



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

Implementación de un Modelo de Inteligencia de Negocios para la Gestión de Estacionamientos en Viña del Mar Basado en Datos de la Aplicación FindMePark

Jaime Yasmir Olave Pacheco

Jaime.olave@usm.cl

Gabriel Jara

Profesor Guía

Resumen: El aumento de vehículos ha exacerbado el problema de encontrar estacionamientos. Por esta razón, se busca crear una aplicación que permita a los usuarios localizar estacionamientos de manera más sencilla. A través de esta aplicación, se solicitó que los datos recopilados sean de utilidad para la Municipalidad de Viña del Mar para mejorar la toma de decisiones con respecto a los estacionamientos. El objetivo de esta tesina es agregar valor mediante un modelo de inteligencia de negocios, haciendo uso de gráficas para mostrar los KPI establecidos por la municipalidad y generar conocimiento valioso para la gestión urbana.

Conceptos claves: KPI, Dashboard, inteligencia de negocios, modelamiento dimensional, Data Warehouse



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Implementación de un modelo de inteligencia de negocios para la gestión de estacionamientos en Viña del Mar basado en datos de la aplicación FindMePark.

Nombre del candidato(a): Jaime Olave Pacheco

Carrera / Grado: Ingeniería en informática

Campus: Viña del Mar ; **Departamento:** Elinf

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Gabriel Alberto Jara Bulnes, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 06/08/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 06/08/2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Índice

1.	Introducción	4
1.1	Presentación de Problema	4
1.2	<i>FindMePark</i>	4
1.3	Solución con la temática de tesina	5
2.	Objetivos del trabajo de tesina	6
2.1	Objetivo general	6
2.2	Objetivos específicos	6
3.	Estado del arte	6
3.1	Gestión urbana – Ciudades inteligentes	6
4.	Marco Teórico	6
4.1	Metodologías de Data Warehouse	6
4.1.1	Data Warehouse	6
4.1.2	Modelos de Data Warehouse	7
4.1.3	Metodología Kimball	8
4.1.4	Metodología Bill Inmon	9
4.2	OLAP	10
4.2.1	Operaciones OLAP	10
4.2.2	Tipos de OLAP	11
4.3	Inteligencia de negocios en gestión urbana	11
4.3.1	Indicadores Clave en la Gestión Urbana	12
4.3.2	Definición de Indicadores Clave	12
4.3.3	Importancia del Enfoque Basado en Datos	12
5.	Descripción de Solución	13
5.1	Herramientas BI para visualización de datos	13
5.2	Validación de Informes Generados por el Sistema	13
5.2.1	Consultas con Stakeholders	13
5.2.2	Importancia de la Validación	14
6.	Metodología de trabajo	14
6.1	Diseño de Modelo Dimensional	14
6.2	Implementación del Modelo Dimensional en SQL Server	14

6.3	Generación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	15
6.4	Simulación de Datos Claves	15
6.5	Extracción, transformación y carga	15
6.6	Diseño de la visualización de datos	16
6.6.1	Implementación de Visualizaciones con <i>Power BI</i> :.....	16
6.6.2	Desarrollo de una Versión Web	16
6.7	Validación de visualización de datos	16
6.7.1	Proceso de Validación	16
7.	Desarrollo	17
7.1	Selección y levantamiento de Indicadores Claves.....	17
7.2	Desarrollo Modelo Dimensional y Proceso de Negocio	18
7.2.1	Procesos de Negocio Seleccionados	18
7.2.2	Diseño de Modelos	19
7.2.3	Modelos dimensionales	22
7.3	Creación de Datos.....	23
7.4	ETL.....	23
7.4.1	Extracción	24
7.4.2	Transformación	24
7.4.3	Carga	24
7.5	Cubo OLAP.....	25
7.6	Desarrollo Visualizaciones Power BI.....	26
7.6.1	Reportes sobre Incidentes	26
7.6.2	Reportes sobre Pagos	27
7.7	Desarrollo Visualizaciones Web	28
8.	Reflexiones Finales	29
8.1	Trabajo a futuro	29
8.2	Conclusiones	29
8.3	Agradecimientos	29
9.	Tabla de ilustraciones	30
10.	Tabla de tablas.....	30
11.	Referencias.....	31

1. Introducción

“Según el INE, en el año 2017 se entregaron 541,913 permisos de circulación, lo que significó un alza del 3.9% en vehículos motorizados respecto al año anterior.” ¹ Este incremento refleja una tendencia en constante crecimiento en la cantidad de vehículos que circulan en las ciudades, lo que trae consigo una serie de desafíos urbanos, entre los que destacan el aumento del tráfico y la creciente demanda de espacios de estacionamiento. En la comuna de Viña del Mar estos factores han tenido un impacto significativo a lo largo del tiempo, dado que su carácter turístico y constante afluencia de población flotante. Estas condiciones intensifican los problemas de tráfico y dificultan la tarea de encontrar estacionamientos disponibles, afectando tanto a residentes como a visitantes.

La expansión vehicular no solo influye en la movilidad urbana, sino que también plantea retos en la planificación y gestión de espacios públicos. La falta de soluciones tecnológicas eficientes y una gestión limitada de los estacionamientos agravan esta problemática, resultando en una experiencia insatisfactoria para los usuarios y un desafío administrativo para las autoridades locales. En este contexto, surge la necesidad de implementar herramientas innovadoras que respondan a estas demandas, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de los espacios de estacionamientos.

1.1 Presentación de Problema

Viña del Mar, conocida por ser un importante destino turístico en Chile, enfrenta una problemática creciente relacionada al manejo de estacionamientos. La falta de una planificación adecuada para controlar la asignación y disponibilidad de estos espacios ha generado situaciones de estrés tanto para los residentes como para los turistas. A esto se le suma la falta de conocimientos por parte de los usuarios acerca de la ubicación de los estacionamientos y la ausencia de sistemas que permitan optimizar su uso.

Este problema plantea varias interrogantes que necesitan ser abordadas:

- ¿De qué forma podría facilitarse la reserva de espacios de estacionamiento?
- ¿Qué uso podría darse a la información recopilada sobre el uso de los estacionamientos?
- ¿De qué forma podría facilitarse el acceso a los estacionamientos?

Estas preguntas reflejan la necesidad de contar con soluciones que no solo resuelvan las necesidades inmediatas, sino que también contribuyan a una planificación a largo plazo. Ante esta problemática, se identificó la oportunidad de desarrollar una herramienta tecnológica que integre la gestión de los estacionamientos con un enfoque centrado en la experiencia del usuario y en el aprovechamiento de datos.

1.2 FindMePark

Para abordar este desafío, se diseñó *FindMePark*, una aplicación móvil creada con el objetivo de optimizar la experiencia de los usuarios en la búsqueda de estacionamientos. Esta herramienta permite a los usuarios visualizar en tiempo real los espacios disponibles, ubicación y características específicas. Además, la aplicación cuenta con funcionalidades que permiten el registro de incidentes o problemas encontrados durante el uso de estacionamientos, como fallas en el acceso, ocupaciones indebidas o disponibilidad engañosa.

¹ Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. (2017). Parque vehicular 2017. Recuperado de INE.

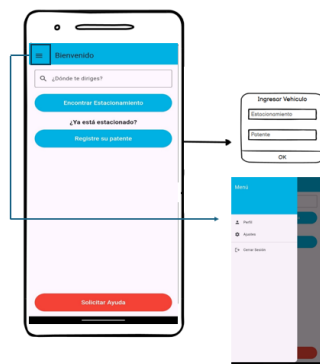


Ilustración 1 imagen conceptual FindMePark

La información recopilada por la aplicación es procesada y presentada a través de un *dashboard* interactivo solicitado por la municipalidad de Viña Del Mar. Este *dashboard* se convierte en un componente esencial para la toma de decisiones, ya que permite a las autoridades analizar los datos históricos y en tiempo real, identificar patrones de uso, anticipar problemas y planificar estrategias que optimicen la gestión de los recursos. La integración de estas herramientas no solo beneficia a los usuarios, sino que también mejora la capacidad de las autoridades para administrar de manera eficiente los espacios de estacionamientos.

Por ejemplo, *FindMePark* facilita que los usuarios planifiquen sus desplazamientos con anticipación, evitando el tiempo perdido en la búsqueda de estacionamientos disponibles. Además, al registrar incidentes recurrentes, la aplicación contribuye a generar un diagnóstico claro de las problemáticas frecuentes, permitiendo a las autoridades implementar soluciones específicas y efectivas.

1.3 Solución con la temática de tesina

El desarrollo de *FindMePark* y su *dashboard* asociado está fundamentado en principios de inteligencia de negocios (*BI*, por sus siglas en inglés). Esta disciplina se centra en transformar datos en información valiosa para la toma de decisiones estratégicas. En el caso de Viña del Mar, el uso de *BI* permite abordar de manera integral la problemática de los estacionamientos, ofreciendo una solución basada en datos y orientada hacia la eficiencia.

El *Dashboard* propuesto no solo organiza y presenta los datos recopilados por la aplicación, si no que permite analizar patrones de comportamiento, como los estacionamientos con mayor rotación y zonas de la ciudad con mayor presión vehicular. Esta información es clave para optimizar la asignación de recursos, mejorar la infraestructura y anticipar necesidades futuras.

Por ejemplo, mediante el análisis de datos históricos, las autoridades pueden identificar periodos de alta afluencia de turistas y planificar estrategias como la apertura temporal de nuevos espacios de estacionamientos o la implementación de tarifas dinámicas que regulen la demanda. Además, el *Dashboard* facilita la elaboración de informes detallados que pueden ser utilizado como base para propuesta de políticas públicas y proyectos de inversión en infraestructura urbana.

