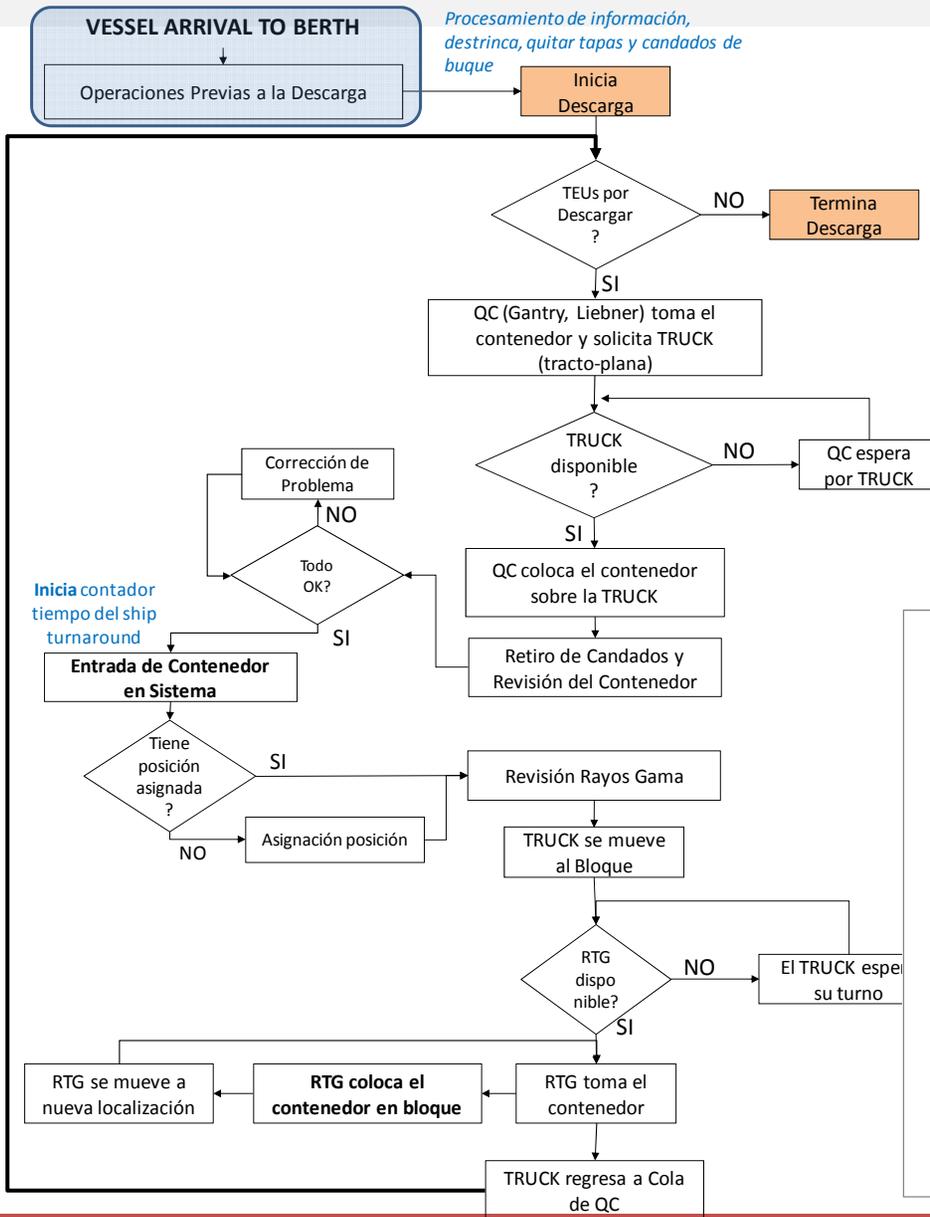
Análisis de la Congestión en PUERTA (STI Chile)



Algunos Resultados



Diseño Estrategias Operación BUQUES (ATP México)



Diseño Estrategias Operación BUQUES (ATP México)

