

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

Facultad 3



**Trabajo final presentado en opción al título de Ingeniero en  
Ciencias Informáticas**

Cuadro de mando integral para el control de operaciones en  
la Empresa de Construcción y Montaje Especializado **ECME**

**Autores:**

Rachel Díaz Fuentes

Jonathan Ojeda Guzmán

**Tutores:**

Ing. Michel Sariol Fernández

Ing. Pedro Arango Astorga

# Declaración jurada de autoría

Declaramos que somos los únicos autores de este trabajo de diploma y autorizamos a la Facultad 3 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos el presente a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

---

Rachel Díaz Fuentes

---

Jonathan Ojeda Guzmán

---

Ing. Michel Sariol Fernández

---

Ing. Pedro Arango Astorga

# ÍNDICE

RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
<b>0. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	<b>6</b>
1.1. Conceptualización . . . . .	6
1.1.1. Inteligencia de Negocios (BI) . . . . .	6
1.1.2. Cuadro de Mando Integral (CMI) . . . . .	8
1.1.3. Almacenes de Datos (AD) . . . . .	11
1.1.4. Mercado de datos (DM) . . . . .	13
1.1.5. Análisis Multidimensional . . . . .	14
1.1.6. Procesos de extracción, transformación y carga (ETL) . . . . .	16
1.2. Mecanismos de construcción de un CMI . . . . .	17
1.2.1. Metodologías de referencia para el desarrollo de un CMI . . . . .	17
1.2.2. Metodologías de desarrollo de AD . . . . .	20

1.2.3. Herramientas para el desarrollo de un CMI . . . . .	23
1.3. Propuesta de proceso de construcción de un CMI para la ECME . . . . .	27
1.4. Trabajos relacionados . . . . .	29
1.5. Conclusiones parciales . . . . .	33
<b>2. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN</b>	<b>34</b>
2.1. Descripción del proceso de negocio: Empresa de Construcción y Montaje Especializado (ECME) . . . . .	34
2.2. Identificación de necesidades de información . . . . .	36
2.3. Requisitos no funcionales . . . . .	39
2.4. Construcción del almacén de datos que se utilizará para el tratamiento de la información . . . . .	40
2.4.1. Identificación de Esquemas . . . . .	41
2.5. Diseño del proceso de extracción, transformación y carga (ETL) . . . . .	44
2.5.1. Proceso de estandarización y normalización del origen de datos . . . . .	44
2.5.2. Empleo de Pentaho . . . . .	48
2.6. Construcción de los tableros de control . . . . .	54
2.7. Conclusiones parciales . . . . .	61
<b>3. VALIDACIÓN</b>	<b>62</b>
3.1. Pruebas unitarias . . . . .	62
3.1.1. Pruebas sobre Pentaho Data Integration . . . . .	63
3.1.2. Pruebas sobre Pentaho Reporting . . . . .	65
3.2. Conclusiones parciales . . . . .	66

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>68</b>
<b>4. ANEXOS</b>	<b>74</b>
4.1. Entrevista de captación de necesidades de información . . . . .	74

# Índice de figuras

1. proceso cuantitativo . . . . .	4
1.1. estructura de un CMI . . . . .	11
1.2. proceso ETL (elaboración propia). . . . .	16
1.3. pasos de la metodología. . . . .	23
1.4. distribución geográfica de los <b>CMI</b> . . . . .	31
2.1. proceso de negocio (elaboración propia). . . . .	36
2.2. modelación entidad relación del almacén de datos (elaboración propia). . . . .	44
2.3. transformación de dimensión Obra (elaboración propia). . . . .	49
2.4. transformación de dimensión Tiempo (elaboración propia). . . . .	49
2.5. primera transformación del hecho Ventas (elaboración propia). . . . .	50
2.6. segunda transformación del hecho Ventas (elaboración propia). . . . .	50
2.7. validación de estructura de la base de datos (elaboración propia). . . . .	51
2.8. carga de datos a la base de datos (elaboración propia). . . . .	51
2.9. cubo de datos (elaboración propia). . . . .	52
2.10. resultados del empleo de la herramienta Agregation Designer (elaboración propia). . . . .	53
2.11. descripción de la estructura de los tableros de control (elaboración propia). . . . .	54
2.12. captura de datos para creación de tableros de control (elaboración propia). . . . .	55
2.13. configuración de estructura del tablero de control (elaboración propia). . . . .	56

2.14. corrección del diseño de los tableros de control (elaboración propia). . . . .	56
2.15. tablero de control para la categoría NIVEL DE ACTIVIDAD (elaboración propia). . . . .	57
2.16. tablero de control para la categoría GRUPO DE OBRA (elaboración propia). . . . .	58
2.17. tablero de control para la categoría UEB (elaboración propia). . . . .	59
2.18. tablero de control resumen (elaboración propia). . . . .	60
2.19. uso de Pentaho DashBoard (elaboración propia) . . . . .	61
3.1. iteraciones de pruebas unitarias (elaboración propia). . . . .	63
3.2. resultados obtenidos con el módulo de pruebas de Pentaho Data Integration (elaboración propia). . . . .	64
3.3. resultados de pruebas de rendimiento en el componente Pentaho Data Integration (elaboración propia). . . . .	65

# Índice de tablas

1.1. ventajas y desventajas del diseño de los CMI. . . . .	10
1.2. comparación entre OLTP y OLAP (elaboración propia). . . . .	14
1.3. comparación entre metodologías de Inmon y Kimbal (elaboración propia). . . . .	20
3.1. no conformidades detectadas en cada iteración (elaboración propia) . . . . .	63

# RESUMEN

El Cuadro de Mando Integral (en lo adelante CMI) es una herramienta diseñada para implantar la estrategia de una Empresa u Organización, fue divulgado en 1992 por los autores Robert Kaplan y David Norton. Desde su aparición se ha convertido en una herramienta cada vez más utilizada por reconocidas corporaciones internacionales, las cuáles han obtenido excelentes resultados.

La motivación para realizar este trabajo de diploma nace de la 13 Comprobación Nacional de la Contraloría General de la República, a la Empresa de Construcciones y Montajes Especializadas (ECME) se le indicó el desarrollo de un sistema capaz de cumplir con lo establecido en El Decreto Ley No.252 de fecha 7 de agosto del 2007: "SOBRE LA CONTINUIDAD Y EL FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y GESTIÓN EMPRESARIAL CUBANO", recomendándose la adquisición de un Cuadro de Mando Integral.

**PALABRAS CLAVES:** Cuadro de Mando Integral, Estrategia, Objetivos, Indicadores.

# ABSTRACT

The Balanced Scorecard (hereinafter CMI) is a tool designed to implement the strategy of a Company or Organization, it was disclosed in 1992 by the authors Robert Kaplan and David Norton. Since its inception, it has become a tool increasingly used by renowned international corporations, which have obtained excellent results.

The motivation to carry out this diploma work is born the 13th national verification of the Comptroller General of the Republic, to the Company of Specialized Constructions and Assemblies (ECME) was instructed to develop a system capable of complying with the provisions of Decree Law No. 252 dated August 7, 2007: "ON THE CONTINUITY AND STRENGTHENING OF THE MANAGEMENT SYSTEM Y GESTIÓN EMPRESARIAL CUBANO ", recommending the acquisition of a Balanced Scorecard.

**KEY WORDS:** Balanced Scorecard, Strategy, Objectives, Indicators.



# INTRODUCCIÓN

---

El proceso de toma de decisiones es de vital importancia para todas las organizaciones, particularmente las de gestión económica, ya que la efectividad de este garantiza en gran medida el éxito de la entidad que con oportunidad sea capaz de disponer sus recursos humanos y materiales donde sean realmente prácticos. Uno de los cimientos esenciales en los que se fundamenta la toma de decisiones en cualquier empresa es el aprovechamiento del conocimiento. Si se tuviera como supuesto, que la persona encargada, posee toda la información del contexto y tiene mínimamente la capacidad de seleccionar el curso de acción más favorable a la organización no se es dependiente de la experiencia y por tanto se puede prescindir de cualquier persona que por cualquier causa, prevista o no, no esté disponible (**Adela Haber Veja** 2013). El Decreto Ley No.252 de fecha 7 de agosto del 2007: “SOBRE LA CONTINUIDAD Y EL FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y GESTIÓN EMPRESARIAL CUBANO”, dispone la legislación para el control de la información, su gestión y procesamiento a fin de ser empleada como herramienta en el proceso de toma decisiones, entre otras cuestiones.

En la 13 Comprobación Nacional de la Contraloría General de la República, a la Empresa de Construcciones y Montajes Especializadas (ECME) se le indicó el desarrollo de un sistema capaz de cumplir con lo establecido en dicha ley, recomendándose la adquisición de un Cuadro de Mando Integral.

El Cuadro de Mando Integral provee información en un sistema de medición único e integrado, del estado de los objetivos, las iniciativas estratégicas y la posición competitiva del negocio (Capote-García, Pérez-Moreno, Yzquierdo-Herrera, Febles-Estrada & Estrada Sentí 2015). Admite realizar una gestión eficiente de la información y del conocimiento, la cual puede reflejarse en un conjunto de indicadores, que permiten adoptar decisiones estratégicas futuras. Apoya el proceso de despliegue de la estrategia organizacional y muestra en un mapa estratégico las perspectivas, los objetivos estratégicos y sus relaciones (Caudeli, Fillol & Feliú 2009).

Para poner la estrategia en acción, el Cuadro de Mando Integral agrupa los indicadores financieros y no financieros en cuatro perspectivas base:

- Financiera.
- Clientes.
- Procesos Internos y Aprendizaje.
- Crecimiento.

A través de las perspectivas se describe la relación causal y lógica, que tiene lugar en la organización y de cuya interacción se obtienen los resultados empresariales (Ferrer & Leon 2005). Estas perspectivas deben ser consideradas como una plantilla, no como una obligación, pues pueden ser adaptadas a características particulares de las organizaciones (Capote-García et al. 2015).

Por lo anteriormente expuesto se identifican los siguientes elementos del marco teórico del presente trabajo:

- **Problema a resolver:** ¿Cómo dotar a la empresa ECME de un sistema que permita cumplir las regulaciones establecidas en el Decreto Ley No. 252?
- **Objeto de estudio:** Sistemas de soporte a la toma de decisiones estratégicas.

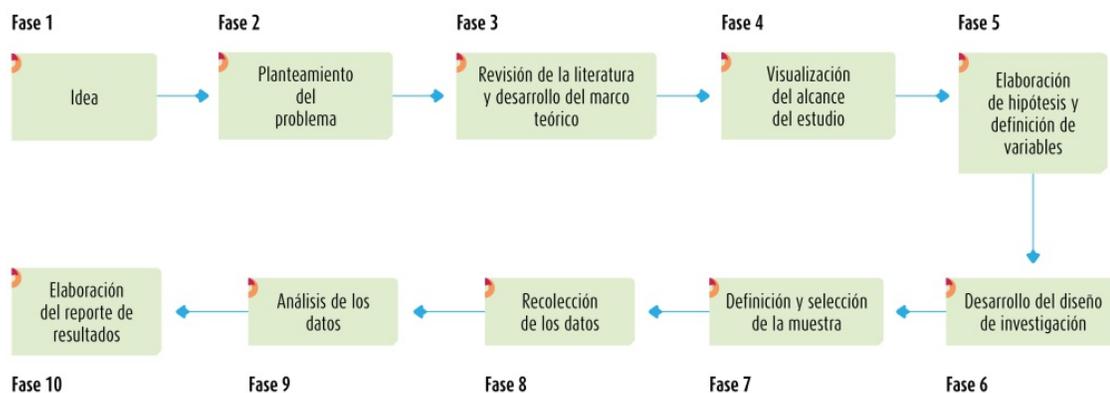
- **Campo de acción:** Cuadros de Mando Integral.
- **Objetivo general:** Implementar un Cuadro de mando integral con los indicadores claves de rendimiento de la gestión de operaciones.
- **Objetivos específicos y tareas de investigación:**
  - Establecer el marco teórico conceptual para el desarrollo de la investigación.
    - Definición de conceptos asociados a la investigación.
  - Implementar un sistema que permita dar soporte a la toma de decisiones basado en los indicadores claves de rendimiento.
    - Planificación del proyecto.
    - Selección del ambiente de desarrollo.
    - Definición de requerimientos del negocio.
    - Diseño de la presentación de datos.
  - Validar la propuesta de solución.
    - Selección de metodología de validación.
    - Medición de métricas.
- **Idea a defender:** El desarrollo de un Cuadro de Mando Integral permitirá cumplir las regulaciones establecidas en el Decreto Ley No. 252

Los enfoques **cuantitativo** y **cualitativo** constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son, hasta ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimientos. Ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, por lo que la definición previa de investigación se aplica a los dos por igual. En términos generales, estos métodos utilizan cinco estrategias similares y relacionadas entre sí (**Hernández Sampieri** 2014).

La **investigación cuantitativa** ofrece la posibilidad de generalizar los resultados ampliamente, otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista basado en conteos y magnitudes. También, brinda una gran posibilidad de repetición y se centra en puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares (**Hernández Sampieri 2014**).

Por su parte, la **investigación cualitativa** proporciona profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o entorno, detalles y experiencias únicas. Asimismo, aporta un punto de vista “fresco, natural y holístico” de los fenómenos, así como flexibilidad. Desde luego, el método cuantitativo ha sido el más usado por ciencias como la Física, Química y Biología (“exactas o naturales”), porque es el más apropiado para los fenómenos que estudian (**Hernández Sampieri 2014**).

El **método cualitativo** se ha empleado más bien en disciplinas humanísticas como la Antropología, la Sociología y la Psicología social (**Hernández Sampieri 2014**). Teniendo en cuenta lo anterior se empleará el enfoque cuantitativo el cual tiene el siguiente ciclo (Figura 1):



**Figura 1: proceso cuantitativo**  
fuente (**Hernández Sampieri 2014**)

Para un mejor entendimiento de este documento, a continuación, se describe brevemente cada uno de los capítulos en que se encuentra estructurado:

- **Capítulo 1:** Se realiza la fundamentación teórica de la investigación donde se abordan temas y conceptos relacionados con la investigación; se incluyen las alternativas informáticas de soporte a la toma de decisiones donde se analiza el Cuadro de Mando Integral en las organizaciones, su aplicación a nivel global y en Cuba, así como metodologías que van a permitir una adecuada solución al problema.
- **Capítulo 2:** Se describe el proceso de creación del **CMI** siguiendo las etapas de la metodología elegida, detallando cada uno de los pasos de la misma.
- **Capítulo 3:** Selección y aplicación de pruebas que aseguren la calidad de la solución validando así el cumplimiento de los objetivos. Se ponen a disposición del lector, además, validaciones para medir el grado de cumplimiento de las necesidades de información, así como a los requisitos no funcionales identificados.



# FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

## 1.1 Conceptualización

---

### 1.1.1. Inteligencia de Negocios (BI)

El término **BI** es la integración por un lado del almacenamiento y por el otro del procesamiento de grandes cantidades de datos, cuyo objetivo principal es transformarlos en conocimiento y permitir la toma de decisiones en tiempo real, a través del análisis y la exploración. Además, se enfoca en la búsqueda de información que no solo se encargue de responder a preguntas de lo que está sucediendo o ya sucedió, sino también, permita la construcción de modelos, a través de los cuales se podrán predecir eventos futuros. Algunos de los principales beneficios se muestran a continuación (**Bernabeu 2007**):

- Proporciona herramientas de análisis para establecer comparaciones y tomar decisiones.
- Permite a los usuarios no depender de reportes o informes programados, porque los mismos serán generados de manera dinámica.
- Permitirá predecir el comportamiento futuro con un alto porcentaje de certeza, basado en el entendimiento del pasado.

- El usuario podrá consultar y analizar los datos de manera sencilla.

Según (Torres 2008) la Inteligencia de Negocios (BI) es una plataforma de administración del desempeño que representa al ciclo en el que las empresas establecen sus objetivos, analizan sus progresos, reflexionan, actúan, miden su éxito y empiezan una nueva fase. Su ciclo se compone de cuatro etapas a saber: **análisis, reflexión, acción y medición**.

Por su parte (Gómez 2010) define la BI como la habilidad corporativa para tomar decisiones. Esto se logra mediante el uso de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten reunir, depurar, transformar datos, y aplicar en ellos técnicas analíticas de extracción de conocimiento.