El enfoque proactivo de esta solución no solo contribuye a mejorar la experiencia de los usuarios, si no que promueve una cultura de uso eficiente de los recursos públicos. A través del análisis predictivo, las autoridades pueden anticipar posibles problemáticas, como la saturación de estacionamientos en temporadas altas y actuar en consecuencia para mitigar sus efectos.

2. Objetivos del trabajo de tesina

2.1 Objetivo general

Implementar un modelo de inteligencia de negocios que permita la creación de *dashboards* e informes dinámicos, orientados a optimizar la gestión y el control de los estacionamientos en la Municipalidad de Viña del Mar. Este modelo aprovechará los datos generados en base al sistema *FindMePark* para proporcionar una visión integral y basada en datos que facilite la toma de decisiones estratégicas y operativas en la administración de los estacionamientos municipales.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar métricas clave basándose en el funcionamiento de la aplicación FindMePark y en la problemática que aborda, revisando casos como la cantidad de incidentes reportados y el número de pagos procesados.
- Diseñar un sistema robusto de reportes y visualizaciones interactivas, que facilite la presentación de datos de manera intuitiva y accesible para las autoridades encargadas de tomar decisiones. Este sistema estará basado en dashboards que integren gráficos interactivos, reportes automatizados y visualizaciones que representen las métricas clave de los estacionamientos.
- Validar el modelo implementado para asegurar su eficiencia y utilidad en la gestión de estacionamientos, garantizando que aborde las necesidades actuales y sea relevante para los problemas identificados.

3. Estado del arte

3.1 Gestión urbana – Ciudades inteligentes

La gestión urbana ha avanzado a pasos agigantados con el crecimiento de las ciudades inteligentes. Entre las muchas opciones que implementan estas ciudades para la planificación urbana y la reducción de la huella de carbono producida por el parque vehicular, se encuentra el uso de Deep Learning para la lectura de matrículas y el control de accesos, llevado a cabo por empresas como Innova, que ofrecen opciones de gestión de pagos y estacionamientos sin barreras ni tickets. Esto permite que, mediante la patente del vehículo, se gestione el pago. Además, empresas como Urbiotica utilizan sensores para registrar los espacios ocupados por vehículos en cada estacionamiento, lo que facilita a los usuarios encontrar su lugar de manera más eficiente (Urbiotica, 2020).

Los dispositivos *IoT*, como los sensores de Urbiotica, el control mediante *Deep Learning*, junto con el manejo particular de los estacionamientos, ofrecen un claro ejemplo de que actualmente la industria está concentrada en abordarlo desde un enfoque específico para cada estacionamiento. Para que la Municipalidad de Viña del Mar logre alcanzar el estatus de ciudad inteligente, es necesario un uso adecuado de los datos para *generar conocimiento de manera centralizada*, tanto para la municipalidad, la industria, como para la ciudadanía, mediante informes centralizados con enfoque en el mantenimiento y la gestión adecuada de los estacionamientos.

4. Marco Teórico

4.1 Metodologías de Data Warehouse

4.1.1 Data Warehouse

Un Data Warehouse es un sistema centralizado diseñado para almacenar, consolidar y analizar grandes volúmenes de datos provenientes de distintas fuentes. Su principal objetivo es proporcionar información estructurada y organizada que facilite la toma de decisiones estratégicas.

Sus principales componentes son:

- Fuentes de datos: Bases de datos operacionales, hojas de cálculo, aplicaciones externas, entre otros.
- ETL: el proceso de extraer, transformar y cargar datos
- Almacén Central: Donde se guardan los datos organizados
- Herramientas de análisis y consulta: Para acceder y analizar la información

4.1.2 Modelos de Data Warehouse

El diseño de un Data Warehouse se basa en diferentes modelos de organización de datos que facilitan su consulta y análisis. Los más utilizados son el modelo estrella y el modelo copo de nieve.

4.1.2.1 Modelo Estrella

El modelo estrella es una de las estructuras más utilizadas en la modelización de Data Warehouse debido a su simplicidad y eficiencia en la consulta de datos. Se caracteriza por una tabla de hechos en el centro, la cual almacena métricas o valores cuantificables, y varias tablas de dimensiones que describen los datos de la tabla de hechos.

Las tablas de dimensiones en este modelo están desnormalizadas, lo que significa que contienen datos redundantes para mejorar el rendimiento de las consultas. Esto reduce la necesidad de realizar múltiples uniones de tablas, permitiendo que los reportes sean más rápidos.

Ejemplo: En un Data Warehouse de ventas, la tabla de hechos "Ventas" podría estar relacionada con dimensiones como "Tiempo", "Producto", "Cliente" y "Sucursal", cada una proporcionando detalles adicionales para el análisis de tendencias de compra.

Ventajas:

- Consultas más rápidas debido a la reducción de uniones de tablas.
- Diseño simple y fácil de entender.
- Optimizado para reportes y análisis de datos.

Desventajas:

- Mayor redundancia de datos, lo que puede aumentar el almacenamiento requerido.

4.1.2.2 Modelo Copo de Nieve

El modelo copo de nieve es una variante del modelo estrella en la que las tablas de dimensiones se normalizan, es decir, se dividen en múltiples subtablas para reducir la redundancia y mejorar la integridad de los datos.

En este modelo, una dimensión puede estar fragmentada en varias tablas relacionadas jerárquicamente. Esto minimiza la repetición de datos, pero aumenta la complejidad de las consultas debido a la necesidad de realizar más uniones de tablas.

Ejemplo: En lugar de una única tabla "Producto", el modelo copo de nieve podría dividirla en "Categoría de Producto" y "Subcategoría de Producto", estableciendo relaciones entre ellas para una mejor organización de la información.

Ventajas:

- Menor redundancia y mejor integridad de datos.
- Optimización del almacenamiento.

Desventajas:

- Consultas más complejas y potencialmente más lentas debido a la necesidad de realizar múltiples uniones de tablas.
- Mayor dificultad en la administración y mantenimiento del modelo.

4.1.2.3 Comparación

Característica	Modelo Estrella	Modelo Copo de Nieve
<i>Estructura</i>	Simple y directa	Compleja y jerárquica
<i>Normalización</i>	Baja (desnormalizado)	Alta (normalizado)
<i>Redundancia de datos</i>	Alta	Baja
<i>Rendimiento de consultas</i>	Alto (menos joins)	Menor (más joins)
<i>Facilidad de mantenimiento</i>	Más sencilla	Más compleja
<i>Uso recomendado</i>	Cuando se prioriza la velocidad de consulta y facilidad de acceso	Cuando se requiere optimizar almacenamiento y garantizar la integridad de los datos

Tabla 1 Comparación entre Modelo Estrella Y Copo de Nieve

4.1.3 Metodología Kimball

La metodología Kimball es un enfoque ampliamente utilizado en el diseño y desarrollo de *Data Warehouse*, centrado en las necesidades del negocio y la implementación de un modelo dimensional. Este enfoque fue desarrollado por Ralph Kimball y sus colegas. A continuación, se describen sus bases principales según *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling* (Kimball & Ross, 2013).²

4.1.3.1 Ciclo de vida Dimensional

La metodología Kimball Organiza el diseño del *Data Warehouse* en torno al concepto de ciclo de vida dimensional. Este proceso incluye las siguientes etapas claves

- Recopilación de requisitos: Se enfoca en entender las necesidades del negocio a través de entrevistas con los usuarios clave y análisis de los procesos existentes
- Modelado Dimensional: Utiliza esquemas para estructurar información de manera que sea fácilmente accesible e intuitiva para los usuarios del negocio
- Construcción de la arquitectura de datos: incluye las áreas de presentación de datos y los procesos de extracción, transformación y carga (*ETL*)
- Iteración y entrega incremental: Se priorizan los entregables parciales y funcionales, permitiendo agregar valor al negocio rápidamente y ajustarse a cambios en las necesidades.

4.1.3.2 Modelo Dimensional

El diseño central de la metodología Kimball es el modelo dimensional, estructurado en un esquema en estrella compuesto por:

² Kimball, R., & Ross, M. (2013). *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling* (3ª ed.). John Wiley & Sons, Inc

- Tablas de hechos: Contienen los datos cuantitativos que se miden, como ventas, ingresos o cantidades.
- Tablas de dimensiones: Proveen contexto a los datos, como el cliente, el producto o la fecha. Estas dimensiones permiten una navegación intuitiva por la información

4.1.3.3 Accesibilidad para los usuarios finales

Kimball destaca la importancia de diseñar un sistema que sea accesible y comprensible para los usuarios finales. Los datos deben ser presentados de manera que apoyen el análisis de negocio sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados

4.1.4 Metodología Bill Inmon

La metodología de *Bill Inmon*, conocida como la “*Arquitectura Corporativa de Información*”, es un enfoque ampliamente reconocido para el diseño y desarrollo de *Data Warehouse*. A diferencia del enfoque dimensional de Kimball, la metodología de Inmon se centra en crear un *Data Warehouse* corporativo centralizado, que actúe como la única fuente de verdad para toda la organización, basándose en los siguientes componentes claves (Inmon, 1992).³

4.1.4.1 Base de datos central normalizada:

El Data Warehouse se construye utilizando un modelo relacional normalizado (3NF). Esto garantiza la integridad de los datos y facilita la integración de nuevas fuentes de información.

4.1.4.2 Data Marts dependientes:

Los Data Marts, diseñados para satisfacer necesidades específicas de usuarios o departamentos, se derivan del Data Warehouse central. Los datos son extraídos, transformados y adaptados según las necesidades particulares del negocio.