Número de Contenedores a Mover

Número de Grúas Muelle a Usar

Número de Trucks por Grúa Muelle

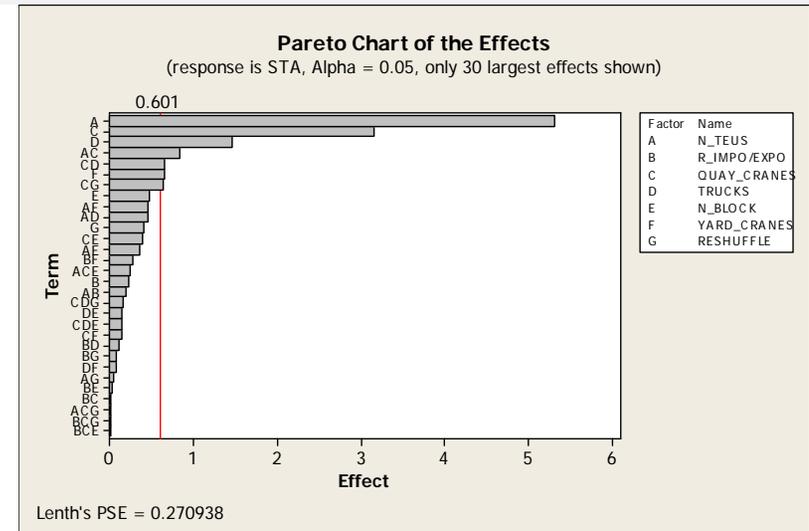
Número de Bloques para Carga

Número de Grúas de Patio

Relación Impo/Expo

Proporción de Libramientos

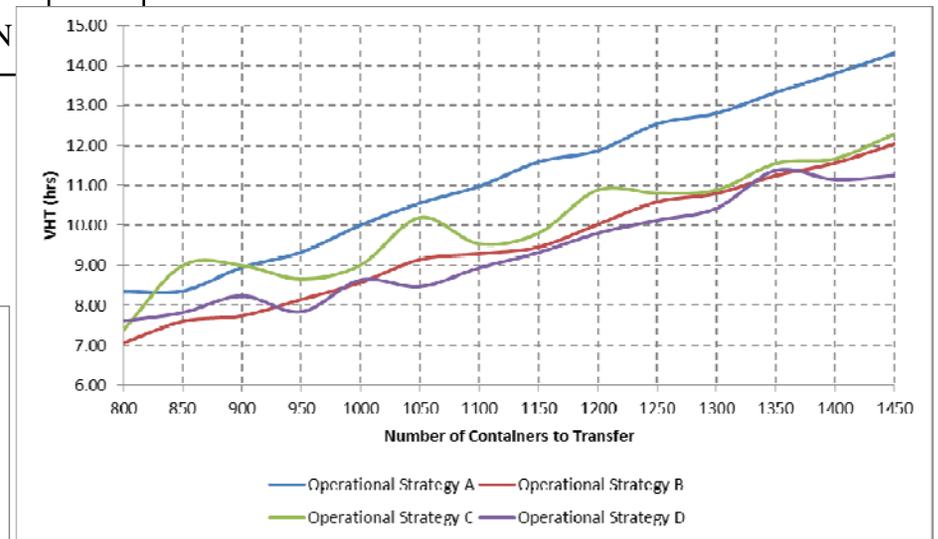
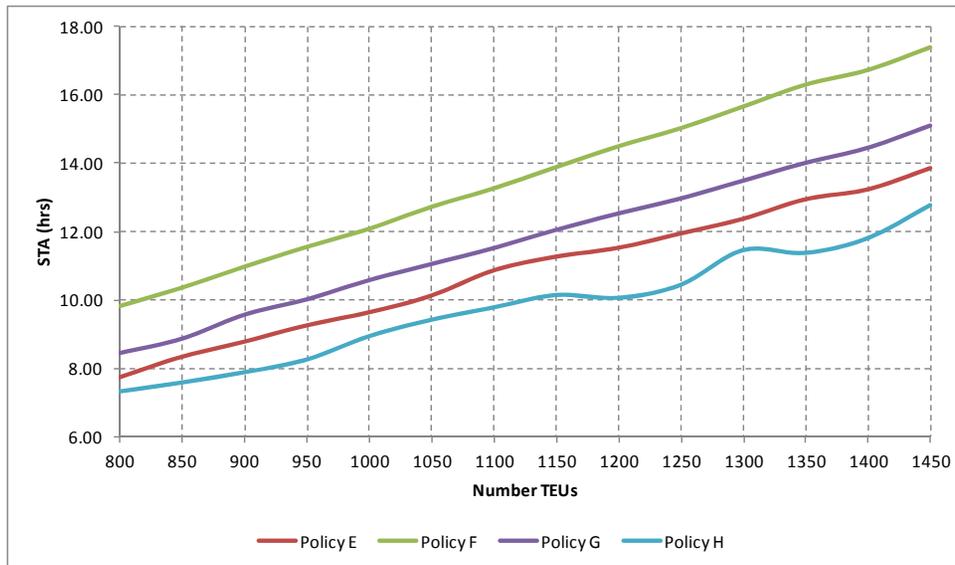
Tiempo de Atención al Buque



