

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

Facultad 5

Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos

Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC)

**METODOLOGÍA DE DESARROLLO PARA PROYECTOS DE
ALMACENES DE DATOS**

Trabajo final presentado en opción al título de
Máster en Gestión de Proyectos Informáticos

Autora: Yanisbel González Hernández

Tutores: DrC. Mario González Arencibia

MSc. Asnioby Hernández López

La Habana, Junio del 2013

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por ser lo más grande que la vida me ha dado, por su apoyo en todo momento, su cariño, su amor, por exhortarme siempre a ser mejor, por hacer suyos cada uno de mis logros.

A mi hermana Yanet por ser la mejor de mis amigas y la persona con la que siempre puedo contar, por el cariño y el amor que siempre me brinda.

A mi pequeña hermanita Debi para que siga creciendo inspirada en estudiar y llegar hacer una excelente profesional.

A mi novio Darien, por ser mi amigo y mi confidente, por estar a mi lado día a día, por darme fuerzas cuando me creo vencida, por su amor y su paciencia.

A esos buenos amigos que de forma incondicional me brindaron su ayuda para que pudiera obtener este resultado, Angel, Osdanay, Marianela, Annia, Yeleny y Surayne.

A mis tutores Mario y Asnioby, por prestarme todo su apoyo y fomentar mi espíritu de superación.

A mis compañeros de trabajo que ayudaron en esta tarea constante, gracias por el apoyo.

A todos los que contribuyeron de cualquier manera, muchas gracias.

Declaración Jurada de Autoría

Declaro por este medio que yo Yanisbel González Hernández, con carné de identidad 85100201452, soy la autora principal del trabajo final de maestría “Propuesta de Metodología de Desarrollo de Almacenes de Datos” desarrollada como parte de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Yanisbel González Hernández

RESUMEN

El tema de los Almacenes de Datos (DW) es un área con amplias potencialidades para cualquier institución que requiera del análisis de su funcionamiento para la toma de decisiones estratégicas.

Desde el 2008 el Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC) de la UCI se ha dedicado al desarrollo de este tipo de soluciones. Para guiar la ejecución de los proyectos se hizo necesario adoptar una metodología de desarrollo. El centro decidió optar por la Metodología de Kimball, que posee gran aceptación a nivel internacional. A pesar de las virtudes de la metodología mencionada, esta no permitía una adecuada gestión de los proyectos y no se encuentra alineada al modelo de calidad CMMI, lo cual afecta directamente la calidad del proceso de desarrollo y los objetivos del centro.

Esta investigación propone una Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos creada a partir de un estudio realizado sobre las principales metodologías y tendencias existentes. La metodología permite la incorporación de los principios básicos de la gestión de proyecto al desarrollo de DW y se encuentra alineada al modelo de calidad CMMI en su nivel 2.

Para la validación de la propuesta se realizó un experimento con dos proyectos productivos de DATEC. De esta forma se comprobó de manera no concluyente, que la metodología propuesta contribuye a aumentar la calidad del proceso de desarrollo en proyectos de DW.

PALABRAS CLAVES: *Almacén de Datos, Calidad, CMMI, Gestión del proyecto, Metodología de desarrollo, Proceso de desarrollo.*

ABSTRACT

The topic of Data Warehouses (DW) is a large potential area for any institution that requires its performance analysis for strategic decision making.

Since 2008 the Center of Data Management Technologies (DATEC) of the UCI is dedicated to DW development. To guide the execution of the projects it was necessary to adopt a development methodology. The Center decided to opt for Kimball's methodology, which has wide acceptance internationally. Despite the virtues of the above methodology, this not allows a proper management of projects and is not aligned to CMMI model, which directly affects the quality of the development process and the center's objectives.

This research proposes a Development Methodology for Projects of Data Warehouses based on a study of the main methodologies and trends. The methodology allows incorporate the basic principles of project management to DW development and is aligned to CMMI model at Level 2.

For validation of the proposed methodology an experiment was performed with two DATEC's productive projects. It was conclusively not demonstrated that the proposed methodology helps increase the quality of the development process in DW projects.

KEYWORDS: *Data Warehouses, Quality, CMMI, Development methodology, Development process.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1. Fundamentación teórica	8
Análisis bibliométrico	8
1.1 Almacenes de Datos	8
1.1.1 Características de los DW	9
1.1.2 Representación arquitectónica del DW	9
1.1.3 Modelo Dimensional	10
1.2 Metodologías de desarrollo de DW	10
1.2.1 Enfoques de análisis	11
1.2.2 Metodologías dirigidas por los datos	12
1.2.3 Metodologías dirigidas por los requisitos de usuarios	14
1.2.4 Metodologías compuestas	15
1.2.5 Análisis crítico de las metodologías presentadas	18
1.3 Principales Escuelas de Gestión de Proyectos y Modelos de Calidad	19
1.3.1 International Project Management Association (IPMA)	19
1.3.2 Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)	20
1.3.1 Capability Maturity Model Integration (CMMI)	21
Conclusiones parciales	23
Capítulo 2. Presentación de los elementos que componen la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos	25
2.1 Metodología de Desarrollo de Proyectos de Almacenes de Datos	25
2.2 Ciclo de vida de la metodología	25
2.2.1 Fases	25
2.3 Roles	31
2.4 Artefactos	33
2.4.1 Estructura del Expediente de Proyecto	37
2.5 Herramientas	38
2.5.1 Herramientas de apoyo	38
2.5.2 Herramientas desarrolladas en DAD	39
Conclusiones parciales	39
Capítulo 3. Descripción de los procesos y actividades de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos	40
3.1 Descripción de los procesos del flujo de trabajo de Gestión del Proyecto	40
3.2 Descripción de las actividades de las fases de la metodología	46
Conclusiones parciales	51
Capítulo 4. Análisis de los resultados de la investigación	53
4.1 Centro de Tecnologías de Gestión de Datos	53
4.1.1 Departamento de Almacenes de Datos	53
4.2 Características del Grupo Experimental: Proyecto A	54
4.3 Características del Grupo de Control: Proyecto B	54
4.4 Análisis comparativo	55
4.5 Análisis de la variable independiente: Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos	56
4.6 Presentación de los resultados del experimento	58
4.7 Análisis del impacto social y económico de la metodología	67
Conclusiones parciales	68
CONCLUSIONES GENERALES	69
RECOMENDACIONES	70

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arquitectura general de subsistemas de un DW	9
Figura 2: Ciclo de vida de la Metodología de Kimball	17
Figura 3: Ciclo de vida de la metodología	26
Figura 4: Grupos de trabajo de la metodología.....	32
Figura 5: Estructura del Expediente de Proyecto	38
Figura 6: Departamentos de DATEC	53
Figura 7: Cantidad de áreas de procesos y áreas de conocimiento presentes en la metodología	57
Figura 8: Cantidad de procesos incluidos y modificados en la metodología.....	57
Figura 9: Cantidad de aspectos relacionados con el desarrollo de DW	57
Figura 10: Cantidad de estudiantes y especialistas entrevistados por proyecto	
Figura 11: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de procesos: Proyecto A	59
Figura 12: Porcentaje de adherencia a los procesos y productos: Proyecto A	60
Figura 13: Índice de cumplimiento de las áreas de procesos: Proyecto A	60
Figura 14: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de procesos: Proyecto B.....	61
Figura 15: Índice de cumplimiento de las áreas de procesos: Proyecto B	62
Figura 16: Cantidad de estudiantes y especialistas entrevistados por proyecto.....	63
Figura 17: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de conocimiento: Proyecto A.....	63
Figura 18: Cantidad de aspectos según su evaluación por áreas de conocimiento: Proyecto A.....	64
Figura 19: Porcentaje de adherencia a los procesos y productos: Proyecto A	64
Figura 20: Índice de cumplimiento de las áreas de conocimiento: Proyecto A.....	65
Figura 21: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de conocimiento: Proyecto B	66
Figura 22: Cantidad de aspectos según su evaluación por áreas de conocimiento: Proyecto B	66
Figura 23: Índice de cumplimiento de las áreas de conocimiento: Proyecto B.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación entre los enfoques de análisis.....	12
Tabla 2: Roles por grupos de trabajo.....	33
Tabla 3: Procesos del flujo de trabajo de Gestión del Proyecto de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de DW.....	40
Tabla 4: Comparación entre las características de los Proyectos A y B	55
Tabla 5: Cursos del servicio de capacitación	68

INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas las organizaciones han buscado en el almacenamiento de datos de sus sistemas operacionales soluciones que les ayuden a satisfacer sus necesidades a la hora de tomar decisiones de negocio. El nivel competitivo alcanzado en las empresas, les exige desarrollar nuevas estrategias de gestión de la información, lo que constituye uno de sus recursos más valiosos. En la actualidad las organizaciones almacenan electrónicamente datos de todos sus procesos de negocio permitiendo la gestión y administración de los mismos. Sin embargo, esta enorme y creciente cantidad de datos no se suele corresponder con una mayor accesibilidad a la información de utilidad para la organización (Torres et al. 2003).

Reflejar tendencias, evoluciones, hechos históricos en el negocio y posibilidades futuras, son algo que la alta dirección de las instituciones o empresas debe manejar de forma habitual. Para ello, desde hace algunos años se han venido desarrollando un grupo de herramientas denominadas "ayudas a la toma de decisiones" (Sanz 2010). Estas herramientas no suelen trabajar directamente con los datos almacenados en los sistemas transaccionales (*On Line Transaction Processing - OLTP*) que poseen modelos de datos complejos. Aunque los Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD) relacionales, han sido muy beneficiosos para los usuarios, nunca han sido diseñados para proporcionar funciones potentes de síntesis, análisis y consolidación de datos (Codd 1990). Ante esta dificultad surgen los almacenes de datos (*Data Warehouse - DW*).

Con los DW se integra y se facilita el acceso a la información eliminando aquellos datos que obstaculizan la labor de análisis y entregando la información que se requiere en la forma más apropiada (Murtaza 2000). Desde su surgimiento a mediados de la década del 80 del siglo pasado; han venido madurando y alcanzando un lugar cimero entre los sistemas destinados al análisis de información histórica. Es una poderosa herramienta para la recuperación efectiva de reportes con grandes volúmenes de datos, sirviendo como base para la toma de decisiones estratégicas en el mundo empresarial. En los últimos 20 años, se han venido estandarizando y se consideran una tecnología madura, aunque en continua evolución.

El Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC) de la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI), creado en el 2008 originalmente con el nombre de CENTALAD tomando en el 2010 su nombre actual, tiene como misión fundamental desarrollar productos y brindar servicios relacionados con las Bases de Datos y Análisis de Datos. El centro posee un Departamento de Almacenes de Datos (DAD) dedicado al desarrollo de proyectos de DW y aplicación de técnicas de Inteligencia de Negocio (*Business Intelligence - BI*).

A pesar de la experiencia con que ya cuenta la UCI en el desarrollo de software, en los momentos en que fue creado DAD, era muy poco lo que se conocía sobre los desarrollos de DW, solamente se había desarrollado una solución de almacén de datos, perteneciente al Proyecto Sistema de Información Nacional de Seguridad Ciudadana (SINSEC), exactamente el subproyecto Centro de Tratamiento y Análisis de Información de Seguridad Ciudadana (CTAISC) (López et al. 2008).

Con la creación del departamento aparecieron un gran número de proyectos debido a las grandes posibilidades que ofrecen este tipo de soluciones para cualquier organización. Esto trajo consigo la necesidad de organizar el modo de producción para cumplir con los compromisos establecidos. Se realizó por parte de los especialistas de DAD, un estudio de las principales tendencias y

metodologías de desarrollo de DW para identificar una metodología que guiara la ejecución de los proyectos en el departamento. Se revisaron algunas de las más conocidas como son: la Metodología de Bill Inmon (Inmon 2005), Hefesto (Bernabeu 2010) y la Metodología de Kimball (Kimball et al. 1998). Finalmente se decidió optar por la Metodología de Kimball.

Con el uso de la referida metodología se evidenciaron algunos problemas que entorpecían su adecuada implementación y su generalización en todos los proyectos del departamento:

- Escasa cantidad de recursos humanos para cubrir los roles propuestos en cada uno de los proyectos.
- Poca claridad de las responsabilidades que posee cada rol dentro del proyecto.
- Gran dificultad para generar los artefactos propuestos por Kimball debido a que la mayoría de las herramientas que facilitan su elaboración son propietarias.
- Excesiva cantidad de documentación y enfocada mayormente al enfoque empresarial.
- No se ha descrito como debe integrarse con las buenas prácticas de gestión de proyectos, a sus efectos se han incorporado actividades parcialmente descritas, pertenecientes a los grupos de procesos de planificación y cierre.

En el 2009 se comenzó a trabajar en dos proyectos nacionales significativos; Sistema de Información de Gobierno (SIGOB) con la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) y Sala Situacional UCI con la vicerrectoría de la UCI, con aproximadamente 40 y 15 áreas de negocio respectivamente. Para el 2010 se firmaron contratos asociados a dos proyectos de exportación con la hermana República de Venezuela; Solución Tecnológica de Integración de Soluciones Informáticas para el Ministerio del Poder Popular para las Relaciones Interiores y de Justicia (MPPRIJ), y Solución Tecnológica Integral para el Sistema de Gestión del Ministerio del Poder Popular de la Comunicación y la Información (MPPCI).

Un análisis de los proyectos tanto en ejecución como cerrados, arroja un conjunto de problemas concretos que afectan el proceso de desarrollo del proyecto, entre los que se destacan:

- Documentación innecesaria y con escasa calidad.
- Poca credibilidad en los cronogramas del proyecto, compuestos por actividades muy generales que no pueden ser medibles a partir de resultados tangibles lo que dificulta su control.
- Ineficiente comunicación con los involucrados.
- Cambios frecuentes en los requisitos del producto y del proyecto, provocando desviaciones considerables en la línea base del proyecto.
- Se identifican correctamente los procesos asociados a la construcción del DW, pero se ignoran los procesos de gestión.
- Insuficiente aplicación y documentación de los procesos asociados a la gestión del proyecto.
- No se tiene un criterio de medida basado en hechos a la hora de estimar la duración y los recursos necesarios para ejecutar el proyecto.
- No se documentan los incidentes del proyecto como práctica habitual.
- La gestión del proyecto se realiza como una tarea aislada y de manera empírica.

De forma general esto provoca desorganización, duplicación de esfuerzos y de información, inadecuada planificación del proyecto y productos sin la calidad necesaria, evidenciándose un ineficiente control del proceso de desarrollo.

Por otra parte, en el 2008 la UCI decidió adoptar procesos para el desarrollo de aplicaciones informáticas a nivel de la organización, con el propósito de asegurar la calidad de sus productos y ganar en competitividad. Después de la revisión de varios estándares y modelos como la ISO, Moprosoft, CMMI y MPS.br, y de estudiar las características de cada uno, se apostó por la utilización de CMMI-DEV (*Capability Maturity Model Integration for Development*) versión 1.2 y en su representación escalonada el nivel 2 (Blanco et al. 2011).

Para la implementación del modelo, la UCI propuso un Programa de Mejora de sus procesos con la contratación de los servicios de consultoría del SIE Center (*Software Industry Excellence Center*) del Tecnológico de Monterrey. El Programa de Mejora está encaminado a que los Centros de Producción de Software de la UCI alcancen una certificación internacional del nivel 2 del modelo CMMI, por lo que se decidió que fuera aplicado paulatinamente por todos los centros. Esto requiere realizar una adaptación de los procesos productivos desarrollados por cada departamento, ajustándolos a la correcta aplicación de las buenas prácticas asociadas a las áreas de procesos definidas por CMMI en su nivel 2.

En DAD la aplicación de los procesos y guías establecidos en el Programa de Mejora es más difícil, debido a que algunas tareas identificadas no se ajustan completamente al desarrollo de soluciones de DW. Además el expediente de proyecto propuesto para documentar el proceso de desarrollo y el producto, tampoco satisface las necesidades de documentación de este tipo de soluciones.