4.1.4.3 Procesos ETL robustos:

La metodología enfatiza procesos de extracción, transformación y carga (ETL) bien definidos para mover datos desde los sistemas operacionales al Data Warehouse. Estos procesos son críticos para garantizar la calidad y consistencia de los datos.

4.1.4.4 Arquitectura en capas:

La arquitectura típica incluye capas para:

- Datos de origen operacional: Sistemas transaccionales y fuentes externas.
- Almacenamiento de datos central: Data Warehouse normalizado.
- Data Marts: Modelos dimensionales o específicos para el consumo de los usuarios finales.

³ Inmon, W. H. (1992). Building the Data Warehouse. John Wiley & Sons.

Diferencias claves entre Kimball y Inmon⁴

Aspecto	Metodología Kimball	Metodología Inmon
Diseño inicial	Modelos dimensionales iterativos	Data Warehouse corporativo centralizado
Data Marts	Independientes y específicos desde el inicio	Dependientes del Data Warehouse
Modelo de datos	Dimensional (esquema en estrella)	Normalizado (3NF)
Prioridad	Acceso rápido y análisis específico	Integridad y consistencia a nivel empresarial
Tiempo de implementación	Más corto al ser incremental y adaptable	Más largo debido a su enfoque centralizado

Tabla 2 Diferencias entre Kimball y Inmon

4.2 OLAP

El procesamiento analítico en línea (OLAP, por sus siglas en inglés *Online Analytical Processing*) es una tecnología clave en los sistemas de inteligencia de negocios, que permite a los usuarios analizar información desde múltiples perspectivas. OLAP facilita la consulta interactiva de grandes volúmenes de datos mediante la organización en estructuras Multidimensionales llamadas cubos OLAP, que permiten un acceso eficiente a datos agregados y detallados.

4.2.1 Operaciones OLAP

Las operaciones OLAP permiten explorar y analizar los datos de forma dinámica. Las principales operaciones son:

- Drill-down (profundizar): Permite navegar de un nivel de agregación general a uno más específico dentro de una jerarquía. Por ejemplo, pasar de “ventas por año” a “ventas por mes” o “ventas por día”.
- Roll-up (resumir): Operación inversa al drill-down; consolida los datos en un nivel superior de la jerarquía. Por ejemplo, sumar ventas diarias para obtener totales mensuales o anuales.
- Slice (corte): Extrae una porción del cubo OLAP seleccionando un único valor de una dimensión, como analizar exclusivamente los datos del año 2024.
- Dice (rebanado múltiple): Permite seleccionar un subconjunto multidimensional del cubo utilizando condiciones sobre varias dimensiones. Por ejemplo, filtrar ventas de productos “X” en la región “norte” durante los primeros tres meses del año.

⁴ Astera. (s.f.). Data Warehouse Concepts. Recuperado de <https://www.astera.com/es/type/blog/data-warehouse-concepts/#:~:La%20Metodolog%C3%ADa%20Kimball,funci%C3%B3n%20de%20los%20requisitos%20comerciales>

4.2.2 Tipos de OLAP

Tipo de OLAP	Características principales	Ventajas	Desventajas
MOLAP	(Multidimensional OLAP) Datos almacenados en estructuras multidimensionales propias	Alto rendimiento; acceso rápido a datos preagregados	No escala bien con grandes volúmenes de datos
ROLAP	(Relational OLAP) Utiliza bases de datos relacionales tradicionales	Maneja grandes volúmenes de datos; flexible con estructuras	Más lento debido a la generación dinámica de consultas SQL
HOLAP	(Hybrid OLAP) Combina MOLAP y ROLAP: resumen en MOLAP, detalles en ROLAP	Balance entre rendimiento y escalabilidad	Complejidad en implementación y mantenimiento

Tabla 3 Tipos de OLAP

4.3 Inteligencia de negocios en gestión urbana

La inteligencia de negocios (BI, por sus siglas en inglés) desempeña un papel crucial en la gestión urbana moderna, especialmente en el contexto de las ciudades inteligentes. En este sentido, su aplicación no solo facilita la mejora de la experiencia de los ciudadanos, sino que también optimiza la gestión municipal en áreas como el control de estacionamientos, la planificación de recursos y la respuesta a incidentes. Según Rusek (2013)

"Ya que existen muchas similitudes entre cómo gestionar de una empresa y una ciudad, es posible adaptar las soluciones de la gestión de información del mundo empresarial al sistema urbano". (Rusek, 2013, p. 55)⁵

Esta analogía se vuelve cada vez más relevante, considerando que tanto las ciudades como las empresas manejan grandes volúmenes de datos, enfrentan desafíos logísticos complejos y buscan optimizar sus recursos para maximizar el beneficio de sus "usuarios", ya sean clientes o ciudadanos.

La clave radica en la información: su correcta captura, almacenamiento, análisis y presentación puede marcar la diferencia entre una gestión reactiva y una proactiva. Aquí es donde la inteligencia de negocios se convierte en una herramienta indispensable, proporcionando plataformas como *dashboards* e informes interactivos que permiten a los responsables municipales monitorear indicadores clave de desempeño (*KPIs*), identificar patrones, y tomar decisiones informadas y basadas en datos.

En el contexto urbano, estos sistemas pueden ser utilizados para prever incidentes, gestionar el tráfico, planificar zonas de estacionamiento, o incluso optimizar la asignación de recursos municipales en respuesta a emergencias. Por ejemplo, en una ciudad inteligente, los *dashboards* pueden integrarse con sensores *IoT* (Internet de las Cosas) para proporcionar datos en tiempo real sobre la ocupación de estacionamientos, lo que mejora la experiencia del usuario al reducir tiempos de búsqueda y disminuye la congestión vehicular.

De acuerdo con Vanegas Lago y Guerra Cantero (2013), "la inteligencia de negocios es fundamental para apoyar el proceso de toma de decisiones en las empresas, permitiendo capturar, almacenar, procesar, analizar y mostrar datos de manera eficiente". Este mismo principio puede extenderse a la gestión urbana,

⁵ Rusek, R. (2013). Inteligencia Empresarial, Big Data y gestión de información urbana para una Ciudad Inteligente. Cuadernos de Gestión de Información, 3, 52-59. ISSN 2253-8429.

permitiendo a las municipalidades actuar con mayor precisión y previsión en sus decisiones estratégicas y operativas.⁶

En definitiva, la integración de la inteligencia de negocios en la gestión urbana no solo mejora la eficiencia operativa de las ciudades, sino que también contribuye al desarrollo de comunidades más sostenibles, conectadas y orientadas al bienestar de sus ciudadanos. Este enfoque es vital en el marco de la transformación digital que enfrentan las urbes actuales, en su camino hacia convertirse en verdaderas ciudades inteligentes.

4.3.1 Indicadores Clave en la Gestión Urbana

En el ámbito de la gestión urbana, los indicadores clave de rendimiento (*KPIs*) juegan un rol esencial al proporcionar métricas cuantificables que permiten evaluar y mejorar distintas áreas de la ciudad. En el caso de la temática vehicular, algunos de los indicadores más relevantes incluyen: la cantidad de horas de viaje, la comparación entre tiempos de desplazamiento en hora punta y horarios normales, la seguridad durante los trayectos, la capacidad del transporte público y su uso, así como otros relacionados con áreas temáticas complementarias, como la gestión de salud pública y áreas verdes.

Sin embargo, un aspecto que no ha sido completamente explotado es la gestión y optimización de los estacionamientos, a pesar de ser un elemento crucial en la dinámica vehicular y urbana. Este vacío representa una oportunidad significativa para identificar y analizar nuevos indicadores que permitan mejorar la planificación y operación de los estacionamientos.

En el contexto de la inteligencia de negocios, la metodología Kimball es ampliamente utilizada en la construcción de Data Warehouse debido a su enfoque en los requerimientos del usuario final. A diferencia de otras metodologías, como la de Inmon, que prioriza un modelo normalizado y orientado a la integración global de datos, Kimball facilita una implementación más ágil y enfocada en la generación de reportes y análisis específicos. Esto la convierte en una opción adecuada cuando se requiere una respuesta rápida y adaptable a las necesidades de negocio y del entorno urbano.

4.3.2 Definición de Indicadores Clave

El proceso para definir los indicadores clave inicia con conversaciones con los *stakeholders* relevantes, como administradores municipales y operadores de estacionamientos para comprender las necesidades y prioridades. Estas interacciones permiten identificar los puntos críticos y formular indicadores preliminares, que serán refinados a medida que avance la implementación del sistema.

4.3.3 Importancia del Enfoque Basado en Datos

La implementación de estos *KPIs* en un sistema de inteligencia de negocios permite a las municipalidades y operadores de estacionamientos monitorear, analizar y tomar decisiones basadas en datos, mejorando así la eficiencia en la gestión urbana. Por ejemplo, el análisis de los estacionamientos con menor uso podría llevar a decisiones como su reconversión para otros fines, mientras que la identificación de fechas clave podría ayudar a planificar campañas de comunicación o redirigir recursos.

En conclusión, la definición y análisis de indicadores clave en la gestión urbana vehicular, particularmente en el área de estacionamientos, representa una oportunidad para mejorar la eficiencia, seguridad y experiencia del usuario en las ciudades. La metodología *Kimball*, junto con un enfoque participativo,

⁶Vanegas Lago, E., & Guerra Cantero, L. M. (2013). Sistema de inteligencia de negocios para el apoyo al proceso de toma de decisiones. Revista INGENIERÍA UC, 20(3), 25-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732641004>

asegura que las soluciones desarrolladas respondan a las necesidades reales de la comunidad y promuevan un desarrollo urbano sostenible y eficiente.