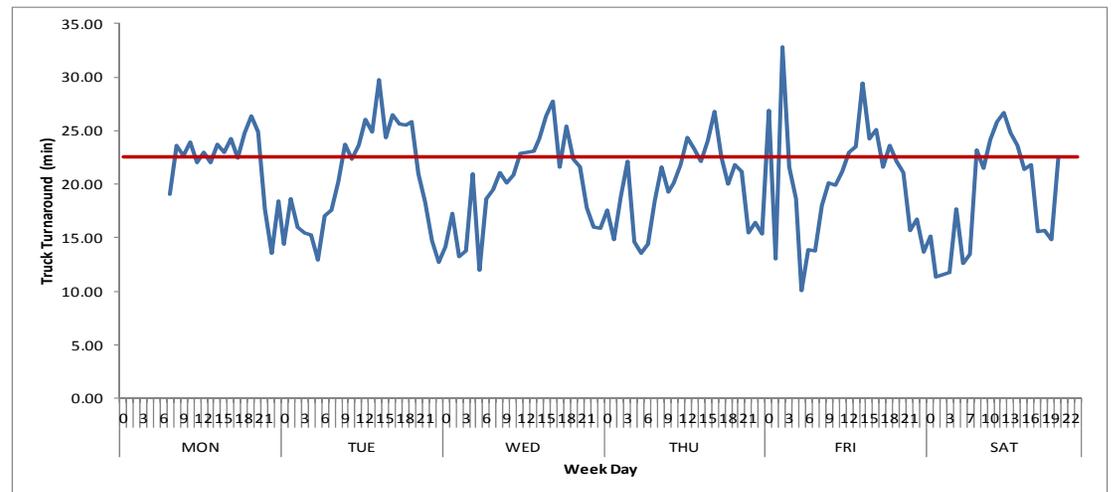
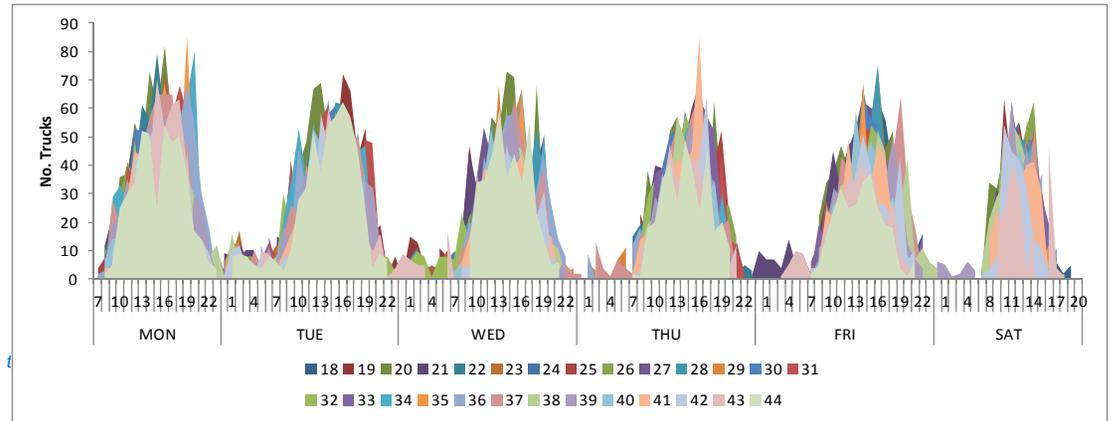
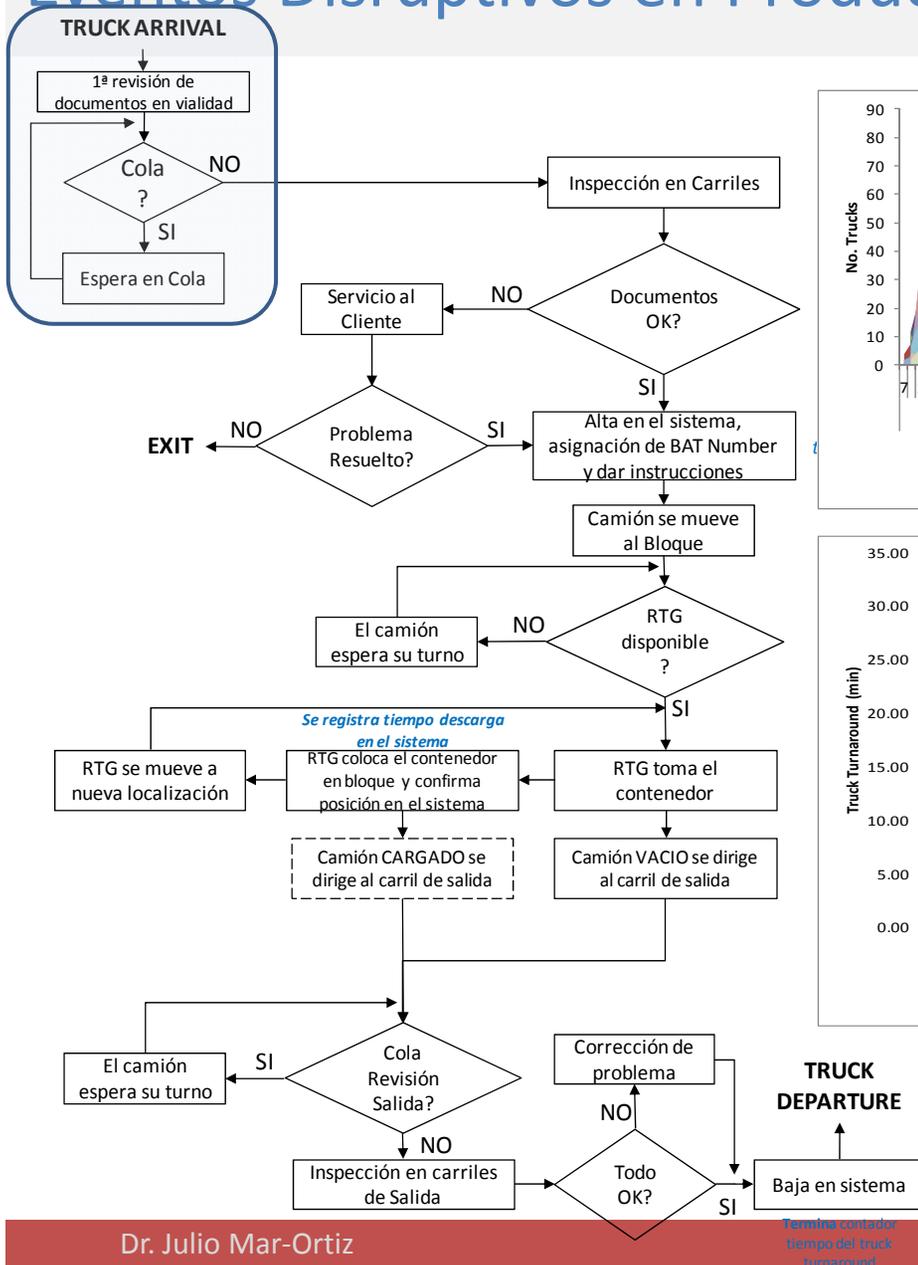
Con el DOE reducimos el **número de escenarios** a evaluar, e identificamos el conjunto de factores que definen una **política de operación**

