

# Diseño de rutas y simulación del tránsito en la recolección de materiales en una planta automotriz de manufactura.

Hillary Guadalupe, Eduardo Torres

2025

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6208>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# Diseño de rutas y simulación del tránsito en la recolección de materiales en una planta automotriz de manufactura.

Hillary Guadalupe Eduardo Torres (noveno semestre en Ingeniería de Negocios) <sup>1\*</sup>, Morúa Álvarez

Nora del Rocío (profesor responsable)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

**Palabras clave:** Recolección de materiales, Mejora continua, logística interna.

\***Autor Corresponsal:** Hillary.Eduardo@iberopuebla.mx

## Introducción

La eficiencia logística en la industria automotriz es fundamental para mantener la competitividad, ya que los procesos de manufactura requieren un flujo de materiales ágil, seguro y continuo que soporte la producción en línea [1]. por lo que al tener en cuenta su impacto, en este contexto es de suma importancia considerar la eficiencia logística dentro de sus instalaciones, esto, como parte del constante proceso mejora continua demandado por la industria y el mercado.

Este proyecto fue desarrollado en una planta manufacturera automotriz ubicada en Tlaxcala, México, en la cual su actividad principal es la fabricación de estructuras metálicas para asientos automotrices, en esta planta la recolección de materiales es través de un vehículo eléctrico de arrastre (*tugger*) el cual a través de contenedores estandarizados (*rowpack*) que miden 1.20 m por 1.20m transitaban por los pasillos transportando las piezas de la gran mayoría de líneas de producción hacía los almacenes. Las piezas podían ser producto terminado (PT) con destino a embarques (la escondida) o piezas en proceso (*WIP*) con destino a pintura (metales 1) sin embargo el tercer punto de descarga recibía piezas de ambas naturalezas (metales 2).

Se identificaron problemas en las operaciones diarias: los *tuggers* no recolectaban los *rowpack* con la frecuencia necesaria, generando acumulaciones en los pasillos y cuellos de botella. Esto afectaba el tránsito de montacargas, rutas de otros *tuggers* y recorridos peatonales. Se compararon rutas existentes contra un método estándar no actualizado, lo cual impidió medir, comparar y por consiguiente mejorar.

El objetivo del proyecto es actualizar y diseñar las rutas de los *tuggers* mediante análisis de datos operativos y simulación de trayectorias, mejorando la eficiencia en la recolección, así como distribución de materiales.

## Metodología

Se aplicó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar) que es una herramienta estructurada dentro de *Lean Six sigma* diseñada para la mejora continua en los procesos [2].

Para la fase de medición, se emplearon herramientas como diagrama de Ishikawa mostrado en Figura 1. Y el método de los cinco porqués para identificar cuáles eran los principales problemas.

En la fase de Medición, se recopilaban datos de tiempo de recolección, descarga y recorrido utilizando un sistema Kanban 4.0 implementado en las estaciones de trabajo.

En cuanto a la fase de Análisis, se planeó realizar un análisis detallado de los datos recolectados para identificar los factores que influían en las rutas de recolección. Se contempló calcular tiempos totales de operación, capacidad de uso de los *tugger* y determinar las principales causas de congestión en los pasillos, las variables documentadas fueron: número de parte, tipo de producto, *rate* y el *layout* futuro.

Con base en el análisis realizado, para la fase de Mejorar, se propuso diseñar un esquema de rutas para los *tuggers*. Con estas propuestas iba el planteamiento de sentidos de circulación en pasillos, se contemplaba la redistribución de puntos de control y el equilibrio en capacidad de uso de los *tuggers*. Se consideró utilizar herramientas de simulación para validar el desempeño de las rutas propuestas. [5]

Finalmente, para controlar, se planteó la elaboración de un plan en la auditoría 5s de la planta que permitiera dar seguimiento al cumplimiento de nuevas rutas. [9]