5. Descripción de Solución

5.1 Herramientas BI para visualización de datos

Entre las numerosas herramientas de visualización de datos disponibles en el mercado, destacan Tableau Public y Power BI, ambas reconocidas por su capacidad para transformar datos en gráficos interactivos y comprensibles. Estas herramientas son ampliamente utilizadas por profesionales debido a su interfaz intuitiva y su capacidad para integrar tecnologías avanzadas en el análisis y la presentación de datos.

En particular, Power BI se ha convertido en la opción preferida en diversos proyectos debido a su flexibilidad, facilidad de uso y la capacidad de conectarse a múltiples fuentes de datos. Además, ofrece características como la creación de dashboards dinámicos, informes automatizados y la posibilidad de compartir resultados en tiempo real con equipos y stakeholders.

Para este proyecto, se ha elegido Power BI como herramienta principal debido a su enfoque en la accesibilidad y su capacidad para aprovechar nuevas tecnologías, lo que garantiza un desarrollo eficiente de dashboards e informes que cumplen con las necesidades específicas del negocio. Esta elección también está alineada con el objetivo de ofrecer resultados claros, impactantes y útiles para la toma de decisiones estratégicas.

Durante las entrevistas con nuestros stakeholders, también se solicitó una versión web para visualizar los datos de manera más simplificada y automática, sin necesidad de generar informes adicionales.

5.2 Validación de Informes Generados por el Sistema

La validación de los informes generados por el sistema es un paso esencial para garantizar que las soluciones desarrolladas cumplan con las expectativas y necesidades de la industria. En esta etapa, se recurrirá a la creación de gráficos que representen datos relevantes según los requerimientos específicos de los *stakeholders*. Estos gráficos servirán como herramientas clave para visualizar y analizar patrones, tendencias y comportamientos en la gestión de estacionamientos.

En esta fase inicial del desarrollo, los gráficos serán alimentados por un modelo de datos simulado. Esto se debe a que *el sistema FindMePark aún se encuentra en proceso de implementación*, y no se dispone de datos reales. El uso de datos simulados permitirá realizar pruebas preliminares y ajustar el diseño de los informes antes de integrar información real, lo que optimiza el proceso de desarrollo y minimiza errores futuros.

5.2.1 Consultas con Stakeholders

Para asegurar la relevancia y utilidad de los informes, se llevarán a cabo consultas con los *stakeholders*. Estas reuniones son fundamentales para comprender las prioridades y desafíos específicos de los usuarios del sistema. Algunos ejemplos de indicadores propuestos en colaboración con los stakeholders incluyen:

- Cantidad de tiempo de uso de estacionamiento: Permite analizar el promedio de uso de los estacionamientos y su relación con la rotación de vehículos.
- Cantidad de incidentes en un estacionamiento: Indicador enfocado en evaluar la seguridad y los problemas recurrentes en zonas específicas.
- Estacionamientos o zonas con mayor cantidad de incidentes: Proporciona información sobre áreas críticas que requieren mayor supervisión o mejoras en infraestructura.

- Fechas clave para la gestión vehicular: Identifica períodos de alta demanda, como feriados o eventos, facilitando la planificación.
- Estacionamientos con menor uso: Ayuda a optimizar la distribución de recursos y a identificar zonas que podrían ser aprovechadas para otros fines.

5.2.2 Importancia de la Validación

La validación no solo asegura que los informes cumplan con los objetivos funcionales del sistema, sino que también garantiza que sean comprensibles y útiles para la toma de decisiones. La retroalimentación de los *stakeholders* será clave para ajustar la estructura, contenido y diseño de los gráficos, asegurando que representen información valiosa de manera clara y accesible.

Además, esta etapa inicial con datos simulados permite identificar posibles deficiencias en el modelo de datos o en los enfoques analíticos antes de la implementación final. Esto facilita la adaptación del sistema a las necesidades reales del negocio y asegura una transición más fluida hacia el uso de datos en tiempo real una vez que el sistema esté completamente operativo.

En conclusión, la validación mediante gráficos basados en datos simulados y la colaboración activa con los *stakeholders* son elementos esenciales para el éxito del sistema *FindMePark*. Este enfoque garantiza que los informes generados no solo reflejen datos precisos, sino que también proporcionen una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de estacionamientos.

6. Metodología de trabajo

6.1 Diseño de Modelo Dimensional

Siguiendo los lineamientos de la metodología *Kimball*, el diseño del *Data Warehouse* estará completamente alineado con las necesidades específicas de la industria, priorizando la identificación y organización de datos clave que sustenten la elaboración de informes estratégicos. Este enfoque garantiza que la solución propuesta no solo responda a los requerimientos actuales, sino que también ofrezca una base sólida y escalable para análisis futuros.

El modelo dimensional adoptará una estructura en estrella, compuesta por una tabla central de hechos que agrupará las métricas fundamentales, rodeada por tablas de dimensiones que proporcionarán contexto a los datos. Esta configuración simplifica la consulta de información, optimizando el rendimiento y facilitando el acceso a los datos por parte de los usuarios.

Para asegurar la relevancia de las métricas incluidas en el modelo, se trabajará en estrecha colaboración con los *stakeholders*, a fin de validar que los indicadores seleccionados reflejen aspectos críticos de la gestión de estacionamientos. Esta participación permitirá que las métricas respondan de forma precisa a los objetivos operativos y estratégicos del proyecto, manteniendo la coherencia con los principios establecidos por la metodología *Kimball*.

El enfoque no solo se limita a satisfacer las necesidades actuales de información, sino que también proporciona la flexibilidad necesaria para adaptarse a cambios futuros, permitiendo incorporar nuevas métricas o dimensiones conforme evolucionen las demandas de la industria y la tecnología.

6.2 Implementación del Modelo Dimensional en SQL Server

El modelo dimensional será desarrollado utilizando *SQL Server*, una base de datos relacional que ofrece múltiples ventajas para este tipo de proyectos:

- Escalabilidad y rendimiento: *SQL Server* está diseñado para manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, lo que lo hace ideal para almacenar y gestionar los datos procesados en el *Data Warehouse*.
- Compatibilidad con herramientas de BI: La integración nativa con herramientas como SSIS (*SQL Server Integration Services*) para procesos ETL y *Analysis Services* para análisis multidimensional hace que sea una elección estratégica para este proyecto.
- Facilidad de administración: Su interfaz intuitiva y su ecosistema robusto permiten que el desarrollo y la administración del modelo dimensional sean ágiles y eficientes.

6.3 Generación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

En el marco del diseño del *Data Warehouse*, uno de los pasos fundamentales es la definición y descomposición de los Indicadores Clave de Rendimiento (*KPIs*), los cuales permitirán evaluar y mejorar la eficiencia operativa en la gestión de estacionamientos.

De acuerdo con la metodología *Kimball*, este proceso comienza con un análisis detallado de las necesidades de la organización y las áreas estratégicas que se desean abordar. Para ello, se realizarán consultas con los *stakeholders*, quienes proporcionarán información clave sobre los desafíos actuales y las prioridades futuras.

6.4 Simulación de Datos Claves

La simulación de los datos no será arbitraria; estará orientada a los Indicadores Clave de Rendimiento (*KPIs*) previamente definidos. Este enfoque permitirá construir un prototipo funcional del sistema, ajustado a las necesidades identificadas en colaboración con los *stakeholders*. Algunos aspectos clave que se abordarán incluyen:

- Definición de granularidad: Se determinará el nivel de detalle necesario para cada *KPI*, asegurando que los datos sean lo suficientemente precisos para análisis operativos, pero también manejables para reportes estratégicos. Por ejemplo, los tiempos de uso de estacionamiento podrían desglosarse por hora, día o semana, dependiendo de los objetivos del análisis.
- Alcance del *Data Warehouse*: Se establecerán los límites del sistema en términos de volumen de datos, frecuencia de actualización y áreas temáticas cubiertas. Esto garantizará que el *Data Warehouse* sea escalable y se adapte a las necesidades futuras del proyecto.

6.5 Extracción, transformación y carga

El desarrollo del proceso *ETL* será realizado utilizando la herramienta *SQL Server Integration Services* (*SSIS*), integrada en el entorno de desarrollo *Visual Studio*. *SSIS* es una solución ampliamente utilizada para la integración y transformación de datos, ideal para la creación de flujos *ETL* robustos y escalables.

Transformación de Datos

- Aplicar procesos de limpieza, validación y transformación de datos para alinearlos con el modelo dimensional del *Data Warehouse*.
- Crear métricas derivadas y estandarizar formatos para facilitar su análisis posterior.

Carga de Datos al Prototipo del *Data Warehouse*

- Diseñar flujos que organicen los datos simulados en un modelo dimensional en estrella.

- Preparar los datos para su consulta y análisis mediante herramientas de visualización o reportes automatizados.

6.6 Diseño de la visualización de datos

El análisis y la presentación efectiva de la información son componentes clave en la implementación de un sistema de inteligencia de negocios. Para este proyecto, utilizando los datos recopilados en el *Data Warehouse*, se emplearán tecnologías de visualización modernas, con un enfoque en *Power BI* debido a su facilidad de uso, versatilidad y capacidad de integración con otras herramientas del ecosistema Microsoft.