En la bibliografía consultada también se refiere a la BI como el conjunto de estrategias, aplicaciones, datos, productos, tecnologías y arquitecturas técnicas, que están enfocados a la administración y creación de conocimiento, a través del análisis de los datos existentes en una organización o empresa; son el conjunto de herramientas que permite a los usuarios finales acceder y analizar de manera profunda, rápida y sencilla la información para la toma de decisiones de negocio y mejorar así el rendimiento de la empresa (del Pozo Santolaya 2016).

Luego del análisis de las anteriores, para el presente trabajo se tomará la siguiente definición como referencia al concepto de BI:

Uso de datos en una empresa para agilizar el proceso de toma de decisiones, mediante tecnologías, metodologías y aplicaciones centradas en el análisis de los datos de la entidad.

Como principales aplicaciones de la BI se identifican las siguientes (Amat O. 1998):

- **Informes empresariales:** El objetivo de esta herramienta es generar documentos e informes personalizados con gran cantidad de detalles. Además, permiten obtener información actualizada de manera rápida y la posibilidad de generar automáticamente alarmas en base a criterios programados anteriormente (Villa Garnacha 2015).

- **Procesamiento analítico en línea (OLAP):** Este tipo de herramientas permite generar análisis muy completos con enfoques deductivos y la posibilidad de ocupar filtros personalizados (Adela Haber Veja 2013).
- **Minería de Datos:** Se trata de recoger información a través del análisis de bases de datos con registros históricos. Además, se usan aplicaciones capaces de identificar y aislar patrones y tendencias (Gómez 2010).
- **Sistemas de información ejecutiva (EIS):** Permite visualizar rápidamente el estado de una empresa, lo que agiliza la detección de amenazas y oportunidades (Gómez 2010).
- **Cuadro de Mando Integral:** Representación gráfica de los continuos valores de indicadores de rendimiento de la entidad que lo implementa (Gómez 2010).

### 1.1.2. Cuadro de Mando Integral (CMI)

Según (Bustos & i Prats 2013) un **Cuadro de mando integral (CMI)** es un producto de inteligencia de negocios de apoyo a la toma de decisiones directivas al proporcionar información periódica sobre el cumplimiento de los objetivos establecidos mediante la medición de indicadores de rendimiento. El **CMI** permite la proyección de la estrategia de la organización en objetivos concretos y la evaluación de la interrelación entre los diferentes indicadores.

Existen diferentes tipos de **CMI** (Alfonso de la Nuez 2010):

- **CMI operativos:** útiles para la gestión del cambio (innovaciones en la organización) en periodos breves de tiempo.
- **CMI estratégicos:** definen los objetivos básicos de la organización en relación en su misión y visión a largo plazo.

- **CMI departamentales:** específicos para un área de la organización: financiera, dirección y recursos humanos por ejemplo.
- **CMI organizativos:** definidos según los niveles de responsabilidad.

Teniendo en cuenta las características descritas para el sistema deseado por la administración de la **ECME**, en la solicitud específica que origina el presente trabajo de diploma, se selecciona el **CMI** departamental como el indicado para dar respuesta al problema a resolver.

Por otra parte, estos sistemas, deben ser orientados a las perspectivas que a continuación se describen (**Kaplan, Norton & Santapau 2009**):

- **Financiera:** Incorpora la visión de los accionistas y mide la creación de valor de la empresa.
- **Cliente:** Muestra cuál es la posición de la empresa en los segmentos del mercado donde a esta le interesa competir.
- **Interna:** Recoge indicadores de procesos internos que son críticos para el posicionamiento en el mercado y para llevar la estrategia a buen puerto.
- **Formación y crecimiento:** Crea un modelo de negocio apropiado que aprecia la importancia de invertir, innovar y mejorar. Valora el nivel profesional de los involucrados en el negocio, así como las investigaciones e innovaciones de los mismos.

Como se puede apreciar, estas perspectivas están enfocadas a las finanzas, pero de acuerdo con lo planteado por (**Santos 2006**), estas perspectivas pueden ser adaptadas a cualquier sector. En tal sentido la principal transformación que se debe realizar es en cuanto a la perspectiva clásica **Interna**, la cual es la seleccionada por los autores para el desarrollo del presente trabajo, enfocándose en los diferentes grupos y conceptos de interés.

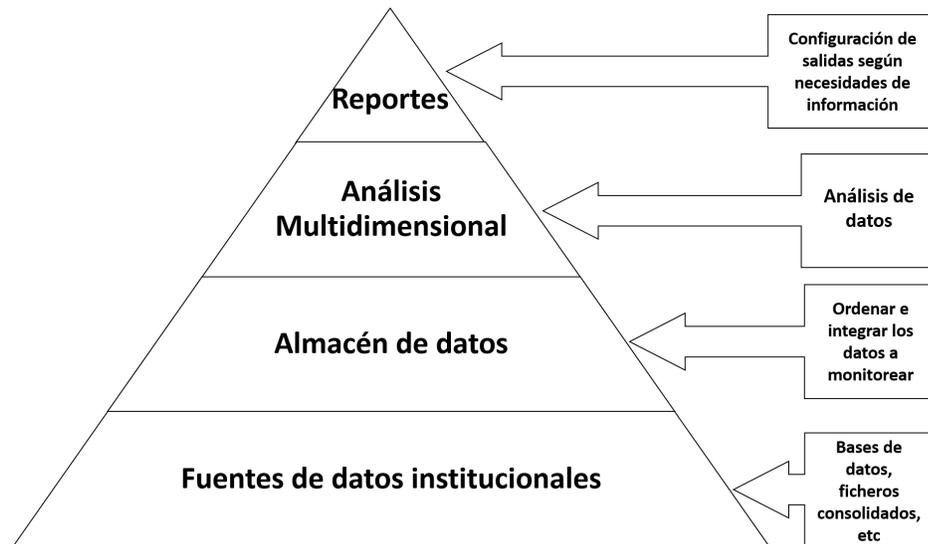
La literatura consultada, reconoce la utilidad de esta herramienta, no obstante, plantea la existencia de riesgos que deben ser afrontados, los principales beneficios y posibles manifestaciones de fracaso se muestran en la Tabla 1.1:

**Tabla 1.1: ventajas y desventajas del diseño de los CMI.**

fuelle (Dávila 1999)

Beneficios	Riesgos
La fuerza de explicitar un modelo de negocio y traducirlo en indicadores facilita el consenso en toda la empresa	Un modelo poco elaborado y sin la colaboración de la dirección provoca el fracaso.
Clarifica como las acciones del día a día afectan no sólo al corto plazo, sino también al largo plazo.	Si los indicadores no se escogen con cuidado, el CMI pierde una buena parte de sus virtudes, porque no comunica el mensaje que se quiere transmitir.
Una vez el CMI está en marcha, se puede utilizar para comunicar los planes de la empresa, aunar los esfuerzos en una sola dirección y evitar la dispersión.	Cuando la estrategia de la empresa está en evolución, es contraproducente que el CMI se utilice como un sistema de control, en lugar de usarlo como una herramienta de aprendizaje.
La comparación entre los planes y los resultados actuales ayuda al equipo de dirección a reevaluar y ajustar tanto la estrategia como los planes de acción.	Existe el riesgo de que lo mejor sea enemigo de lo bueno, de que el CMI sea "perfecto", pero desfasado e inútil.

Como todos los sistemas, los CMI tienen una arquitectura de referencia para los desarrolladores que constituye una guía para la construcción de los mismos. Según (Kaplan et al. 2009), los componentes de un cuadro de mando integral, como aplicación de la disciplina de BI es la siguiente:



**Figura 1.1:** estructura de un CMI

fuelle (Kaplan et al. 2009)

Como se observa en la Figura 1.1, los conceptos de Almacén de Datos (AD) y CMI están directamente relacionados, lo que presupone que el empleo de una metodología para su construcción tenga este elemento en cuenta.

### 1.1.3. Almacenes de Datos (AD)

Según (Kimball & Caserta 2004) un Almacén de datos (AD) es una colección de datos orientada a un determinado ámbito (empresa, organización, etc.), integrado, no volátil y variable en el tiempo, que apoya la toma de decisiones en las entidades que lo utilizan. Está compuesto por:

- **Hechos:** Es la tabla central de un esquema dimensional (en estrella o en copo de nieve) y contiene los valores de las medidas de negocio o dicho de otra forma, los indicadores de negocio. Cada medida se toma mediante la intersección de las dimensiones que la definen, dichas dimensiones estarán reflejadas en sus correspondientes

tablas de dimensiones que rodearán la tabla de hechos y estarán relacionadas con ella (Kimball & Caserta 2004).

- **Dimensiones:** Son catálogos de información complementaria necesaria para la presentación de los datos a los usuarios. Representan las perspectivas de análisis (Kimball & Caserta 2004).
- **Medidas:** También llamadas “indicadores de gestión”, son los datos que están siendo analizados. Forman parte de la tabla de hechos. Más formalmente, las variables representan algún aspecto cuantificable o medible de los objetos o eventos a analizar. Normalmente, las variables son representadas por valores detallados y numéricos para cada instancia del objeto o evento medido (Kimball & Caserta 2004).

### Topologías para los almacenes de datos

Para el modelado de los almacenes de datos existen tres topologías (Bernabeu 2007), las cuales se relacionan a continuación:

- **Esquema en Estrella:** El esquema contiene una tabla de hechos central y varias tablas de dimensiones asociadas a esta, por de sus respectivas llaves. El modelo no debe estar normalizado, es decir, no puede mostrarse en tercera forma normal (3ra FN), trayendo aparejada como principal ventaja obviar uniones (JOIN) entre las tablas cuando se realizan consultas. Genera, además, un cierto grado de redundancia, pero el ahorro de espacio no es significativo en este tipo de modelos. A pesar que es el esquema más fácil de interpretar y optimiza los tiempos de respuesta ante las consultas de los usuarios, es el menos robusto para la carga y es el más lento de construir (Kimball & Caserta 2004).
- **Esquema Copo de Nieve:** El esquema contiene una tabla de hechos central, que se relaciona con una o varias tablas de dimensiones y estas a su vez pueden estar relacionadas o no con una o más tablas de dimensiones. Las tablas de dimensiones

están normalizadas, por lo que el diseño se torna menos complejo y es muy útil en las tablas de dimensiones de muchas tuplas. Sin embargo, presenta dos grandes inconvenientes, al poseer múltiples dimensiones y cada una de ellas con jerarquías, el número de dimensiones puede llegar a ser inmanejable. Además, al existir múltiples uniones el desempeño puede verse reducido (Kimball & Caserta 2004).

- **Esquema Constelación:** El esquema está compuesto por una serie de esquemas en estrella formado por una tabla de hechos principal y una o más tablas de hechos auxiliares, todas ellas relacionadas con sus respectivas dimensiones. Las diferencias que presenta con el esquema en estrella son sus principales ventajas (Kimball & Caserta 2004). Entre ellas se destacan:
  - Permite varias tablas de hechos, por lo cual se pueden analizar más aspectos del negocio con un menor esfuerzo adicional de diseño.
  - Permite la reutilización de dimensiones, ya que una misma dimensión puede relacionarse con varias tablas de hechos.

#### 1.1.4. Mercado de datos (DM)

El **DM** posibilitará guardar la información referente a las obras y el estado de cumplimiento del plan de las mismas, lo que permitirá posteriormente su análisis. (Kimball & Caserta 2004):

“...un conjunto flexible de datos, idealmente basado en el dato más atómico posible (granular) para ser extraído de las fuentes operacionales y presentado en un modelo simétrico (dimensional), que es más resistente cuando se enfrentan con las más inesperadas consultas de los usuarios...”.

Para la realización del presente trabajo se implementa un **DM** puesto que su desarrollo va dirigido a un área del negocio en específico, en este caso, la dirección de operaciones.

El **DM** posibilitará guardar la información referente a las obras y estado de cumplimiento del plan de las mismas, lo que permitirá su posterior análisis.

### 1.1.5. Análisis Multidimensional

Para el análisis multidimensional la bibliografía consultada arroja dos conceptos como resultados principales:

- Procesamiento de Transacciones en Línea **OLTP** es un sistema que gestiona aplicaciones orientadas a transacciones en la red donde se precise de velocidad en el tiempo de respuesta, por ejemplo, cajeros automáticos (**Muñoz 2018**).
- Procesamiento Analítico en Línea **OLAP** es un sistema en línea que reporta a consultas analíticas multidimensionales como, por ejemplo, informes financieros y pronósticos. (**Muñoz 2018**).

La diferencia principal entre **OLTP** y **OLAP** es que **OLTP** es un sistema orientado a la modificación de base de datos, mientras que **OLAP** es un sistema de respuesta de consulta de base de datos. Las principales características se resumen en la **Tabla 1.2**.

**Tabla 1.2:** comparación entre OLTP y OLAP (elaboración propia).

<b>OLTP</b>	<b>OLAP</b>
Transacciones relativamente simples	Transacciones relativamente complejas.
Carga mixta lectura/escritura.	Orientadas principalmente a lecturas.
Muchas conexiones simultáneas, los usuarios trabajan directamente sobre los datos.	Pocas conexiones, en ocasiones no son simultáneas.
Pensado para operaciones diarias.	Requiere de procesos ETL para actualizarlos.

Teniendo en cuenta que la solución debe responder en parte al proceso de toma de decisiones, resulta el enfoque **OLAP** el conveniente.

De acuerdo al funcionamiento y estructura, los sistemas **OLAP** han sido clasificados en distintas categorías, como **ROLAP**, **MOLAP**, **HOLAP** (Huanca 2015).

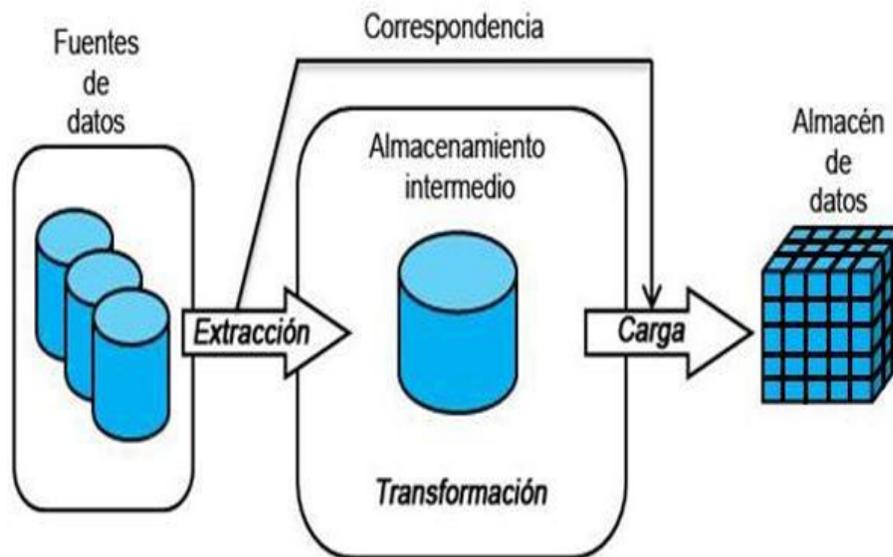
- **MOLAP**: Significa Procesamiento Analítico Multidimensional en Línea, cuyo sistema guarda los datos en una matriz multidimensional de almacenamiento y requiere que el procesamiento y la acumulación de información estén contenidos en el cubo **OLAP** (Huanca 2015).
- **ROLAP**: Significa Procesamiento Analítico en Línea Relacional, es una herramienta **OLAP** construida sobre una base de datos relacional. En este sistema tiene importancia la tabla de hechos, donde se almacena la historia de la información relevante para la empresa que requiere ser estudiada (Huanca 2015).
- **HOLAP**: Significa Procesamiento Analítico en Línea Híbrido, es una combinación de los sistemas **ROLAP** y **MOLAP** permitiendo ordenar una parte de los datos en un **MOLAP** mientras que el resto lo hace como un **ROLAP** (Huanca 2015).

Los sistemas **OLAP** se utilizan con el fin de proporcionar respuestas rápidas al usuario, además permite arreglar datos en un reporte, cambiar datos específicos, así como filtrar los datos en conjuntos que resulten necesarios o significativos para el usuario. Como anteriormente se describe, estos sistemas contienen tres modelos de almacenamiento, **MOLAP**, **ROLAP** y **HOLAP**. Para la realización del presente trabajo se necesita procesar un gran volumen de datos, y se pretende además que la información se muestre en tiempo real, por tanto, es necesaria la implementación del modelo **HOLAP**. Este modelo tiene un rendimiento eficiente debido a que utiliza tecnología de cubos, ahorra espacio en disco y sigue siendo compacto, lo que ayuda a evitar problemas relacionados con la velocidad de acceso. Como **HOLAP** es una combinación de atributos de **MOLAP** y **ROLAP**, mantiene

los registros detallados en una base de datos relacional, mientras que los datos resumidos o agregados se almacenan en una base de datos multidimensional separada.