## Resultados y Discusión

Una vez realizado el análisis de datos, fue evidente que las rutas existentes no tenían una secuencia definida, esto se veía reflejado en los cuellos de botella, acumulación de empaques y complejidad de circulación, especialmente en los primeros turnos. Considerando las variables: tiempo de recorrido, tiempo de recolección, tiempo de descarga, tiempo total de operación del *tugger* y *pitch*, al simular las rutas se logró diseñar y proponer las rutas mostradas en la Fig. 4 y Fig. 5 con

respaldo de datos en la Fig. 2. Con estas rutas se distribuye la carga de trabajo entre los cuatro *tuggers* existentes, evitando que existan cruces peligrosos o áreas saturadas.

Los recorridos presentaban alta variabilidad entre cada estación, esto reflejado por el sistema Kanban 4.0, la variabilidad también se presentó entre tiempo de carga y descarga.

Se identificó que el pasillo central de la planta, por contar con mayor ancho en comparación con los pasillos laterales permitía un flujo de doble sentido. Sin embargo, los pasillos secundarios requerían establecer un sentido único de circulación para mejorar la movilidad y reducir el riesgo de colisiones.

Con base en el análisis se logró diseñar nuevas rutas de recolección de materiales, asignando dos *tuggers* para la recolección de piezas en proceso (*WIP*) y dos *tuggers* para producto terminado (*PT*). Esta distribución equilibró la carga de trabajo, redujo la frecuencia de congestiones y optimizó los tiempos totales de operación.

Se definieron nuevos sentidos de circulación Fig. 4 y Fig. 5 así como se reubicaron los puntos de descarga, destinando el área de Metales 1 para piezas en proceso y el área de Metales 2 para producto terminado. La propuesta consideró también la incorporación de estaciones adicionales de recolección en zonas como FA KM y DS/DJ, aprovechando la capacidad disponible tras la salida del proyecto Tiguan.

La validación de las rutas simuladas mostró una mejora en la distribución del flujo de materiales, reducción de tiempos de espera y minimización de cuellos de botella. El análisis de carga de los *tuggers* evidenció una utilización más equilibrada, favoreciendo un flujo continuo en los pasillos de la planta.

### Conclusiones

En la propuesta, dos *tuggers* fueron asignados para la recolección de producto terminado (*PT*) y dos para piezas en proceso (*WIP*). El diseño y simulación de las rutas, a través del análisis de datos operativos permitió identificar y abordar los cuellos de botella logísticos presentes en la planta de manufactura.

Con las rutas propuestas es posible cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-004-STPS-1999 [3] y la NOM-006-STPS-2014 [4]; así como con las normas vigentes aplicables al transporte interno y la seguridad en plantas industriales [7]. De acuerdo con los datos analizados, se pudo identificar que la mejora en la eficiencia de la recolección de materiales es viable y contribuye a mantener un flujo de trabajo continuo.

En cuanto a la metodología DMAIC, esta proporcionó una estructura sólida para el desarrollo del proyecto, permitiendo que en caso de futuras mejoras se cuente con una base de análisis sustentada en datos reales [8]. De igual manera, la metodología aplicada apoya el cumplimiento de los principios de manufactura esbelta [6] y puede ser replicada en otros procesos o áreas de la planta como parte del enfoque de mejora continua.

## **Referencias**

- [1] S. Chopra y P. Meindl, \*Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation\*, 7ª ed., Pearson, 2019.
- [2] L. Socconini, “Explicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma,” Lean Six Sigma Institute, Aug. 28, 2023. [Online]. Available: <https://leansixsigma.com/es/explicacion-de-la-metodologia-dmaic-de-lean-six-sigma/>
- [3] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, NOM-004-STPS-1999. México: STPS, 1999.
- [4] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, NOM-006-STPS-2014. México: STPS, 2014.
- [5] B. Johansson, G. Steffens y J. A. Persson, *Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making*, Wiley, 2018.
- [6] F. G. Márquez, R. Hidalgo y A. García, *Lean Manufacturing: principios y aplicaciones modernas*, Alfaomega, 2019.
- [7] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, “Normas oficiales mexicanas vigentes,” STPS, México, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/stps>
- [8] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller y M. Rosenberg, “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective,” *Int. J. Inf. Commun. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–44, 2017.
- [9] J. Santos, M. Costa y T. Galvão, “Smart logistics and IoT: A model to improve material flow in manufacturing plants,” *Procedia Manufacturing*, vol. 39, pp. 135–142, 2020.
- [10] J. Kamble, A. Gunasekaran y R. Gawankar, “Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: a review for smart operations,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 160, 2019.