Teniendo en cuenta que el número de proyectos contratados por DATEC sigue aumentando considerablemente se hace necesario resolver los problemas antes mencionados para garantizar la ejecución exitosa de los proyectos.

Planteamiento del problema científico de la investigación

Descrita la situación existente, se define como problema de la investigación: ¿Cómo realizar un proceso de desarrollo de proyectos de almacenes de datos que permita la gestión adecuada del proyecto y alineado al modelo de calidad CMMI en su nivel 2?

Objeto de estudio

El objeto de estudio se centra en el proceso de desarrollo de proyectos de almacenes de datos.

Objetivo de la investigación

Para dar solución al problema antes mencionado se define como objetivo general: Desarrollar una Metodología de Desarrollo para Proyecto de Almacenes de Datos que contemple los principios básicos de la gestión de proyectos y alineada al modelo de calidad CMMI en su nivel 2.

Objetivo específicos

1. Analizar las principales metodologías de desarrollo de almacenes de datos y las escuelas más importantes de la gestión de proyectos.
2. Definir las fases, roles, artefactos, herramientas y actividades que conforman la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos.

3. Validar la metodología definida a partir de su aplicación en proyectos reales de desarrollo de almacenes de datos desarrollados en DATEC.

Tareas de investigación

1. Caracterización del entorno de desarrollo de los almacenes de datos, principales metodologías de desarrollo.
2. Caracterización de las principales escuelas de gestión de proyectos.
3. Identificación de las fases, roles, artefactos y herramientas de la metodología.
4. Descripción de los procesos y actividades del ciclo de vida de la metodología.
5. Aplicación de encuestas, entrevistas y listas de chequeo para recolectar información acerca de la aplicación de la metodología en proyectos productivos desarrollados por DATEC.
6. Análisis y presentación de los resultados para evaluar las ventajas del uso de la metodología.

Campo de acción

Se especifica como campo de acción la gestión de proyectos de almacenes de datos.

Tipo de investigación

La investigación a realizar será de tipo explicativa.

Hipótesis

La utilización de una Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos que contemple los principios de gestión de proyectos enunciados en la Guía del PMBOK y alineada al modelo de calidad CMMI en su nivel 2, permitirá aumentar la calidad del proceso de desarrollo.

Operacionalización de las variables

Variable independiente: Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos.

Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
Complejidad de la metodología	Cantidad de áreas del conocimiento de la gestión de proyectos consideradas en la metodología	Alto (+ de 7) Medio (4 a 7) Bajo (- de 4)
	Cantidad de áreas de procesos de CMMI nivel 2 consideradas en la metodología	Alto (+ de 5) Medio (3 a 5) Bajo (- de 3)
Adaptabilidad al desarrollo de DW	Cantidad de aspectos del desarrollo de DW considerados en la metodología	Alto (+ de la mitad) Bajo (- de la mitad)

Variable dependiente: Calidad del proceso de desarrollo.

Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
Enfoque de la Guía del PMBOK	Porcentaje de adherencia a los procesos	Alto (+ del 70%) Medio (40% a 70%) Bajo (- del 40%)
	Porcentaje de adherencia a los productos	Alto (+ del 70%) Medio (40% a 70%) Bajo (- del 40%)
	Índice de cumplimiento de las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos	Alto (+ de 0,7) Medio (0,40 a 0,70) Bajo (- de 0,40)

Enfoque de CMMI nivel 2	Porcentaje de adherencia a los procesos	Alto (+ del 70%) Medio (40% a 70%) Bajo (- del 40%)
	Porcentaje de adherencia a los productos	Alto (+ del 70%) Medio (40% a 70%) Bajo (- del 40%)
	Índice de cumplimiento de las áreas de procesos de CMMI en su nivel 2	Alto (+ de 0,7) Medio (0,40 a 0,70) Bajo (- de 0,40)

Muestreo

Población: La población seleccionada para la presente investigación es la totalidad de proyectos de desarrollo de almacenes de datos de DATEC, que se encuentran en ejecución.

Muestra: Dos proyectos de desarrollo de almacenes de datos que representan el 40 % de la población, seleccionada mediante el método no probabilístico.

Diseño de investigación

Debido a que los componentes de la muestra son proyectos de desarrollo de almacenes de datos con características diferentes y no puede ser establecida su equivalencia, en la investigación se trabaja con grupos intactos.

Se instrumentó un diseño cuasiexperimental donde se manipula la variable independiente en el nivel mínimo: presencia-ausencia. La metodología, definida como variable independiente, se aplica a un proyecto que constituye el grupo experimental y no se aplica al proyecto identificado como grupo de control.

Los dos proyectos son comparados en la postprueba para analizar si la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos (variable independiente) tuvo efectos sobre la calidad del proceso de desarrollo (variable dependiente).

Al no existir suficientes datos para la aplicación de pruebas estadísticas de rigor, la estrategia seguida por la presente investigación es el Estudio de Casos, para lo cual se seleccionó al Departamento de Almacenes de Datos (DAD) del Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC).

Métodos y herramientas de medición

En la investigación se utilizó el método histórico lógico para la revisión de las principales tendencias y metodologías existentes para el desarrollo de DW y la gestión de proyectos de software, analizando sus características. Además se utilizó el método hipotético deductivo analizando el problema como un todo, revisando los aspectos más generales para después descomponerlos en elementos particulares. También se utilizó el método analítico-sintético al descomponer el problema de la investigación en elementos por separado y profundizar en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en la solución de la propuesta.

Para la medición se utilizaron listas de chequeos o de verificación, que permiten evaluar la aplicación de los procesos asociados a las áreas del conocimiento de la gestión de proyectos propuestas por la Guía del PMBOK y a las áreas de procesos del nivel 2 de CMMI, en los proyectos incluidos en el experimento. Se realizaron entrevistas dirigidas a miembros del equipo del proyecto, guiadas por cuestionarios elaborados previamente con preguntas abiertas y cerradas.

Otro método utilizado fue la revisión de documentación para obtener información de los procesos de desarrollo ejecutados y documentados formalmente.

Aporte teórico y práctico de la investigación

La presente investigación define concretamente un conjunto de fases, roles, artefactos, herramientas y actividades que guiarán el proceso de desarrollo de proyectos de almacenes de datos en el centro DATEC. El nivel de detalle que presenta la metodología facilita su utilización por especialista de poca experiencia en el área. En particular profundiza en cómo elevar la calidad del proceso de desarrollo a partir de una adecuada gestión del proyecto y la utilización del modelo de calidad CMMI en su nivel 2. Esto facilita el cumplimiento de los compromisos establecidos por el centro y aumenta el potencial de éxito de los proyectos.

Novedad Científica

La novedad científica consiste en la creación de una Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos aplicable a entornos de diferente naturaleza y composición, que permite una gestión adecuada de los proyectos y alineada al modelo de calidad CMMI en su nivel 2.

Listado de publicaciones, eventos y avales de la investigación

1. González Hernández, Yanisbel; Medina Rodríguez, Mabel; MSC. Hernández López, Asnioby. (2010) Metodología para el desarrollo de Soluciones de Almacenes de Datos e Inteligencia de Negocio en CENTALAD. Conferencia Científica UCIENCIA 2010.
2. González Hernández, Yanisbel; Medina Rodríguez, Mabel; Iznaga González, Yonelbys. (2010) Propuesta de Arquitectura para Almacenes de Datos. Conferencia Científica UCIENCIA 2010.
3. González Hernández, Yanisbel. (2012) Propuesta de Metodología para el desarrollo de Almacenes de Datos en DATEC. Conferencia Científica UCIENCIA 2010.
4. González Hernández, Yanisbel. (2013) Propuesta de Metodología de Desarrollo de Almacenes de Datos. VI Taller Internacional de Calidad en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. CALIDAD 2013, XV Convención y Feria Internacional Informática 2013.
5. González Hernández, Yanisbel. (2011) Datamart “Mercado de Datos Comercio Interior” v 1.0. Número de Registro: 2211-2011. CENDA.
6. González Hernández, Yanisbel. (2013) Datamart “Mercado de datos Series históricas de accidentes de tránsito para el Sistema de Información de Gobierno” v 1.0. Número de Registro: 652-2013. CENDA.
7. González Hernández, Yanisbel. (2012) Aval de participación en el Proyecto Nacional Priorizado: SISTEMA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA LA COMISIÓN ELECTORAL NACIONAL.
8. González Hernández, Yanisbel. (2012) Aval de participación en el Proyecto de Exportación: SOLUCIÓN TECNOLÓGICA INTEGRAL DE INTEGRACIÓN DE SOLUCIONES INFORMÁTICAS PARA EL MPPRIJ FASE I DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.

Estructura capitular

El documento consta de cuatro capítulos:

Capítulo 1. Fundamentación teórica: Presenta las características de los almacenes de datos y ofrece un estudio de las principales tendencias y enfoques utilizados para su desarrollo haciendo un análisis crítico de los mismos a partir de la evaluación de sus ventajas y desventajas. Se hace un análisis de las principales metodologías para el desarrollo de almacenes de datos existentes y se selecciona un entorno de desarrollo base como guía para la definición de la metodología presentada en la presente investigación. A continuación se exponen las metodologías y tendencias más actuales de la gestión de proyectos evaluando sus ventajas y desventajas.

Capítulo 2. Presentación de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos: Describe la metodología propuesta especificando cada una de las fases, roles, artefactos, herramientas y actividades que presenta.

Capítulo 3. Descripción de los procesos y actividades de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos: Describe los procesos del flujo de Gestión del Proyecto y las actividades que se realizan en cada fase del ciclo de vida de la metodología.

Capítulo 4. Análisis de los resultados de la investigación: Presenta el análisis de los resultados obtenidos y los instrumentos utilizados para su validación.

Además se incluyen conclusiones y recomendaciones finales así como un conjunto de anexos.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

En el presente capítulo se enuncian las características de los almacenes de datos y se hace un estudio de los principales enfoques y metodologías existentes para el desarrollo de este tipo de soluciones, analizando las ventajas y desventajas de su uso. Se analizan además los principales modelos de gestión de proyecto que pueden ser considerados en la propuesta incluyendo el modelo CMMI en su nivel 2 que debe ser contemplado en la elaboración de la metodología.

Análisis bibliométrico

	Últimos 5 años	Años Anteriores
Libros y monografías	7	8
Tesis de doctorado	1	0
Tesis de maestría	2	0
Tesis de grado	2	0
Artículos de revistas indexadas	4	2
Artículos publicados en la web	9	4
Reportes técnicos y conferencias	8	7
Multimedias publicadas en el Web	0	1
Paginas Web	5	0

1.1 Almacenes de Datos

Los Almacenes de Datos (*Data Warehouse - DW*) surgen a principios de la década del 90 como parte de los Sistemas de Soporte a la Decisión (*Decision Support Systems - DSS*). Existen varios conceptos para definir a los DW, destacándose las definiciones dadas por los principales precursores de esta disciplina a nivel mundial.

Ralph Kimball¹ define los DW como "una copia de los datos de transacciones estructuradas de manera específica para la consulta y análisis". También los define como "la unión de todos los mercados de datos de una entidad", donde los Mercados de Datos (*Data Mart - DM*) son un repositorio de información, similar a un DW, pero orientado a un área o departamento específico de la organización (Kimball et al. 2008).

Los DM se caracterizan por tener:

- ✓ Un número de usuarios limitados.
- ✓ Información de un área específica de la organización.
- ✓ Mejores tiempos de respuestas al usuario final.
- ✓ Fácil acceso a los datos que se utilizan con frecuencia.

Por su parte Bill Inmon² define los DW como "una recopilación de datos temáticos, integrados, no volátiles y con historial para la toma de decisiones" (Inmon 2005).

Teniendo en cuenta la definición dada por Inmon se pueden determinar las características de los DW.

¹Ralp Kimball: Especialista reconocido a nivel mundial en el diseño de Data Warehouse (DW) y creador del enfoque Multidimensional.

²Bill Inmon: Creador del término DW y considerado como el padre de la disciplina.

1.1.1 Características de los DW

Los DW presentan un grupo de características para el almacenamiento de los datos (Inmon 2005). Estas son:

- **Orientado a temas:** Los datos en la base de datos (BD) están organizados de manera que todos los elementos de datos relativos al mismo evento u objeto del mundo real queden unidos entre sí.
- **Integrado:** La BD contiene los datos de los sistemas operacionales de la organización, y dichos datos deben ser consistentes.
- **No volátil:** La información no se modifica ni se elimina, se mantiene para futuras consultas.
- **Variante en el tiempo:** Los cambios producidos en los datos a lo largo del tiempo quedan registrados para que los informes que se puedan generar reflejen esas variaciones.

Las soluciones de DW presentan una arquitectura de sistemas genérica donde se incluyen todos los procesos que se realizan para la construcción de un DW.

1.1.2 Representación arquitectónica del DW

La arquitectura del DW describe todo el flujo de datos, desde que son extraídos de los sistemas fuentes, hasta su preparación para ser utilizados por los clientes del negocio y está compuesta por tres subsistemas (Ver figura 1).

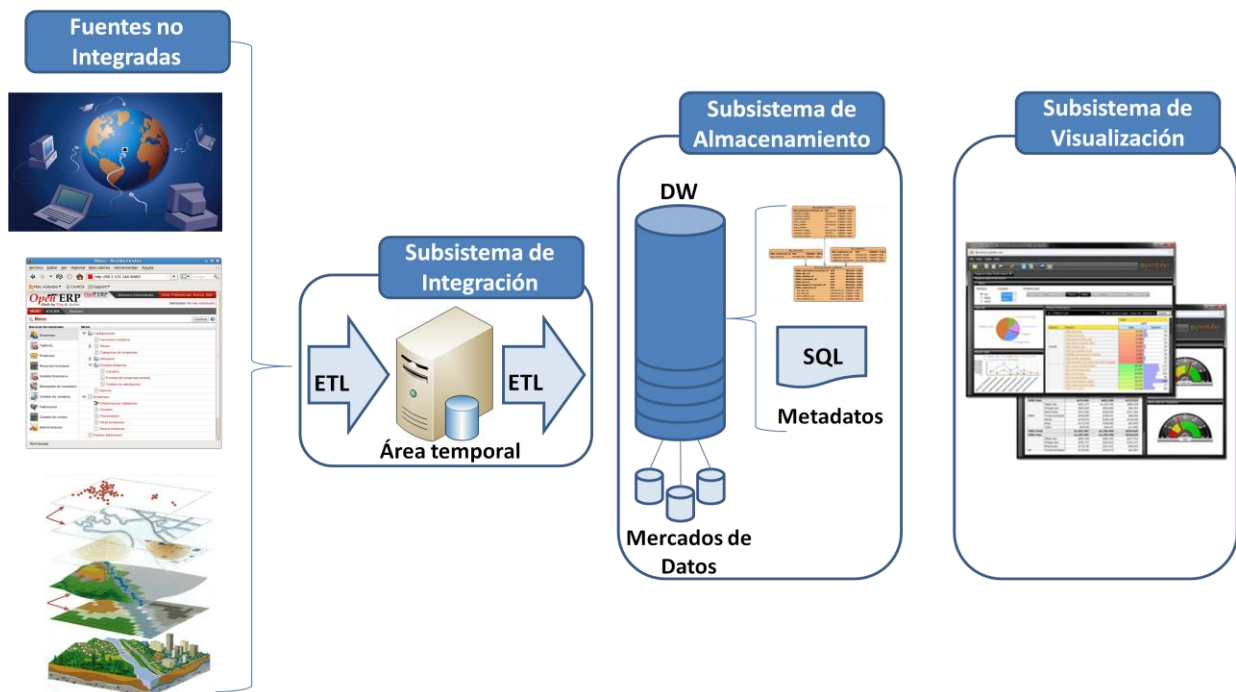


Figura 1: Arquitectura general de subsistemas de un DW (Elaboración propia)

Subsistema de integración de datos: Es donde se realizan los procesos de Extracción Transformación y Carga (*Extraction, Transformation and Load* - ETL). Es la capa encargada de conectarse a las fuentes de datos y extraer la información que nutrirá el DW, realizar las transformaciones necesarias y finalmente carga la información en el Repositorio de Datos.