Diseño Estrategias Operación BUQUES (ATP México)

Description	Policy			
	E	F	G	H
Number of quay cranes	3	2	3	2
Number of internal trucks per quay crane	8	8	6	8
Number of RTG involved in the operation	1c2d	3c3d	2c4d	2c4d
<ul style="list-style-type: none"> Evitar hacer recepción en bloque donde se está cargando a buque 	N	N	S	S
<ul style="list-style-type: none"> Enviar contenedores de descarga a bloques con menor cantidad de entregas por tierra 	S	S	N	



Eventos Disruptivos en Productividad de PATIO (ATP México)

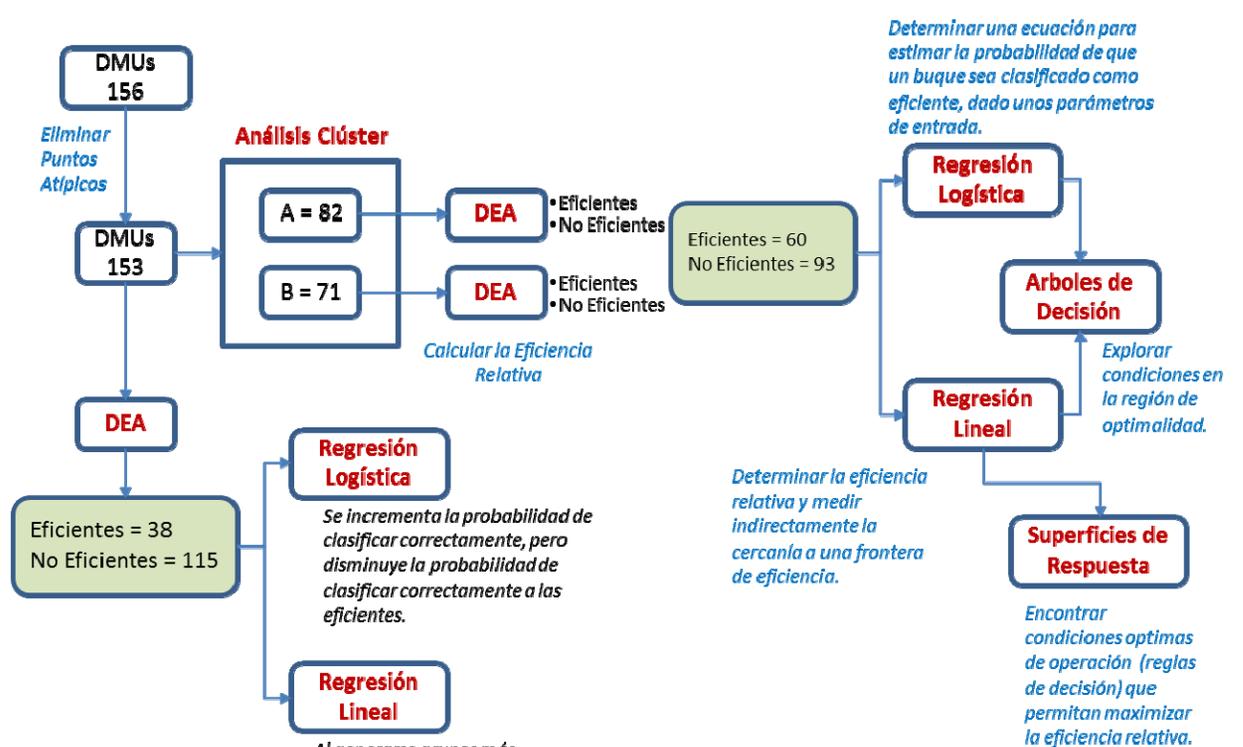
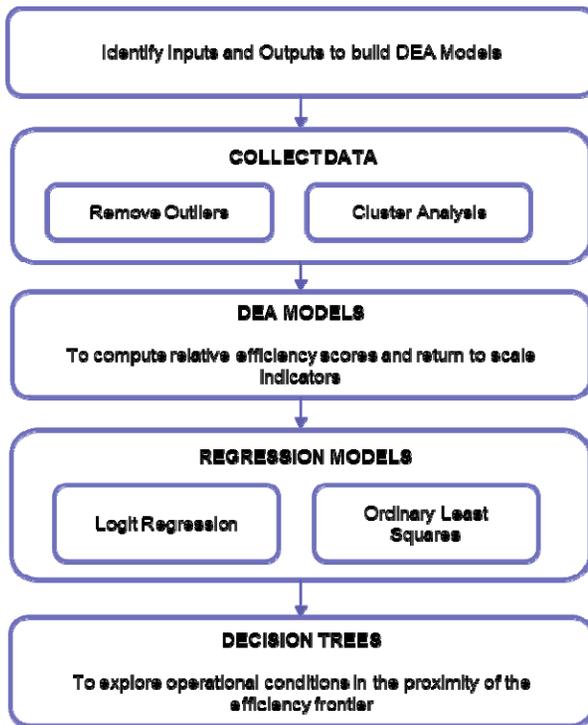