### 1.1.6. Procesos de extracción, transformación y carga (ETL)

Para realizar el proceso de extracción de los datos, así como su manipulación necesaria para la integración y transformación de los mismos, además de su posterior carga en el DM, se debe contar con un sistema “auxiliar” que realice esta función: el proceso ETL, este se muestra en la Figura 1.2:



**Figura 1.2:** proceso ETL (elaboración propia).

- Extracción:** Es el primer paso, apoyándose en las necesidades y requisitos del usuario para la obtención de la información de las diferentes fuentes hacia el DM. Los datos pueden encontrarse en formatos desiguales, teniendo en cuenta que pueden provenir de diversas fuentes. Este proceso es el encargado de dejar listo los datos para la transformación (Gómez 2010).

- **Transformación:** Luego de extraída la información se convierte aquellos datos inconsistentes en un conjunto de datos homogéneos y congruentes. Este proceso también se encarga de realizar el proceso de limpieza de datos (Gómez 2010).
- **Carga:** Una vez realizados los procesos de extracción y transformación, y si ya se ha asegurado la calidad de los datos, se puede proceder a cargar la estructura de datos del DM (Gómez 2010).

## 1.2 Mecanismos de construcción de un CMI

---

### 1.2.1. Metodologías de referencia para el desarrollo de un CMI

Para la construcción de un CMI, de las disímiles metodologías existentes, se identifica la propuesta por (Rivera, León & Rivera 2004) como de mayor frecuencia de empleo en Cuba, así se refleja en las más de 300 referencias hechas a la misma.

Dicha metodología considera 4 precondiciones, las cuales cumple la ECME:

1. Existencia de la planificación estratégica y comprometimiento de la alta dirección con ella
2. Que los directivos estén claros e interioricen la necesidad del cambio.
3. Empresas orientadas al perfeccionamiento (significa que se quiera llevar a cabo el proceso de cambio, mejoramiento y/o perfeccionamiento de las herramientas, técnicas, métodos y mecanismos de control existentes).
4. Proveer de formación a todo el personal implicado.

Propone 12 etapas de desarrollo las cuales están distribuidas en 4 fases:

1. Fase I. Orientación al diseño:

**ETAPA 1** Caracterización de la Organización.

**ETAPA 2** Seleccionar la unidad de la organización adecuada.

**ETAPA 3** Explicación detallada del **CMI**.

2. Fase II. Definir la arquitectura de indicadores:

**ETAPA 4** Obtener el consenso alrededor de los objetivos estratégicos:

**ETAPA 5** Identificar las relaciones causa-efecto.

**ETAPA 6** Selección de indicadores.

**ETAPA 7** Expresión de cálculo y frecuencia de análisis.

**ETAPA 8** Representación gráfica.

3. Fase III. Informática:

**ETAPA 9** Sistema de información gerencial.

4. Fase IV. Desarrollo del plan de implantación:

**ETAPA 10** Comunicación y capacitación.

**ETAPA 11** Integración a todas las fases de la gestión empresarial.

**ETAPA 12** Análisis de las desviaciones y ejecución de acciones correctivas.

En el ámbito internacional, (**Kaplan et al.** 2009) propone para el proceso de implantación del **CMI** cuatro etapas:

1. Diagnóstico Inicial:

- Factores clave de éxito.
- Cadena de generación de valor.

- Proposición de valor organizacional.
- Misión y visión organizacionales.

2. Elaboración del CMI:

- Definición de Objetivos Estratégicos.
- Elaboración del Mapa Estratégico.
- Definición de Indicadores relevantes y medibles para cada objetivo.
- Establecimiento de metas para cada indicador estratégico (frecuencia y responsable de la medición).

3. Construcción de Tableros Operativos:

- Tablero Operativo para la perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento.
- Tablero Operativo para la perspectiva de Procesos Internos.
- Incluyen los programas, actividades y tareas requeridos para el logro de los objetivos estratégicos.

4. Sistematización del CMI:

- Introducción al software del conjunto de información resultante.
- Capacitación y entrenamiento para la administración y uso del software.

Aunque existen marcadas diferencias entre lo planteado por (Kaplan et al. 2009) y (Rivera et al. 2004), ambos autores tienen puntos de contacto, identificándose como el más importante, a criterio de los autores del presente trabajo, el valor que se le da a la planeación estratégica y los objetivos derivados de la misma.

## 1.2.2. Metodologías de desarrollo de AD

Por otra parte, los investigadores de referencia para la consulta de metodologías de diseño de AD son **Kimball** e **Inmon**. Los autores del presente trabajo, luego de la consulta a sus fuentes más citadas, resumen sus consideraciones en la **Tabla 1.3**, que a continuación se muestra:

**Tabla 1.3:** comparación entre metodologías de Inmon y Kimbal (elaboración propia).

INDICADOR	KIMBALL	INMON
<b>Informar necesidades</b>	Orientado a informes centrados en el proceso comercial	Orientado a informes integrados
<b>Estructuración de datos</b>	Modelo de datos des-normalizado	Modelo de datos normalizado
<b>Cantidad de desarrolladores</b>	Equipo relativamente pequeño	Equipo relativamente grande
<b>Volatilidad de datos</b>	Fuentes no volátiles	Fuentes no volátiles
<b>Principios organizacionales</b>	Los responsables deben buscar una solución para mejorar la presentación de la información	Se reconoce la necesidad del almacenamiento de datos y tienen listos los recursos y gastos que ello acarrea

El análisis hecho, y anteriormente expuesto, da como resultado que la metodología con el enfoque compatible a la situación a la que se enfrentan los autores del presente trabajo es la de Kimball, la cual está basada en el Ciclo de Vida Dimensional del Negocio cuyos cuatro principios básicos son (**Kimball & Caserta 2004**):

- **Centrarse en el negocio:** Hay que concentrarse en la identificación de los requerimientos del negocio y su valor asociado, y usar estos esfuerzos para desarrollar

relaciones sólidas con el negocio, agudizando el análisis del mismo y la competencia consultiva de los implementadores.

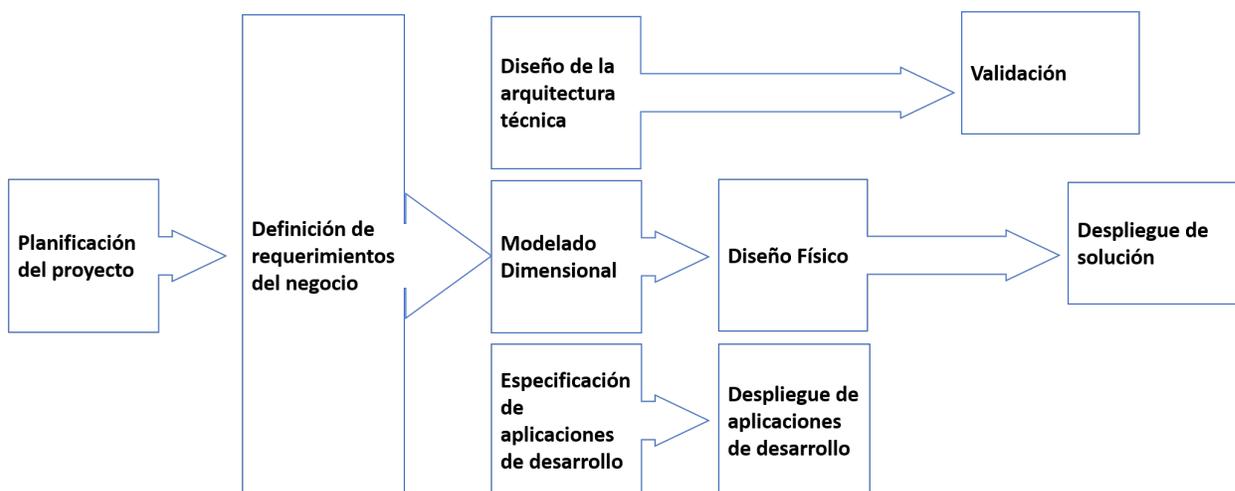
- **Construir una infraestructura de información adecuada:** Diseñar una base de información única, integrada, fácil de usar, de alto rendimiento, donde se reflejará la amplia gama de requerimientos de negocio identificados en la empresa.
- **Realizar entregas en incrementos significativos:** Crear el AD en incrementos entregables en plazos de poco tiempo. Se debe usar el valor de negocio de cada elemento identificado para determinar el orden de aplicación de los incrementos. En esto la metodología se parece a las metodologías ágiles de construcción de software.
- **Ofrecer la solución completa:** Proporcionar todos los elementos necesarios para entregar valor a los usuarios de negocios. Para comenzar, esto significa tener un almacén de datos sólido, bien diseñado, con calidad probada, y accesible. También se deberá entregar herramientas de consulta, análisis avanzado, capacitación, soporte y documentación.

De esta metodología se identifican los siguientes pasos en el proceso de construcción del AD:

- **Planificación del proyecto:** En este paso se determina el propósito del proyecto de AD/BI, sus objetivos específicos, el alcance del mismo y una aproximación inicial a las necesidades de información.
- **Definición de requerimientos del negocio:** La definición de los requerimientos es en gran medida un proceso de entrevistar al personal técnico involucrado en el negocio. Para ello es conveniente tener preparación previa sobre los competidores, la industria y los clientes del mismo. Se recomienda leer todos los informes posibles de la organización; rastrear los documentos de estrategia interna; entrevistar a los empleados, analizar lo que se dice en la prensa acerca de la organización, la competencia y la industria. Como resultado se debe adquirir la terminología del negocio.

- **Modelado dimensional:** La creación de un modelo dimensional es un proceso dinámico e iterativo, comienza con un modelo dimensional de alto nivel obtenido a partir de los procesos priorizados de la matriz descrita en el punto anterior. Consiste en cuatro pasos:
  1. Elegir el proceso de negocio.
  2. Establecer el nivel de granularidad.
  3. Elegir las dimensiones.
  4. Identificar medidas y las tablas de hechos.
  
- **Diseño físico:** En esta parte, básicamente, se da respuesta a las siguientes preguntas:
  - ¿Cómo puede determinar cuán grande será el sistema de AD?
  - ¿Cuáles son los factores de uso que llevarán a una configuración más grande y más compleja?
  - ¿Cómo se debe configurar el sistema?
  - ¿Cuánta memoria y servidores se necesitan?
  - ¿Qué tipo de almacenamiento y procesadores?
  - ¿Cómo instalar el software en los servidores de desarrollo y producción?
  - ¿Cómo convertir el modelo de datos lógico en un modelo de datos físicos en la base de datos relacional?
  - ¿Debe usarse la partición en las tablas relacionales?

Como se muestra en la Figura 1.3, existen pasos que simultáneamente tienen lugar, elemento importante a tener en cuenta para la asignación de responsabilidades en el desarrollo:



**Figura 1.3:** pasos de la metodología.

### 1.2.3. Herramientas para el desarrollo de un CMI

El desarrollo del AD que servirá de base para la construcción del CMI de la empresa, demanda una herramienta con las siguientes características:

- Desarrollada bajo la filosofía de software libre para la gestión y toma de decisiones empresariales.
- Multiplataforma.
- Orientada al incremento continuo de funcionalidades o módulos que se adapten a la necesidad de la organización.
- Que ofrezca soluciones para la gestión y análisis de la información, incluyendo el análisis multidimensional OLAP, presentación de informes, minería y creación de reportes personalizado para el usuario.

- Que sean compatibles con base de datos relacionales.

Se procede entonces a describir las herramientas más usadas según la bibliografía consultada (Díaz 2012):

- **Microsoft Power BI:** Servicio de análisis empresarial de Microsoft, su objetivo es proporcionar visualizaciones interactivas y capacidades de **BI** con una interfaz lo suficientemente simple como para que los usuarios finales creen sus propios informes y paneles (Microsoft 2019).
- **Ab Initio:** Plataforma homogénea y heterogénea de fácil uso para aplicaciones de procesamiento de datos en paralelo. Estas aplicaciones realizan funciones de procesamiento por lotes, procesamiento de datos cuantitativos y cualitativos (Abinitio 2019).
- **Oracle BI:** Es un servidor de inteligencia empresarial desarrollado por Oracle. Incluye herramientas de inteligencia empresarial avanzadas basadas en una arquitectura unificada. El servidor proporciona acceso de datos centralizado a toda la información relacionada con el negocio en una entidad corporativa. Integra datos a través de capacidades sofisticadas de múltiples fuentes (Oracle 2019).
- **Tableau:** Herramienta de análisis y visualización de datos que se usa ampliamente en la industria actual. Cabe destacar que muchas empresas incluso lo consideran indispensable para el trabajo relacionado con la ciencia de datos. La facilidad de uso de Tableau proviene del hecho de que tiene una interfaz de arrastrar y soltar. Gracias a ello, es más sencillo realizar tareas como ordenar, comparar y analizar, de manera muy fácil y rápida. Tableau también es compatible con múltiples fuentes, incluyendo Excel, SQL Server y repositorios de datos basados en la nube, lo que lo convierte en una excelente opción para los Data Scientists (Tableau 2019).
- **Pentaho:** suite para crear informes relacionales y analíticos. Mediante el uso de Pentaho, se pueden transformar datos complejos en informes significativos y extraer in-

formación de ellos. Pentaho admite la creación de informes en varios formatos, como HTML, Excel, PDF, texto, CSV y XML. Además, Pentaho puede aceptar datos de diferentes orígenes de datos, incluidas bases de datos SQL, orígenes de datos OLAP e incluso la herramienta ETL de integración de datos de Pentaho (Stratebi 2019).

De los anteriormente mencionados, el que se adapta a las condiciones y exigencias de la empresa es:

### **Pentaho**

Pentaho se define a sí mismo como una plataforma de BI “orientada a la solución” y “centrada en procesos”, que incluye todos los principales componentes requeridos para implementar soluciones basados en procesos y ha sido concebido desde el principio para estar basada en procesos. Las soluciones que Pentaho pretende ofrecer se componen fundamentalmente de una infraestructura de herramientas de análisis e informes integrado con un motor de flujo de trabajo de procesos de negocio. La plataforma será capaz de ejecutar las reglas de negocio necesarias, expresadas en forma de procesos y actividades y de presentar y entregar la información adecuada en el momento adecuado. La plataforma ha sido desarrollada bajo el lenguaje de programación Java y tiene un ambiente de implementación también basado en Java, haciendo así que Pentaho sea una solución muy flexible al cubrir una alta gama de necesidades empresariales (Stratebi 2019).

El mismo cuenta con los siguientes componentes (Stratebi 2019):

- **Pentaho Reporting:** Herramienta con la cual el usuario será capaz de crear informes usando datos de fuentes externas. Estos informes son generados en XML y pueden ser exportados a diversos tipos de archivos finales, como puede ser PDF, HTML o documentos de texto. Una de las características es que dispone de un menú interactivo que guía al usuario paso por paso en la creación de los informes.
- **Pentaho Analysis Services:** Permite crear cubos multidimensionales **OLAP**. Soporta el lenguaje de consulta MDX (expresiones multidimensionales) y lenguaje XML

para el análisis y especificaciones.

- **Pentaho DashBoard:** Se utiliza para crear de mando en la interfaz final de la herramienta web. Estos cuadros de mando podrán realizar funciones de consulta y análisis de los datos.
- **Pentaho Data Integration:** Es la herramienta que proporciona mediante una interfaz de usuario sencilla e intuitiva la posibilidad de manipulación de los datos desde una fuente externa e independiente a la herramienta.
- **Pentaho Data Mining:** Es empleado para extraer información implícita en los datos. Desarrollado con el motor de minería de datos Weka. Permite extraer patrones, clusterizar, clasificar o extraer reglas de asociación de los datos.
- **Pentaho BI Server:** Proporciona el servidor y plataforma web del usuario final. Este podrá interactuar con la solución **BI** previamente creada con las herramientas anteriormente comentadas.
- **Schema Workbench:** Facilita la creación y corrección de ficheros xml que componen el esquema de Mondrian<sup>1</sup> a desarrollar.
- **Agregation Designer:** Simplifica la creación y el despliegue de las tablas agregadas mejorando el rendimiento de sus cubos OLAP en Pentaho.