Subsistema de almacenamiento: Es el núcleo principal de la solución, son las estructuras de datos que soportan el almacenamiento de la información para que pueda ser consultada.

Subsistema de visualización de información: Es la capa que presenta la información al usuario final para su análisis. Los usuarios realizan este análisis por medio de herramientas de Procesamiento Analítico en Línea (*On Line Analytical Processing* - OLAP) y de técnicas de Inteligencia de Negocio (*Business Intelligence* - BI) que permiten explorar los datos almacenados y obtener conocimiento a partir de ellos.

Debido a que las herramientas OLAP utilizadas para la explotación de los datos del DW siguen una perspectiva multidimensional, las metodologías de modelado que se han desarrollado para el diseño de DW han adoptado también esta perspectiva, y por ello se habla de Modelado Multidimensional o Modelo Dimensional.

1.1.3 Modelo Dimensional

Un modelo de datos, es un conjunto de conceptos (constructores) utilizados para describir la estructura de una base de datos, los modelos de datos se clasifican en: modelos conceptuales, modelos lógicos y modelos físicos.

Los DW suelen construirse a partir de un modelo dimensional, debido a la necesidad de procesamiento rápido de datos. Estos modelos son tolerables a cierta redundancia en los datos y mantienen una estructura des-normalizada, lo que facilita la obtención de mejores tiempos de respuesta en la presentación de reportes analíticos. El diseño de un DW, sigue las mismas fases que el diseño de una base de datos operacional: conceptual, lógico y físico.

En el nivel conceptual y lógico se sigue un modelado multidimensional teniendo en cuenta los diferentes tipos de modelados de DW que existen (esquema estrella, copo de nieve o constelación de hechos) y en el nivel físico un modelado dependiente de la tecnología utilizada, ROLAP (relacional), MOLAP (multidimensional), HOLAP (un híbrido entre MOLAP y ROLAP) dependiendo del gestor de bases de datos comercial que soporta la implementación.

El modelo dimensional se basa en la dualidad hecho-dimensión, un hecho representa una actividad objeto de análisis, actividad que está caracterizada por un conjunto de dimensiones. En un esquema multidimensional se representa un hecho y las dimensiones que lo caracterizan (Zepeda Sánchez 2008).

Se entiende por dimensión el eje de análisis por el que se desea categorizar la información. Las dimensiones son aristas de análisis del negocio. Una dimensión posee atributos que pueden estar organizados en una o varias jerarquías, las cuales representan dependencias entre los atributos.

Los hechos son las variables de negocio sobre los que se va a realizar operaciones de agregación para analizar la evolución del área o departamento que se estudie. Un hecho posee medidas, estas son: las variables cualitativas que se almacenan en los hechos y constituyen la base para la obtención de los indicadores de análisis que respaldan la toma de decisiones. (Rubia 2009)

Presentados los conceptos fundamentales relacionados con los almacenes de datos se hace necesario realizar un estudio de las principales tendencias y metodologías utilizadas para el desarrollo de almacenes de datos.

1.2 Metodologías de desarrollo de DW

En los últimos años se han propuesto distintas metodologías de desarrollo de DW. La mayoría de ellas se basan en los enfoques de diseño que existen para la construcción de DW, el enfoque

descendente (*top-down*) y el ascendente (*bottom-up*). El enfoque *top-down* se adapta a la visión de Bill Inmon, este considera que los pequeños almacenes departamentales o DM, se nutrirán del DW. Propone la creación de un repositorio de datos corporativo como fuente de información consolidada, consistente e histórica. Al ser construido descendentemente los DM se nutren del DW corporativo, convirtiéndose en un complejo empresarial de bases de datos relacionales.

Sin embargo, este enfoque, se contrapone con el enfoque *bottom-up* que defienden otros autores como Ralph Kimball. Este plantea que el DW se compone por el conglomerado de todos los DM generados en una empresa y la información siempre se almacena en un modelo dimensional. La idea es construir DM independientes para evaluar las ventajas del nuevo sistema a medida que se avanza en su construcción. En él, las partes individuales se diseñan con detalle y luego se enlazan para formar componentes más grandes, que a su vez se enlazan hasta que se forma el sistema completo.

En algunos casos, las metodologías de desarrollo de DW son extensiones de las metodologías clásicas para bases de datos, en otros casos se ha adoptado un enfoque completamente nuevo. Las propuestas metodológicas pueden clasificarse en varios grupos; según el enfoque de análisis que utilizan para identificar las necesidades de información o el criterio de diseño utilizado para obtener el esquema conceptual del DW.

1.2.1 Enfoques de análisis

Existen diferentes enfoques de análisis para identificar las necesidades de información que deberá cubrir el DW.

- ✓ Análisis guiado por metas u objetivos: Centra todo el análisis en los objetivos estratégicos del negocio, sus procesos y características medibles. Los máximos implicados son los directivos de las entidades clientes, pueden ser gerentes, directores generales, entre otros.
- ✓ Análisis guiado por los usuarios: Centra el análisis en las necesidades de información que cubren las expectativas de los usuarios del negocio según sus funciones en la organización. Los máximos implicados son los usuarios del negocio, pueden ser secretarios, administradores de procesos, analistas del negocio, entre otros.
- ✓ Análisis guiado por los datos: Centra todo el análisis en las fuentes de datos operacionales con el fin de identificar todos los datos disponibles, por lo que la vinculación de los usuarios del negocio es bien limitada. Los máximos implicados son los expertos en las fuentes de datos, pueden ser administradores de BD, desarrolladores de los sistemas fuentes, entre otros. (Golfarelli 2008)

Cuando se aplica el análisis guiado por metas se corre el riesgo de que el almacén cubra solo las necesidades de una minoría, no siempre los directivos de más alto nivel se encuentran identificados con los procesos claves del negocio y solo tienen una idea general de los elementos más significativos. Además si los objetivos de la organización no están bien establecidos y sus indicadores medibles bien identificados, el desarrollo podría prolongarse indefinidamente. Sin embargo este criterio puede ser muy útil para delimitar el alcance del desarrollo de un DW.

Por su parte el análisis guiado por los usuarios permite aterrizar las necesidades de información a los problemas prácticos de análisis que afectan a los usuarios del negocio, máximo responsables de ejecutar los procesos de la organización. Por último y no menos importante, el análisis guiado por datos permite definir con seguridad necesidades de información que pueden ser cubiertas

según la disponibilidad de los datos en los sistemas operacionales, esto puede ser muy útil cuando no se cuenta con usuarios del negocio a los que se pueda entrevistar. El estudio de los datos contenidos en los sistemas fuentes puede dar una visión de los análisis fundamentales que necesita realizar la organización para medir el funcionamiento de sus áreas, aun así es importante destacar que los análisis guiados por datos no son recomendados, deben usarse como complemento pero nunca como única opción. La siguiente tabla muestra una comparación entre los tres enfoques.

Tabla 1: Comparación entre los enfoques de análisis (Bruckner et al. 2001; Golfarelli 2008; List et al. 2002)

	Guiado por los datos	Guiado por los usuarios	Guiado por los objetivos
Enfoque básico	<i>Bottom-up</i>	<i>Bottom-up</i>	<i>Top-down</i>
Usuarios involucrados	Bajo: administradores de base de datos	Alto: usuarios del negocio	Alto: alta gerencia
Restricciones.	Existencia de un nivel reconciliado de datos	Los usuarios del negocio deben tener buen conocimiento de los procesos y la organización de la compañía	Voluntad de la alta gerencia de participar en el proceso de diseño
Fortalezas	La disponibilidad de datos es asegurada	Aumenta la aceptación del sistema	Maximiza la probabilidad de una correcta identificación de KPI relevantes
Riesgos	El esquema multidimensional no se ajusta a los requerimientos del negocio	Rápida obsolescencia del esquema multidimensional debido a los cambios de los usuarios del negocio	Dificultades en el apoyo de la alta dirección en la traducción de la estrategia de negocio en Indicadores claves de desempeño (<i>Key Performance Indicators –KPIs</i>) calificables
Enfoque del nivel organizacional	Operacional y táctico	Depende del nivel de los usuarios entrevistados, típicamente táctico	Estratégico y táctico
Habilidades del grupo de proyecto	Diseñadores de DW	Moderadores, Diseñadores de DW	Moderadores, Economistas, Diseñadores de DW
Riesgo de obsolescencia	Bajo	Alto	Bajo
Numero de sistemas origen.	Bajo	Moderado	Alto
Costos	Bajo	Alto	Alto

Alrededor de estos enfoques se han desarrollado varias propuestas de metodologías de diseño de DW.

1.2.2 Metodologías dirigidas por los datos

El objetivo de las metodologías dirigidas por datos es obtener el esquema conceptual del DW a partir de la descripción de las bases de datos operacionales de la organización.

Metodología de Inmon: Esta metodología la definió su autor en el año 1992 en el libro “Building the Data Warehouse” (Inmon 2005), donde propone los mecanismos necesarios para llevar a cabo la correcta realización de un DW. A Inmon se le asocia con los DW a nivel empresarial, que involucran desde un inicio todo el ámbito corporativo, sin centrarse en un área específica hasta después de haber terminado completamente el diseño del DW. En su filosofía, un DM es sólo una de las capas del DW y los DM son dependientes del depósito central de datos o DW Corporativo y

por lo tanto se construyen después de él. Inmon es defensor de utilizar el modelo relacional para el ambiente para el diseño del DW Corporativo, él afirma, que la creación de una base de datos relacional con una ligera normalización, es la base de los DM, o lo que es lo mismo, a partir de los esquemas relacionales, a los que se les irán añadiendo complejidad, se obtendrán finalmente los DM.

Multidimensional Fact Model (DFM): Golfarelli, M. y Dario, M. (Golfarelli et al. 1998) proponen el modelo DFM, el cual permite hacer una representación de los hechos y dimensiones con una notación gráfica propia, además proponen una metodología semiautomática para obtener un esquema multidimensional a partir de un diagrama Entidad - Relación (ER). Un esquema en DFM se define como una colección de esquemas de hechos, cuyos elementos básicos son los hechos, los atributos, las dimensiones y las jerarquías. Otros elementos que pueden ser representados en el esquema de hechos son las propiedades de aditividad entre las medidas y las dimensiones.

Modelo Multidimensional (MD): Cabibbo y Torlone (Cabibbo and R 1998) proponen el método de diseño MD, que definen como un modelo lógico para sistemas OLAP, sin embargo los autores mencionan que es independiente de cualquier implementación, por lo que lo ubican en el nivel conceptual. El método de diseño que proponen construye un esquema MD a partir de una base de datos operacional existente, el esquema MD consiste de un conjunto finito de dimensiones y F-Tablas (hechos), donde las dimensiones son categorías sintácticas que permiten especificar múltiples caminos para la búsqueda de información y cada dimensión se organiza en una jerarquía de niveles correspondientes. Un nivel puede tener descriptores asociados a él. Dentro de las dimensiones, los valores de diferentes niveles son relacionados a través de funciones *roll-up* y *drill-down*. Las F-Tablas son funciones de coordenadas simbólicas (definidas sobre una combinación particular de niveles), a medidas que son usadas para representar datos.

Algoritmo para obtener esquemas multidimensionales: Cassandra y Karen (Phipps and K 2002) presentan un algoritmo para obtener un conjunto de esquemas multidimensionales a partir de las bases de datos operacionales. El algoritmo sigue los siguientes pasos:

1. Encontrar las entidades con atributos numéricos y crear un nodo de hechos por cada entidad identificada.
2. Asociar a cada nodo de hechos los atributos numéricos de la entidad.
3. Crear niveles de fecha o tiempo por cada tabla de hechos.
4. Crear un nivel (en la dimensión) que contenga los atributos restantes de una entidad (no numérico, no llave y no tipo fecha).
5. Examinar de manera recursiva las relaciones entre las entidades para agregar niveles a cada dimensión.

Análisis de propiedades

El inconveniente fundamental de la utilización de las metodologías guiadas por datos es que dependen en su totalidad de los sistemas fuentes y el diseño dimensional se encuentra sujeto a las características de las bases de datos operacionales. Por tal motivo estas metodologías presentan restricciones de diseño a la hora de representar jerarquías, propiedades de aditividad y relaciones especiales como son las relaciones de muchos a muchos. Además las herramientas que proponen son en su mayoría propietarias.

Por otra parte estas metodologías están concebidas para la construcción del DW y no para el desarrollo integral del proyecto por lo que no incluyen actividades ni procesos asociados a la gestión del proyecto.

1.2.3 Metodologías dirigidas por los requisitos de usuarios

Las metodologías dirigidas por procesos derivan el esquema conceptual del DW a partir de los requisitos de usuario.

Metodología para la elicitación de requisitos: En (Mazón et al. 2005) se propone una metodología para la elicitación de requisitos compuesta por tres fases:

1. Identificación de los objetivos estratégicos: Los objetivos estratégicos, describen las metas que la organización pretende lograr con la participación de ciertos actores. Una vez definidos los objetivos estratégicos, se forma una jerarquía de objetivos de más bajo nivel siguiendo la siguiente dependencia: objetivos de decisión, objetivos de información y requisitos de información.
2. Construcción del modelo estratégico y de dependencias: Con la finalidad de representar gráficamente la relación entre los actores y los distintos objetivos, se hace un modelo de Dependencias Estratégicas (DE) y un modelo de Razones Estratégicas (RE) los cuales, se complementan entre si para proporcionar una visión general sobre la naturaleza de la organización.
3. Construcción del modelo multidimensional: Una vez definido el modelo DE y el modelo RE, los autores proponen la construcción del modelo multidimensional relacionando conceptos de los modelos DE y RE con el modelo multidimensional.

Modelo Wal-Mart: En (Westerman 2000) se presenta el modelo Wal-Mart, el cual inicia la construcción de DW a partir de los requisitos de usuario. La parte principal de esta propuesta, la constituye la exploración del proceso de negocio que es objeto de estudio. El método que se propone presenta cuatro pasos:

1. Definir las metas: Se delimitan las metas a cumplir con la construcción del DW.
2. Obtener las preguntas del negocio: Se definen las preguntas que el DW deberá responder.
3. Definir la prioridad para las preguntas del negocio: Consiste en ordenar las preguntas identificadas en relación a su importancia. Para lo cual, las preguntas, se organizan en una forma denominada "*Forma de prioridades*".
4. Definir las respuestas del negocio: El propósito de este paso, es definir los datos necesarios para responder a las preguntas del negocio. Específicamente, es necesario documentar las jerarquías entre los datos identificados y las métricas necesarias para dichos datos.

Análisis de propiedades

El problema principal de las metodologías previamente analizadas, es el débil acoplamiento que existe entre los esquemas multidimensionales obtenidos y las bases de datos operacionales. Este débil acoplamiento, dificulta los procesos ETL y es difícil garantizar que los datos requeridos por los usuarios se encuentran disponibles en las bases de datos operacionales.

Otro inconveniente de las propuestas analizadas es la notación no estandarizada que utilizan para identificar los requisitos de usuario. Esto dificulta su comprensión por parte de los usuarios y los

desarrolladores del sistema. Además obstaculiza la administración de los requisitos de manera fácil y consistente. Esto afecta directamente la gestión del proyecto debido a que los requisitos son difíciles de rastrear, existe muy poco control sobre su estado de realización y se dificulta el análisis del impacto de los cambios que puedan surgir. Estos problemas pueden provocar desviaciones considerables en el alcance del proyecto. Es importante destacar que estas metodologías no están diseñadas para el desarrollo general de un proyecto de DW, solo conciben la obtención del modelo dimensional de la solución.

1.2.4 Metodologías compuestas

Las metodologías compuestas realizan una combinación de las dos aproximaciones anteriores, es decir, consideran los requisitos de usuario así como la descripción de la base de datos operacional.

