

# Optimización Logística de Reparto Mediante IA e IOT

Alejandro Madariaga  
Líder Industria 4.0 / Assetel / SmartSIDE

Subtemas: Inteligencia Artificial / Internet de las Cosas / "Retail" / Anaqueles Inteligentes

En el mundo del "retail" o venta al por menor, las empresas que distribuyen productos a través de camionetas o camiones ya sean propios o rentados, tienen el reto de ser lo más eficientes posible a fin de minimizar costos de distribución y mantenerse competitivos. Esto es especialmente cierto en empresas MIPyMEs que en nuestro país distribuyen una gran cantidad de productos empezando por alimentos como Abarrote, Bebidas, Pan, Cerveza, Hielo, Café, Dulces, Lácteos, etc. Estas empresas son quienes hacen posible que en el supermercado o en la tienda de la esquina encontremos, a la mano, una diversidad de productos para nuestra comodidad en particular y mueven la economía en general.

Cuando un transporte de reparto llega a un Punto de Venta (o PDV) para intentar dejar o vender producto, puede encontrar una de 3 situaciones:

- 1) El estante, anaquel o refrigerador está lleno. Por tanto, se ha realizado una Parada en Falso porque no se realizará ninguna venta.
- 2) El estante este semi lleno (o semi vacío según el punto de vista de cada uno), lo que implica que en el mejor de los casos se realizará una venta parcial de producto, y
- 3) El anaquel esta vacío, en cuyo caso es una situación "ideal" porque se realizará una venta completa.

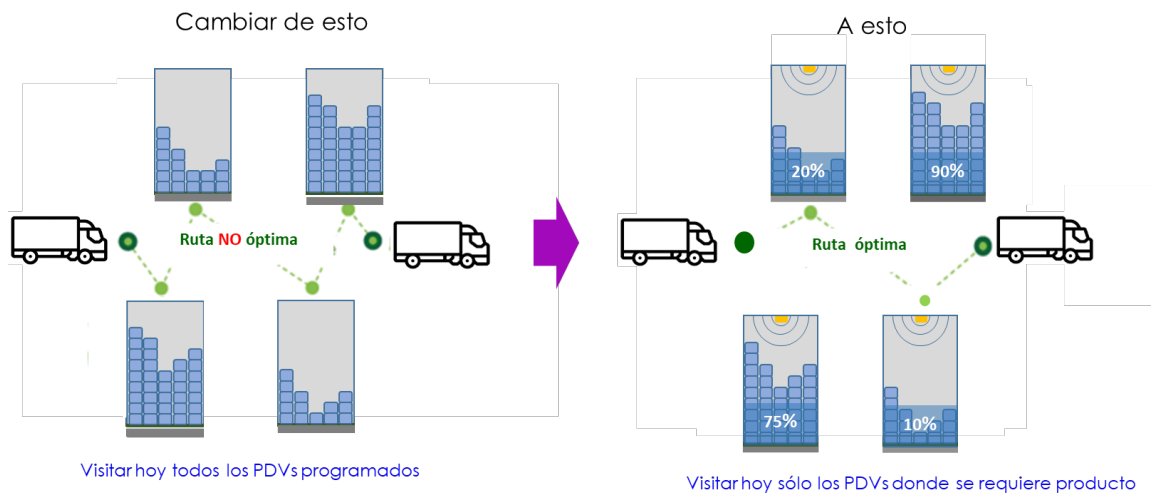
En los 2 primeros casos, logísticamente estamos desperdiciando recursos (Combustible, Tiempo Operador, Mantenimiento y además generamos tráfico y contaminación de forma innecesaria). El tercer caso parecería la mejor situación, pero los gerentes de ventas saben que en realidad es el peor escenario porque, aunque haremos venta completa, encontrar un anaquel vacío es sinónimo de que ya se perdieron algunas ventas. ¿Cuánto tiempo estuvo vacío? ¿Cuántos clientes perdimos? ¿Los clientes optaron por producto de la competencia? Para los empresarios MIPyMEs, en general perder ventas es un problema mucho mayor que el costo de una logística no óptima. Esta percepción es relativa y al parecer se debe a que las ventas son más fáciles de medir comparadas a la contabilización de los costos logísticos, ya que el cálculo implicaría tener, de forma precisa, datos minuto a minuto sobre: distancias, tiempos de traslados, estado del vehículo, gasto en combustible, clima (frio, calor, lluvia), tráfico, etc., y eso generalmente no se tiene monitoreado.