---

<sup>1</sup> Servidor OLAP que permite analizar grandes cantidades de datos almacenados en bases de datos SQL forma interactiva (**mondrian** 2020)

## 1.3 Propuesta de proceso de construcción de un CMI para la ECME

---

Luego del análisis a las propuestas de modelos de desarrollo presentados por los autores de mayor referencia en el mundo y Cuba sobre el tema abordado en el presente trabajo, se describe la selección y artefactos que guiarán el desarrollo del producto en respuesta al problema que da origen a la presente investigación:

- Identificación de necesidades de información

Este paso de la metodología se realizará a los especialistas del área de operaciones una entrevista, cuyo objetivo es realizar un estudio de las necesidades de información e identificar los indicadores claves de rendimiento de la entidad. Se generará como artefacto una lista de indicadores y un documento enumerando las necesidades de información. La tarea a realizar es la siguiente:

- Realizar la entrevista a los especialistas.

- Construcción del almacén de datos que se utilizará para el tratamiento de la información

Para el desarrollo del almacén de datos que se ocupará del tratamiento de la información, se necesitará una descripción bien detallada del proceso que se quiere modelar. Dicha descripción servirá para identificar con claridad los componentes del almacén de datos que son: medidas, tablas de hechos y dimensiones. Se generará como artefacto un diagrama de negocio. Dicho esto, se identificaron las siguientes tareas a realizar:

- Elegir el proceso de negocio y hacer una descripción del mismo generando como artefacto un diagrama de negocio.

- Identificar las medidas, las tablas de hechos, elegir las dimensiones y establecer el nivel de granularidad.
- Diseño del proceso de extracción transformación y carga (ETL)  
El proceso ETL permite a las organizaciones mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos, limpiarlos y cargarlos. De esta forma toda la información, sin importar su origen pueda ser procesada, analizada y utilizada para el apoyo a la toma de decisiones en la entidad. En este paso se realizarán las tareas que a continuación se mencionan:
  - Identificación del origen de datos.
  - Normalizar el origen de datos.
  - Establecer las precondiciones.
- Construcción de los tableros de control  
Los tableros de control son las formas en las que se muestra visualmente al usuario los resultados del análisis hecho a la información, siempre se trata que sea la forma más sencilla de interpretar y que a simple vista de cualquier espectador se comprenda lo que se quiere transmitir. Las tareas a realizar son las siguientes:
  - Identificar categorías de reportes.
  - Identificar indicadores relacionados.
  - Identificar gráficos a usar generando como artefacto un informe con la descripción de los tableros de control.
- Validar la aceptación del cliente

## 1.4 Trabajos relacionados

---

En la actualidad existen disímiles experiencias en la aplicación del **CMI**:

En Estados Unidos por ejemplo, la *Procurement Executives Association (PEA)*, asociación que congrega a directivos de los principales departamentos del Gobierno Federal, recomendó la utilización generalizada del **CMI** en las agencias públicas norteamericanas. En España, la *Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas (AECA)*, desarrolló una serie de documentos orientados a su implantación en ayuntamientos, universidades, instituciones sanitarias, organizaciones públicas e instituciones sin fines de lucro, entre otras (**Nucci 2010**).

En Colombia, las primeras organizaciones que implantaron esta herramienta fueron empresas multinacionales, como **Kimberly Clark** y **Exxon Mobil**. El Banco de Crédito lo utilizó inicialmente para recuperar la rentabilidad en medio de las condiciones adversas de la recesión y crisis del sistema financiero entre 1999 y 2000. La Federación Nacional de Cafeteros, por su parte, implantó el **CMI** de manera original, pues en lugar de pintar un mapa, sembraron un árbol de café con las tradicionales perspectivas. La Fuerza Aérea Colombiana llegó al **CMI** en enero de 2005, a pesar de que ya contaban con un plan estratégico (**Nucci 2010**).

En Europa, el uso de esta herramienta se extiende en forma progresiva en el ámbito de la gestión bibliotecaria, donde los resultados ponen en evidencia su contribución al desarrollo de esta gestión (**Muñoz 2009**). En Portugal el 41,7 % de las organizaciones privadas y el 29,5 % de las públicas utilizan o esperan utilizar el **CMI**. Es importante señalar que estos porcentajes son superiores a las registradas en otros estudios previos realizados en Portugal, lo que indica que la popularidad de dicha herramienta de gestión, ha aumentado en los últimos años (**Quesado, Rodrigues & Guzmán 2013**).

De forma general se puede concluir, después de analizadas estas experiencias, que los

principales aportes del **CMI** son:

- Lograr que la estrategia sea clara y que todos los trabajadores de las organizaciones se alineen en un sistema integrado.
- Permitir que los trabajadores se den cuenta cómo estaban haciendo su trabajo, qué estaba bien y qué se necesita mejorar.
- Identificar el nivel de desempeño de acuerdo a las perspectivas que cada organización se plantee.
- Las organizaciones deben volver a examinar la **Misión** y definir objetivos estratégicos para cada perspectiva. A ello se añade, que es necesario asegurarse de que la **Misión** denote claridad y entendimiento por parte del personal.
- Permite que cada trabajador conozca qué aporte le dará a la organización buscándose la conexión entre el compromiso del personal y la **Misión** de la organización. Es decir, la **Misión** implica que el personal se sienta comprometido.

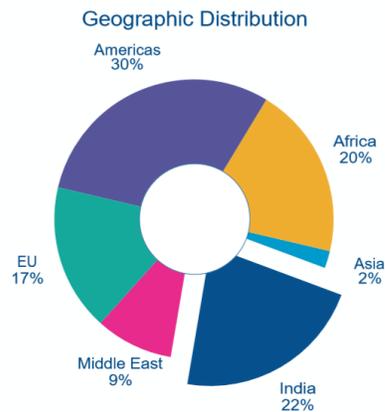
En la investigación realizada por la consultora 2GC, que desde el año 2009 realiza estudios anuales sobre los **CMI** y el uso que las organizaciones hacen de él, se observan los siguientes resultados:

En el año 2018, participaron los gerentes de 47 países, distribuidos por tipo de organización de la siguiente manera:

- 71 % pertenecían al sector privado
- 29 % del sector público y organizaciones sin ánimo de lucro

De ellos el 48 % mencionó estar en un rol de ejecución y el 61 % fueron señalados como expertos del **CMI**.

En la Figura 1.4 se muestra la distribución geográfica del uso del CMI según la encuesta (Dobrovič, Urbański, Gallo, Benková & Čabinová 2018). En Cuba, como en cualquier



**Figura 1.4:** distribución geográfica de los CMI

fuelle (Dobrovič et al. 2018)

latitud del planeta, el mundo empresarial se desarrolla en medio de una compleja crisis mundial. Esta situación hace que el pensamiento estratégico cobre una crucial importancia y esta herramienta, denominada **CMI**, gane adeptos como piedra angular del desarrollo futuro de las empresas y las organizaciones (Victori 2009). En 1995, se comenzó a introducir la dirección por objetivos y, a partir del año 1997, se estableció, como política de Estado, la utilización de la Dirección Estratégica en todas las entidades que componen el sistema estatal cubano. Surge, además, el modelo de Perfeccionamiento Empresarial, encaminado a potenciar de manera continua los niveles de eficiencia, autoridad y ejecutividad de la empresa estatal cubana como eslabón fundamental de la economía, incluyendo entre sus bases, la aplicación del **CMI** como un camino importante en el logro de los objetivos organizacionales porque presupone un cambio en la concepción de la forma de pensar que puede llevar a las organizaciones cubanas a un nuevo escenario (Victori 2009). De esta forma, se inició una etapa de búsqueda y de experimentación con diversas teorías y herramientas gerenciales, tales como:

- La Dirección Estratégica
- La Dirección por Objetivos
- La Dirección por Valores

Como parte de esta búsqueda aparecieron las primeras aplicaciones del **CMI** en el año 2000, en este caso, visto como una herramienta vinculada al Control de Gestión (**Vázquez Romero, Javier E.; León Toirac** 2010). Las primeras aplicaciones conocidas del **CMI** en Cuba, eran muy coherentes con lo que dictaban los autores Kaplan y Norton. Estas ideas iniciales, fueron adaptándose a una realidad organizacional diferente, que ha motivado la evolución de dicha técnica en otros países (**Vázquez Romero, Javier E.; León Toirac** 2010). Ejemplo de lo anterior, es la aplicación de esta herramienta en las siguientes entidades:

- GET Varadero (**Rivera et al.** 2004)
- Empresa Cuba Petróleos (CUPET) (**Rivera et al.** 2004)
- SEPSA Cienfuegos (**Hernández** 2004)
- CENEX (**Soler** 2006)
- CALISOFT (**Pérez** 2014)
- INTERMAR Cienfuegos (**Soler** 2008)
- Centro de Estudios Contables, Financieros y del Seguro (**CECOFIS**) (**Conde** 2006)
- Sol Palmeras (**Torres** 2008)
- Breezes Bella Costa (**Matín** 2008)

No son pocas las experiencias realizadas en los últimos años en el diseño e implantación de un Cuadro de Mando Integral en organizaciones de diferentes sectores económicos de la sociedad, así como en la definición de procedimientos para llevar a cabo esta tarea

(Rivera et al. 2004). Todo esto evidencia la reputación que ha tomado esta iniciativa en Cuba.

Teniendo en cuenta el estudio realizado por los autores de la presente investigación, se coincide con (Victori 2009), que la aplicación del **CMI** en las entidades cubanas:

- Da la posibilidad de utilizar indicadores para el seguimiento de la estrategia de la entidad.
- Permite analizar el entorno y la estrategia para construir un modelo de comportamiento organizacional que refleje las interrelaciones entre los diferentes componentes de la entidad.
- Obliga a la dirección, no solo a consensuar la estrategia, sino también a tener una visión conjunta de cómo llegar a la misma.

## 1.5 Conclusiones parciales

---

- La construcción del marco teórico de referencia de la investigación, permitió dotar a los investigadores de todos los elementos para la selección de las metodologías y herramientas de desarrollo para los **CMI**.
- La revisión del panorama actual de los **CMI** condujo a la selección de Pentaho como la herramienta adecuada para el desarrollo de la solución permitiendo satisfacer los requerimientos planteados por la empresa.

# 2

## ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

---

### **2.1 Descripción del proceso de negocio: Empresa de Construcción y Montaje Especializado (ECME)**

---

Una de las organizaciones más poderosas en el campo de las instalaciones y construcciones especiales en Cuba, que se distingue por la especialización de sus actividades, su infraestructura, la descentralización de mando, experiencia y alto nivel de capacitación del personal, es la Empresa de Construcción y Montaje Especializado (ECME).

Esta entidad se creó en 1966 como Empresa de Servicios de la Construcción, luego en 1970 se identificó como Grupo Nacional de Instalaciones Especiales, y ya en 1976 se registró con el nombre de ECME.

Está integrada por unidades empresariales de base, ubicadas estratégicamente en todo el país y que abarcan desde el diseño y el montaje especializado hasta las construcciones especiales, dirige actualmente su trabajo a satisfacer necesidades del cliente en cuanto a: instalaciones de sistemas de climas, refrigeración, conducción y extracción, servicios especializados de proyecto y de dirección por proyectos, fabricación de producción industrial, servicios técnicos y sistemas gastronómicos en la modalidad “llave en mano”, servicios asociados a las telecomunicaciones. Sin embargo, es el uso de la tecnología de moldes deslizantes y el izaje de grandes pesos y volúmenes con gatos hidráulicos, lo que la diferencia de cualquier otra empresa. También cuenta con una fuerza profesional espe-

cializada capaz de gestionar los proyectos más complejos.

La ECME ha ejecutado en Cuba cerca de 5 000 obras, en esferas como el Turismo, la Salud Pública, la Industria Azucarera, la Industria Básica, la Agricultura, el Deporte, la Industria Médico Farmacéutica, la Biotecnología y los viales, obteniendo resultados que fueron posibles fundamentalmente porque el personal directo en obra posee experiencia y polivalencia en sus labores, realiza la entrega de sus productos y servicios (integrales) con calidad y puntualidad y tener los almacenes avalados y el sistema de gestión de la calidad de sus servicios de diseño certificado por un órgano internacional.

Actualmente la empresa está inmersa en proyectos de gran envergadura como la reparación del puente de Bacunayagua, de notable relevancia dentro de la ingeniería civil cubana, y la reparación de la residencia estudiantil de G y 25, del edificio del Ministerio de Educación, del Hotel Nacional y del puente Canímar. También tiene a su cargo la planta de tratamiento a residuales de Luyanó.

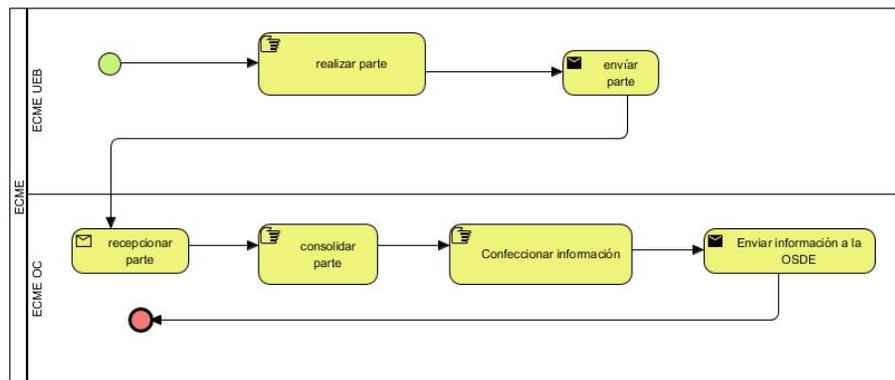
Además de esto, se proponen para el futuro la restauración de los tanques hongos diseminados por todo el país y de las chimeneas pertenecientes a Azcuba y el MINBAS, así como la instalación de parques eólicos.

Sin lugar a dudas, esta es una entidad decidida a alcanzar los objetivos inversionistas y de mantenimiento constructivo de la Isla y de ganar terreno en el mercado por lo que se plantea dar un salto sustancial en organización, plazos de ejecución, calidad, costos, en el empleo eficiente y eficaz de los recursos, en la introducción sistemática y continuada de tecnología de avanzada en cuanto a la modernización de los servicios informáticos y la gestión y tecnologías de punta para mejorar sus servicios y continuar cosechando éxitos.

### **Dirección de Operaciones en la ECME y procesos asociados a la investigación**

El área de **Operaciones** es la encargada de supervisar y controlar el proceso productivo de la empresa. Gestiona y audita el proceso de contratación de obras previstas o no en el plan de la economía. El específico escenario al que va dirigida la propuesta del presente

trabajo, es el de gestión de información y toma de decisiones, donde los especialistas de operaciones envían la información concerniente al cierre mensual a su homólogo en la oficina central de la **ECME**, el cual consolida la información y genera las informaciones que se precisan a ser presentadas en el consejo de dirección y para su envío a la **OSDE** (Figura 2.1).



**Figura 2.1:** proceso de negocio (elaboración propia).

## 2.2 Identificación de necesidades de información

Los estudios de necesidades de información se aplican a todas las áreas de la ciencia, la tecnología y también en el entorno de las organizaciones. Según (**Rainardi 2008**), se define necesidad de información como:

“... aquello que un individuo debe poseer para la realización de su trabajo, su investigación, su realización personal...”

En cuanto a los métodos utilizados en el estudio de necesidades de información podemos encontrar dos enfoques: el directo y el indirecto (**Hernández Sampieri 2014**):

- Los métodos directos se fundamentan en el uso de técnicas que permiten obtener información directa del o sobre el usuario. Entre estas técnicas se encuentra la uti-

lización de entrevistas y cuestionarios; la observación de los hábitos de búsqueda y uso de la información; la técnica del incidente crítico y los métodos de consenso (Hernández Sampieri 2014).

- Los métodos indirectos se basan en el análisis de documentos, bien de aquellos producidos directamente por los usuarios, o bien de los resultantes de la interacción de los usuarios con el sistema de información. Análisis de referencias, análisis de peticiones de documentos. La observación y registro de hechos también es considerado un método indirecto (Hernández Sampieri 2014).

Siendo consecuentes con el tipo de proceso investigativo que se lleva a cabo, descrito en la **Introducción** del presente trabajo de diploma, se selecciona para la captura de la información el método directo.