Goal-Oriented Requirement Analysis for Data Warehouse Design: En (Giorgini et al. 2005) se propone una metodología que se fundamenta en Tropos (Bresciani et al. 2004). Esta metodología, puede ser empleada de dos formas; como técnica de diseño dirigida por los requisitos de usuario o como técnica de diseño compuesta. En la metodología, el concepto de agente y meta son usados para el desarrollo del DW. Durante las primeras etapas del análisis de requisitos, se deben identificar a los agentes que se encuentran dentro del dominio del problema, los que son considerarlos actores del sistema. Estos actores, dependen de alguna meta a ser realizada. Cuando se realiza el análisis de los requisitos de usuario, deben considerarse dos perspectivas; modelo organizacional y modelo de decisiones.

Designing Data Marts for Data Warehouses: En (Bonifati et al. 2001), se presenta una metodología para la construcción de DM a partir del esquema conceptual de la base de datos operacional y de los requisitos de usuario. El método que propone, consiste de tres fases:

1. En esta fase, los requisitos de usuario se identifican por medio de entrevistas. La información generada por las entrevistas se concentra en una forma utilizando el método Goal/Question/Metrics (GQM).
2. La segunda fase, está dedicada a examinar el esquema conceptual de la BD operacional. El objetivo de esta fase, es generar un conjunto de DM empleando una técnica de análisis basada en grafos.
3. En la tercera fase se selecciona el DM final.

Metodología para el Diseño Conceptual de Almacenes de Datos: En (Zepeda Sánchez 2008) se propone una metodología que incorpora el enfoque de diseño dirigido por modelos. Este enfoque ha irrumpido con fuerza, en los últimos años, en el área del diseño, lo que la OMG ha propuesto el estándar *Model Driven Architecture* (MDA). La metodología consta de tres fases: derivación de esquemas multidimensionales, análisis de requisitos de usuario e integración. Propone una estrategia de derivación semiautomática de “esquemas multidimensionales candidatos” a partir del esquema conceptual de la base de datos operacional, empleando para ello un conjunto de reglas de transformación definidas en el marco de MDA. Los esquemas multidimensionales obtenidos son posteriormente refinados y filtrados basándose en el análisis de los requisitos de usuario.

Metodología de Kimball: La metodología se basa en lo que Kimball denomina Ciclo de Vida Dimensional del Negocio “*Business Dimensional Lifecycle*” (Kimball 2006). Este ciclo de vida del proyecto de DW, está basado en cuatro principios básicos:

1. 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.
2. 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.
3. Realizar entregas en incrementos significativos: Crear el DW en incrementos entregables en plazos de 6 a 12 meses. Hay que 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.
4. Ofrecer la solución completa: Proporcionar todos los elementos necesarios para entregar valor a los usuarios de negocios. Esto significa tener un almacén de datos sólido, bien diseñado, con calidad probada, y accesible.

La metodología se divide en cuatro fases donde se realizan un grupo de actividades:

FASE I - REQUERIMIENTOS Y GESTIÓN DEL PROYECTO

1. Definición del proyecto.
2. Gestión y planeación del proyecto.
3. Gestión y planeación del programa.
4. Definición de requisitos del negocio.

FASE II - ARQUITECTURA TÉCNICA DW/BI

1. Diseño de la arquitectura.
2. Selección de productos.
3. Gestión de metadatos.
4. Implementación de medidas tácticas de seguridad.
5. Desarrollo del plan estratégico de seguridad.
6. Desarrolla del plan de infraestructura.
7. Instalación de productos.

FASE III – DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

1. Diseño del modelo de datos dimensional.
2. Diseño físico de la BD.
3. Implementación física de la BD.
4. Diseño del subsistema ETL.
5. Desarrollo del subsistema de ETL.
6. Diseño del subsistema de BI.
7. Desarrollo del subsistema de BI.

FASE IV - IMPLANTACIÓN & OPERACIONES

1. Pruebas de pre-implantación.
2. Pruebas de datos y procesos.
3. Optimización del rendimiento.
4. Implantación del sistema.
5. Capacitación y transferencia tecnológica.
6. Operaciones de mantenimiento.
7. Operación de soporte.

El ciclo de vida de la metodología permite organizar el desarrollo en tres caminos o rutas (Ver figura 7).

- Pista Tecnología (Camino Superior): Implica tareas relacionadas con software específico. Se seleccionan las herramientas que se van a utilizar en la solución.
- Pista de Datos (Camino del medio): Se diseña e implementa el modelo dimensional, y el subsistema ETL para cargar el DW.
- Pista de Aplicaciones de Inteligencia de Negocio (Camino Inferior): En esta ruta se diseñan y desarrollan las aplicaciones para la visualización de información a los usuarios finales.

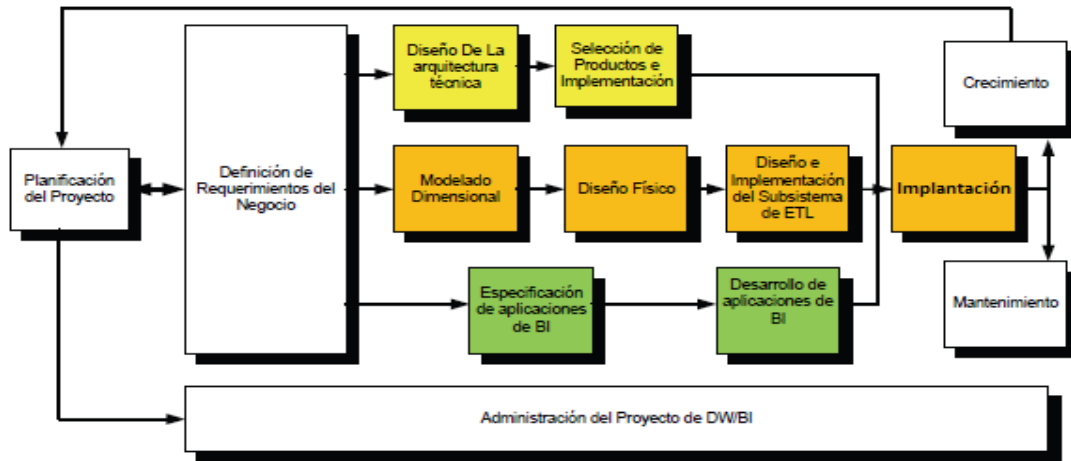


Figura 2: Ciclo de vida de la Metodología de Kimball (Kimball 2006)

HEFESTO: Esta metodología propone que la construcción e implementación de un DW puede adaptarse muy bien a cualquier ciclo de vida de desarrollo de software, con la salvedad de que para algunas fases en particular, las acciones que se han de realizar serán muy diferentes. Lo que se debe tener muy en cuenta, es no entrar en la utilización de metodologías que requieran fases extensas de reunión de requerimientos y análisis, fases de desarrollo monolítico que conlleve demasiado tiempo y fases de despliegue muy largas. Lo que se busca, es entregar una primera implementación que satisfaga una parte de las necesidades, para demostrar las ventajas del DW y motivar a los usuarios. La metodología HEFESTO, puede ser incluida en cualquier ciclo de vida que cumpla con la condición antes declarada. La metodología HEFESTO puede resumirse los pasos siguientes:

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

- a) Identificar preguntas.
- b) Identificar indicadores y perspectivas.
- c) Modelo conceptual.

ANÁLISIS DE LOS OLTP

- a) Conformar indicadores.
- b) Establecer correspondencias.
- c) Nivel de granularidad.
- d) Modelo conceptual ampliado.

MODELO LÓGICO DEL DW

- a) Tipo de modelo lógico del DW.
- b) Tablas de dimensiones.
- c) Tablas de hechos.
- d) Uniones.

INTEGRACIÓN DE DATOS

- a) Carga Inicial.
- b) Actualización.

Se comienza recolectando las necesidades de información de los usuarios y se obtienen las preguntas claves del negocio. Luego, se deben identificar los indicadores resultantes de los interrogativos y sus respectivas perspectivas de análisis, mediante las cuales se construye el modelo conceptual de datos del DW. Después, se analizan los sistemas OLTP para determinar cómo construir los indicadores, señalar las correspondencias con los datos fuentes y para seleccionar los campos de estudio de cada perspectiva.

Una vez hecho esto, se pasa a la construcción del modelo lógico del DW, donde se define el tipo de esquema que se implementará. Seguidamente, se confeccionan las tablas de dimensiones y las tablas de hechos, para luego efectuar sus respectivas uniones. Por último, utilizando procesos de ETL, se definen políticas y estrategias para la carga inicial del DW y su respectiva actualización (Bernabeu 2010).

Análisis de propiedades

Las dos primeras propuestas revisadas utilizan una notación propietaria para representar el esquema conceptual del DW y un método no estandarizado para identificar los requisitos del cliente. Esto dificulta su utilización convirtiéndolas en metodologías aisladas.

La tercera propuesta presentada logra una estandarización en la definición de los requisitos del usuario, utilizando para ello la representación en casos de uso, técnica aplicada comúnmente en el desarrollo de software y que permite una mejor comunicación con los clientes y los desarrolladores. Un inconveniente para el uso de esta propuesta es la difícil comprensión de las reglas que propone para obtener esquemas dimensionales candidatos a partir de las fuentes de datos operacionales. Actualmente el proceso automatizado que permite ejecutar dichas reglas se basa en herramientas propietarias muy costosas, aunque cabe destacar que dichas reglas están accesibles a todos y pudieran ser implementadas con tecnologías libres.

Las últimas dos propuestas son metodologías genéricas con gran aceptación por parte de los desarrolladores de DW. La flexibilidad que presentan permite adaptarlas al medio donde serán utilizadas con independencia de las herramientas que puedan utilizarse.

Las dos primeras propuestas revisadas utilizan una notación propietaria para representar el esquema conceptual del DW y un método no estandarizado para identificar los requisitos del cliente. Esto dificulta su utilización convirtiéndolas en metodologías aisladas. Estas metodologías están enfocadas en obtener el diseño del DW por lo que no incluyen todas las etapas necesarias para el desarrollo integral de la solución, omitiendo a su vez la gestión del proyecto.

La tercera propuesta presentada logra una estandarización en la definición de los requisitos del usuario, utilizando para ello la representación en casos de uso, técnica aplicada comúnmente en el desarrollo de software y que permite una mejor comunicación con los clientes y los desarrolladores. Al igual que las dos propuestas anteriores esta metodología solo abarca el diseño del DW por lo que no incluye las actividades asociadas a la gestión del proyecto.

La Metodología de Kimball y de HEFESTO son metodologías genéricas con gran aceptación por parte de los desarrolladores de DW. La flexibilidad que presentan permite adaptarlas al medio donde serán utilizadas con independencia de las herramientas que puedan utilizarse. La primera propone todas las fases necesarias para el desarrollo de un proyecto de DW e incluye un flujo de desarrollo para la gestión del proyecto dentro del ciclo de vida de la metodología. Sin embargo el inconveniente fundamental consiste en que las actividades y los artefactos relacionados con este flujo del desarrollo se describen de forma superficial, dándole mayor importancia a los que se relacionan directamente con la construcción del DW. Por su parte la metodología de HEFESTO por sí sola no permite la gestión adecuada del proyecto pero puede complementarse como parte de otras metodologías de desarrollo de software.

Una vez estudiadas y analizadas algunas de las principales metodologías de desarrollo de DW, se hace necesario hacer un análisis general de las mismas.

1.2.5 Análisis crítico de las metodologías presentadas

Como se evidencia existen diversas metodologías que pretenden dar un acercamiento a una propuesta para el desarrollo de DW. Cada autor la orienta a su visión de los principales procesos que se deben tener en cuenta para construir un DW flexible y dinámico.

Un análisis de las metodologías estudiadas permitió determinar los siguientes problemas:

- ✓ Los enfoques de análisis estudiados por si solos no resuelven los problemas que se presentan a la hora de definir los requisitos del DW.
- ✓ La mayoría de las metodologías presentadas se basan en el uso de herramientas propietarias y utilizan una terminología no estandarizados para la identificación de requisitos de los usuarios, lo que hace difícil su utilización.
- ✓ Los temas relacionados con la gestión de proyectos se tratan de forma superficial.
- ✓ La mayoría de las tareas y fases que presentan se basan únicamente en el desarrollo del DW y no en el desarrollo integral del proyecto.
- ✓ Ninguna de las metodologías presentadas logra una alineación clara con algún estándar de calidad, esta función se le deja totalmente a la organización.

Lo antes expuesto demuestra que las metodologías presentadas no permiten resolver el problema planteado en la presente investigación, por ello se decidió no utilizar íntegramente ninguna de ellas y desarrollar una nueva metodología basada en las mejores prácticas evidenciadas en las metodologías estudiadas. Además se hace necesaria la adopción de buenas prácticas de gestión que complementen los elementos técnicos de la metodología para la ejecución de proyectos de almacenes de datos que se va a desarrollar. Para lograrlo se realizará un estudio de las escuelas fundamentales de la gestión de proyectos con el fin de obtener un marco teórico que permita resolver dicho problema.

1.3 Principales Escuelas de Gestión de Proyectos y Modelos de Calidad

El estudio se basa en modelos propuestos por los más prestigiosos centros de pensamiento enfocados a la gestión de proyectos, haciendo un análisis de las ventajas y desventajas que presentan acorde al problema planteado en la presente investigación.

1.3.1 International Project Management Association (IPMA)

La Asociación Internacional de Gestión de Proyecto, IPMA por sus siglas en inglés es una organización sin fines de lucro registrada en Suiza, cuya misión fundamental es contribuir al éxito de sus asociados al mismo tiempo que perfecciona las mejores prácticas para la dirección de proyecto a nivel global. Esta asociación posee cerca de 120000 miembros distribuidos en 55 Asociaciones Miembros en más de 40 países (IPMA 2012).

En 1990 la asociación comienza a crear su IPMA Competence Baseline (ICB) cuyo objetivo principal era describir la experiencia y el conocimiento requerido para enfrentar los aspectos técnicos de la gestión de proyecto. Además fueron incluidos en el documento las actitudes personales necesarias para un correcto desempeño como líder de proyecto y el contexto general en que operan los proyectos. La ICB es el documento base en el proceso de certificación IPMA (IPMA 2006). Divide la disciplina de gestión de proyectos en 46 competencias, categorizadas en:

- ✓ Competencias técnicas para la gestión de proyectos (20 competencias)
- ✓ Competencias de comportamiento del personal del proyecto (15 competencias)
- ✓ Competencias contextuales de proyectos, programas y portafolios (11 competencias)

La certificación otorgada por IPMA puede tener cuatro niveles:

- Director de Proyectos Certificado (Nivel A): Está capacitado para dirigir un programa o portafolio de proyectos importantes. Se requiere un nivel avanzado de conocimientos y experiencia.
- Administrador de Proyectos certificado (Nivel B): Está capacitado para dirigir un proyecto complejo. En este caso el administrador del proyecto suele controlar a los líderes de subproyectos en vez del equipo de trabajo directamente.
- Administrador de Proyectos Certificado (Nivel C): Está capacitado para dirigir proyectos no muy complejos, habiendo demostrado el nivel de experiencia requerido, así como la habilidad de aplicar los conocimientos de gestión de proyecto.
- Asociado de Gestión de Proyectos Certificado (Nivel D): Está capacitado para aplicar conocimientos de la gestión al participar en un proyecto, pero no tiene la capacidad suficiente para dirigirlo competentemente.

La ICB plantea un enfoque basado en la certificación de personal. En su tercera versión resalta la importancia de las habilidades humanas en el liderazgo. Este documento está orientado a la certificación de competencias y no de procesos lo que resulta idóneo para la evaluación de practicantes de la disciplina de gestión de proyectos. La ICB ha sido actualizada regularmente desde su creación por lo que constituye un material de referencia obligatoria para todas aquellas personas que pretendan desempeñarse como directores de proyectos.

1.3.2 Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI 2008f) es desarrollada por el Project Management Institute (PMI), una asociación sin fines de lucro radicada en los Estados Unidos que cuenta con aproximadamente 650000 miembros en más de 185 países y es actualmente la institución líder respecto a la innovación en el área de la gestión de proyectos (PMI 2012).