El esquema que normalmente usan las empresas que distribuyen productos a diversos PDVs es la programación de rutas fijas de reparto por área o secciones de una ciudad. De esta forma, una de las metas de los vendedores es cumplir con la agenda que en promedio es de entre 40 a 70 PDVs (dependiendo del tipo de producto) por jornada laboral. Esto se hace así para maximizar, en lo posible, la posibilidad de ventas.

Ahora, cambiando este mecanismo de rutas normalmente fijas, sugerimos un esquema distinto en donde la logística de distribución debería ser una actividad dinámica, las rutas no serían preestablecidas, sino reprogramadas diariamente en el sentido de moverse solo a los puntos de venta que requieren producto porque los anaqueles están casi vacíos en ese momento. Si existiera la forma de conocer el estado de cada anaquel en los puntos de venta en tiempo real, la logística de distribución pudiera también adaptarse continuamente haciendo que los camiones lleguen, sin

paradas en falso, muy a tiempo justo antes de que el anaquel se quede vacío y con ello, evitar el perder ventas. En realidad, esa forma de tener ojos en todos los puntos de venta todo el tiempo, si existe y, de hecho, una de las mejores soluciones para este tipo de problemáticas son las tecnologías **de Internet de las Cosas (IOT)** y de **Inteligencia Artificial (IA)**. Con la primera podemos tener sensores en cada anaquel para que nos avisen cuando alcanzan un punto de reorden y la segunda para calcular dinámicamente rutas de distribución que sean óptimas en cuanto a uso de recursos de transporte indicando: a) Qué camiones deben salir a reparto, b) Con cuanta carga y c) en que Secuencia de tal forma que 1) no se pierdan ventas y 2) los costos logísticos se abatan.

El siguiente esquema ejemplifica el cambio de estrategia de reparto logístico de productos en distintos PDVs:



Para estos casos el **IOT**, a través de sensores de distancia (ultrasonicos o Lidar), sensores de peso (celdas de carga) o cámaras (con procesamiento digital de imágenes) y operaciones simples, puede actualizar el estado de cada anaquel en una plataforma centralizada. Con esta información, un software es capaz de distinguir puntos de atención urgente. También puede “ver” el comportamiento histórico de cada PDV y en general el movimiento de la demanda en tiempo real. Por otro lado, la **IA**, a través de algoritmos de optimización de rutas y pronóstico de ventas puede calcular automáticamente todos los detalles de entregas (camiones disponibles en ese momento, peso que soporta c/u, volumen máximo, secuencia de entrega PDV por PDV, etc.) que minimicen todos los costos de operación. Una buena implementación debe permitir generar una solución óptima y válida en pocos minutos permitiendo con ello incluso hacer simulación de distintos escenarios como ajustar eficiencia de uso de combustible, capacidad y/o disponibilidad de equipos de transporte para un momento en específico.

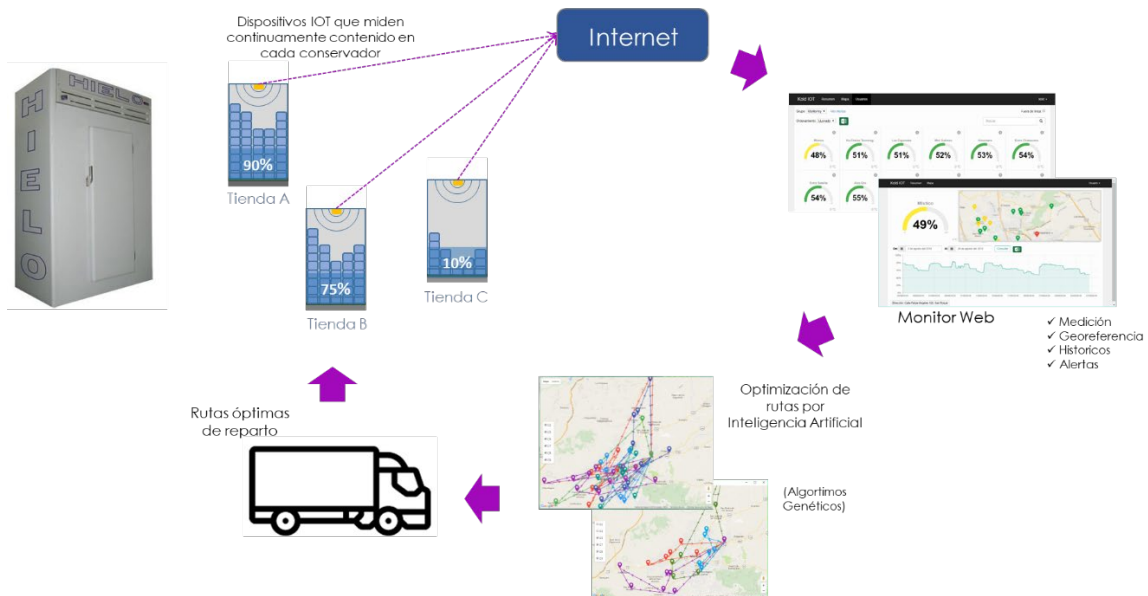
### Un caso real para la industria de Fabricantes de Hielo en Bolsa en México