En el Anexo 4.1 se refleja el diseño de la entrevista realizada a los especialistas y directivos de la **ECME**, cuyos resultados, luego de analizados sugieren que:

Los indicadores <sup>1</sup> de rendimiento empleados por la **ECME** son los siguientes:

- **Utilidad:** Provecho obtenido luego de ejecutada la venta de artículos o prestación de servicios (Rodríguez 2018).

$$\text{utilidad} = \sum_1^m \text{ingresos} - \sum_1^n \text{gastos}$$

- **Capacidad constructiva:** Nivel en el cual se es capaz de satisfacer determinada demanda (del Valle 2016).

Para el análisis y cálculo de este indicador ya existe un sistema llamado **aibalan**, cálculo que se ejecuta una sola vez al año y su único fin es determinar el plan anual de la empresa. Teniendo esto en cuenta se empleará como criterio para medir la eficiencia el indicador

---

<sup>1</sup>índices que describen el comportamiento de diversas variables ya sea por cuantificación directa de una variable (primarios) o por comparación entre variables (secundarios) (RUIZ 2014)

**Utilidad.**

A pesar de lo anteriormente expresado, es de interés conocer la relación entre plan de ingresos e ingreso real, así como plan de gastos y gasto real en un objeto de obra determinado.

Por otra parte, del concepto principal **Obra**, se identifican las siguientes categorías de análisis:

- **Nivel de actividad.**
- **Grupo de obra.**
- **UEB.**

Existen otras que no resultan de interés inmediato de análisis por la organización, pero previendo la llegada de ese momento se incluyen en la investigación:

- **OACE Inversionista .**
- **Programa.**
- **Actividad.**

Las necesidades de información identificadas fueron las siguientes:

- Utilidad por nivel de actividad.
- Utilidad por grupo de obra.
- Utilidad por UEB.
- Ejecución por nivel de actividad.
- Ejecución por grupo de obra.
- Ejecución por UEB.

- Utilidad por nivel de actividad por mes.
- Utilidad por grupo de obra por mes.
- Utilidad por UEB por mes.
- Ejecución por nivel de actividad por mes.
- Ejecución por grupo de obra por mes.
- Ejecución por UEB por mes.

## 2.3 Requisitos no funcionales

---

Según el estándar IEEE 830 (IEEE 2001), se define las siguientes categorías para los requisitos no funcionales:

- Interfaces del Sistema.
- Interfaces del Usuario.
- Interfaces del Equipamiento.
- Interfaces del Software.
- Interfaces de Comunicaciones.
- Memoria.
- Funcionamientos.
- Adaptación.

Teniendo en cuenta esta clasificación, a continuación, se listan los requisitos no funcionales según su tipo correspondiente:

■ Categoría **Interfaces del Usuario:**

- **RNF 1:** El usuario interactúa con el sistema mediante una interfaz Web muy fácil de utilizar.
- **RNF 2:** Diseño sencillo, con pocas entradas, permitiendo que no sea necesario mucho entrenamiento para utilizar el sistema.

■ Categoría **Interfaces del Equipamiento:**

- **RNF 3:** La aplicación requiere poder ser instalada en una PC con microprocesador Core I 3, con 3.4 GHz de velocidad de microprocesador como mínimo, que cuente a su vez con 2 Gb de memoria RAM tanto en el servidor de bases de datos (**BD**), como en el Servidor Web, además una tarjeta de red de 100 Mbps.

■ Categoría **Interfaces de Comunicaciones:**

- **RNF 4:** Se deberán publicar los resultados de manera tal que puedan ser accedidos únicamente de manera remota y a través del protocolo http.

■ Categoría **Memoria:**

- **RNF 5:** Deberá ser posible contar con al menos 160 Gb en el servidor de BD y 80 en el Servidor Web por un plazo de 3 años, sin que se afecte el rendimiento del producto.

## 2.4 Construcción del almacén de datos que se utilizará para el tratamiento de la información

---

### 2.4.1. Identificación de Esquemas

#### Tabla de Hechos y medidas:

Se identifica como tabla de hechos a **Venta**, y para dar cumplimiento a las necesidades de información esta se analizará desde las siguientes perspectivas:

- **UtilidadXNivelActividad:** Representa la ganancia obtenida por cada nivel de actividad, las cuales son:
  - Construcciones y mantenimiento de inversiones y reparaciones capitales (**CMIRC**)
  - Mantenimiento constructivo
  - Servicios constructivos
  - Alquiler de equipos complementarios de la construcción
  - Otras producciones
  
- **UtilidadXGrupoObra:** Representa la ganancia obtenida por cada grupo de obra, las cuales son:
  - Edificaciones
  - Industriales
  - Ingenieras
  - Viales
  
- **UtilidadXUEB:** Representa la ganancia obtenida por cada UEB con actividad productiva, las cuales son:
  - UEB Construcciones especiales (**COES**)
  - UEB Montaje La Habana (**Montaje**)
  - UEB Montaje Ciego de Ávila (**Ciego**)
  - UEB Montaje Holguín (**Holguín**)

- UEB Montaje Santiago de Cuba (**Santiago**)
- UEB Diseño (**Proyecto**)
  
- **EjecucionXNivelActividad**: Ingreso total facturado por nivel de actividad
- **EjecucionXGrupoObra**: Ingreso total facturado por grupo de obra
- **EjecucionXUEB**: Ingreso total facturado por UEB
- **UtilidadXNivelActividadXMes**: Representa la ganancia obtenida por nivel de actividad en cada cierre mensual
- **UtilidadXGrupoObraXMes**: Representa la ganancia obtenida por grupo de obra en cada cierre mensual
- **UtilidadXUEBXMes**: Representa la ganancia obtenida por UEB en cada cierre mensual
- **EjecucionXNivelActividadXMes**: Ingreso total facturado por nivel de actividad en cada cierre mensual
- **EjecucionXGrupoObraXMes**: Ingreso total facturado por grupo de obra en cada cierre mensual
- **EjecucionXUEBXMes**: Ingreso total facturado por UEB en cada cierre mensual

**Tabla de Dimensiones:**

Para la modelación del proceso se identifican los conceptos de:

- **Obra**: Describe el concepto principal y centro de proceso económico que se lleva a cabo en la ECME, necesitando ser reflejado los siguientes atributos:
  - **codigoMep**: Identificador de cada obra

- **GrupoObra:** Nomenclador que especifica el grupo al que pertenece una obra determinada
- **NombreObra:** Nombre formal de la obra
- **Inversionista:** Nombre de la empresa o grupo encargado del proyecto de la obra
- **Programa:** Nomenclador que especifica el programa al que pertenece una obra determinada
- **Actividad:** Nomenclador que especifica la Actividad a la que pertenece una obra determinada
- **NivelActividad:** Nomenclador que especifica el Nivel de Actividad a la que pertenece una obra determinada
- **UEB:** Unidad organizativa dentro de la empresa a la que se le asigna la obra
- **PlanMes:** Monto planificado a ingresar mensualmente en la obra
- **GastoMes:** Monto planificado a gastar mensualmente en la obra
- **Mes:** Mes de registro de datos
- **IngresoMes:** Monto real ingresado por mes en la obra
- **FechaCierre:** Fecha donde se realiza el corte de facturación de objetos de obra
- **Tiempo:** Refleja los cortes de plazos de cumplimiento de los objetivos trazados en la ECME
  - **Fecha:** Fecha exacta en que se realiza el corte y se realiza la información
  - **Mes:** Mes en curso en que se realiza el corte de facturación
  - **Anno:** Año en curso en que se realiza el corte de facturación
  - **Trimestre:** Trimestre en curso en que se realiza el corte de facturación
  - **Semestre:** Semestre en curso en que se realiza el corte de facturación

La modelación formal del hecho y su relación con las dimensiones asociadas se muestran en la Figura 2.2:

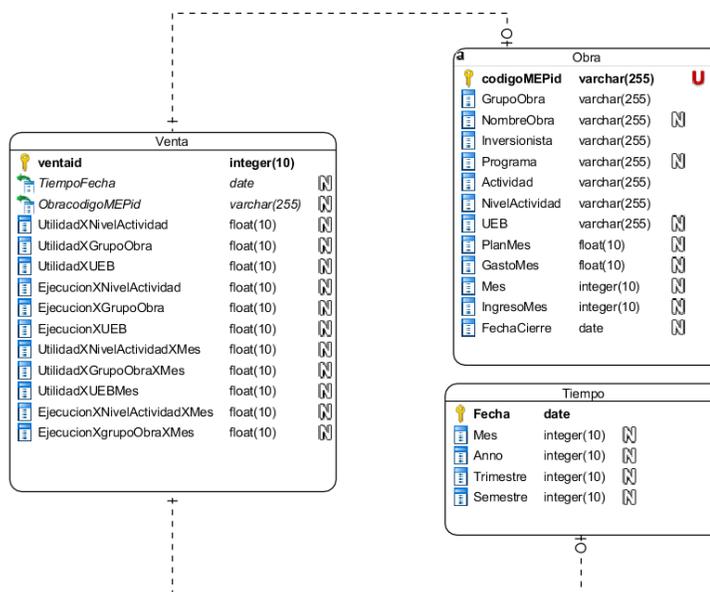


Figura 2.2: modelación entidad relación del almacén de datos (elaboración propia).

## 2.5 Diseño del proceso de extracción, transformación y carga (ETL)

### 2.5.1. Proceso de estandarización y normalización del origen de datos

Como origen de datos se tiene un libro excel estructurado según las orientaciones del grupo empresarial **Cubacons**, órgano de dirección superior de dirección empresarial al

que se subordina la **ECME**. Debido a que la información se procesa manualmente, y previendo inconsistencias en los reportes del **CMI**, se procede a la definición de reglas que permitan eliminar posibles errores:

- Convenio de unicidad de nombres de las **UEB**: En la columna **UEB**, referida a la **UEB** encargada de la obra u objeto de obra analizado, se deberá usar uno de los siguientes nombres según corresponda:
  - Para la UEB Montaje Santiago usar **SANTIAGO**.
  - Para la UEB Montaje Ciego de Ávila usar **CIEGO**.
  - Para la UEB Montaje Holguín usar **HOLGUIN**.
  - Para la UEB Montaje La Habana usar **MONTAJE HABANA**.
  - Para la UEB Construcciones Especiales usar **COES**.
  - Para la UEB Logística usar **LOGISTICA**.
  - Para la UEB Diseño usar **DISEÑO**.
  
- Convenio de nombres de las columnas: Se establecen los siguientes nombres para el libro excel, los cuales, en posición indistinta, deben estar escritos de manera exactamente igual a la que se define:
  - CÓDIGO MEP.
  - GRUPO DE OBRA.
  - OBRA.
  - OACE INVERSIONISTA.
  - PROGRAMA.
  - ACTIVIDAD.
  - NIVEL DE ACTIVIDAD.

- UEB.
  - MES.
  - GASTO.
  - INGRESO.
  - FECHA.
  - SEMESTRE.
  - TRIMESTRE.
- Convenio de entradas en columna **PROGRAMA**: Se deberá emplear una de las siguientes posibles alternativas para el nomenclador **PROGRAMA**:
- Industria.
  - Edificaciones.
  - Defensa.
  - Viales.
  - MININT.
  - Arquitectura.
  - Salud.
- Convenio de entradas en columna **GRUPO DE OBRA**: Se deberá emplear una de las siguientes posibles alternativas para el nomenclador **GRUPO DE OBRA**:
- Industria.
  - Edificaciones.
  - Ingeniería.
- Convenio de entradas en columna **ACTIVIDAD**: Se deberá emplear una de las siguientes posibles alternativas para el nomenclador **ACTIVIDAD**

- Salud
  - Edificaciones
  - Industriales
  - Viales
- Convenio de entradas en columna **NIVEL DE ACTIVIDAD**: Se deberá emplear una de las siguientes posibles alternativas para el nomenclador **NIVEL DE ACTIVIDAD**
    - **CMIRC** para obras de inversión
    - **MANT. CONST.** para obras de mantenimiento constructivo.
    - **SERV. CONST.** para servicios constructivos.
    - **ALQ. EQUI.** para alquiler de equipos.
  - Convenio de entradas en columna **PLAN**: Se deberá introducir información en formato numérico, empleando el símbolo “,” como punto decimal.
  - Convenio de entradas en columna **MES**: Se deberá introducir información en formato numérico, empleando el símbolo “,” como punto decimal.
  - Convenio de entradas en columna **GASTO**: Se deberá introducir información en formato numérico, empleando el símbolo “,” como punto decimal.
  - Convenio de entradas en columna **INGRESO**: Se deberá introducir información en formato numérico, empleando el símbolo “,” como punto decimal.
  - Convenio de entradas en columna **CÓDIGO MEP**: Se deberá introducir información en formato numérico, aceptando solo enteros.
  - Convenio de entradas en columna **MES**: Se deberá introducir información en formato numérico, aceptando solo enteros en el intervalo comprendido entre 1 y 12.

- Convenio de entradas en columna **TRIMESTRE**: Se deberá introducir información en formato numérico, aceptando solo enteros en el intervalo comprendido entre 1 y 4.
- Convenio de entradas en columna **SEMESTRE**: Se deberá introducir información en formato numérico, aceptando solo los valores 1 o 2.
- En la columna **CÓDIGO MES** no aparecerán valores repetidos.
- En ninguna columna se aceptará la ocurrencia de valores nulos.
- Los valores que indican cantidad tienen que ser mayores o igual que cero.

### 2.5.2. Empleo de Pentaho

Para el proceso de **ETL**, se describe el empleo de los siguientes componentes de **Pentaho Bi**:

1. Pentaho Data Integration
2. Schema Workbench
3. Agregtion Designer

Empleando **Pentaho Data Integration**, se divide el proceso en varias transformaciones y trabajos. En el caso de las transformaciones asociadas a las dimensiones **Obra** y **Tiempo**, se definen los siguientes pasos:

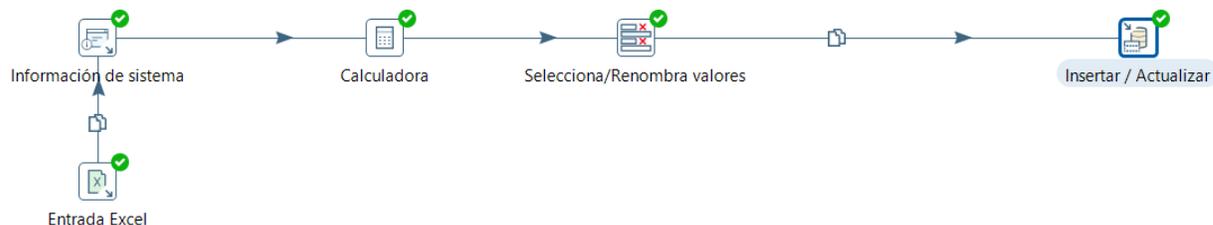
1. Carga de datos del origen.
2. Validación de entradas según reglas formuladas.
3. Inserción en base de datos en la tabla correspondiente.

En cada transformación se validan, en el paso de **Seleccionar/Renombrar valores**, las reglas definidas y descritas con anterioridad, asegurando la validez de los datos que se registren, tal es el caso de la transformación asociada a la dimensión **Obra** (Figura 2.3).



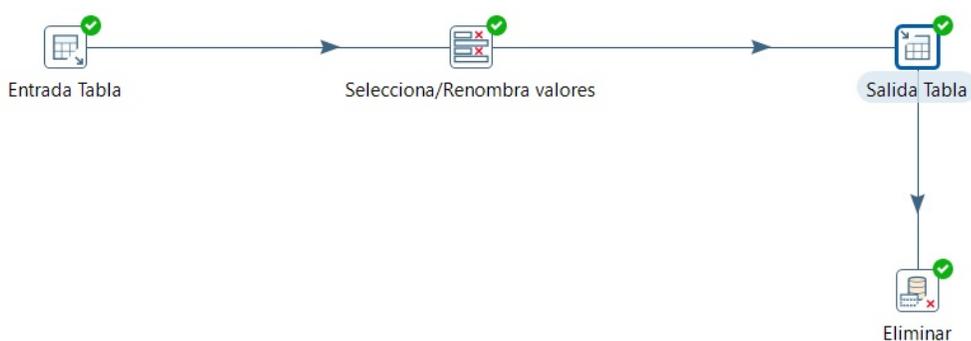
**Figura 2.3:** transformación de dimensión Obra (elaboración propia).

En el caso de la dimensión **Tiempo** (Figura 2.4), entre los pasos 1 y 2 anteriormente descritos se adiciona el cálculo definitorio de períodos temporales tales como semestres, trimestres etc.