La Guía del PMBOK fue presentada inicialmente como un documento técnico en el "1983 PMI Ethics, Standards and Accreditation Report" y en el 2003 fue aprobada como estándar internacional por la IEEE (IEEE 2004). Su propósito es documentar un conjunto de conocimientos y buenas prácticas aplicables a la generalidad de los proyectos, así como un vocabulario común que facilite la comprensión de los elementos de la dirección de proyectos a nivel global.

La guía documenta cinco Grupos de Procesos para la gestión de proyectos que son recomendados y aplicables en la mayoría de los proyectos. Dichos grupos de procesos no son considerados fases del proyecto, puesto que en proyectos de gran tamaño o complejidad son ejecutados para cada uno de los subproyectos definidos por el equipo de dirección. Los cinco grupos de procesos son:

- Grupo del Proceso de Iniciación: Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, mediante la obtención de la autorización para comenzar dicho proyecto o fase.
- Grupo del Proceso de Planificación: Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para alcanzar los objetivos.
- Grupo del Proceso de Ejecución: Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo.

- Grupo del Proceso de Seguimiento y Control: Procesos requeridos para monitorear, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes.
- Grupo del Proceso de Cierre: Procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

La Guía del PMBOK además describe los procesos básicos de la gestión de proyectos agrupándolos en nueve áreas de conocimiento:

- | | |
|---|---|
| ✓ Gestión de la Integración del Proyecto. | ✓ Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto. |
| ✓ Gestión del Alcance del Proyecto. | ✓ Gestión de las Comunicaciones del Proyecto. |
| ✓ Gestión de Tiempos del Proyecto. | ✓ Gestión de las Adquisiciones del Proyecto. |
| ✓ Gestión de Costos del Proyecto. | |
| ✓ Gestión de la Calidad del Proyecto. | |
| ✓ Gestión de Riesgos del Proyecto. | |

Cada área de conocimiento contiene un conjunto de procesos, los cuales son documentados de manera general proporcionando una descripción del proceso, sus entradas, herramientas y técnicas y salidas.

La Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos, no pretende ser una metodología detallada de cómo gestionar un proyecto sino una guía que defina los principios prácticos que pueden impactar en el éxito de un proyecto. Es importante destacar que esta guía no ofrece indicaciones precisas de cómo debe ser aplicada, la misma debe ser ajustada a las características de cada proyectos. La Guía del PMBOK puede ser utilizada en combinación con otras normas como la ISO 10006 (Stanleigh 2004) y CMMI (Sriram and Rath 2005).

1.3.1 Capability Maturity Model Integration (CMMI)

CMMI es desarrollado por el Software Engineering Institute (SEI), un centro de desarrollo e investigaciones cuya sede central se encuentra localizada en la Universidad de Carnegie Mellon y es financiado directamente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Su objetivo es proveer un acercamiento de mejora de procesos que brinde a las organizaciones los elementos esenciales para incrementar su rendimiento, incluyendo la identificación de sus puntos fuertes y débiles (SEI 2012).

El modelo se basa en un conjunto de funciones de ingeniería de software que deben estar presentes según las organizaciones alcanzan diferentes niveles de madurez del proceso. Para determinar el estado actual de madurez del proceso de una organización, el modelo propone un esquema de cinco grados (Pressman 2005).

- **Nivel 1: Inicial.** El proceso del software se caracteriza según el caso, y ocasionalmente incluso de forma caótica. Se definen pocos procesos, y el éxito depende del esfuerzo individual.
- **Nivel 2: Gestionado.** Se establecen los procesos de gestión del proyecto para hacer seguimiento del coste, de la planificación y de la funcionalidad.
- **Nivel 3: Definido.** El proceso del software de las actividades de gestión y de ingeniería se documenta, se estandariza y se integra dentro de un proceso de software de toda una organización. Todos los proyectos utilizan una versión documentada y aprobada del proceso

de la organización para el desarrollo y mantenimiento del software. En este nivel se incluyen todas las características definidas para el nivel 2.

- **Nivel 4: Gestionado Cuantitativamente.** Se recopilan medidas detalladas del proceso del software y de la calidad del producto mediante la utilización de indicadores, se comprenden y se controlan cuantitativamente tanto los productos como el proceso del software. En este nivel se incluyen todas las características definidas para el nivel 3.
- **Nivel 5: Optimización.** Mediante una retroalimentación cuantitativa del proceso, ideas y tecnologías innovadoras se posibilita una mejora del proceso. En este nivel se incluyen todas las características definidas para el nivel 4.

CMMI ofrece varios modelos que consisten mayoritariamente en buenas prácticas que perfeccionan la efectividad, calidad y eficiencia en los procesos de las organizaciones. Los modelos más relevantes publicados son:

- CMMI para Adquisiciones (CMMI-ACQ): Orientado a aquellas organizaciones que gestionan la cadena de suministros para adquirir e integrar productos y servicios que satisfagan las necesidades del cliente (CMMI 2010a).
- CMMI para Desarrollo (CMMI-DEV): Modelo utilizado para perfeccionar los procesos de instituciones dedicadas a crear productos y servicios (CMMI 2010b).
- CMMI para Servicios (CMMI-SVC): Orientado a aquellas organizaciones que establecen, administran y proveen servicios para satisfacer las necesidades de sus clientes y usuarios (CMMI 2010c).

Además existe un modelo llamado People-CMM cuyo objetivo es influir en la manera en la cual las organizaciones gestionan y desarrollan su personal para complementar una mejora de procesos anterior.

El marco de trabajo brindado por CMMI es extenso y completo, con una orientación definida a la mejora de organizaciones, aunque puede ser aplicada a proyectos individuales. Se actualiza frecuentemente y posee una comunidad de practicantes e investigadores que trabajan continuamente en su mejora.

En el 2008 la UCI decidió optar CMMI-DEV v1.2 en su nivel 2, el cual propone las siguientes áreas de procesos (AP):

- Administración de Requisitos (REQM).
- Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Productos (PPQA).
- Planeación de Proyectos (PP).
- Medición y Análisis (MA).
- Monitoreo y Control de Proyectos (PMC).
- Administración de Configuración (CM).
- Administración de Acuerdos con Proveedores (SAM).

Para la implementación del modelo la UCI desarrolló un Programa de Mejora que define los procesos que deben ejecutarse en la organización.

Programa de Mejora

El Programa de Mejora que se desarrolla actualmente en la UCI tiene como objetivo la definición e implementación de los procesos necesarios para cubrir las siete AP que propone el nivel 2 de CMMI, buscando con ello la reducción de los problemas que están vigentes en la producción de

software en la Universidad (Blanco, Batista and Montalván 2011). La evaluación de los procesos se del programa de mejora puede realizarse a nivel de la organización o a nivel de proyecto.

Los procesos definidos son:

- Planeación del Proyecto.
- Estudio Preliminar.
- Estimación.
- Elaboración del Proyecto Técnico.
- Definición del Plan del Proyecto.
- Planeación de otros Planes.
- Compromiso al Plan.
- Monitoreo y Control del Proyecto.
- Administración de Requisitos.
- Entendimiento y Compromiso.
- Administración de la Configuración.
- Creación y Liberación de Líneas Bases.
- Control de Cambios.
- Contabilización y Auditorías a la Configuración.
- Administración de Acuerdos con Proveedores.
- Monitorear Acuerdos con el Proveedor.
- Generar acuerdo con proveedores.
- Recolectar y Almacenar los Datos de la Medición.
- Analizar Datos de la Medición y Comunicar los Resultados.
- Definir medidas y procedimientos de recolección, almacenaje y verificación.
- Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Productos.
- Seguimiento/Escalamiento de las no conformidades.
- Políticas Complementarias.

Una vez definidos los procesos disciplinados para el desarrollo de software, se hace necesario generalizar un marco de trabajo homogéneo en cada uno de los proyectos, que permita organizar y priorizar las actividades de mejora de procesos. Por ello el Programa de Mejora ha sido implantado paulatinamente en todos los centros productivos de la Universidad.

Conclusiones parciales

La principal deficiencia de las metodologías estudiadas es que se enfocan solo en el desarrollo del DW y no en el desarrollo del proyecto de forma integral, la Metodología de Kimball es la única que incluye de forma superficial elementos asociados a la gestión de proyectos. Además ninguna metodología logra una alineación clara con algún estándar o modelo internacional de calidad. Estas deficiencias indican la necesidad de la creación de una metodología.

Para la creación de la metodología se definió un entorno de desarrollo a partir del estudio realizado. Con respecto a los enfoques de desarrollo presentados se optó por la utilización del enfoque *bottom-up* propuesto por Kimball teniendo en cuenta las ventajas presentadas anteriormente y las siguientes razones:

- La mayoría de los clientes que presenta el departamento no están familiarizados con los DW y no conocen las potencialidades de este tipo de soluciones, debido a esto es importante demostrarles con resultados parciales las ventajas que proporcionan.
- La mayoría de las organizaciones con las que se trabaja no poseen una organización global de sus procesos y resulta muy complejo realizar un análisis integral de la misma. Por ello es más conveniente ir desarrollando evolutivamente mercados de datos (DM).
- La realización incremental del proyecto a partir de la construcción de DM facilita la gestión del proyecto, enfocando el desarrollo a las áreas del negocio que se desean construir en cada iteración.

Por su parte los enfoques de análisis, cada uno tiene ventajas y desventajas que lo hacen más o menos potente a la hora de desarrollar una solución. Debido a esto, se consideró funcional y efectivo crear un híbrido de los tres enfoques que maneje a su nivel, en un orden adecuado y de forma acoplada, todo lo correspondiente a su entorno.

Para definir la metodología teniendo en cuenta las características propias de la construcción de DW, se decide tomar como base la Metodología de Kimball, considerando los siguientes elementos:

- Utiliza el Modelo Dimensional muy eficaz en el proceso de la toma de decisiones y que proporciona mayor agilidad en el proceso de desarrollo.
- Propone ir construyendo el DW a través de la construcción de los DM departamentales, lo que constituye una buena estrategia.
- Existe abundante documentación sobre la misma y se puede consultar la web a través de los servicios que brindan el grupo creador de la metodología.
- Es una metodología madura y reconocida internacionalmente.

Además se decidió utilizar los casos de uso para representar los requisitos del DW con el objetivo de estandarizar la definición de los mismos y su entendimiento por parte del cliente y del equipo de desarrollo.

De las escuelas más importantes de la gestión de proyectos estudiadas se decidió optar por el enfoque de la Guía del PMBOK y el modelo CMMI. Estos dos modelos están alineados y permiten satisfacer las necesidades de gestión que presentan los proyectos de DW. La elección se encuentra sustentada en las siguientes razones:

- CMMI es el modelo al que deben alinearse todos los centros productivos de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) según lo establecido por Centro de Calidad para Soluciones Informáticas (CALISOFT).
- El Programa de Mejora desarrollado para la implementación de CMMI incluye algunos de los procesos propuesto por la Guía del PMBOK.
- La flexibilidad de la Guía del PMBOK permiten la incorporación de los procesos que propone al ciclo de vida de la metodología que se desea desarrollar.
- Los directores de proyectos desarrollados por el centro suelen ser especialistas recién graduados con poca experiencia en la disciplina de gestión de proyectos y un acercamiento caracterizado por procesos facilitaría la comprensión de su trabajo.

La metodología a desarrollar debe considerar las áreas de conocimiento de la dirección de proyectos y las áreas de procesos de CMMI en su nivel 2 y estos serán los instrumentos principales para medir la calidad del proceso de desarrollo en los proyectos que apliquen la dicha metodología.

Capítulo 2. Presentación de los elementos que componen la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos

Para realizar un producto de software es necesario establecer una metodología de desarrollo que guíe todo el proceso. En este capítulo se describen las fases, los roles, los artefactos y las herramientas de la metodología de desarrollo propuesta. En cada caso se describen las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la identificación de los elementos que componen la metodología.

2.1 Metodología de Desarrollo de Proyectos de Almacenes de Datos

La Metodología de Desarrollo de Proyectos de Almacenes de Datos toma como base la metodología de Kimball para definir los aspectos específicos del desarrollo de almacenes de datos (DW). Para incorporar los principios básicos que permiten una adecuada gestión del proyecto, utiliza la Guía para los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Los temas asociados a CMMI se incorporan a partir del Programa de Mejora por lo tanto hereda algunos de sus enfoques, artefactos y actividades.

La Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos tiene como objetivos:

- Proveer una guía referencial de la forma en que debe organizarse el proceso de desarrollo y las actividades que deben ser realizadas para garantizar la correcta realización de un proyecto de DW.
- Facilitar la adaptación y formación de los especialistas y estudiantes que se enfrentan por primera vez al desarrollo o liderazgo de un proyecto de DW.
- Establecer un marco para la gestión del proyecto como parte del proceso de desarrollo de las soluciones de DW.
- Alinear la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos a CMMI para poder optar por la certificación de este modelo en su nivel 2.

Para dar cumplimiento a los objetivos propuesto se define el ciclo de vida de la metodología.

2.2 Ciclo de vida de la metodología

La elección de un ciclo de vida adecuado para cada desarrollo está relacionada con las características del producto a obtener y el entorno en el cual debe desarrollarse. Para definir las fases del ciclo de vida de la metodología se tuvieron en cuenta las fases propuestas por la Metodología de Kimball y el Programa de Mejora llevado a cabo en la UCI. Las fases propuestas por Kimball están directamente relacionadas con los desarrollos de almacenes de datos y se basan en los hitos más importantes. Por su parte, el Programa de Mejora define fases genéricas para todos los desarrollos de software, pero que no permiten destacar características propias de las soluciones de DW. Además se decidió incorporar un flujo de trabajo asociado a la gestión del proyecto para garantizar la realización de las actividades relacionadas con esta área.

2.2.1 Fases

El ciclo de vida de la metodología se divide en siete fases y un flujo de trabajo (Ver Figura 3). Algunas fases podrán ser implementadas de forma paralela como es el caso de la fase de

Requisitos y Arquitectura, además durante la fase de Diseño e Implementación podrán desarrollarse varios componentes al mismo tiempo, esto permite un desarrollo más ágil. El flujo de trabajo de Gestión del Proyecto se ejecuta durante todo el ciclo de vida del proyecto.

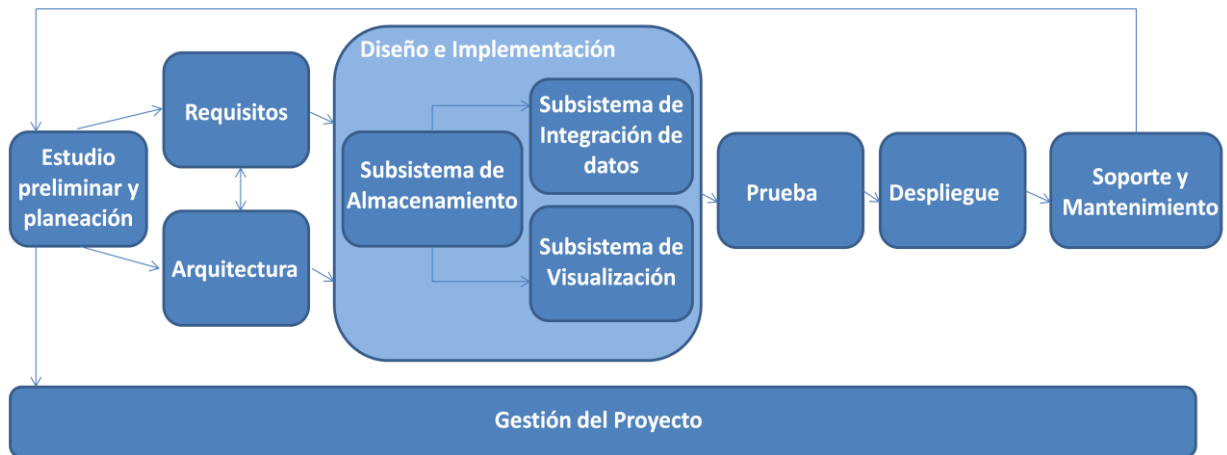


Figura 3: Ciclo de vida de la metodología (Elaboración propia)

A continuación se realiza una breve descripción de las características que presenta el flujo de trabajo de Gestión del Proyecto y cada fase del ciclo de vida de la metodología.