6.6.1 Implementación de Visualizaciones con *Power BI*:

- Creación de informes interactivos: *Power BI* permitirá diseñar *dashboards* intuitivos y dinámicos que presenten los datos clave de los *KPI* previamente definidos, como tiempos de estacionamiento, incidentes y patrones de flujo vehicular.
- Simplicidad de uso: Su interfaz gráfica y capacidades de arrastrar y soltar harán posible generar reportes complejos sin necesidad de una extensa codificación, facilitando la adopción por parte de los usuarios finales.
- Capacidades de personalización: Se desarrollarán gráficos que resalten las métricas más relevantes y permitan realizar análisis en profundidad a través de filtros interactivos y visualizaciones avanzadas.

6.6.2 Desarrollo de una Versión Web

Además de los *dashboards* en *Power BI*, se planea implementar una interfaz web en el módulo de administración de la aplicación *FindMePark*, donde los usuarios puedan visualizar datos en tiempo real. Esta funcionalidad incluirá:

- Actualizaciones dinámicas de los *KPI*, ofreciendo una visión inmediata del estado de los estacionamientos.
- Compatibilidad con dispositivos móviles y navegadores modernos para garantizar el acceso desde cualquier lugar.
- Una experiencia de usuario optimizada, con un diseño limpio y centrado en la usabilidad.

6.7 Validación de visualización de datos

Dado que *FindMePark* se encuentra en una etapa de desarrollo temprano, actualmente no es posible generar *dashboards* e informes basados en datos reales de la aplicación. Por ello, se trabajará con datos ficticios generados de manera supervisada mediante técnicas de ciencia de datos.

6.7.1 Proceso de Validación

1. Generación de Datos Simulados

Se crearán conjuntos de datos ficticios diseñados para reflejar escenarios realistas.

Estos datos incluirán variables relevantes, como tiempos de uso de estacionamientos, incidentes frecuentes y patrones de ocupación por zonas y horarios.

2. Diseño de Dashboards y Gráficos

Usando *Power BI* y la versión web propuesta, se construirán prototipos de *dashboards* basados en los datos simulados.

Estos gráficos incluirán métricas como la ocupación promedio diaria, incidentes por ubicación y fechas clave con alta demanda.

3. Validación con Usuarios Finales

Los prototipos serán presentados a los stakeholders y usuarios finales para recibir retroalimentación sobre:

- La relevancia de los *KPI* recolectados en las reuniones con los interesados.
- La relevancia y claridad de las gráficas
- La claridad en la presentación de la información.
- La facilidad de uso de las interfaces de visualización.

Este proceso permitirá identificar posibles ajustes en los gráficos y *dashboards* antes de la integración con datos reales.

7. Desarrollo

7.1 Selección y levantamiento de Indicadores Claves

Se realizaron reuniones de trabajo colaborativo con los *stakeholders*. Durante estos encuentros, propusieron indicadores básicos que consideraban relevantes, los cuales fueron abordados con mayor profundidad en reuniones posteriores, dando lugar a una lista más estructurada. *Esta lista incluyó indicadores*, varios de los cuales fueron desarrollados a partir de las propuestas iniciales entregadas por los *stakeholders*. Posteriormente, estos evaluaron la lista y seleccionaron los indicadores que consideraron más pertinentes para sus operaciones y para una gestión eficiente de los estacionamientos.

Además, se analizaron las métricas asociadas a cada indicador, con el objetivo de garantizar su viabilidad en términos de recopilación, análisis y visualización de datos. Se hizo hincapié en la alineación de los indicadores con las necesidades del negocio, asegurando que proporcionaran información clara, medible y procesable.

Entre los principales indicadores propuestos:

- Cantidad de tiempo de uso de estacionamiento: Relacionado con la métrica de tiempo total de ocupación de un estacionamiento.
- Cantidad de incidentes en un estacionamiento: Métrica basada en el número de eventos registrados.
- Estacionamientos con mayor cantidad de incidentes: Indicador que prioriza las zonas más críticas, basándose en la frecuencia de incidentes.
- Fechas clave para la gestión vehicular: Identificación de días con patrones específicos de alta o baja demanda, útil para planificación operativa.
- Estacionamientos con menor y mayor uso: Medidos a través del número de usuarios en cada ubicación.
- Estacionamientos con mayores ingresos: Basado en el valor total generado por zona o por estacionamiento específico.
- Tasa de ocupación por horario: Indicador que evalúa el porcentaje de ocupación en intervalos específicos de tiempo.

- Estacionamientos con mayor rotación: Número de vehículos que ingresan y salen en un período determinado.

Este proceso no solo permitió seleccionar indicadores relevantes, sino que también promovió el consenso entre los *stakeholders*, alineando las prioridades del negocio con las capacidades del sistema de inteligencia de negocios.

KPI	Metrica	Estado
Cantidad de tiempo de estacionamiento	Tiempo	
Cantidad de incidentes en un estacionamiento	Numero de incidentes	Aceptado
Estacionamientos con mayor cantidad de incidentes	Numero de incidentes	Aceptado
Fechas claves para la gestión vehicular	Fechas	
Estacionamientos con menos uso	Cantidad Usuarios	
Estacionamientos con mayor uso	Cantidad Usuarios	
Estacionamientos con mayores ingresos	Valor Total	Aceptado
Cantidad de estacionamientos usados en un mes	Cantidad Usuarios	
Tasa de incidentes por tipo	Tipos de incidentes y su frecuencia	Aceptado
Tasa de ocupación por horario	Porcentaje de ocupación por intervalo de tiempo	
Estacionamientos con mayor rotación	Número de vehículos por día	Aceptado

Tabla 4 KPIs Propuestos

7.2 Desarrollo Modelo Dimensional y Proceso de Negocio

Para la construcción del modelo dimensional se tomaron como base los indicadores clave (KPI) previamente definidos y el diseño del modelo de base de datos relacional de la aplicación FindMePark. Este enfoque permitió establecer una conexión clara entre los datos operativos de la aplicación y los requerimientos analíticos, asegurando que el modelo propuesto responda a las necesidades estratégicas y operativas del negocio.

A partir de esta integración, se realizó un desglose detallado de cada indicador, identificando las dimensiones y métricas necesarias para representarlos en el modelo dimensional. Este análisis permitió contemplar con precisión a qué procesos del negocio está dirigido cada indicador y cómo contribuye a la mejora de la gestión de estacionamientos.

7.2.1 Procesos de Negocio Seleccionados

En esta primera etapa de diseño, se seleccionaron dos procesos clave que representan áreas críticas de la operación de FindMePark:

Proceso de Pagos

Este proceso está relacionado con el registro y análisis de las transacciones económicas realizadas en los estacionamientos. Los datos de este proceso son fundamentales para evaluar la rentabilidad, el flujo de ingresos, y para identificar patrones de consumo en diferentes zonas y horarios.

Indicadores asociados:

- Estacionamientos con mayor ingreso.

- Fechas clave con mayor flujo de ingresos.
- Promedio de ingresos por usuario o vehículo.

Proceso de Incidentes

Este proceso se enfoca en el registro y análisis de eventos que ocurren dentro de los estacionamientos, como fallas técnicas, problemas de seguridad o conflictos operativos. La gestión de incidentes es esencial para garantizar la calidad del servicio y mejorar la experiencia del usuario.

Indicadores asociados:

- Cantidad de incidentes por estacionamiento.
- Tasa de incidentes por tipo.
- Zonas con mayor cantidad de incidentes.
- Frecuencia de incidentes según horarios o fechas específicas.

7.2.2 Diseño de Modelos

Siguiendo los lineamientos de la metodología Kimball, el diseño del Data Warehouse para los procesos de Incidentes y Pagos se estructuró mediante la creación de dimensiones específicas para cada uno. Estas dimensiones permiten capturar y organizar los datos de manera eficiente, facilitando el análisis y la generación de informes estratégicos.

Entre las decisiones de diseño, se consideró incluir un atributo con la fecha completa dentro de las dimensiones, con el fin de evitar la necesidad de crear una dimensión adicional para el análisis de horarios. De esta manera, es posible extraer tanto la fecha como la hora directamente desde dicho atributo, optimizando así el modelo y manteniendo su simplicidad.

Se optó por mantener Sector como una dimensión separada (D_Sector) y no como un simple atributo dentro de la dimensión de estacionamientos. Esta decisión se justifica principalmente por la necesidad de analizar la ocurrencia de incidentes a nivel de sector específico, lo cual no sería tan flexible ni escalable si el sector estuviera embebido en D_Estacionamientos.

Modelo Dimensional Incidentes

Para el proceso de Incidentes, se diseñaron las siguientes dimensiones que proporcionan el contexto necesario para analizar y entender los datos relacionados con los incidentes en los estacionamientos

- 1. Dimensión de Tiempo (D_Tiempo)** La dimensión de tiempo es fundamental para realizar un análisis temporal de los incidentes. Permite desglosar los datos según el día, mes y año, lo que facilita el análisis de patrones estacionales o de largo plazo.

Atributos:

- id_tiempo: Clave primaria única.
- día: Día del incidente.
- mes: Mes del incidente.
- año: Año del incidente.
- fecha: Fecha completa del incidente

- 2. Dimensión de Sector (D_Sector)** Esta dimensión describe las zonas o sectores de los estacionamientos donde ocurren los incidentes. Permite identificar áreas con alta frecuencia de incidentes y optimizar la respuesta a problemas específicos.

Atributos:

- id_sector: Clave primaria única.
- nombre: Nombre del sector (ej. "Sector Playa").

- 3. Dimensión de Incidentes (D_Incidentes)** Define los tipos de incidentes que pueden ocurrir en los estacionamientos. Esta dimensión es esencial para segmentar los incidentes por su naturaleza (por ejemplo, robos, problemas al pago, etc.).