Predictive Analytics

Analizar la Eficiencia de Operaciones Portuarias

1. Luna, J. H., J. Mar-Ortiz, M. D. Gracia, D. Morales-Ramírez (2017). **An efficiency analysis of cargo-handling operations at container terminals.** *Maritime Economics and Logistics*. DOI: 10.1057/s41278-017-0074-8
2. Mar-Ortiz, J. J. H. Luna, M. D. Gracia (2017). **A neural network based DEA to predict the global efficiency of a working day on a container terminal.** In process.
3. Morales-Ramírez, D., M. D. Gracia, J. Mar-Ortiz (2017). **The impact of gate management policies on container terminal efficiency, Does truck appointment systems improve port competitiveness?** In process.

Análisis de la eficiencia Operaciones Carga/Descarga BUQUES



Inputs	Outputs
Number of quay cranes (x_3)	Number of containers ($x_1 + x_2$)
Number of trucks (x_4)	
Number of yard cranes ($x_5 + x_6$)	
Service time (x_7)	

Independent Variables

- x_1 – Number of containers to load
- x_2 – Number of containers to unload
- x_3 – Number of quay cranes assigned to the operation of the containership
- x_4 – Number trucks assigned to the operation of the containership
- x_5 – Number of yard cranes used in the loading operations
- x_6 – Number of yard cranes used in the discharging operations
- x_7 – Service time

DEA models must satisfy certain conditions in order to ensure an adequate level of discrimination:

- (i) $DMUs > (inputs)(outputs)$;
- (ii) $DMUs \geq 2 * (inputs + outputs)$;
- (iii) $DMUs \geq 3 * (inputs + outputs)$.

Dr. Julio Mar Ortiz

Análisis de la eficiencia: Modelos Regresión

Model	β	Robust SE	T	p-value	VIF
Intercept	1.4182	0.0396	35.73	0.000	
x_1 (Load)	0.0003	0.0000	4.78	0.000	4.02
x_2 (Discharge)	0.0002	0.0000	4.91	0.000	2.31
x_3 (NQuayC)	-0.0958	0.0105	-9.05	0.000	1.10
x_4 (NTrucks)	-0.0044	0.0007	-5.67	0.000	1.72
x_5 (NYardCLO)	-0.0118	0.0038	-3.07	0.003	3.00
x_6 (NYardCDi)	-0.0112	0.0031	-3.61	0.000	1.61
x_7 (Time)	-0.0025	0.0005	-4.51	0.000	1.75

Independent Variables

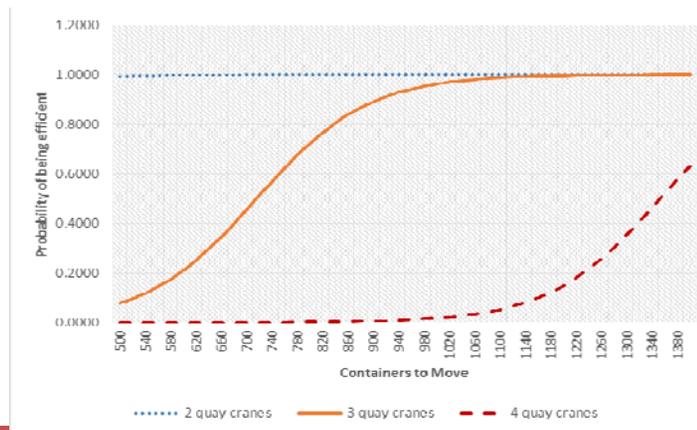
- x_1 – Number of containers to load
- x_2 – Number of containers to unload
- x_3 – Number of quay cranes assigned to the operation of the containership
- x_4 – Number trucks assigned to the operation of the containership
- x_5 – Number of yard cranes used in the loading operations
- x_6 – Number of yard cranes used in the discharging operations
- x_7 – Service time