Gestión del Proyecto

Constituye un flujo de trabajo que se ejecuta a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Está compuesto por un grupo de procesos que se encargan de mantener la adecuada gestión del proyecto a partir de la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas. Para definir los procesos se tuvieron en cuenta los propuestos por el Programa de Mejora en sus libros de procesos (CALISOFT). Además se consideraron los procesos de las áreas de conocimiento de la dirección de proyectos definidos en la Guía del PMBOK (PMI 2008f).

Los procesos que se proponen están en función de gestionar y controlar aspectos claves del desarrollo del proyecto como son: los gastos, las utilidades, los recursos, las adquisiciones, los planes y cronogramas, por solo mencionar algunos. Es importante destacar que este flujo de trabajo solo se incluye los procesos que se ejecutan a la largo de todo el desarrollo y los que están asociados únicamente a la gestión del proyecto. Las fases del ciclo de vida de la metodología incluyen un grupo actividades que abordan algunas de las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos, estas serán tratadas dentro de la descripción de cada fase.

Puede decirse que este flujo representa la columna vertebral del proyecto, si no se ejecutan de forma continua y correctamente los procesos que propone, los indicadores de éxito del proyecto puede afectarse considerablemente. Estos indicadores deben ser medidos y analizados con frecuencia durante todo el desarrollo del proyecto (García 2012).

Estudio preliminar y planeación

La fase se compone por dos procesos, el estudio preliminar y la planeación inicial del proyecto. El estudio preliminar consiste en hacer un diagnóstico integral de la organización dividido en tres áreas (Frometa et al. 2011).

- ✓ Diagnóstico del negocio: Se analiza el organigrama de la entidad cliente, sus principales procesos de negocio, objetivos y metas a los que responden, información que manejan, recursos humanos implicados, entidades externas involucradas entre otros aspectos.
- ✓ Diagnóstico de los datos: Se analiza el estado de los datos que se manejan en la organización teniendo en cuenta aspectos como: fuentes de datos de los procesos del negocio, formato en el cuál se encuentran almacenados, sistemas informáticos que los manejan, utilización e importancia de los mismos, antigüedad, volumen almacenado, entre otros aspectos.
- ✓ Diagnóstico de la infraestructura tecnológica: Se analiza el estado tecnológico de la organización, características de los locales tecnológicos, cantidad de computadoras disponibles y características de hardware que presentan, calidad de los centros de datos, características de la redes de comunicación, entre otros aspectos.

Con los resultados del diagnóstico se hace un estudio de factibilidad que permita estimar los costos de desarrollo, con el fin de establecer el monto del presupuesto que se necesita para desarrollar el proyecto. Además estos resultados son de vital importancia para las fases de Requisitos y Arquitectura, ya que establecen los aspectos iniciales que se deben tener en cuenta. Por las características del estudio preliminar en ocasiones suele separarse en un proyecto o subproyecto independiente que se realiza con anterioridad y que da paso al proyecto de construcción del almacén de datos.

Durante esta fase también se realizan las tareas de planeación inicial del proyecto, para ello se definen un grupo de aspectos importantes relacionados con la gestión de proyectos como son: alcance del proyecto, riesgos, calidad del producto, recursos humanos, adquisiciones, cronograma, entregables, costos y presupuesto (PMI 2008f). Es importante mantener actualizados los planes definidos en esta fase y realizar una adecuada gestión de los mismos a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, tarea de la cual se encarga el flujo de trabajo de Gestión del Proyecto a partir de los procesos que implementa.

Requisitos

Esta fase se divide en dos procesos claves, el levantamiento de requisitos, donde se identifican todos los requerimientos de la solución y el análisis de los requisitos definidos, que permite identificar las estructuras bases del modelo lógico dimensional.

El levantamiento de requisitos consiste en identificar las necesidades de información de la organización, las características y cualidades que debe poseer el sistema. En las soluciones de almacenes de datos se identifican tres tipos de requisitos:

Requisitos de información: Describe la información y los datos que el sistema debe proveer o debe acceder. Estos se definen a partir de las necesidades de información identificadas en el negocio, que permitan el análisis del comportamiento de los indicadores a medir según los objetivos y metas de la organización (Schiefer et al. 2002). Se definen dos aristas:

- ✓ La información que debe presentar el sistema a través de su capa de visualización de información y que debe estar accesible a los usuarios del negocio.
- ✓ Los datos a los que debe acceder el sistema para satisfacer las necesidades de información, o sea, especifica los datos que deben ofrecer las fuentes de datos operativas.

Los requisitos de información se describen con sus variables de entrada y salida, las variables de entrada representan las aristas de análisis por las que se desea filtrar un indicador y las variables

de salida representan los indicadores del negocio que se desean analizar. Para identificar los requisitos de información se hace un híbrido con los tres enfoques de análisis presentados en el capítulo 1.

El análisis guiado por metas es el primer paso a desarrollar en todo el proceso pues su resultado final es el que define la magnitud que puede tener la solución según las áreas del negocio que la conforman, sus objetivos, tipos de usuarios y procesos implicados. Los resultados obtenidos constituyen la entrada fundamental para llevar a cabo el análisis guiado por los usuarios. Por cada área del negocio con sus procesos identificados, se capturan las necesidades de información de los usuarios del negocio, teniendo en cuenta la alineación de las necesidades planteadas con los objetivos identificados en el primer paso.

Por su parte, el análisis guiado por los datos se lleva a cabo luego del análisis guiado por metas y de forma paralela al guiado por los usuarios. Se propone de esta manera con el objetivo de no realizar un estudio en toda la extensión de las fuentes de datos, y sólo analizar los datos que se corresponden con las áreas y objetivos identificados en el primer paso.

Finalizados los dos análisis (usuarios y datos) es de vital importancia validar las necesidades de información brindadas por los usuarios, con los datos disponibles en los sistemas operativos para identificar con claridad que requisitos de información podrán ser concebidos en la solución y realizar la aprobación formal de los mismos por parte del cliente.

Requisitos funcionales: Describen las funcionalidades que el equipo de desarrollo debe construir. Estos requisitos incluyen las funcionalidades que deben implementarse en los tres subsistemas que se desarrollan en soluciones de DW. Pueden existir desarrollos que solo incluyan uno o dos componentes del DW, en este caso solo se especifican las funcionalidades referentes a estos.

Los requisitos funcionales que se definen para las soluciones de DW son similares para casi todos los proyectos, solo varían las variables que se tienen en cuenta según las características del negocio. Los aspectos fundamentales que se deben definir por cada subsistema son:

- **Subsistema de almacenamiento**
 - ✓ Persistencia de la información
 - ✓ Resúmenes o vistas integradas
- **Subsistema de integración de datos**
 - ✓ Fuentes de datos (sistemas internos y externos)
 - ✓ Característica de los datos de ensayos para el desarrollo
 - ✓ Forma de adquisición de los datos
 - ✓ Características de la carga histórica inicial (cantidad de años a cargar, cantidad de ficheros)
 - ✓ Frecuencia de actualización incremental de los datos desde los sistemas fuentes
 - ✓ Metadatos asociados a los procesos
- **Subsistema de visualización de información**
 - ✓ Trazas de acceso a la información
 - ✓ Administración de la seguridad

Requisitos no funcionales: Describen las propiedades y cualidades que debe tener la solución. Representan las características del producto. Estos requisitos se clasifican en un grupo de categorías que suelen ser comunes para todos los desarrollos de software, lo que no quiere decir

que en todos los proyectos necesariamente tenga que haber requisitos para cada una de las categorías establecidas, todo depende de las características del negocio.

Al igual que sucede con los requisitos funcionales, los requisitos no funcionales definidos para el desarrollo de DW son semejantes para la mayoría de los proyectos y solo varían los valores de las variables que definen según las características del negocio que presenta cada proyecto. Estos requisitos están estrechamente relacionados con la arquitectura que deberá presentar el sistema.

Arquitectura

En esta fase se define los aspectos arquitectónicos de la solución. Para complementar esta fase se recomienda utilizar los principios contenidos en la *“Guía base para la especificación de arquitecturas de software”* (Lazo and Piñero 2010), con sus nueve vistas de la arquitectura, agrupadas en tres áreas principales como se relaciona a continuación:

- **Vistas de Arquitectura de Sistema**

- ✓ Vista conceptual del negocio: Se describe el marco estructural de la arquitectura de negocio, donde se identifican los conceptos de información que serán objeto de análisis para la organización. Es una adaptación de la Vista de procesos, considerando que para el desarrollo de los DW es fundamental tener una vista integrada de los conceptos de información que maneja la organización y que son de interés para su análisis.
- ✓ Vista de sistema: Se definen los subsistemas, componentes y paquetes que conforman la solución.
- ✓ Vista de datos: Se definen los escenarios y patrones aplicables relacionados con el manejo de los datos y los metadatos asociados a los procesos de integración.
- ✓ Vista de integración: Se describe como se integran los diferentes componentes y subsistemas que componen el producto final
- ✓ Vista de presentación: Se define los elementos de la arquitectura de información de la solución.

- **Vistas de Arquitectura de Tecnología**

- ✓ Vista de seguridad: Se definen los diferentes niveles de seguridad que deberá poseer el sistema.
- ✓ Vista de entorno de desarrollo tecnológico: Se describe el ambiente de desarrollo utilizado para la ejecución adecuada del proyecto.

- **Vistas de Arquitectura de Infraestructura**

- ✓ Vista de infraestructura: Se describen las tecnologías que se requieren para el despliegue y como deben ser configuradas
- ✓ Vista de despliegue: Se definen conceptos que influyen en el despliegue y la comercialización de las soluciones, como son: los modelos de negocios, la composición del paquete de instalación, los requerimientos de instalación y soporte de las soluciones.

Se propone que esta fase se desarrolle en paralelo con la fase de Requisitos, siempre y cuando los resultados del diagnóstico de la infraestructura tecnológica realizado durante la fase de Estudio preliminar y Planeación dejen bien definidas las características técnicas de la organización. Las soluciones de DW presentan una arquitectura base que sirve como punto de partida para esta fase, según las características de la solución se va personalizando hasta obtener la que se ajusta a las necesidades del cliente. Los artefactos de esta fase son altamente reutilizables, debido a que entornos similares sufre muy pocas modificaciones.

Diseño e Implementación

En esta etapa se obtiene el producto de software, se diseñan e implementan los tres subsistemas que conforman el DW. Cada subsistema puede verse como un componente de software que se desarrolla de forma independiente, para luego ser integrados conformando el producto final.

A pesar de esto existen restricciones de dependencia entre los componentes que definen el orden en que deben ser desarrollados. Para poder diseñar e implementar los subsistemas de integración de datos y visualización de información es necesario que esté implementado el subsistema del repositorio de datos. Cumplida esa condición pueden desarrollarse de forma paralela los otros dos subsistemas mencionados.

Durante la realización de esta fase es muy común encontrar inconsistencias o problemas en los requisitos identificados que pueden provocar cambios o desviaciones en el proyecto. Esto debe ser analizado cuidadosamente por todo el equipo de desarrollo para definir las acciones a seguir y evitar un impacto negativo en el desarrollo del proyecto.

Prueba

En esta fase se realizan las pruebas necesarias para validar la calidad del software una vez implementado el mismo. Este no es el único momento donde se realizan pruebas al sistema, durante su desarrollo la metodología propone que se utilice el modelo V. Este modelo relaciona las etapas de análisis y diseño con la ejecución de pruebas, definiendo en qué etapa del desarrollo se deben definir las pruebas que permiten validar el resultado de la misma. Esto sirve de gran ayuda a los desarrolladores que durante la ejecución de las pruebas sabrán exactamente qué fase hay que revisar para corregir el error detectado. Las pruebas que se realizan son:

- **Pruebas unitarias:** Permiten probar el correcto funcionamiento de un componente o subsistema específico y son desarrolladas por los desarrolladores durante la implementación.
- **Pruebas de integración:** Permite verificar la correcta integración de los componentes y subsistemas que conforman la solución. Pone a prueba algunas de las vistas arquitectónicas del sistema. Estas pruebas son ejecutadas por los arquitectos de software.
- **Pruebas de sistema (validación):** Permiten validar el cumplimiento de los requisitos de información y funcionales definidos por los clientes. Son las pruebas más cercanas a la realidad del cliente, debido a que los probadores utilizan el sistema de la misma manera que será usado por los clientes. Estas pruebas constituyen las actividades fundamentales de la fase de Prueba.

Despliegue

En esta fase se realiza la instalación del sistema en la organización o entidad cliente para que pueda ser utilizado por los usuarios del negocio. Los términos del despliegue se realizan teniendo en cuenta los acuerdos tomados para la ejecución de esta fase en el Proyecto Técnico. Por lo general consta de un despliegue piloto, donde se configuran los servidores necesarios y se instalan las herramientas según la arquitectura definida, se cargan una muestra de los datos en un ambiente controlado, con el fin de mostrarle al cliente final el sistema en funcionamiento. Una vez aceptada la solución por el cliente, se realiza la carga histórica de los datos, puede ser en el mismo entorno que el despliegue piloto u otro, todo depende de las condiciones que establezca el cliente.

Durante esta etapa se realiza la capacitación y transferencia tecnológica de la solución a los clientes y se da un acompañamiento técnico al cliente para adiestrarlo ante cualquier problema que pueda ocurrir. El resultado fundamental es la solución desplegada en el entorno real y en correcto funcionamiento. Hay varios factores que aseguran la correcta ejecución de esta fase, entre ellos se encuentran la capacitación, el soporte técnico, la comunicación y las estrategias de retroalimentación (*feedback*). Estas tareas deben tenerse en cuenta antes de que cualquier usuario pueda tener acceso al DW.

Soporte y Mantenimiento

Esta fase al igual que la fase de Despliegue se realiza teniendo en cuenta los acuerdos tomados en el Proyecto Técnico. Su objetivo es evitar que el sistema quede obsoleto o fuera de servicio por fallos en su funcionamiento. Comienza cuando la solución está implantada y en explotación, y se ejecuta según las condiciones de soporte establecidas. Puede realizarse a través de variados servicios, que pueden incluir soporte en línea, vía telefónica, web, correo u otros y el acompañamiento al cliente. Además se realizan las tareas de manteniendo de la aplicación tan necesarias para este tipo de desarrollo y que garantiza el adecuado funcionamiento y crecimiento del almacén de datos.

La creación de un DW es un proceso de etapas bien definidas, con comienzo y fin, pero de naturaleza evolutiva y va cambiando con el tiempo. Por ello se necesita continuar con las actualizaciones de forma constante en correspondencia con la evolución de las metas que desea conseguir la organización. Una vez que se ha construido e implantado el DW no hay tiempo para el descanso, rápidamente se debe estar preparado para administrar el mantenimiento del mismo.

Establecido el ciclo de vida de la metodología se deben definir los roles que se encuentran implicados en su desarrollo y que responsabilidades poseen dentro del proyecto.

2.3 Roles

Al igual que en la definición de las fases del ciclo de vida, para definir los roles de la metodología se tuvieron en cuenta los roles propuestos en la Metodología de Kimball y el Programa de Mejora, considerando los roles necesarios para la gestión del proyecto. Kimball propone 23 roles que incluyen los que parten de la organización cliente y los que forman parte del equipo del proyecto, orientados fundamentalmente al desarrollo de DW. Por su parte el Programa de Mejora propone 30 roles que están relacionados con las áreas de procesos (AP) del nivel 2 de CMMI. Aquí se incluyen un grupo de roles que no pertenecen directamente al equipo del proyecto, forman parte de organizaciones externas que garantizan procesos relacionados con el aseguramiento de la calidad de los procesos y del producto, el monitoreo y control del proyecto, la gestión de acuerdos con proveedores y la medición y análisis de los resultados obtenidos en el proyectos.