Atributos:

- id_incidente: Clave primaria única.
- tipo: Tipo de incidente (ej. "Falla de pago", "Accidente", "Robo").

- 4. Dimensión de Estacionamientos (D_Estacionamientos)** Proporciona detalles geográficos y descriptivos sobre los estacionamientos. Esto es crucial para poder analizar incidentes en función de su ubicación geográfica.

Atributos:

- id_estacionamiento: Clave primaria única.
- latitud: Latitud del estacionamiento.
- longitud: Longitud del estacionamiento.
- nombre: Nombre del estacionamiento (ej. "Villanelo", "Plaza Sucre").

Modelo Dimensional Pago

Para el proceso de Pagos, se diseñaron dimensiones diferentes, enfocadas en los aspectos clave relacionados con el registro y análisis de las transacciones financieras en los estacionamientos.

- 1. Dimensión de Tiempo (D_Tiempo)** la dimensión de tiempo se utiliza para analizar los pagos realizados en diferentes periodos. Esto permite identificar patrones de comportamiento en el uso de los estacionamientos, como días con mayor actividad o períodos con mayor volumen de pagos.

Atributos:

- id_tiempo: Clave primaria única.
- día: Día del pago.
- mes: Mes del pago.
- año: Año del pago.
- fecha: Fecha completa del pago.

2. **Dimensión de Estacionamientos (D_Estacionamientos)** Similar al caso de incidentes, esta dimensión proporciona información sobre los estacionamientos, lo cual es necesario para analizar los pagos en función del estacionamiento en el que se realizaron

Atributos:

- id_estacionamiento: Clave primaria única.
- latitud: Latitud del estacionamiento.
- longitud: Longitud del estacionamiento.
- nombre: Nombre del estacionamiento (ej. "Villanelo",).

3. **Dimensión de Viaje (D_Viaje)** Esta dimensión es específica para el proceso de pagos en esta se indica el lugar al que quiere ir el usuario

Atributos:

- id_viaje: Clave primaria única.
- destino: Destino del viaje asociado al estacionamiento (ej. "Mall Marina").

Métricas Asociadas

Para cada proceso de negocio, se definieron las métricas clave que permitirán realizar un seguimiento y evaluación adecuada de la eficiencia de la gestión de estacionamientos:

1. Métricas para el Proceso de Incidentes:
 - cantidad_incidentes: Número total de incidentes registrados.
2. Métricas para el Proceso de Pagos:
 - total_tiempo: Tiempo total utilizado por los vehículos estacionados, que puede asociarse con las tarifas de estacionamiento o el uso de servicios adicionales, este tiempo se puede calcular directamente al realizar el ETL desde la base de datos original.
 - total_ingreso: Ingreso total generado por las transacciones de pago en los estacionamientos.

7.2.3 Modelos dimensionales

El proceso de creación de dimensiones resultó en los siguientes diagramas.

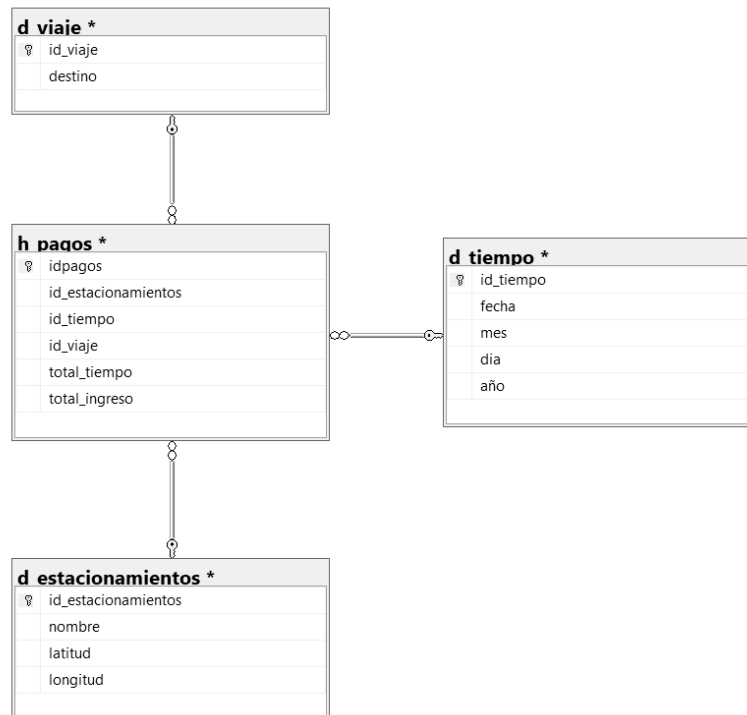


Ilustración 2 Modelo Dimensional Pagos

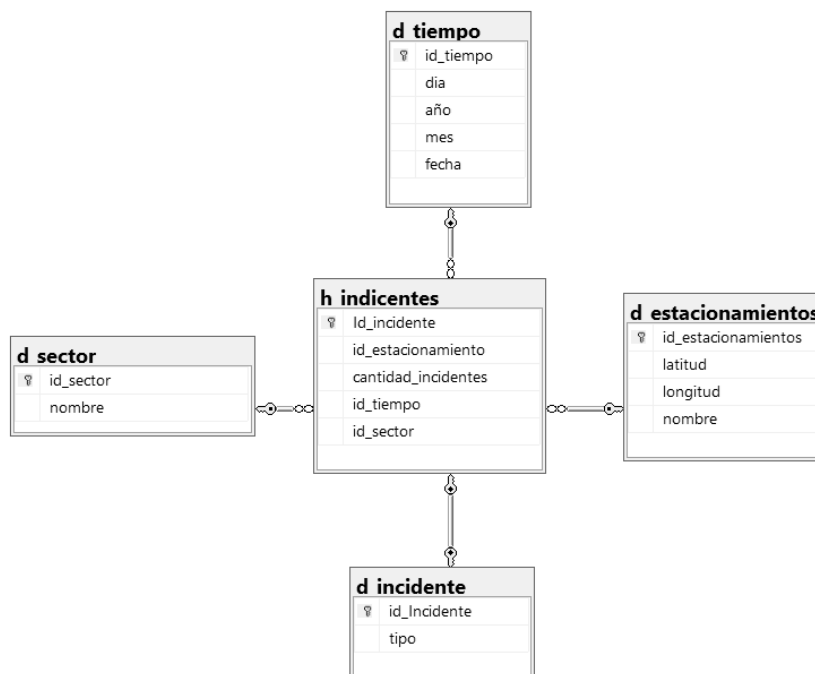


Ilustración 3 Modelo Dimensional Incidentes

7.3 Creación de Datos

El proceso de creación de datos se basó en las entrevistas con los *stakeholders*, quienes proporcionaron información clave sobre los comportamientos de los usuarios frecuentes de los estacionamientos y el flujo vehicular. A partir de estas conversaciones, se identificaron patrones y tendencias, como el aumento de la ocupación en los estacionamientos cercanos a la playa durante el verano, debido al incremento de veraneantes, o la mayor frecuencia de incidentes como robos o choques en áreas del centro.

Para modelar estos comportamientos y generar datos sintéticos que reflejaran estas dinámicas, se utilizó un *script* en *Python*. El *script* variaba las probabilidades de ocurrencia de diferentes eventos, como incidentes o la probabilidad de que un usuario se dirija hacia la playa, según el sector geográfico y la fecha. Este enfoque permitió simular escenarios realistas de uso de los estacionamientos y de incidentes en función de las condiciones estacionales y geográficas.

7.4 ETL

En SSIS, el proceso ETL se organiza a través de un **Flujo de control**, el cual permite definir la secuencia y lógica del procesamiento de datos. Dentro de este flujo, se insertan los componentes "**Flujo de datos**", donde cada uno representa un **ETL** independiente, comúnmente utilizado para cargar datos en una dimensión específica del modelo dimensional.

Este diseño permite ejecutar los flujos de manera secuencial o paralela, optimizando el rendimiento del proceso de carga según las dependencias entre dimensiones o la disponibilidad de recursos.

Cada bloque de Flujo de datos encapsula los pasos específicos del proceso **ETL**, incluyendo la extracción, transformación y carga de datos. Previo a la ejecución de estos flujos, es recomendable integrar una **Tarea de ejecución de SQL**, cuya función principal es realizar una limpieza previa en las tablas del modelo dimensional mediante sentencias **DELETE** o **TRUNCATE**, garantizando así la integridad y consistencia de los datos cargados.