$S = 0.0598$ $R\text{-sqr.} = 62.00\%$ $PRESS = 0.5843$ $R\text{-sqr.}(pred) = 56.97\%$

$$VRS = 1.418 + 0.0003x_1 + 0.0002x_2 - 0.0958x_3 - 0.0044x_4 - 0.0118x_5 - 0.0112x_6 - 0.0025x_7$$

$$y = 31.2424 + 0.0104x_1 + 0.0125x_2 - 7.2925x_3 - 0.2475x_4 - 0.2799x_5 - 0.8075x_6 - 0.1007x_7$$

$$P(\text{efficient}) = \frac{1}{1 + e^{-y}}$$



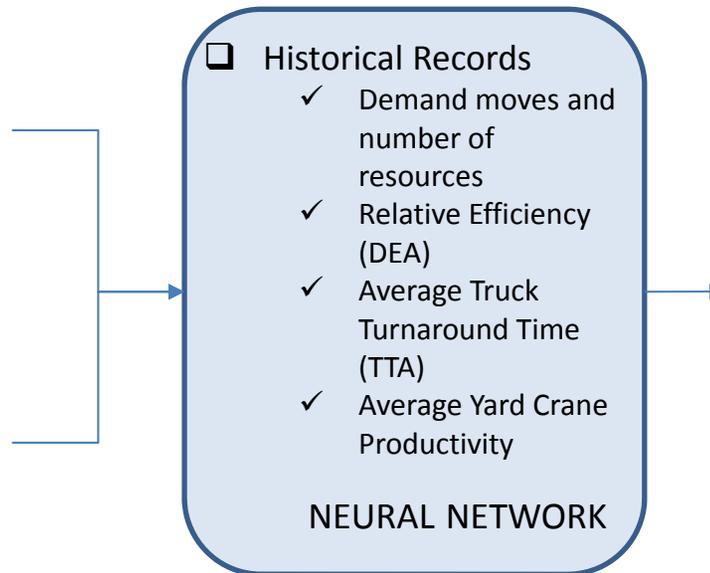
Model	β	Robust SE	Z	p-value	Odds Ratio
Intercept	31.2424	9.1428	3.42	0.001	3.70×10^{13}
x_1 (Load)	0.0104	0.0029	3.60	0.000	1.0104
x_2 (Discharge)	0.0125	0.0038	3.30	0.001	1.0126
x_3 (NQuayC)	-7.2925	2.1634	-3.37	0.001	0.0006
x_4 (NTrucks)	-0.2475	0.0753	-3.29	0.001	0.7806
x_5 (NYardCLO)	-0.2799	0.1842	-1.52	0.129	0.7558
x_6 (NYardCDi)	-0.8075	0.3162	-2.55	0.011	0.4459
x_7 (Time)	-0.1007	0.0383	-2.63	0.009	0.9041

Predictive Logistics: Predecir la Eficiencia Global de Una Terminal

INPUTS

Workload AND Operational Conditions

- ❑ Demand of moves (gate and vessel)
 - ✓ IBT Containers
 - ✓ OBT Containers
 - ✓ Loading Containers
 - ✓ Unloading Containers
- ❑ Number of Resources
 - ✓ Yard Equipment (RTG)
 - ✓ Hours operated yard equipment
 - ✓ Vessel Handling Time (VHT)



OUTPUTS

- ❑ Global Efficiency
 - ✓ Average Truck Turnaround Time
 - ✓ Average Equipment Productivity
 - ✓ Relative Efficiency Score (DEA score)

Modelos de Optimización

1. Mar-Ortiz, J. (2017). **The impact of the ship loading and unloading sequence on yard resources and truck appointment systems: a robust optimization approach.** In process.
2. Mar-Ortiz, J. (2017). **Modeling and optimization of a container terminal resource scheduling problem with uncertain data.** In process.
3. Castillo, Norberto, J. Mar-Ortiz (2017). **A DSS for a capacity planning problem at container terminals.** In process.

Proyecto de Investigación: Relación entre Citas y Eficiencia

De manera específica el proyecto define los siguientes objetivos:

- (1) **Analizar los beneficios del sistema de citas**, comparando las estadísticas de tiempos de espera, patrones de llegada, productividad de los equipos y truck turnarround antes y después de la implementación del sistema de citas.
- (2) Desarrollar un **modelo de optimización** (y su implementación en una **herramienta computacional**) para determinar la cantidad de **recursos** (grúas, tracto camiones, casetas, operadores, supervisores, etc.) que debe disponer la terminal para dar servicio a los camiones que llegarán a entregar o recoger contenedores a lo largo de un día de trabajo.
- (3) Desarrollar un modelo de optimización (y su implementación en una **herramienta computacional**) para determinar el nivel óptimo de reservas y la programación dinámica de **citas**.