En 2017, después de tres prototipos fallidos, en un cuarto intento, se logró crear un equipo **IOT** que funcionó adecuadamente para detectar el nivel de contenido en Conservadores de Hielo en Bolsa. Los fabricantes de Hielo son MIPyMEs poco “observados”, excepto, por ejemplo, cuando en época de calor, no encontramos Hielo en la tienda de conveniencia más cercana. Hasta ese momento reflexionamos que esa industria existe. Un equipo que “vea” el contenido y avise al fabricante que el conservador se encuentra casi vacío, y con ello, se pueda programar con anticipación el

resurtido de producto, es el logro con un dispositivo **IOT** que se creó y se validó con un fabricante de Hielo en Bolsa en la ciudad de Querétaro. El Hardware, Firmware y Software de optimización de rutas por **IA** se desarrolló y se probó de forma exitosa. Este es un ejemplo concreto de la tecnología de **IA** y de **IOT** aplicado al caso de distribuidoras de Hielo en Bolsa en México. Solo para referencia de esta industria, en una ciudad promedio, un fabricante de Hielo en Bolsa surte a más de 10 mil PDV que incluyen todas las tiendas de conveniencia, supermercados, restaurantes, hoteles, clubes, etc. Cada empresa suele tener entre 5 a 50 camiones de reparto y con frecuencia no se dan abasto en los recorridos programados. En estas pruebas en el 2017, participaron fabricantes de Hielo en Querétaro, Puerto Vallarta y Monterrey. Este proyecto integral de **IOT** (Sensado, Transmisión, Plataforma Web y Optimización de rutas) está protegido por una patente mexicana a nombre de Alejandro Madariaga como inventor.

En su momento uno de los principales fabricantes de electrónica de clase mundial para autopartes comercialmente conocida como **CLARION** [1] ofreció la inversión necesaria para manufacturar de forma masiva el producto. **CLARION** pertenecía a la firma Japonesa **HITACHI** [2] en ese momento y creó en San Juan del Río Querétaro, su nueva área para soluciones de Internet de la Cosas. A esta planta de manufactura le tomó casi 10 meses acondicionar una línea de producción para este producto **IOT** para Hielo en Bolsa. De manera no afortunada para el proyecto, **CLARION** fue adquirida poco después por la firma francesa **FAURECIA** [3] y eliminó la iniciativa de IOT por lo que la evolución de la solución se detuvo abruptamente.

En el siguiente esquema se muestra el esquema de operación de la solución completa:



Durante su etapa de validación, los distribuidores de Hielo se acomodaron al uso de la solución mediante la consulta del estado de sus conservadores de hielo muy de madrugada para saber en donde y que volumen requerían para no dejar sin productos sus PDV al iniciar el día. Ese faltante de producto se cargaba en los camiones necesarios y hacían rutas específicas sin paradas en falso y con ventas al 100% en todos los puntos. Con esto se garantizaban el aumento de ventas (por el solo hecho de nunca dejar vacío ningún conservador), que, de acuerdo con los estimados de los propios fabricantes, este aumento era de entre el 4 y el 7%.