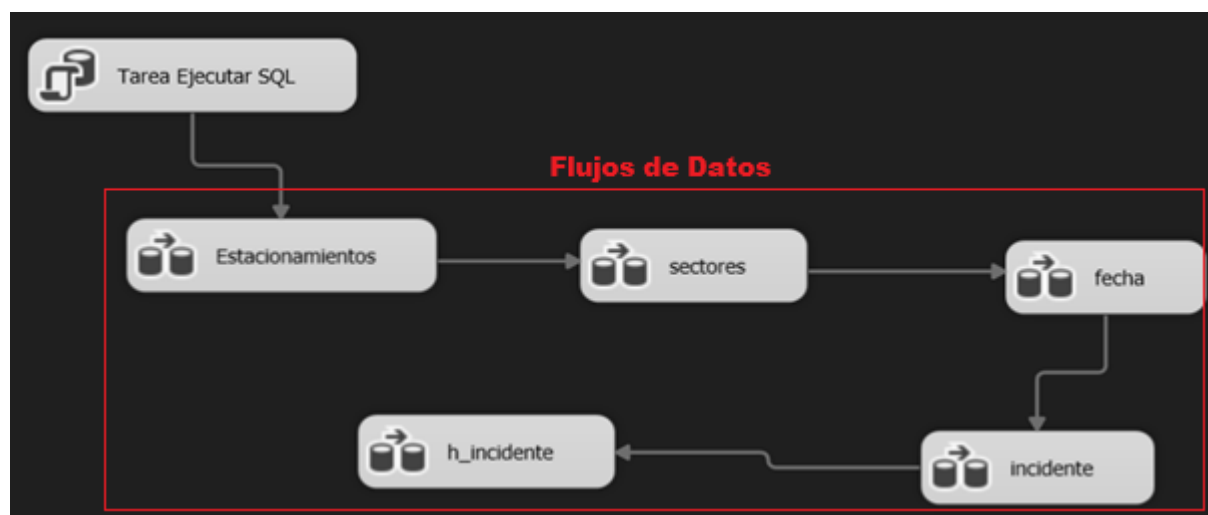


Ilustración 4 Flujo de Control Incidentes



Ilustración 5 Flujo de Control Pagos

7.4.1 Extracción

La fase de extracción se llevó a cabo utilizando la herramienta *SSIS (SQL Server Integration Services)* de *Visual Studio*, que permitió gestionar el flujo de datos de manera eficiente. Para establecer la conexión con la base de datos de la aplicación *FindMePark*, se empleó el conector *Connector/ODBC* de *MySQL*, asegurando una comunicación fluida entre ambas tecnologías.

En esta etapa, se configuró el componente de **Origen de Datos ADO.NET** en *Visual Studio* para ejecutar consultas *SQL* específicas que seleccionaron únicamente los datos necesarios, optimizando el tiempo de extracción y evitando la transferencia de información irrelevante. Este enfoque no solo garantizó la precisión de los datos extraídos, sino que también redujo la carga en los sistemas involucrados.

7.4.2 Transformación

Una vez extraídos los datos, se procedió a la etapa de transformación, que consistió en adaptar los datos al formato requerido por el sistema de destino. Para ello, se utilizó la herramienta de **conversión de datos** integrada en *Visual Studio SSIS*.

Durante esta fase, se llevaron a cabo transformaciones clave, como la conversión de los datos de *Unicode* a un formato compatible con *SQL Server*, asegurando que la información pudiera ser procesada y almacenada correctamente en el sistema de destino. Este paso resultó esencial para evitar errores de compatibilidad y preservar la integridad de los datos.

7.4.3 Carga

La última etapa del proceso *ETL* fue la carga de los datos transformados en el modelo de destino alojado en *SQL Server*, para esto se utilizó el componente **Destino OLE DB**. Para ello, se asignaron cuidadosamente los atributos seleccionados durante la extracción a los campos correspondientes en el modelo final, siguiendo las reglas definidas previamente en el diseño del esquema.

Este procedimiento garantizó que cada pieza de información se ubicara correctamente en su lugar correspondiente, respetando las relaciones y restricciones del modelo de datos. Gracias a esta metodología, se logró una integración exitosa de los datos provenientes de *FindMePark* en el entorno de análisis, lista para ser utilizada en reportes y estudios posteriores.

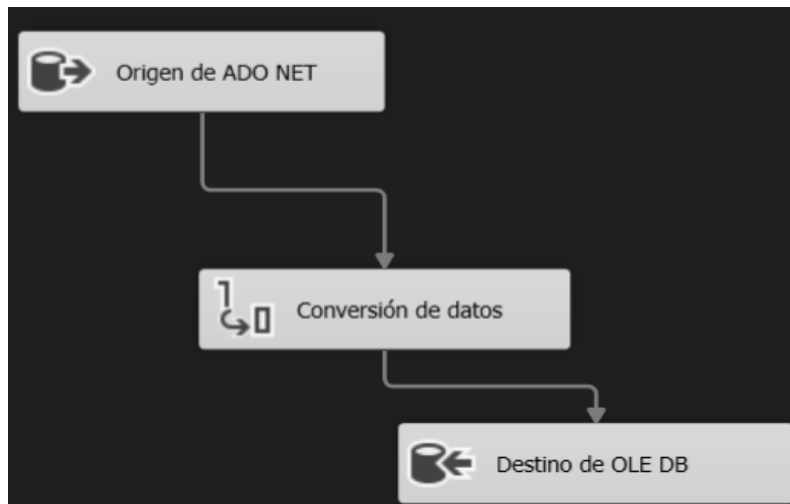


Ilustración 6 Ejemplo de flujo de datos

7.5 Cubo OLAP

El desarrollo del cubo OLAP, diseñado para permitir un análisis eficiente, se llevó a cabo utilizando la herramienta Analysis Services de Visual Studio. Durante este proceso, se estableció una conexión directa con los modelos dimensionales previamente creados, asegurando la correcta integración de los datos.

Al emplear esta herramienta en conjunto con SQL Server, se generaron los cubos OLAP dentro del servidor de Analysis Services, lo que facilitó su publicación y acceso para el análisis. Estos cubos actúan como una capa intermedia que organiza y optimiza los datos, permitiendo consultas rápidas y complejas en grandes volúmenes de información.



Ilustración 7 Cubo OLAP Incidentes

Nombre	Tipo	Cantidad Incidentes
Estacionamientos del Estero	Accidente	6
Estacionamientos del Estero	Atasco	6
Estacionamientos del Estero	Daño en Infraestructura	12
Estacionamientos del Estero	Robo	9
Estacionamientos VIANA 1	Accidente	8
Estacionamientos VIANA 1	Atasco	11
Estacionamientos VIANA 1	Daño en Infraestructura	5
Estacionamientos VIANA 1	Robo	9
Estacionamientos VIANA 2	Accidente	14
Estacionamientos VIANA 2	Atasco	25
Estacionamientos VIANA 2	Daño en Infraestructura	25
Estacionamientos VIANA 2	Robo	11
Playa Caleta Abarca	Accidente	1
Playa Caleta Abarca	Atasco	1
Playa Caleta Abarca	Daño en Infraestructura	1
Playa Caleta Abarca	Robo	1
Playa Los Marineros	Accidente	5
Playa Los Marineros	Atasco	2

Ilustración 8 Prueba de KPIs En Modelo Dimensional Incidentes

7.6 Desarrollo Visualizaciones Power BI

Finalmente, los cubos fueron configurados para ser consumidos por *Power BI*, habilitando una conexión directa desde esta plataforma de visualización. Esta integración permitió a los usuarios interactuar con los datos de manera dinámica, explorando métricas clave y generando reportes que facilitan la toma de decisiones basadas en información visualmente accesible. Para cada proceso, se diseñaron cuatro gráficos orientados a mostrar indicadores clave o complementar la interpretación de estos.

7.6.1 Reportes sobre Incidentes

Los reportes enfocados en los incidentes incluyeron los siguientes gráficos:

7.6.1.1 Cantidad de incidentes por estacionamiento

- Representado en un mapa interactivo, muestra la ubicación de cada estacionamiento con globos que varían en tamaño según la cantidad de incidentes registrados. Este enfoque permite identificar rápidamente los estacionamientos con mayor número de incidentes.

7.6.1.2 Cantidad de incidentes por tipo en cada estacionamiento

- Un gráfico de barras que detalla los tipos de incidentes registrados en cada estacionamiento y su frecuencia. Este gráfico es útil para identificar patrones y problemas específicos en distintas ubicaciones.

7.6.1.3 Cantidad de incidentes por mes y tipo

- También presentado como un gráfico de barras, muestra la cantidad de incidentes por mes del año, desglosados por tipo. Este diseño ayuda a identificar tendencias estacionales y tipos de incidentes predominantes en determinados periodos.

7.6.1.4 Cantidad de incidentes por sector

- Un gráfico de barras que agrupa los incidentes por sector. Este enfoque permite identificar qué áreas o regiones requieren atención prioritaria en términos de gestión de incidentes.

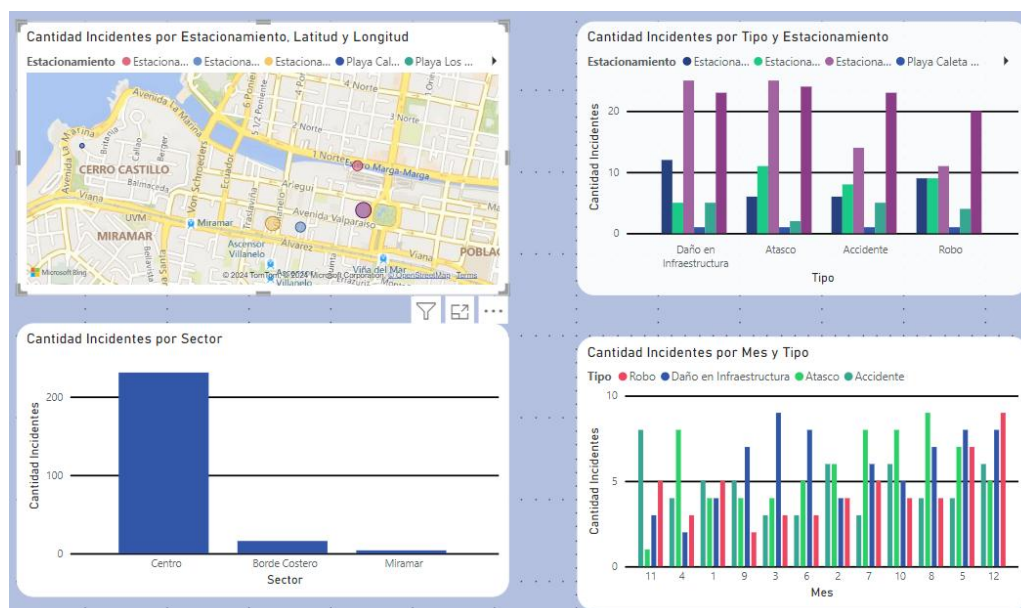


Ilustración 9 Reporte de Incidente

7.6.2 Reportes sobre Pagos

Para el proceso relacionado con los pagos, se generaron los siguientes gráficos:

7.6.2.1 Recuento de pagos por estacionamiento

- Representado en un mapa interactivo, muestra los estacionamientos con burbujas cuyo tamaño varía en función de la cantidad de pagos registrados. Este diseño permite visualizar la actividad financiera de cada ubicación.