En la metodología solo se tuvieron en cuenta los roles que forman parte del equipo del proyecto, incluyendo los roles necesarios para la ejecución de los actividades asociadas a la gestión del proyecto. Para representar la acción del cliente se definió un rol con el mismo nombre que refleja su participación dentro del proyecto, además se incluyó el rol denominado alta gerencia que representa a los directivos de las instituciones que supervisan el desarrollo del proyecto.

La metodología organiza los recursos humanos por grupos de trabajo (Ver Figura 4) y no por proyectos, cada grupo se encarga de desarrollar un componente específico del producto e incluye

un grupo de roles, lo que quiere decir que los especialistas pueden estar desarrollando varios productos a la vez teniendo en cuenta el rol que desempeñan. Esto permite la especialización de los recursos humanos en áreas determinadas aumentando la productividad de los mismos. Además permite su reutilización en varios proyectos, debido a que son los proyectos los que van rotando por los grupos de trabajo según la fase de desarrollo en la que se encuentran. Los grupos de trabajo definidos son:

- **Grupo de Análisis y Diseño del DW:** Realizan las actividades referentes a la Ingeniería de Requisitos y el diseño e implementación del repositorio de datos que sustenta el DW. Además se encarga de las tareas de administración de la base de datos.
- **Grupo de Integración de Datos:** Realizan las tareas para integrar los datos que provienen de los sistemas operacionales y llevarlos hasta el DW. Además se encargan de la gestión de metadatos de los procesos de integración, que permiten controlar el funcionamiento de la aplicación.
- **Grupo de Visualización de Información:** Realizan las actividades para presentar visualmente los datos que se guardan en el DW, para ello utilizan técnicas como son los reportes, vistas OLAP, los tableros digitales y la minería de datos, que permiten convertir los datos en información útil para el análisis de los indicadores definidos por los clientes. Este grupo también se encarga de definir y desarrollar la aplicación para el usuario final.
- **Grupo de Desarrollo Tecnológico:** Realizan las actividades relacionadas con la definición de la arquitectura técnica del sistema. Son los encargados de definir las pautas arquitectónicas y las herramientas que deben utilizarse para el desarrollo del sistema. Además se encarga de desarrollar nuevas herramientas y perfeccionar las que ya existen según las necesidades de los proyectos.
- **Grupo de Aseguramiento de la Calidad:** Realizan las actividades que garantizan la calidad de los procesos de desarrollo y los productos desarrollados en el departamento. Se encargan de las revisiones técnicas a la documentación generada, evalúan la calidad en la ejecución del proyecto y realizan las pruebas al producto final.
- **Grupo de Dirección:** Este grupo es el único que es específico para cada proyecto y una vez finalizado el desarrollo del mismo pasan a formar parte de los demás grupos de trabajo. El Grupo de Dirección incluye roles que no son parte del equipo del proyecto y que prestan servicios específicos en algunas fases como son los especialistas del Centro de Calidad para Soluciones Informáticas (CALISOFT), el cliente y la alta gerencia. Este grupo se encarga de las tareas relacionadas con la gestión del proyecto y sus miembros son los máximos responsables de la correcta ejecución del proyecto.

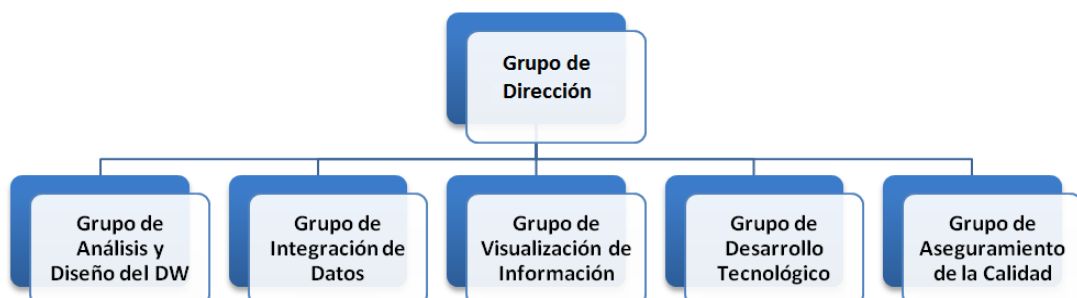


Figura 4: Grupos de trabajo de la metodología (Elaboración propia)

En el Anexo 1 se muestra el nivel de participación de los grupos en las fases de desarrollo del ciclo de vida del proyecto. A continuación se presentan los roles según el grupo de trabajo al que pertenecen. La descripción detallada de las responsabilidades y capacidades relacionadas con cada rol puede verse en el Anexo 2.

Tabla 2: Roles por grupos de trabajo (Elaboración propia)

Grupo de trabajo	Roles
Análisis, Diseño y Arquitectura de DW	Analista de sistema, Diseñador de DW, Administrador de BD (opcional)
Integración de Datos	Diseñador de procesos de ETL, Programador de procesos de ETL
Visualización de Información	Arquitecto de información, Diseñador gráfico, Programador de la capa de visualización de información
Aseguramiento de la Calidad	Administrador de la calidad, Diseñador de pruebas, Probador, Asegurador de calidad de datos
Dirección	Jefe de proyecto, Planificador, Económico, Administrador de la configuración, Especialista de CALISOFT, Alta gerencia, Cliente
Desarrollo Tecnológico	Arquitecto de software, Programador

Definidos los roles de la metodología se identificaron los artefactos necesarios para la correcta documentación del proyecto según las características de las soluciones de DW y los documentos relacionados con la gestión del proyecto.

2.4 Artefactos

En todo desarrollo de software se hace necesario llevar una adecuada documentación del proceso de desarrollo del proyecto y la generación de sus productos de trabajo. Esto facilita que tanto el cliente como el equipo del proyecto puedan entender qué se desea obtener, cual es el estado del desarrollo del proyecto y en qué consiste el producto final. Los artefactos generados en una solución de software son el resultado físico del proyecto, ellos contienen todo lo que se necesita para poder utilizar, mantener y escalar el sistema. Además facilita la comunicación entre las partes involucradas en el proyecto, permite una adecuada planificación y tener registros de los resultados obtenidos en el proyecto, ya sean positivos o negativos, para su posterior análisis.

En el caso de la metodología presentada, para definir los artefactos que deben desarrollarse se tuvieron en cuenta varios criterios:

- ✓ Características propias del desarrollo de DW.
- ✓ Artefactos propuestos por la Metodología de Kimball (Kimball).
- ✓ Documentación establecida por el Programa de Mejora para los desarrollos de proyectos de software (CALISOFT).
- ✓ Entradas y salidas propuestas por la Guía del PMBOK para los procesos asociados a las áreas de conocimiento de la gestión del proyecto.
- ✓ Experiencia práctica de los especialistas de DAD.

En todo momento se trató de documentar solo lo necesario, evitando la documentación excesiva e innecesaria que obstaculiza el avance del proyecto sobre todo cuando el equipo de desarrollo es pequeño. A continuación se presentan la lista de artefactos definidos para la metodología y la clasificación de los mismos según sus objetivos en el proceso de desarrollo.

Rector: Documento importante para el desarrollo del proyecto y que implica a todas las partes involucradas en el proyecto. Estos se aprueban, aceptan y firman con los clientes.

- Ficha técnica del proyecto: Define los objetivos generales del proyecto, sus antecedentes, la necesidad de su desarrollo y el imparto de su desarrollo para la organización, además define el monto estimado que se necesita para su desarrollo.
- Proyecto técnico: Define todas las características generales de la solución que debe desarrollarse según la necesidad del cliente. Define el alcance del proyecto, el cronograma general, el presupuesto, los recursos materiales y humanos necesarios, entre otros aspectos importantes. Es la base para el inicio del proyecto.
- Contrato: Es documento legal que define los compromisos y responsabilidades de las partes implicadas en el proyecto.
- Especificación de requisitos de software: Se especifican todos los requisitos del sistema.
- Acta de inicio: Es el documento legal que autoriza el inicio del desarrollo del proyecto.
- Acta de aceptación: Es el documento legal que demuestra la conformidad del cliente con un producto de software desarrollado o documento entregado por el proyecto.
- Acta de terminación: Es el documento legal que da cierre al desarrollo del proyecto una vez cumplidos los objetivos propuestos y los compromisos asumidos en el contrato.
- Reporte de estado del proyecto: Es un parte detallado que se realiza periódicamente y que explica el estado de ejecución del proyecto. Se realiza un análisis de las actividades planificadas para el periodo, los problemas, las desviaciones, los riesgos, entre otros aspectos de interés para el desarrollo del proyecto.

Entregables: Documentos que deben ser entregados por parte del equipo de desarrollo y aprobados por el cliente.

- Informe de resultados del diagnóstico integral: Presenta los resultados obtenidos de la realización del diagnóstico del negocio, de los datos y de la infraestructura técnica realizados a la organización cliente.
- Informe de resultados del estudio de factibilidad: Presenta los resultados del análisis económico realizado para evaluar la factibilidad de realización de proyecto para la organización y DATEC.
- Reglas del negocio: Describe las reglas de variables, de transformación, de almacenamiento y de visualización definidas con los clientes.
- Registro de sistemas fuentes: Describe las características de las fuentes de datos teniendo en cuenta características como: tipo de fuente (externa o interna), formatos en que se encuentran los datos, condiciones de acceso, periodicidad de actualización, cantidad de datos que manejan, entre otros aspectos de interés para definir los procesos de integración de datos.
- Especificación de casos de uso del sistema: Describe los casos de uso del sistema.
- Reportes candidatos: Describe detalladamente los reportes preliminares que se deben desarrollar para los usuarios.
- Documento de arquitectura de software: Describe los componentes arquitectónicos de la solución como son: vistas de negocio, sistema, datos, integración y presentación. Puede

elaborarse en un solo documento o realizar uno para cada vista arquitectónica según lo definido con el cliente.

- Especificación del modelo dimensional: Describe el modelo lógico derivado de la matriz dimensional. Contiene la especificación de las dimensiones, los hechos y las especificaciones del modelo físico. También se describen las políticas de seguridad, indexado, y particionamiento implementadas en el repositorio de datos. además define la estrategia de respaldo y recuperación de la información almacenada.
- Especificación modelo de integración de datos: Contiene la información relacionada con el proceso de integración de datos. Describe las estrategias para garantizar la calidad y limpieza de los datos, la auditoria de los procesos de integración y la ocurrencia de cambios en las dimensiones. También define las condiciones para la realización de la carga histórica e incremental.
- Guía de implantación del DW: Describe una frecuencia de pasos para la correcta instalación, configuración y explotación del Almacén de Datos.
- Especificación de la aplicación para el usuario final: Define todas las características del subsistema de Presentación de información desde el diseño de los cubos OLAP hasta la implementación de las consultas MDX y las políticas de seguridad definidas en la capa de visualización.
- Manual de usuario: Describe las funcionalidades del sistema y como debe operarse.
- Código fuente: Es el código generado durante la implementación del producto. Incluye el código de los tres subsistemas que conforman el DW.
- Programa de los cursos de capacitación y transferencia: Consiste en el programa de formación de los cursos que se impacten durante la etapa de capacitación y transferencia tecnológica.
- Reporte de hitos para el cliente: Es un parte o resumen que se realiza periódicamente y que explica al cliente el estado de ejecución del proyecto, los principales problemas presentados, las futuras acciones y los resultados alcanzados hasta el momento.

Internos: Documentos que sirven para auxiliar el proceso de desarrollo pero que solo son utilizados por el equipo del proyecto y los directivos que controlan y supervisan el desarrollo del proyecto. Para un mejor entendimiento de la lista de artefactos se organizaron según su objetivo dentro del proyecto.

Para el desarrollo del producto

- Perfilado de datos: Describe el estado de los datos almacenados en los sistemas fuentes que alimentaran al DW identificando características de los mismos que puedan convertirse en reglas del negocio. También presenta los resultados del perfilado realizado a los datos una vez cargados en el DW.
- Diccionario de datos: Describe los nomencladores identificados en el negocio y las correlaciones que pueden existir entre ellos para establecer las características de la carga de dimensiones asociadas a estos.
- Mapa lógico de datos: Representa el origen y destino físico de cada uno de los atributos que conforman las tablas de hechos y de dimensiones según la estructura física de las fuentes de datos y el modelo físico del DW.

Para la administración de requisitos

- Matriz de disponibilidad de proveedores: Permite evaluar la disponibilidad de los proveedores de requisitos.
- Requisitos rechazados: Describe las condiciones y causas por las que son rechazados algunos requisitos y propone una posible solución para cubrir la necesidad de los mismos.
- Registro de revisiones e inconsistencias: Describe las inconsistencias detectadas entre los diferentes componentes del sistema de trazabilidad que pueden provocar problemas para el desarrollo del producto.
- Reporte de trazabilidad: Presenta el estado de los componentes de trazabilidad que desean ser analizados.
- Diseño de casos de prueba: Es específico para cada sistema y consiste en la prueba específica que se va a desarrollar.

Para la gestión de proyecto

Planes

- Plan de pruebas: Permite la planificación de todo el sistema de prueba con sus actividades y forma de medir la calidad del producto.
- Plan de desarrollo del software: Describe la planificación de los principales aspectos relacionados con la ejecución de proyecto como son: Involucrados, Recursos humanos y materiales, Cronograma de ejecución, Capacitación, Mitigación de riesgos, entre otros.
- Planes y registro de monitoreo: Define los momentos claves del desarrollo del proyecto que deben ser monitoreados y forma en que debe realizarse.

Revisiones de monitoreo y control

- Registro de revisiones para el compromiso al plan: Muestra los resultados de las revisiones realizadas para comprobar la adherencia a la línea base de desarrollo definida por el proyecto.
- Registro de problemas, desviaciones y acciones: Describe los problemas encontrados en el proceso de desarrollo las causas y las acciones que deben realizarse para resolverlos o mitigar sus efectos.

Involucrados

- Lista de adquisiciones: Describe las adquisiciones realizadas por el proyecto ya sean de productos o servicios explicando el beneficio y el impacto de su adquisición.
- Acuerdo con el proveedor: Describe los acuerdos establecidos con los proveedores definiendo las responsabilidades asumidas por ambas partes.
- Reporte de estado del proveedor: Muestra un resumen del estado de los compromisos asumidos por los proveedores y su impacto en el desarrollo del proyecto.
- Evaluación del proveedor: Muestra una evaluación final de los proveedores según el cumplimiento de los compromisos asumidos con el proyecto.

Informes

- Informe de resultados de la transferencia: Resume los resultados del proceso de transferencia del proyecto a los clientes.
- Reporte de hitos para la alta gerencia: Es un parte o resumen que se realiza periódicamente y que explica a la alta gerencia el estado de ejecución del proyecto, los principales problemas presentados, las futuras acciones a desarrollar y los resultados alcanzados hasta el momento.

- Minuta de reunión: Es un resumen de los temas tratados en las reuniones realizadas con los clientes, grupo de dirección o equipo del proyecto. Recoge formalmente la lista de acuerdos tomados para que pueda ser controlado su cumplimiento.

Para el aseguramiento de la calidad

- Glosario de términos: Define el significado de los términos del negocio que para que posean una única interpretación por parte de todos los involucrados al proyecto.
- Solicitud de mejora de proceso o producto: Explica los problemas por los cuales debe cambiarse algunos de los procesos definidos en el programa de mejora, ya sea por características específicas de un proceso de desarrollo o de un producto.
- Registro de evaluaciones del proyecto: Es el registro documental de todas las auditorías realizadas al proyecto.
- Notificación de escalabilidad: El propósito del presente documento es realizar el escalamiento de las no conformidades que se encuentran abiertas en un proyecto por no haber sido resueltas en el plazo establecido (o por estar su solución fuera del alcance del proyecto).

Para la gestión de configuración

- Solicitud de cambios para mejora: Describe la necesidad de un cambio para mejorar funcionalidades del sistema, hace un análisis de sus consecuencias y registra la decisión que se toma al respecto.
- Solicitud de cambios por error: Describe la necesidad de un cambio por errores detectados, hace un análisis de sus consecuencias y registra la decisión que se toma al respecto.