**Figura 2.4:** transformación de dimensión Tiempo (elaboración propia).

Para la tabla de hecho (**Venta**) se desarrollan dos transformaciones, observadas en las Figuras 2.5 y 2.6, siguiendo, en la 2.5, el mismo esquema de las anteriormente expuestas, pero añadiendo un paso al final para eliminar las filas nulas y en la transformación de la figura 2.6 se reestructura la tabla y da orden a los datos contenidos en ella.

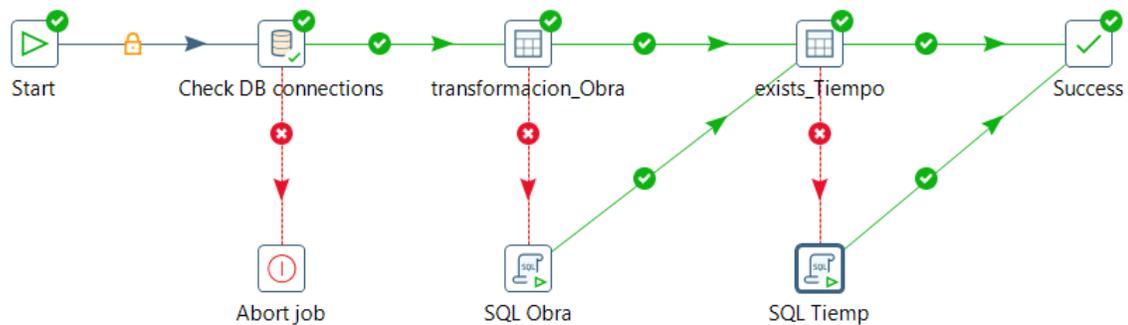


**Figura 2.5:** primera transformación del hecho Ventas (elaboración propia).

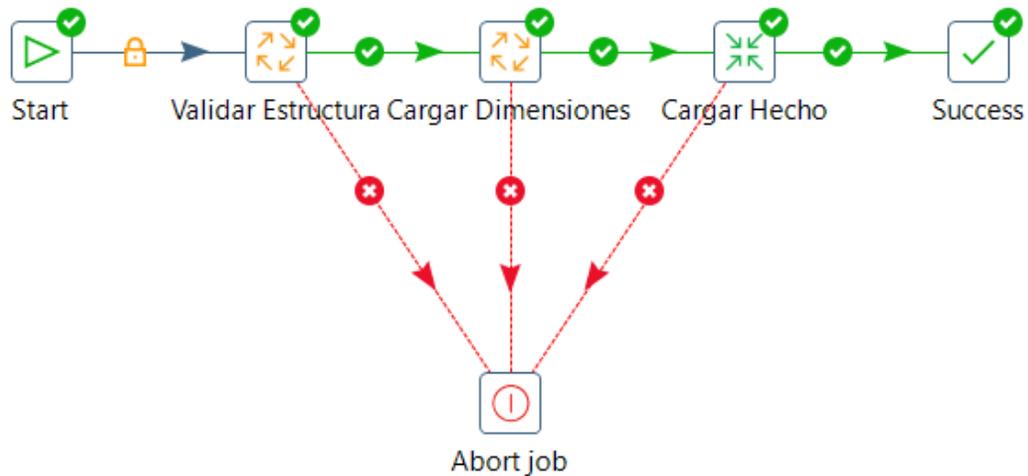


**Figura 2.6:** segunda transformación del hecho Ventas (elaboración propia).

Las transformaciones son agrupadas en trabajos según sea conveniente. En el presente trabajo se definen dos (Figuras 2.7 y 2.8), el primero para crear y verificar la estructura de la base de datos con el fin de que no haya sufrido alteraciones y el segundo para cargar las tablas de dimensiones y hecho.



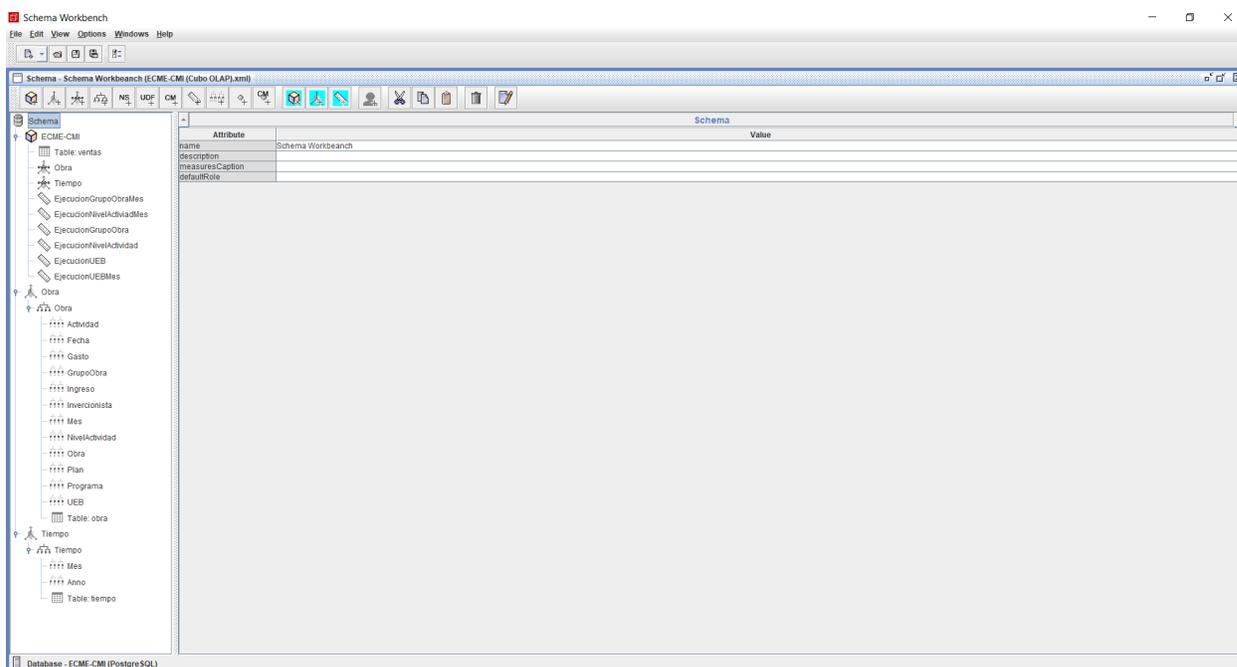
**Figura 2.7:** validación de estructura de la base de datos (elaboración propia).



**Figura 2.8:** carga de datos a la base de datos (elaboración propia).

Importante es resaltar que los trabajos están planificados a realizarse de manera escalonada inmediatamente después de la fecha del cierre productivo, el cual tiene como fecha el 25 de cada mes.

Una vez concluido el proceso de diseño y creación de transformaciones, se procede a la modelación del cubo de datos, empleando la herramienta **Schema Workbench**, arrojando el resulta que se ilustra en la Figura 2.9:



**Figura 2.9: cubo de datos (elaboración propia).**

Con el objetivo de optimizar el rendimiento de las operaciones sobre el cubo de datos, una vez que sea desplegado, se emplea **Agregtion Designer**, permitiendo visualizar métricas como:

- **Tamaño en disco de tablas agregadas:** Cantidad y tamaño en disco de tablas de agregación creadas.
- **Cantidad de filas de la selección agregada:** La cantidad de filas contenidas en las tablas de agregación creadas.

- **Costo:** Indicador del impacto asociado al número de tablas y espacio en disco necesario para crear las agregaciones.
- **Beneficios:** Número relativo de consultas que se pueden realizar sobre una tabla agregada en lugar de recuperar los datos de la tabla de hechos de la base de datos.

Los resultados del empleo de esta herramienta se muestran a continuación en la Figura 2.10:

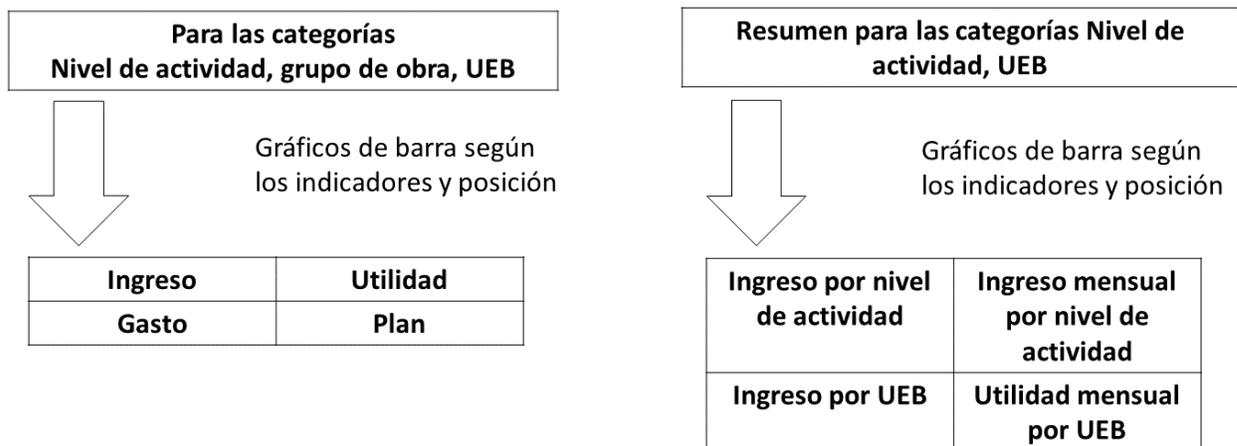
The screenshot shows the Pentaho Aggregation Designer window. The 'Edit Aggregate Definition' panel on the left shows the aggregate name 'Schema\_Wor\_ECME-CMI\_12' and aggregation levels for 'Obra' (UEB) and 'Tiempo' (Mes). The main area displays a bar chart with 'Benefit' on the y-axis and 'Cost' on the x-axis. To the right of the chart, statistics are shown: Selected Aggregates: 12, Number of Rows: 829, and Approximate Disk Space: 70595 bytes. Below the chart is a table listing the aggregates.

Type	Name	Row Count	Space (bytes)
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_1	37	899
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_2	72	2016
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_3	72	2304
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_4	72	3744
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_5	72	4032
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_6	72	5472
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_7	72	5760
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_8	72	7200
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_9	72	8352
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_10	72	8928
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_11	72	10080
Custom	Schema_Wor_ECME-CMI_12	72	11808

**Figura 2.10:** resultados del empleo de la herramienta Aggregation Designer (elaboración propia).

## 2.6 Construcción de los tableros de control

Para la agrupación de los gráficos usados para la representación de los indicadores y nivel de cumplimiento de objetivos trazados en la **ECME**, no es suficiente tener identificadas las necesidades de información levantadas con anterioridad, sino que es imprescindible la oportuna consulta a los futuros usuarios para que la información que se muestre en cada sección permita un efectivo impacto en el proceso de toma de decisiones, dicha consulta genera el artefacto de la Figura 2.11, el cual describe la posición de los gráficos y los indicadores que deben ser usados para su construcción:



**Figura 2.11:** descripción de la estructura de los tableros de control (elaboración propia).

Una vez conciliada la estructura y composición de los tableros de control con los especialistas, al diseño de los mismos, empleando para ello dos de los componentes de **Pentaho BI** anteriormente descritos:

- Pentaho Reporting
- Pentaho DashBoard



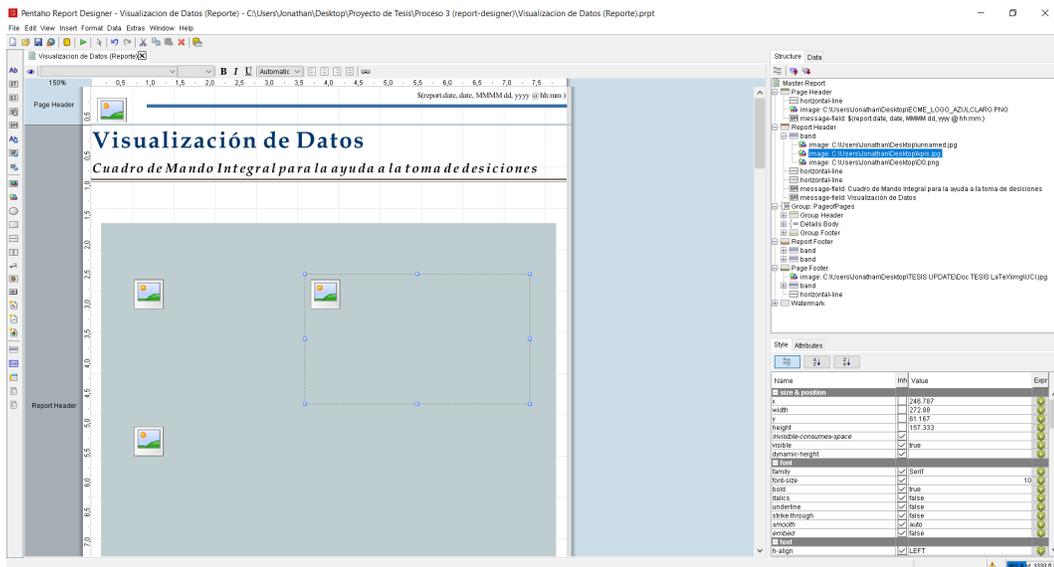


Figura 2.13: configuración de estructura del tablero de control (elaboración propia).

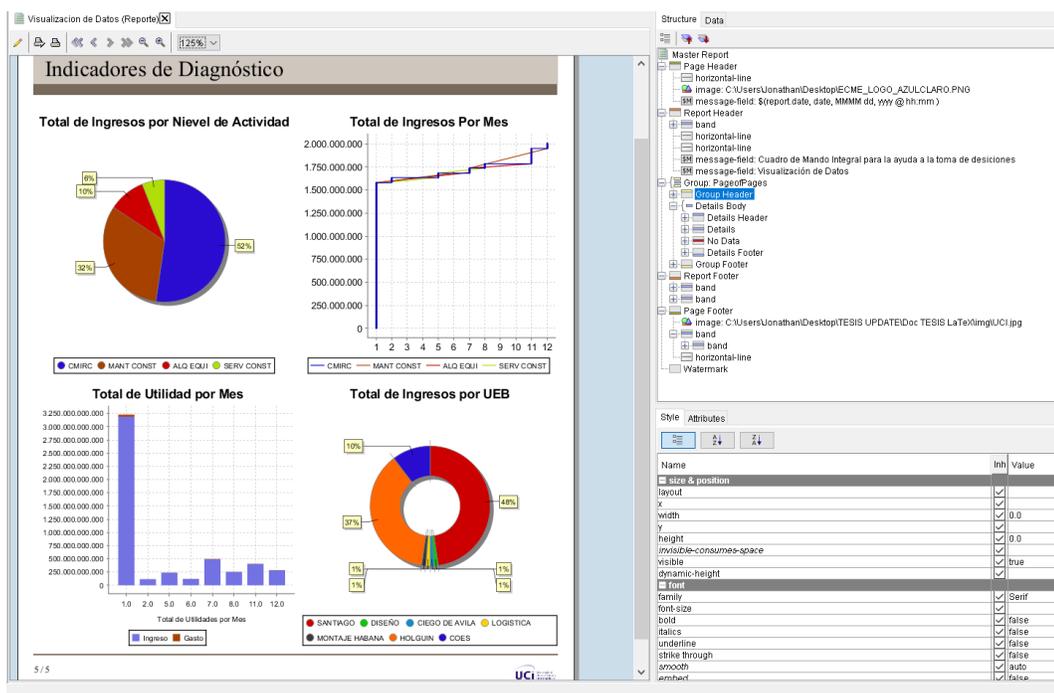
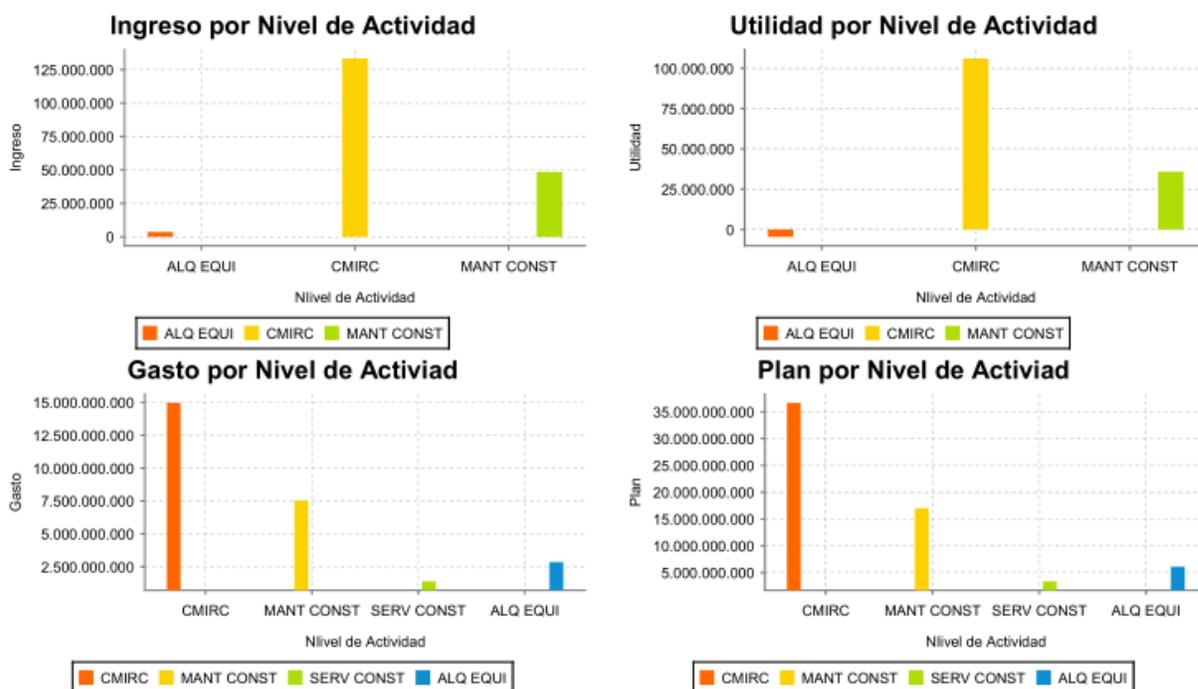


Figura 2.14: corrección del diseño de los tableros de control (elaboración propia).