7.6.2.2 Ingreso total por mes

- Un gráfico de barras que ilustra los ingresos mensuales totales, ayudando a identificar patrones de flujo de ingresos y evaluar la estabilidad financiera a lo largo del tiempo.

7.6.2.3 Tiempo total por estacionamiento

- Similar al primer gráfico, utiliza un mapa interactivo para mostrar el tiempo total registrado en cada estacionamiento, con burbujas que reflejan la magnitud de los datos. Este gráfico es útil para analizar la duración promedio de uso en diferentes ubicaciones.

7.6.2.4 Ingreso total por estacionamiento

- Un gráfico de barras que presenta los ingresos totales generados por cada estacionamiento. Este diseño facilita la comparación directa entre las distintas ubicaciones y su desempeño económico.

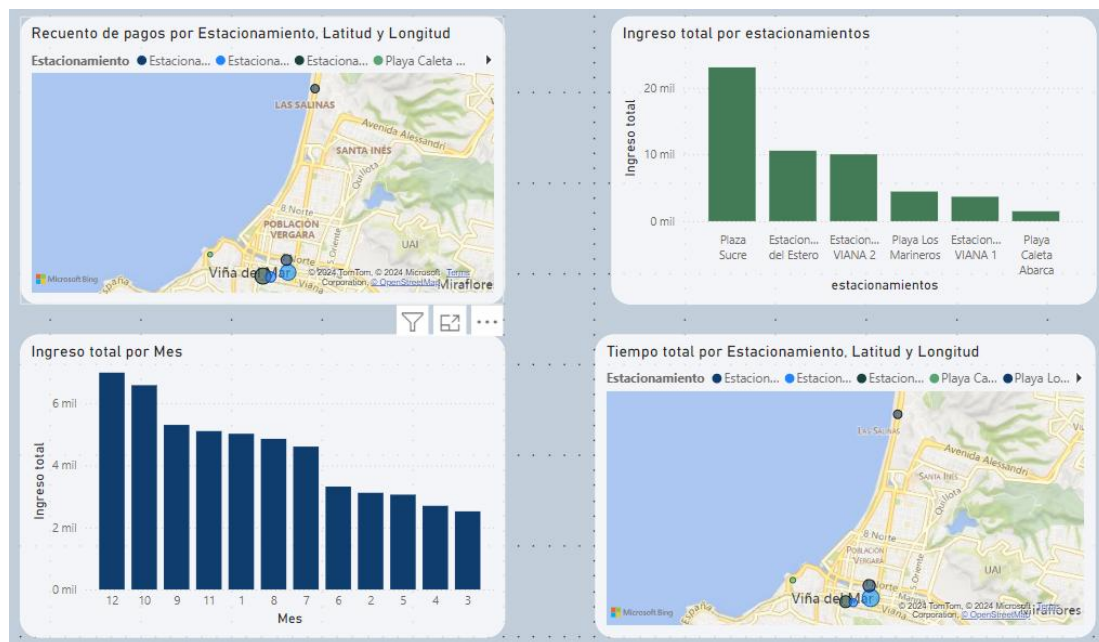


Ilustración 10 Reporte de pagos

7.7 Desarrollo Visualizaciones Web

Se desarrolló un dashboard preliminar utilizando el *framework Spring Boot*, con el objetivo de visualizar los KPIs más importantes de forma rápida y funcional. A diferencia de los reportes avanzados creados en *Power BI*, este dashboard se conectó directamente al servidor de base de datos *MySQL*, realizando consultas directas para obtener los datos.

Debido a la naturaleza de su implementación, las gráficas generadas en este dashboard son más simples y básicas en comparación con las visualizaciones interactivas y complejas de *Power BI*. Sin embargo, este enfoque permitió contar con una solución ágil para monitorear los indicadores clave en tiempo real, sin la necesidad de pasar por un procesamiento intermedio, como los *cubos OLAP* o modelos dimensionales.



Ilustración 11 Dashboard Web

8. Reflexiones Finales

8.1 Trabajo a futuro

Teniendo en cuenta que la aplicación *FindMePark* aún está en desarrollo, visualizar cómo actúan los datos reales en las gráficas será parte fundamental del trabajo futuro. Además, se deben realizar refinamientos en la vista *web* del *dashboard* para mejorar la visualización de cada *KPI* y generar gráficos más complejos que aporten mayor valor analítico.

8.2 Conclusiones

Tomando en cuenta el trabajo realizado, se puede concluir que el área de inteligencia de negocios en el ámbito urbano presenta un amplio margen de exploración. En este contexto, el diseño y la generación de indicadores resultan fundamentales para facilitar la toma de decisiones y generar conocimiento útil para las organizaciones encargadas de la gestión urbana.

La formación recibida y las estrategias abordadas durante la creación de *FindMePark* me enseñaron mucho sobre el trabajo en equipo, especialmente en lo relacionado con el control de versiones y la interacción con el stakeholder.

Entre los aspectos a mejorar, me hubiera gustado contar con una mayor variedad de datos creados, lo que habría permitido generar informes más detallados. También me habría interesado desarrollar informes más complejos, utilizar otro framework, como Angular, para el desarrollo de la versión web y mejorar los modelos dimensionales creados, con el objetivo de dotarlos de mayor escalabilidad.

Por otro lado, entre los resultados positivos, me siento conforme con los informes generados en Power BI. Si bien considero que podrían mejorarse estéticamente, cumplen adecuadamente con los requerimientos planteados por el stakeholder.

8.3 Agradecimientos

Principalmente, quiero expresar mi gratitud al equipo conformado por Christopher “Juan” Huerta, Felipe Valenzuela, Manuel Ponce y Benjamín Ramírez, por su increíble disposición y el extraordinario trabajo en equipo realizado, gracias por la oportunidad y la amistad.

A mi actual pareja, Francisca Capelli, cuyo apoyo, comprensión y cariño hicieron posible este trabajo, gracias por confiar en mí, y estar para mí.

A mi familia, especialmente a mi mamá, Angélica Pacheco, y a mis hermanos Jordan, Johana, Jonas, Javier Olave, Daniel, Andrés y Felipe Troncoso, a Diego Salas por su constante apoyo a lo largo de este proceso y a mi familia en general.

Al profesor Gabriel Jara Bulnes, por su constante apoyo y preocupación por el avance de este proyecto.

Finalmente, a María Eugenia Ibarra Leiva, por su valiosa ayuda con la decoración del stand el día de la feria de software, el uniforme y la compañía ese día.

9. Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 imagen conceptual FindMePark	4
Ilustración 2 Modelo Dimensional Pagos	19
Ilustración 3 Modelo Dimensional Incidentes	20
Ilustración 4 Flujo de Control Incidentes	21
Ilustración 5 Flujo de Control Pagos	21
Ilustración 6 Ejemplo de flujo de datos	22
Ilustración 7 Cubo OLAP Incidentes	23
Ilustración 8 Prueba de KPIs En Modelo Dimensional Incidentes	23
Ilustración 9 Reporte de Incidente	24
Ilustración 10 Reporte de pagos	25
Ilustración 11 Dashboard Web	26

10. Tabla de tablas

Tabla 1 Comparación entre Modelo Estrella Y Copo de Nieve	7
Tabla 2 Diferencias entre Kimball y Inmon	8
Tabla 3 Tipos de OLAP	9
Tabla 4 KPIs Propuestos	16

11. Referencias

1. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. (2017). Parque vehicular 2017. Recuperado de https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-v/estadisticas/parque-de-vehiculos/publicaciones-y-anuarios/resultados/parque-vehicular-2017.pdf?sfvrsn=468500b2_2
2. Rusek, R. (2013). Inteligencia Empresarial, Big Data y gestión de información urbana para una Ciudad Inteligente. Cuadernos de Gestión de Información, 3, 52-59. ISSN 2253-8429.
3. Urbiotica. (2020). Urbiotica lanza U-Spot VISIO. Recuperado de <https://urbiotica.com/blog/urbiotica-lanza-u-spot-visio/>
4. Innovagroupbcn. (s.f.). SIRAM Counter: Smart Parking Mobility. Recuperado de <https://www.innovagroupbcn.com/blog/movilidad/siram-counter-smart-parking-mobility/>
5. Vanegas Lago, E., & Guerra Cantero, L. M. (2013). Sistema de inteligencia de negocios para el apoyo al proceso de toma de decisiones. Revista INGENIERÍA UC, 20(3), 25-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732641004>
6. Astera. (s.f.). Data Warehouse Concepts. Recuperado de <https://www.astera.com/es/type/blog/data-warehouse-concepts/#:~:La%20Metodolog%C3%ADa%20Kimball,funci%C3%B3n%20de%20los%20requisitos%20comerciales>
7. Kimball, R., & Ross, M. (2013). The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling (3ª ed.). John Wiley & Sons, Inc.
8. Inmon, W. H. (1992). Building the Data Warehouse. John Wiley & Sons.