Planeación de la Capacidad: Balancear Oferta y Demanda

OFERTA

Gestión de la Capacidad

Recursos Disponibles



Programación de Recursos

DEMANDA

Gestión de la Demanda

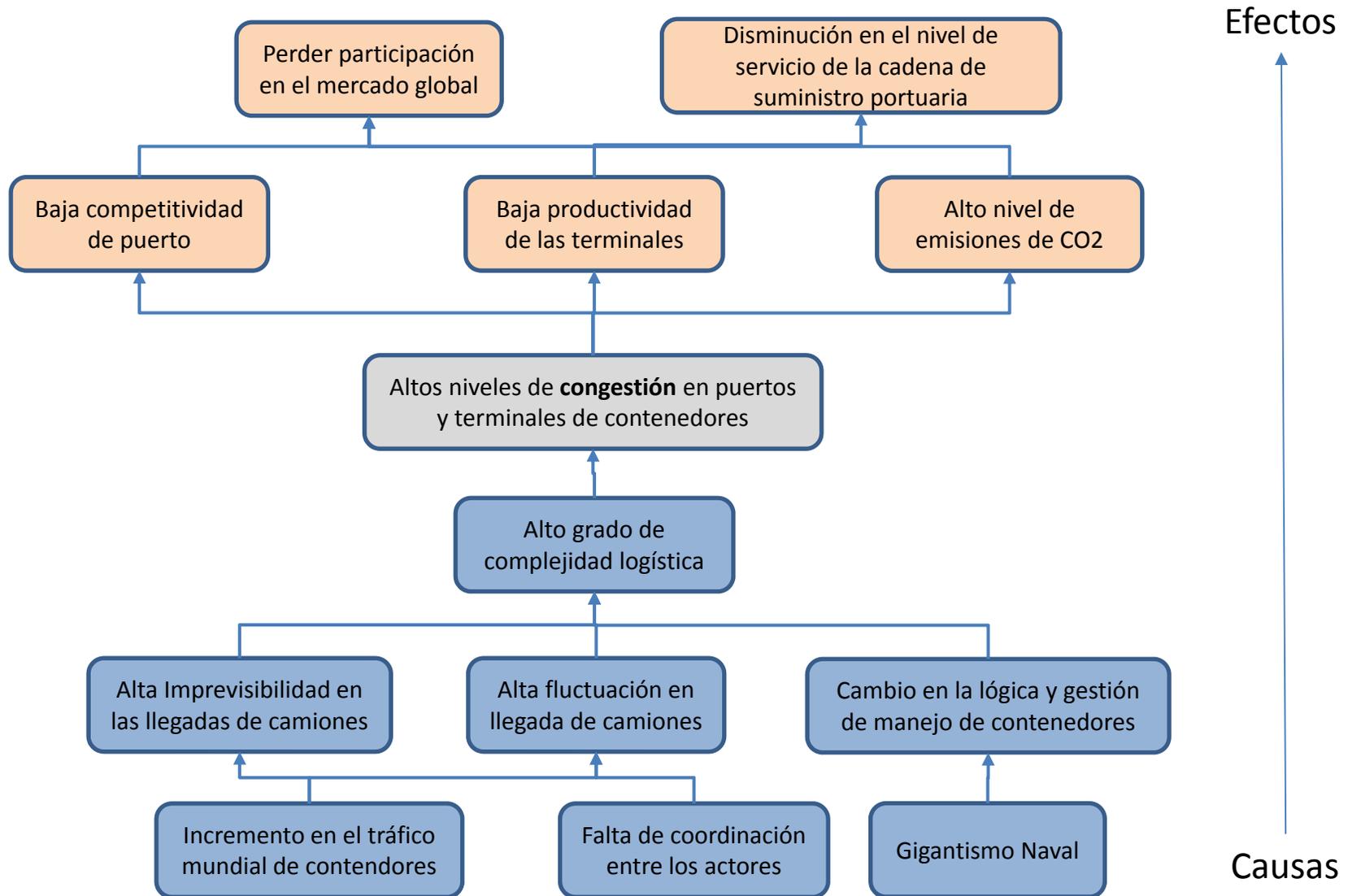
Llegada de Transportistas



Programación de Citas (clientes)