## La Inteligencia Artificial Aplicada

Uno de los componentes más importantes de esta solución, además de los dispositivos **IOT**, es el software de optimización de la red de distribución de producto para este mercado. El software contempla variables como:

- 1) Camiones disponibles en el momento de la asignación de rutas,
- 2) Capacidad y rendimiento de c/u,
- 3) Acceso a la plataforma **IOT** que monitorea el nivel de hielo de cada PDV en tiempo real,
- 4) Georeferencia de todos los PDVs,
- 5) Ponderación de prioridad de políticas a respetar en la solución (por ejemplo: Una solución podría asignar una flota ideal que surta todos lo PDVs con bajo nivel y llenarlos al 100% usando una flota de 15 vehículos en este momento. Simultáneamente, puede haber una solución alterna en donde una flota de 10 camiones surte los mismos PDVs, pero al 90%).

En esta última consideración siempre hay un gerente que puede decidir entre soluciones viables dependiendo de la disponibilidad de operadores, ayudantes, días festivos con calles cerradas, etc., variables que un software no podrá tomar en cuenta porque al final se trata de una actividad humana.

Dentro de la **IA**, el mejor método para este tipo de soluciones son los **Algoritmos Genéticos** [4] que lidian bien con problemas multivariantes complejos y aproximan soluciones bajo una serie de restricciones mediante búsquedas entre literalmente miles de combinaciones de posibles escenarios. Lo anterior evita que personal altamente especializado en cálculos destine horas de trabajo solo para una posible solución. La **IA** nos puede dar varias alternativas en pocos segundos si el problema (el descrito o algún otro modelo de optimización) está bien planteado y se desarrolla (una sola vez) con personal calificado especialista en estas tecnologías de optimización. Las siguientes pantallas ejemplifican la operación de este módulo de **IA** de optimización por Algoritmos Genéticos para este caso específico:



## Otras aplicaciones de la IA en la industria en México

Sistemas de detección de defectos por visión computacional, Sistemas de Programación de Producción a Detalle, Sistemas de mantenimiento preventivo en procesos o máquinas por monitoreo continuo y diagnóstico proactivo y Sistemas Expertos para guiar al personal a solucionar problemas que acaban de ocurrir son algunos de los muchos otros ejemplos de sistemas basados en técnicas de **IA** que se han aplicado exitosamente en la industria en México en los últimos 20 años.

### ¿Qué sigue?

En el caso específico del mercado de Hielo en Bolsa, aunque la solución ya ha sido probada, y estando ya en etapa de equipo listo para el mercado, la iniciativa se detuvo en su momento por las razones ajenas a la iniciativa que ya se expusieron.

Dice un proverbio Chino que la mejor forma de predecir el futuro, es crearlo. Este caso, la solución puede generalizarse con muchas otras empresas fabricantes y distribuidoras de diversos productos y con ello ayudar a mejorar su rentabilidad y al mismo tiempo disminuir tráfico y contaminación de las grandes ciudades (lo cual no es tema menor). Con esta idea, iniciamos el 2024, en alianza empresarial conjunta entre dos empresas Jaliscienses **Assetel** y **Solutions 4 IOT** la renovación de esta iniciativa para concretar, mejorar y tener listo al mercado local, nacional e internacional esta solución que, por ahora, es específica para Hielo en Bolsa. En esta versión, con muchas lecciones aprendidas sobre el Hardware, Firmware y Software del sistema y abatiendo costos de implementación tendremos listo en breve un producto muy competitivo basada en tecnología mexicana.

Productos de otra naturaleza serán cubiertos paulatinamente contribuyendo a que las empresas que incluyen logística de distribución de sus productos puedan mejorar sus negocios y sus servicios sin la necesidad de hacer grandes inversiones, lo cual normalmente sucede cuando se intenta traer tecnología de otros países.

En **Assetel** y sus nuevos aliados estratégicos tenemos la capacidad de crear soluciones tecnológicas competitivas a medida de las problemáticas de países como México usando tecnologías como el **IOT** y la **IA**.

#### Referencias:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| [1] CLARION              | Electrónica Clarion, SA de CV, Planta I. San Juan del Río, Querétaro.                    |
| [2] HITACHI              | Hitachi Ltd. Fundada en 1920, Tokio Japón.   |
| [3] FAURECIA             | Faurecia Clarion Electronics, Fundada en 2019, Japón.                                    |
| [4] Algoritmos Genéticos | "Adaptation in Natural and Artificial Systems", John Holland, Michingan University, 1975 |