Anexo

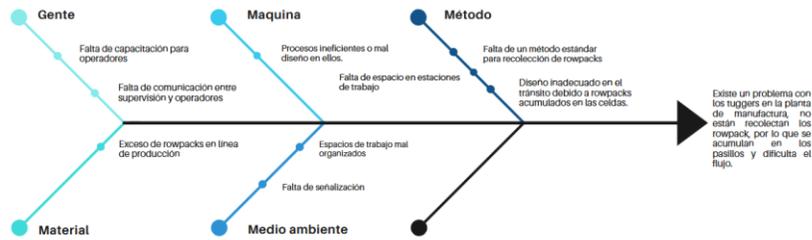


Fig. 1. Diagrama de Ishikawa para identificar problema causa-raíz



Figura 2. Identificación de puntos de recolección y rutas actuales en la planta

	Tiempo de recorrido.	+	Tiempo de recolección	+	Tiempo de descarga:	=	Tiempo total de operación del tigger	/	Pitch	=	CU de tigger %
	Horas		Horas		Horas		Horas		%		%
Metales 1	0.14		0.17		0.29		0.6		82		73
Metales 2	0.23		0.2		0.34		0.77		96		80
GM	0.24		0.37		0.78		0.78		95		82
X247-HRV	0.13		0.17		0.29		0.59		42		141*
Tigger PT1	0.12		0.18		0.47		0.76		83		91
Tigger PT2	0.16		0.19		0.33		0.68		78		88
Tigger WIP	0.04		0.07		0.17		0.28		35		80
TiggerWIP2	0.11		0.20		0.43		0.75		90		83

**Tiempo de recorrido total:** Es la duración del trayecto que realiza el tigger a lo largo de una ruta específica, desde el punto de partida hasta su destino final.  
**Tiempo de recolección:** Es el tiempo que tarda el tigger en recoger los materiales que va a transportar.  
**Tiempo de descarga:** Es el tiempo necesario para descargar los materiales en su destino.  
**Pitch:** Se refiere a la frecuencia con la que el tigger completa sus tareas. Un pitch más alto indica que opera a un ritmo más rápido.  
**CU del tigger:** Es el porcentaje de tiempo en el que el tigger está activamente realizando actividades.

Figura 3. Capacidad de uso del tigger, antes y después de la mejora.



Figura 4. Diseño y propuesta ruta producto en proceso.



Figura 5. Diseño y propuesta de ruta producto terminado

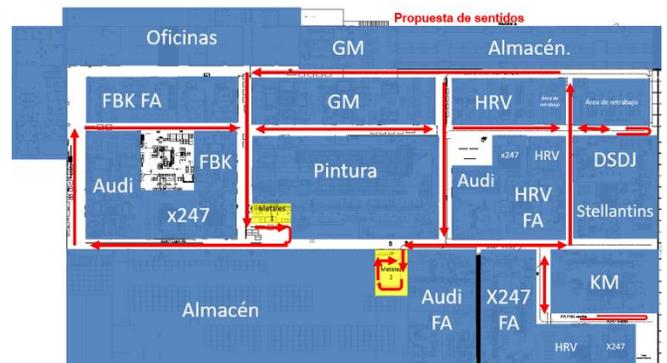


Figura 6: Propuesta de sentidos de los pasillos