Las Figuras 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18 muestran los resultados en cuanto a la visualización de los indicadores demandados por los usuarios, o lo que es lo mismo: los tableros de control:

- Los primeros 3 tableros (Figuras 2.15 y 2.16, 2.17) tienen la misma estructura, variando solamente la categoría a analizar. En primera instancia, en cuatro gráficas de barras, se reflejan la información sobre la categoría **Nivel de Actividad** asociada a la utilidad, gasto, ingreso, así como sus plan de ingreso y ejecución, siguiendo este esquema para las demás categorías.



**Figura 2.15:** tablero de control para la categoría NIVEL DE ACTIVIDAD (elaboración propia).

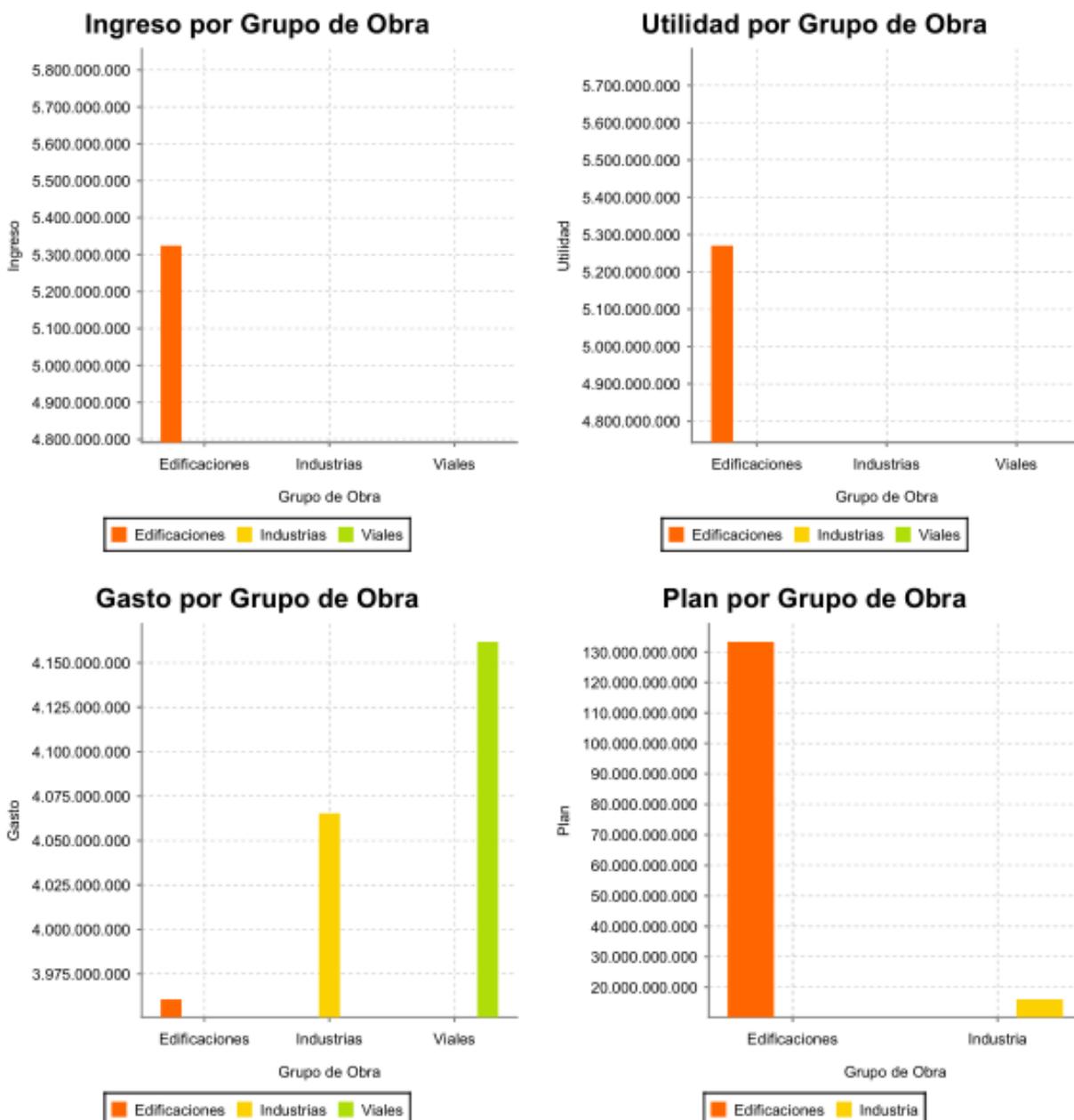


Figura 2.16: tablero de control para la categoría GRUPO DE OBRA (elaboración propia).

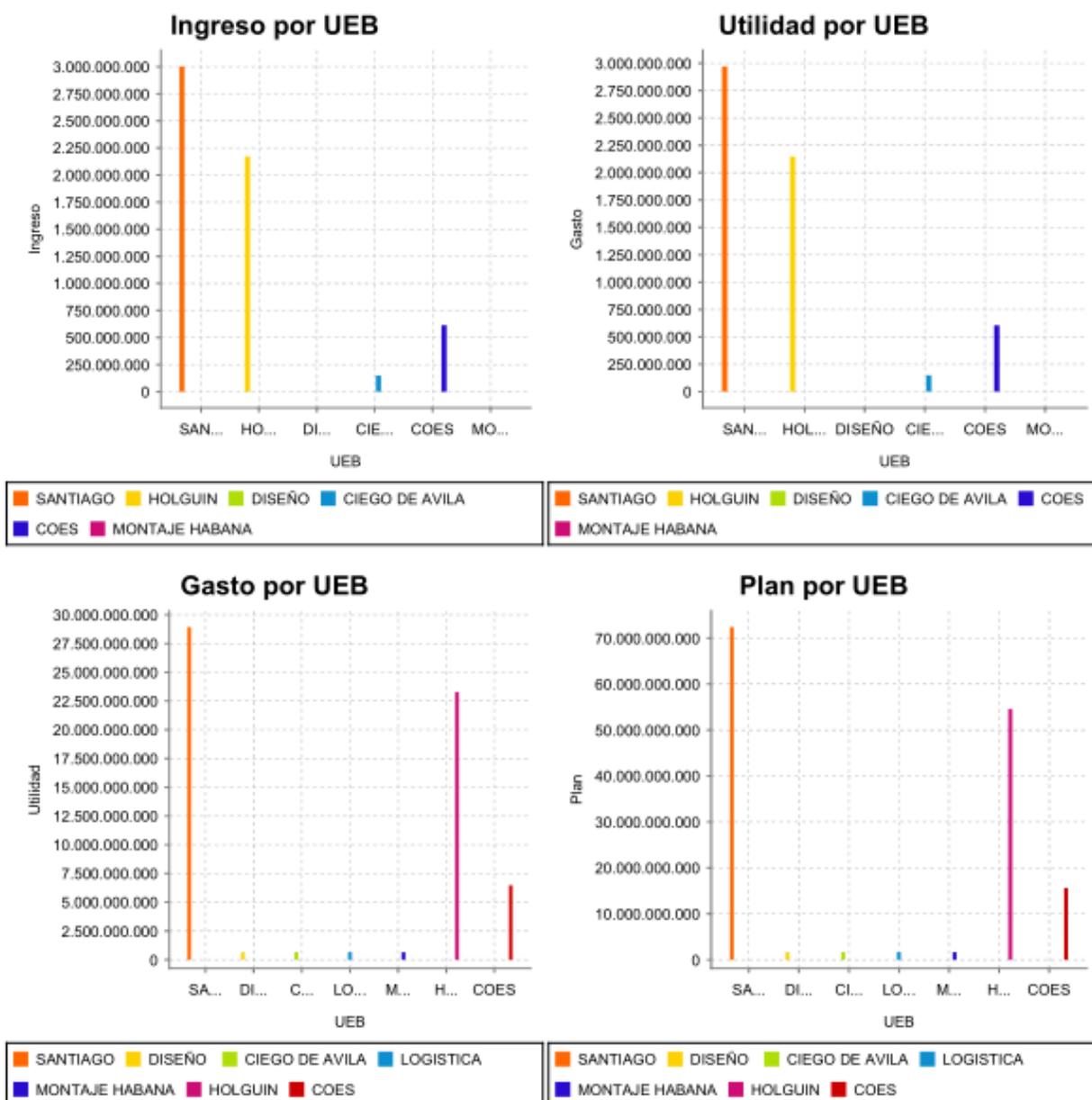


Figura 2.17: tablero de control para la categoría UEB (elaboración propia).

- El tablero dedicado al **RESUMEN**, en cuatro gráficas, presenta en las primeras dos el ingreso acumulado y mensual por **NIVEL DE ACTIVIDAD**, además del ingreso por UEB acumulado y la utilidad por UEB mensual en las siguientes dos (Figura 2.18):

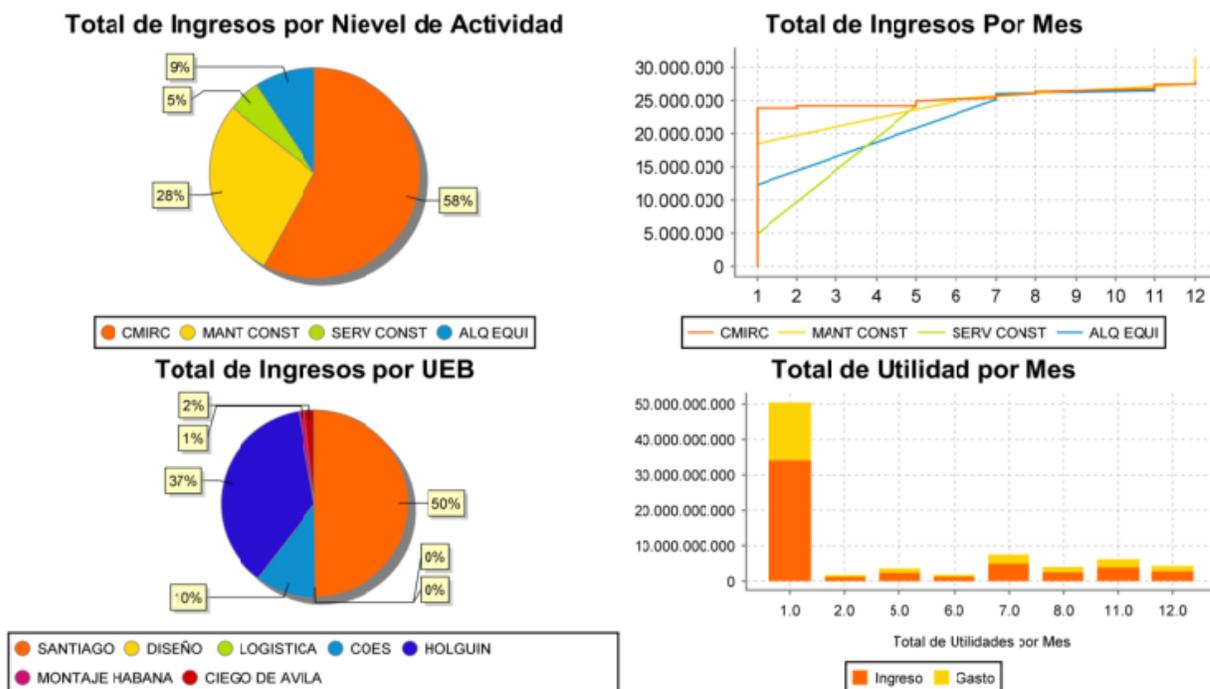


Figura 2.18: tablero de control resumen (elaboración propia).

Para poner el producto a disposición de los usuarios finales, se emplea **Pentaho Dashboard**, permitiendo el acceso a los resultados vía web (2.19):



**Figura 2.19:** uso de Pentaho DashBoard (elaboración propia)

## 2.7 Conclusiones parciales

- Mediante el análisis de los resultados de las entrevistas realizadas a los involucrados, se obtuvieron tanto las necesidades de información como requisitos no funcionales para el desarrollo del sistema.
- Guiados por la metodología usada en la presente investigación, se identificaron las necesidades de información, dando solución a cada requisito captado, auxiliados por los modelos creados en apoyo al desarrollo.

# 3

## VALIDACIÓN

---

Aunque según (**Ramírez Pinedo & López Duran 2010**), basta con comprobar que los objetivos estratégicos de la empresa se ven reflejados en el diseño del **CMI**, lo cual sucede en el caso de la presente investigación, en las siguientes secciones se detallan los resultados de las pruebas realizadas para asegurar la calidad del resultado.

### 3.1 Pruebas unitarias

---

Las pruebas de unidad son una forma de probar el correcto funcionamiento de un módulo o una parte del sistema. Con el fin de asegurar que todos los módulos cumplan con lo requerido cada uno por separado y evitar así errores futuros en el momento de la integración de todas sus partes. La idea es escribir casos de prueba para cada función no trivial o método en el módulo, de forma que cada caso sea independiente del resto (**Manning 2005**). Para una mejor comprensión de los resultados de las realizadas en el presente trabajo, se agruparan las iteraciones por cada herramienta empleada<sup>1</sup>.