Tarifas diferenciadas

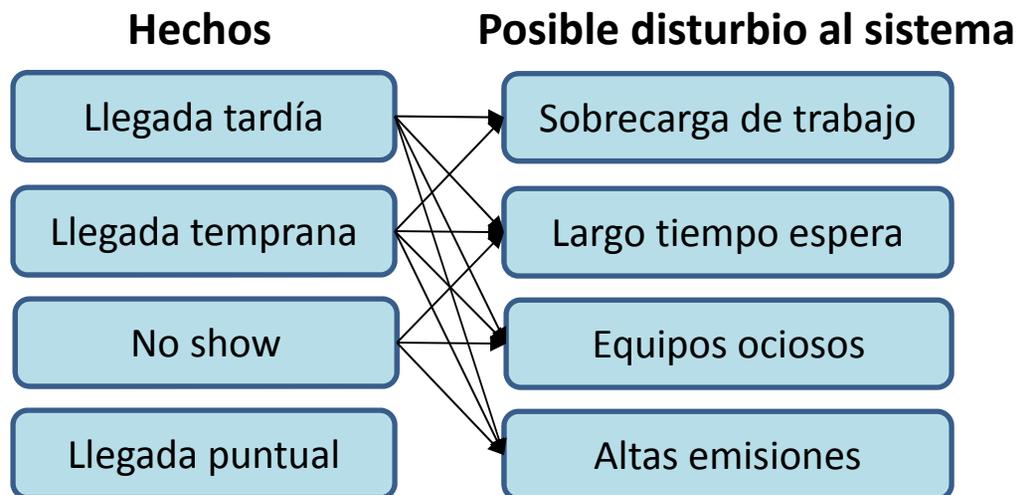
El Problema de la Congestión



Planeación Colaborativa de Recursos Logísticos

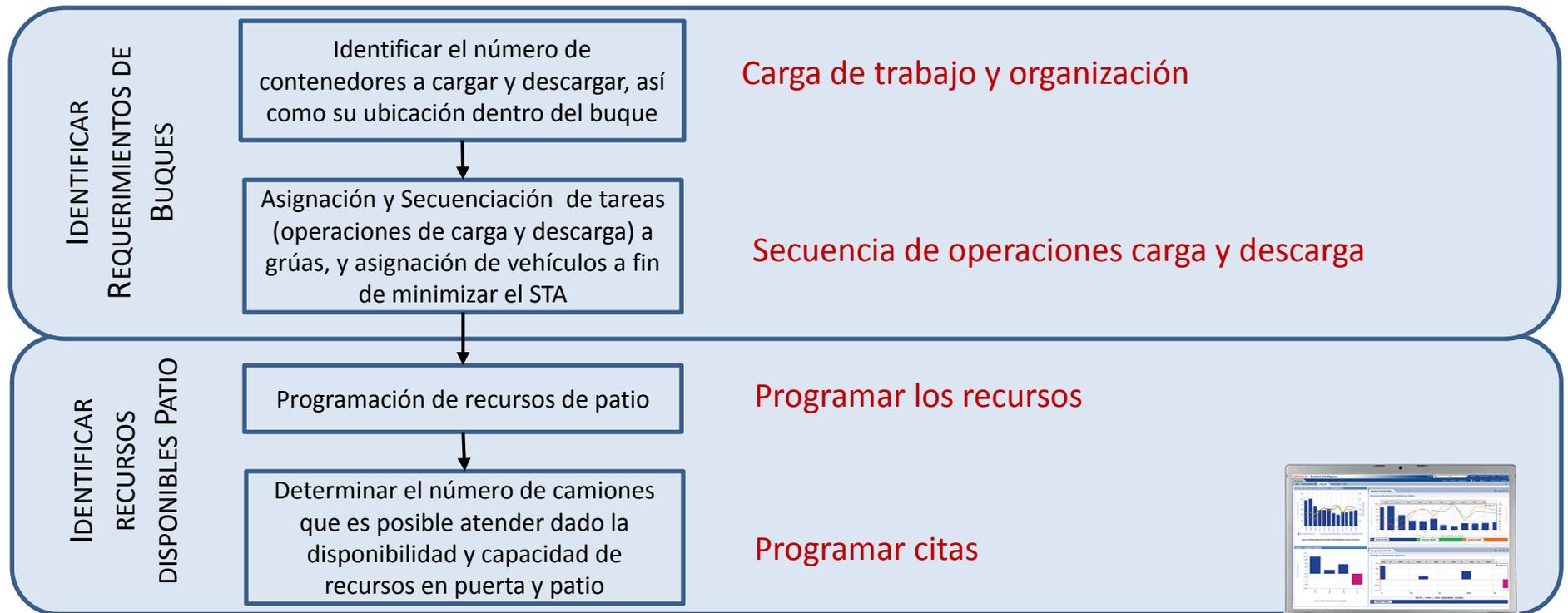
Consideraciones generales:

- (1) Altos niveles de congestión en las terminales generan altos niveles de contaminación y baja productividad en las terminales. Por ello, reducir el TTA es un problema importante para muchos operadores de terminales, transportistas y órganos gubernamentales.
- (2) El diseño de un sistema de citas para transporte terrestre (*truck appointment system*) es un proceso complejo que involucra una gran cantidad de factores.
- (3) Es importante considerar que otros *stakeholders* de la cadena logística portuaria operan en tiempos diferentes, p.ej. aduanas.
- (4) La longitud de las colas de camiones está influenciada por múltiples factores, y no solo la llegada de camiones, las tasas de servicio en puerta, y las tasas de servicio en patio.
- (5) Dada una cita el camión puede presentarse:



Aun así, los que se presentan **a tiempo**, siguen un comportamiento tardío. Por ejemplo,
cita [9:00 – 11:00 hrs]
Programados 100 camiones.
La mayoría (hasta 70 por ejemplo) llegarán 10:45.

DSS basado en Optimización para Programar Citas



VENTA DE LOS APPOINTMENT QUOTA

Tomar decisiones ante eventos disruptivos

Agenda Investigación

INGENIERÍA APLICADA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL CLÚSTER LOGÍSTICO EN COMUNIDADES PORTUARIAS

- ¿Cuál es la dinámica de interacción, grado de cohesión y cuáles son los drivers y obstáculos para lograr la coordinación y desarrollo de comunidades logístico portuarias?

COOPERACIÓN Y SISTEMAS DE AGENDAMIENTO DE CAMIONES PARA OPTIMIZAR LOS FLUJOS DE TRÁFICO EN LAS TERMINALES DE CONTENEDORES DE LOS PUERTOS DE GÉNOVA (ITALIA) Y ALTAMIRA (MÉXICO)

- Desarrollar mecanismos de cooperación eficientes entre transportistas y terminales para su integración en un TAS, a fin de mejorar la previsibilidad de los tiempos de giro dentro del puerto y las terminales, y reducir los fletes en falso en los transportistas.
- Incrementar la Coordinación y Eficiencia de Operaciones

DESARROLLO DE ENFOQUES DE SOLUCION PARA PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN EN TIEMPO REAL Y CON ALTA INCERTIDUMBRE



Preguntas

Mejoramiento de procesos operativos en terminales de contenedores a través de modelos de optimización, simulación y minería de datos

Julio Mar-Ortiz

jmar@docentes.uat.edu.mx