---

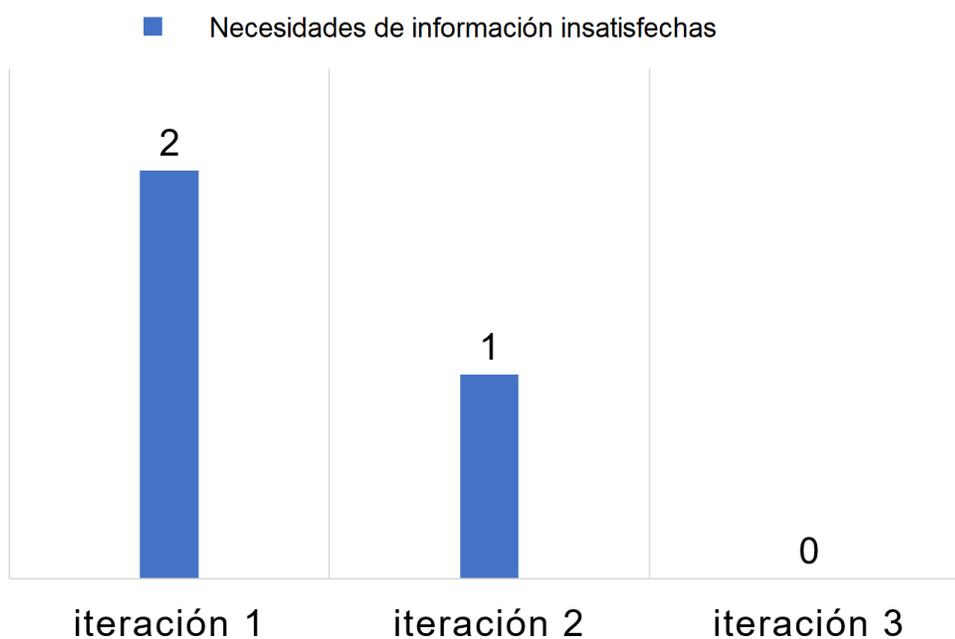
<sup>1</sup>Dada la naturaleza de los componentes no se hace necesario probar en todos, solo se exponen los resultados de **Pentaho Data Integration** y **Pentaho Reporting**

### 3.1.1. Pruebas sobre Pentaho Data Integration

Fueron necesarias 3 iteraciones de pruebas para la depuración de las transformaciones y trabajos (Figura 3.1) las no conformidades detectadas, las cuales se listan a continuación en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1: no conformidades detectadas en cada iteración (elaboración propia)**

Iteración 1	Iteración 2
Cálculo erróneo de indicador <b>Utilidad</b>	Cambio de categoría <b>NIVEL DE ACTIVIDAD</b> por <b>ACTIVIDAD</b> , provocando errores de cálculo y agrupación
Suma de meses correspondientes a años distintos, arrojando resultados erróneos en el cálculo del valor de <b>ejecución</b>	



**Figura 3.1: iteraciones de pruebas unitarias (elaboración propia).**

Como evidencia de lo anterior se muestra la Figura 3.2, la que muestra los resultados obtenidos con los mecanismos de validación provistos por el componente:

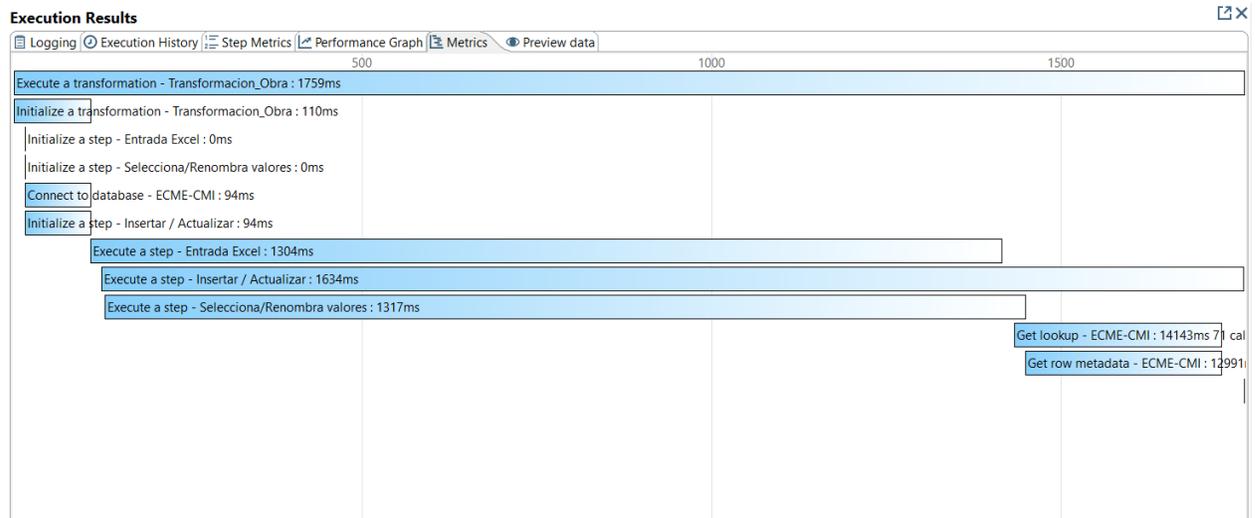
**Execution Results**

Logging History Job metrics Metrics

Trabajo / Entrada de Traba...	Comentario	Resultado	Razón	Nombre Fichero	Núm	Fecha registro
Trabajo ETL						
Trabajo: Trabajo ETL	Start of job execution		start			2020/09/12 15:...
Start	Start of job execution		start			2020/09/12 15:...
Start	Job execution finished	Exito			0	2020/09/12 15:...
Validar Estructura	Start of job execution		Followed unconditional link	file:///C:/Users/Jonathan/D...		2020/09/12 15:...
Trabajo: Validar estructu						
Start	Start of job execution		Start of job entry			2020/09/12 15:...
Start	Job execution finished	Exito			1	2020/09/12 15:...
Check DB connector	Start of job execution		Followed unconditional link			2020/09/12 15:...
Check DB connector	Job execution finished	Exito			1	2020/09/12 15:...
transformacion_Obra	Start of job execution		Followed link after success			2020/09/12 15:...
transformacion_Obra	Job execution finished	Exito			1	2020/09/12 15:...
exists_Tiempo	Start of job execution		Followed link after success			2020/09/12 15:...
exists_Tiempo	Job execution finished	Exito			1	2020/09/12 15:...
Success	Start of job execution		Followed link after success			2020/09/12 15:...
Success	Job execution finished	Exito			1	2020/09/12 15:...
Validar Estructura	Job execution finished	Exito		file:///C:/Users/Jonathan/D...	1	2020/09/12 15:...
Cargar Dimensiones	Start of job execution		Followed link after success	file:///C:/Users/Jonathan/D...		2020/09/12 15:...
Trabajo: Cargar Dime						
Start	Start of job execution		Start of job entry			2020/09/12 15:...
Start	Job execution finished	Exito			2	2020/09/12 15:...
Transformation Obra	Start of job execution		Followed unconditional link	C:/Users/Jonathan/Desktop...		2020/09/12 15:...
Transformation Obra	Job execution finished	Exito		C:/Users/Jonathan/Desktop...	4	2020/09/12 15:...
Transformation Tiem	Start of job execution		Followed link after success	C:/Users/Jonathan/Desktop...		2020/09/12 15:...
Transformation Tiem	Job execution finished	Exito		C:/Users/Jonathan/Desktop...	5	2020/09/12 15:...
Success	Start of job execution		Followed link after success			2020/09/12 15:...
Success	Job execution finished	Exito			5	2020/09/12 15:...
Cargar Dimensiones	Job execution finished	Exito		file:///C:/Users/Jonathan/D...	2	2020/09/12 15:...
Cargar Hecho	Start of job execution		Followed link after success	C:/Users/Jonathan/Desktop...		2020/09/12 15:...
Cargar Hecho	Job execution finished	Exito		C:/Users/Jonathan/Desktop...	3	2020/09/12 15:...
ventas	Start of job execution		Followed link after success			2020/09/12 15:...
ventas	Job execution finished	Exito			3	2020/09/12 15:...
Trabajo: Trabajo ETL	Job execution finished	Exito	finished		3	2020/09/12 15:...

**Figura 3.2:** resultados obtenidos con el módulo de pruebas de Pentaho Data Integration (elaboración propia).

Además de la comprobación de requisitos funcionales, se vela, en la presente investigación, por la satisfacción de los requisitos no funcionales. En la Figura 3.3 se demuestra la eficiencia y operatividad del producto sobre un ordenador con procesador Pentium con 2.16 GHz y 1Gb de RAM:



**Figura 3.3:** resultados de pruebas de rendimiento en el componente Pentaho Data Integration (elaboración propia).

### 3.1.2. Pruebas sobre Pentaho Reporting

En el caso del componente **Pentaho Reporting**, todas las no conformidades detectadas (3), se corrigieron en una iteración de pruebas, estando todas asociadas a problemas de visualización de los resultados. Una vez se ajustaron los espacios entre gráficos y componentes de los mismos quedo sin observaciones negativas.

## 3.2 Conclusiones parciales

---

- La detección, documentación y corrección de las no conformidades permitió verificar el correcto funcionamiento del sistema y el cumplimiento de los requisitos del cliente.
- La validación del rendimiento sobre un ordenador de menores prestaciones que el exigido asegura el cumplimiento de los requisitos no funcionales asociados a ese particular.

# CONCLUSIONES

Como resultados de la presente investigación se obtuvo un **CMI**. En función de los resultados obtenidos se arribó a las siguientes conclusiones:

- La definición del marco teórico referencial de la investigación relacionado con la **BI** fundamentó la necesidad de desarrollar un **CMI** que se adapte a los objetivos expuestos y satisfaga las necesidades de la **ECME**.
- La revisión del panorama actual de los **CMI** permitió la selección de **Pentaho** para el desarrollo de la solución propuesta.
- La aplicación de la técnica **entrevista** posibilitó la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales, orientando el proceso de desarrollo al cumplimiento de los mismo.
- Las pruebas aplicadas para la verificación de la solución informática demostraron que el sistema cumple con los requisitos definidos, garantizando su correcto funcionamiento.

# RECOMENDACIONES

- Emplear como origen de datos una base de datos nutrida de un sistema de registro estadístico, haciendo que la información tenga una fuente más segura.
- Diseñar tableros de control para cada categoría de análisis previendo que eventualmente se vuelvan objeto observación.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Abinitio.** *Data and bi tools* (2019). URL <https://www.abinitio.com/es/>.

**Adela Haber Veja, Anays Mas Basnuevo.** *Inteligencia organizacional: conceptos, modelos y metodologías.* revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, (36):1–17 (2013).

**Alfonso de la Nuez, Domingo.** *Cuadro de mando integral: Definición, principios, interrelaciones, objetivos y mapa estratégico* (2010).

**Amat O., Dowds J.** *Qué es y cómo se construye el cuadro de mando integral* (1998).

**Bernabeu, R D.** *Data Warehousing: Hefesto* (2007).

**Bustos, Federico Gan & Jaumen Triginé i Prats.** *Cuadro de mando integral.* Ediciones Díaz de Santos (2013).

**Capote-García, Tayché, Yudisbel Pérez-Moreno, Raykenler Yzquierdo-Herrera, Ailyn Febles-Estrada & Vivian Estrada Sentí.** *Perspectivas del cuadro de mando integral personalizadas para laboratorios de pruebas de software.* Ingeniería Industrial, tomo 36(2):138–150 (2015).

**Caudeli, José Antonio Aparisi, Arturo Giner Fillol & Vicente Mateo Ripoll Feliū.** *Análisis del proceso de implantación de un sistema de gestión estratégica: estudio de caso del cuadro de mando integral en la autoridad portuaria de valencia.* Spanish Journal of Finance and

Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad, tomo 38(142):189–212 (2009).

**Conde, Pagan Elda.** *Diseño de una propuesta de cuadro de mando integral en el centro de estudios contables, financieros y de seguro.* Tesis de Maestría (2006).

**del Pozo Santolaya, Ana.** *Herramientas de inteligencia de negocio* (2016).

**del Valle, Matías García.** *Diseño para fabricación digital: Definición inivóca entre forma y fabricación en arquitectura.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (2016).

**Díaz, Josep Curto.** *Introducción al business intelligence.* Editorial UOC (2012).

**Dobrovič, Jan, M Urbański, P Gallo, E Benková & V Čabinová.** *Balanced scorecard concept as a tool of strategic management and its usage in the construction industry.* Polish Journal of Management Studies, tomo 18 (2018).

**Dávila, Antonio.** *Nuevas herramientas de control: El cuadro de mando integral* (1999).

**Ferrer, M & R Leon.** *El capital intelectual y el cuadro de mando integral.* Gestión del Conocimiento, tomo 4 (2005).

**Gómez, Alveiro Alonso Rosado.** *Inteligencia de negocios: Estado del arte* (2010).

**Hernández, Gilberto González.** *El cuadro de mando integral en la gerencia sepsa cienfuegos.* (2004).

**Hernández Sampieri, Roberto.** *Metodología de la investigación científica.* INTERAMERICANA EDITORES, S.A (2014). ISBN 978-1-4562-2396-0.

**Huanca, Ticona Javier Angel.** *Inteligencia de negocios para la administración de la empresa central electrónica power de la ciudad de juliaca* (2015).

IEEE. Software Requirement Specification (2001).

**Kaplan, Robert S, David P Norton & Adelaida Santapau.** *El cuadro de mando integral* (2009).

**Kimball, Ralph & Joe Caserta.** *The data warehouse ETL toolkit.* John Wiley & Sons (2004).

**Manning.** *Junit in action* (2005).

**Matín, Gil R.** *Diseño e implementación del cuadro de mando integral en el hotel breezes bella costa.* Tesis de Maestría (2008).

**Microsoft.** *Power bi : Interactive data visualization bi tools* (2019). URL [powerbi.microsoft.com](http://powerbi.microsoft.com).

**mondrian.** *Mondrian* (2020). URL <http://mondrian.pentaho.org>.

**Muñoz, Carmen Edith.** *Cuadro de mando integral (balanced scorecard) para la gestión bibliotecaria: pautas para una aplicación* (2009).

**Muñoz, Lilia Jesús Pardillo.** *Definición y validación de medidas para procesos etl en almacenes de datos* (2018).

**Nucci, Sergio.** *Nueva perspectiva del cuadro de mando integral para la gestión de la convivencia y la seguridad ciudadana en el sector público* (2010).

**Oracle.** *Components of oracle bi enterprise edition* (2019). URL <http://www.oracle.com/>.

**Pérez, Moreno Yudisbel.** *Desarrollo de un cuadro de mando integral para el laboratorio industrial de pruebas de software de calisoft.* Tesis de Maestría (2014).

**Quesado, Patrícia Rodrigues, Lúcia Lima Rodrigues & Beatriz Aibar Guzmán.** *Determinantes de la adopción del cuadro de mando integral en organizaciones portuguesas del sector público y privado* (2013).

- Rainardi, Vincent.** Building a Data Warehouse: With Examples in SQL Server (2008).
- Ramírez Pinedo, Jenny Marcela & Cesar Augusto López Duran.** *Diseño e implementación de un aplicativo gerencial de control integrado de gestión a través de una herramienta informática en la empresa cargo handling sa en la ciudad de bogotá dc* (2010).
- Rivera, Dianelys Nogueira, Alberto Medina León & Carlos Nogueira Rivera.** Fundamentos para el control de la gestión empresarial. Editorial Pueblo y Educación (2004).
- Rodríguez, José M.** *Elementos claves para definir el concepto de utilidad en la información financiera.* Actualidad contable FACES, (36):136–150 (2018).
- RUIZ, ARAUJO KAREN.** *Diseño de cuadro de mando integral y metodología de implementación para el proceso de producción en distrago química s.a.* Tesis de Maestría (2014).
- Santos, M C.** *Un análisis de la flexibilidad del cuadro de mando integral en su adaptación a la naturaleza de las organizaciones.* madrid (2006).
- Soler, Gonzales Rafael H.** *El cuadro de mando integral en el cenex.* Tesis de Maestría (2006).
- . *Procedimiento para la implementación del balaced scared como modelo de gestión en las empresas cubanas* (2008).
- Stratebi.** *Comparativa de soluciones de business intelligence open source* (2019). URL [www.stratebi.com](http://www.stratebi.com).
- Tableu.** *Business intelligence open source with tableau* (2019). URL [www.tableu.com](http://www.tableau.com).
- Torres, Rivero F.** *Diseño e implementación del cuadro de mando integral en el hotel sol palmeras.* Tesis de Maestría (2008).
- Victori, N.** *Diseño e implementación parcial del cuadro de mando integral en la Empresa Constructora de Obras de Arquitectura No. 60.* Tesis Doctoral (2009).

**Villa Garnacha, María Eugenia.** *El cuadro de mando integral: concepto, enfoques y perspectivas* (2015).

**Vázquez Romero, Roxana y Sanabria Merino Ginette, Javier E.; León Toirac.** *Aplicaciones del cmi en empresas cubanas. análisis comparativo* (2010).

# 4

## ANEXOS

---

### 4.1 Entrevista de captación de necesidades de información

---

1. ¿Cuál es el objetivo social de la ECME?
2. ¿Cuáles son los principales competidores de la ECME?
3. ¿Cuál es la proyección estratégica de la ECME?
4. ¿Cuál es la estructura de la ECME?
5. ¿Cuáles son los procesos que se llevan a cabo por las áreas mencionadas anteriormente?
6. De los procesos anteriormente mencionados ¿Cuál es el más importante para ustedes?
7. ¿Qué indicadores de rendimiento estudian?
8. ¿Cómo se calculan estos indicadores?
9. Dentro de la información que analizan ¿Qué conceptos tienen mayor peso?
10. ¿Cómo es el sistema de partes de información que se tiene implementado?
11. ¿Qué frecuencia tiene?