Externos: Documentos de la organización entregados por los clientes como información necesaria para el desarrollo del proyecto.

- Factores ambientales de la empresa: incluyen aspectos tales como la cultura de la organización, la infraestructura, las herramientas, los recursos humanos, las políticas relativas al personal y las condiciones del mercado.
- Activos de los procesos de la organización: Los activos de los procesos de la organización son las políticas, los procedimientos y las guías formales e informales.
- Catálogo de proveedores: Es una lista de especialistas del negocio que debe entregar el cliente al proyecto para evaluar los posibles proveedores de requisitos.

2.4.1 Estructura del Expediente de Proyecto

Para organizar los artefactos se utilizó la estructura de carpetas del Expediente de Proyecto (EP) definido por el Programa de Mejora (Ver Figura 5).

De las carpetas generales que conforman el EP solo se modificaron las carpetas de ingeniería y gestión de proyecto, donde se adicionaron, modificaron y eliminaron artefactos en concordancia con los requerimientos de la metodología y el tipo de solución de software que se desarrolla. En el Anexo 3 se muestra como quedaron organizados los artefactos en estas carpetas.

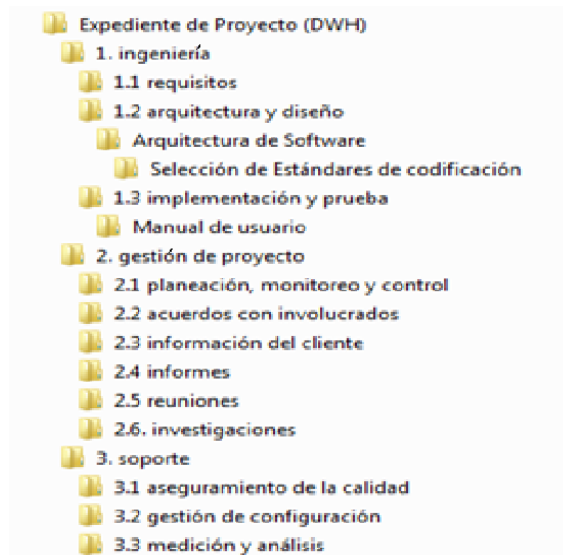


Figura 5: Estructura del Expediente de Proyecto (Elaboración propia)

Para apoyar el proceso de desarrollo y como parte de la metodología se definieron un grupo de herramientas.

2.5 Herramientas

Todo proceso de desarrollo de software está sustentado por el uso de herramientas que permiten su adecuada ejecución y facilitan el desarrollo del producto. A continuación se presentan las herramientas clasificadas en dos categorías: herramientas de apoyo y herramientas desarrolladas por DAD.

2.5.1 Herramientas de apoyo

Son las herramientas que facilitan la realización de las actividades asociadas al proceso de desarrollo del software, ejemplos: la documentación, planificación, estimación y administración del proyecto.

- Guía metodológica para la realización del diagnóstico: Define un grupo de aspectos claves que deben ser considerados para realizar el diagnóstico integral (Frometa, Bejerano, Pino, Oliva and Vázquez 2011).
- Cuestionario: Lista de preguntas a realizar en los encuentros con los clientes.
- Plantillas y formularios: Estructuras de documentos o artefactos ya definidos genéricamente y que agilizan la documentación del desarrollo del proyecto.
- GESPRO: Es una herramienta desarrollada en la UCI para la gestión de los proyectos que se desarrollan en los centros productivos de la Universidad y que se basa en la herramienta Redmine (Pérez 2010; Pérez 2011).
- Visual Paradigm for UML: Es una herramienta CASE profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software, integra el diseño visual, la generación de código fuente, bases de datos y documentación.
- Criterios de selección de proveedores: Se utiliza para identificar los proveedores de requisitos.
- Criterios para definir proveedores válidos de requisitos: Permite definir quiénes son los proveedores válidos de requisitos.

- Criterios para validar requisitos del cliente y del producto: Permite evaluar la objetividad y realización de los requisitos definidos por los clientes.
- Evaluación de requisitos: Se utiliza para evaluar la complejidad de los requisitos identificados
- Evaluación de casos de uso: Se utiliza para evaluar la complejidad y prioridad de los casos de uso del sistema identificados
- Lista de verificación para auditorías a la configuración: Es una guía de los aspectos que deben ser revisados en las auditorías a la configuración.
- Lista de verificación de la integridad de los datos: Es una guía para evaluar la calidad de los datos recolectados durante el proceso de medición.
- Método de estimación: Permite realizar una estimación de los tiempos y costos de desarrollo del proyecto.

2.5.2 Herramientas desarrolladas en DAD

Son las herramientas desarrolladas por el departamento para mejorar el proceso de desarrollo del DW.

- Herramienta de análisis y trazabilidad de DW: Recoge la información referida a requisitos de información y funcionales, además de su relación con los componentes de trazabilidad definidos para los DW. Permite establecer la trazabilidad que existe entre los requisitos, los casos de uso, las estructuras dimensionales y los reportes OLAP.
- Extensión de Visual Paradigm para Modelo Dimensional: Es una extensión para modelar DW en la herramienta de modelado Visual Paradigm for UML Permite modelar lógicamente la estructura de un DW, representar las jerarquías con sus niveles asociados, generar el modelo físico a partir del modelo lógico, generar un XML con el diseño preliminar de los esquemas OLAP a partir del diseño lógico y generar el script de BD para cargar el diseño físico en el gestor de BD (Torres and Suárez 2012).

Conclusiones parciales

En este capítulo se describen las fases, roles, artefactos y herramientas que propone la Metodología de Desarrollo para Proyectos de DW. Definidos los elementos fundamentales de la metodología se puede concluir:

- Las fases, roles, artefactos y herramientas propuesta están en concordancia con las tendencias revisadas durante la fundamentación teórica.
- El ciclo de vida definido para la metodología permite guiar el desarrollo integral del proyecto, incluyendo un flujo de trabajo que permite su adecuada gestión.
- La metodología organiza sus roles por grupos de trabajo lo que permite aumentar la productividad, debido a la especialización de los recursos humanos en áreas específicas del desarrollo, además de poder estar ejecutando varios proyectos a la vez.
- Los artefactos propuestos permiten satisfacer las necesidades de documentación del producto y del proceso de desarrollo.
- La metodología está concebida para que pueda ser implementada con independencia de las herramientas que se deseen utilizar en el desarrollo técnico del DW y propone un grupo de herramientas de apoyo al proceso de desarrollo como son: Extensión de Visual Paradigm para Modelo Dimensional y GESPRO para la gestión del proyecto.

Capítulo 3. Descripción de los procesos y actividades de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos

Las fases que define la metodología deben estar divididas en tareas o actividades, explicando cómo deben ser ejecutadas, quién la ejecuta, qué herramientas se pueden utilizar, productos de software que genera, así como el orden en que deben ser ejecutadas según el ciclo de vida definido para la metodología. En este capítulo se describen los procesos que se realizan en el flujo de trabajo de Gestión del Proyecto y las actividades que se ejecutan en cada una de las fases de la metodología. Además en el Anexo digital adjunto a la presente investigación se define para cada proceso y actividad del ciclo de vida de la metodología, los roles involucrados en la realización, artefactos de entrada y de salida generados, y las herramientas necesarias para su ejecución.

3.1 Descripción de los procesos del flujo de trabajo de Gestión del Proyecto

Un proyecto de DW presenta el mismo ciclo de vida de un proyecto genérico, con etapas de Inicio, Organización y Preparación, Ejecución del trabajo, y Cierre. Por tanto, para estos proyectos también puede aplicarse la correspondencia de los grupos de procesos y las áreas de conocimiento propuestas por el PMBOK, adaptando los procesos a las características propias de este tipo de soluciones. En la Tabla 3 se muestran los procesos definidos para el flujo de trabajo de Gestión del Proyectos. Es importante señalar que aun cuando se consideraron los procesos propuestos por el PMBOK y el Programa de Mejora no se pretende profundizar exhaustivamente en cada uno de ellos.

Tabla 3: Procesos del flujo de trabajo de Gestión del Proyecto de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de DW

Áreas de Conocimiento	Grupos de procesos de la Dirección de Proyecto				
	Grupo de Procesos de Iniciación	Grupo de procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Seguimiento y Control	Grupo de Procesos de Cierre
Gestión de la Integración	Elaborar la Ficha técnica y el Proyecto Técnico.	Desarrollar el Plan de Desarrollo de Software.	Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto.	Monitorear y controlar el trabajo del proyecto. Realizar el control integrado de cambios.	Cerrar el proyecto.
Gestión del Alcance		Administrar requisitos Definir el alcance de la solución. Crear la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).		Controlar alcance.	
Gestión del Tiempo		Confeccionar el cronograma de ejecución del proyecto.		Controlar el cronograma.	
Gestión de los Costos		Estimar los costos.		Controlar los costos.	
Gestión de la Calidad		Planificar la calidad.		Controlar la calidad.	

Gestión de las Comunicaciones	Identificar interesados.	Planificar las comunicaciones.	Distribuir la Información.	Informar el desempeño.	
Gestión de los Riesgos		Planificar la gestión de riesgos. Identificar los riesgos.		Monitorear y controlar los riesgos.	
Gestión de las Adquisiciones		Planificar las adquisiciones.		Administrar las adquisiciones.	Cerrar las adquisiciones.

Como puede evidenciarse para el área de conocimiento de Gestión de los Recursos Humanos no fue definido ningún proceso dentro de la metodología debido a que la selección, preparación y evaluación de los mismos la realiza la organización y se estimó conveniente que dichos procesos fueran gestionados a ese nivel y no como parte del proceso de desarrollo del proyecto. La estimación de la cantidad de recursos humanos necesaria para el desarrollo del proyecto se determina como parte de los procesos de planificación integral y se realiza un monitoreo del desempeño de los mismos dentro del proyecto.

En cada uno de estos procesos se realizan un conjunto de actividades que acercan las buenas prácticas genéricas propuestas por PMBOK y CMMI en su nivel 2 a las necesidades de los proyectos de DW. A continuación se describen cada uno de los procesos.

Gestión del Proyecto

Para facilitar la comprensión de los procesos para la gestión del proyecto definidos en la metodología, estos serán agrupados por las áreas de conocimiento a las cuales están asociados y se realiza una breve descripción del proceso. Las actividades definidas para cada proceso pueden verse en el Anexo 4.

Gestión de la Integración

- 1. Elaborar la Ficha técnica y el Proyecto Técnico del Proyecto:** Es el proceso que consiste en desarrollar un documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase y documentar los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados. La Ficha Técnica y el proyecto técnico de la solución contiene los aspectos elementales para la puesta en marcha del proyecto. Define los objetivos generales, sus antecedentes, la necesidad de su desarrollo, el impacto de su desarrollo para la organización, el alcance, el presupuesto, los aspectos técnicos generales como: una aproximación de la arquitectura, los recursos humanos implicados, los riesgos más importantes, entre otros.
- 2. Desarrollar el Plan de desarrollo del software:** Es el proceso que consiste en documentar las acciones necesarias para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios necesarios para el desarrollo de la solución. Este proceso se realiza fundamentalmente durante la fase de Estudio preliminar y planeación, como resultado se obtiene un plan para la dirección del proyecto que se elabora gradualmente y que debe mantenerse actualizado durante todo el desarrollo. El Plan de desarrollo del software incluye planes asociados a los aspectos claves para la ejecución del proyecto como son: estimación, comunicación, personal o recursos humanos, recursos, riesgos, calidad, configuración, monitoreo y control entre otros. Durante este proceso también se establecen los elementos para la administración de la configuración.

La administración de la configuración incluye los procesos necesarios para asegurar la generación, recogida, distribución, almacenamiento y recuperación de la información del proyecto en tiempo. El proceso de administración de la configuración proporcionan los enlaces entre las personas y la información. Además establece los mecanismos para el control de la línea base del proyecto.

Es importante destacar que algunos de estos planes no se definen para cada uno de los proyectos, sino que están definidos a nivel de centro o departamento según las características de los proyectos productivos que se desarrollan, esto permite homogenizar algunas tareas como son: la gestión de la calidad, la administración de acuerdos con proveedores y el monitoreo de los proyectos. De esta forma se hace menos engorroso el proceso de planeación reduciendo los tiempos destinados al mismo.

- 3. Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto:** Es el proceso que consiste en ejecutar el trabajo definido para cumplir con los objetivos del proyecto. En este proceso se genera la mayor parte de la información que será utilizada en los procesos de control de costo, alcance y tiempo así como gestión de riesgos.
- 4. Monitorear y controlar el trabajo del proyecto:** Es el procesos que permite monitorear, analizar y regular el avance del proceso de desarrollo. Consiste en recopilar, medir y distribuir la información relativa al desempeño del proyecto, evaluar las mediciones y las tendencias que van a permitir efectuar mejoras al proceso (PMI 2008h). El monitoreo y control constante de los hitos y fases del desarrollo permite conocer en todo momento el estado de ejecución del proyecto. Esto permite tomar a tiempo las medidas necesarias para evitar o corregir problemas que pueden surgir durante el desarrollo. Este proceso está directamente relacionado con los procesos de: Controlar alcance, Controlar el cronograma, Controlar los costos, Controlar la calidad, Informar el desempeño, Monitorear y controlar los riesgos, y Administrar las adquisiciones, los cuales son visto como subprocesos del mismo y que serán descritos posteriormente.
- 5. Realizar el control integrado de cambios:** Es el proceso que consiste en revisar todas las solicitudes de cambios, aprobar los mismos y gestionar los cambios a los entregables (PMI 2008i). Los entregables fundamentales y el Plan de Desarrollo del Software deben mantenerse actualizados mediante un riguroso proceso que permita la incorporación de cambios debidamente aprobados a las líneas base del proyecto.
Cualquier interesado en el proyecto puede solicitar cambios. En este tipo de soluciones es común que los usuarios de negocio soliciten cambios a medida que se van obteniendo resultados visibles en la aplicación, por ello es sumamente importante hacer una análisis real del impacto de los mismo para que no provoquen desviaciones considerables en la línea base de ejecución del proyecto. El jefe del equipo de migración tiene la autoridad de rechazar o aprobar las solicitudes de cambio, aunque es recomendable que sean analizadas por el resto del equipo e incluso el personal directivo de la institución cliente antes de realizar alguna acción correctiva.
- 6. Cerrar el proyecto:** Es el proceso que permite dar por cumplidos todos los objetivos trazados por el proyecto en correspondencia con el alcance definido. Para ello el jefe del proyecto debe revisar toda la documentación y que los entregables estén terminados y aprobados por el cliente. Además todos los subsistemas del almacén de datos (DW) deben estar en manos del cliente y funcionando correctamente, de forma tal que este sea capaz de hacerse cargo del mismo. Es recomendable realizar un estudio de satisfacción de los usuarios de la

organización cliente con la solución, para buscar oportunidades de mejora en futuros desarrollos.

Gestión del Alcance

- 7. Administrar requisitos:** La administración de requisitos permite tener un control del estado de los requisitos de software identificados por los clientes. Para ello se definen los atributos de los requisitos que deben recolectarse, las dependencias que presentan con los demás componentes de desarrollo y el sistema de trazabilidad que debe usarse para la administración adecuada de los requisitos. Estas actividades se realizan principalmente durante la fase de Requisitos, pero deben ejecutarse siempre que surjan nuevos requisitos o modificaciones durante el desarrollo. Además esta actividad debe garantizar que tanto el cliente como el equipo del proyecto posean un dominio y un entendimiento absoluto sobre los requisitos del producto y se encuentren comprometidos con el desarrollo de los mismos.
- 8. Definir el alcance de la solución:** Es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto. En los proyectos de DW gran parte de la información relacionada con el alcance se puede obtener del Informe de resultados del diagnóstico integral que se realiza durante la etapa de Estudio preliminar que será explicado posteriormente. El alcance se puede ir complementando a medida que se obtiene mayor información del proyecto, pero es importante velar que siempre se mantenga en correspondencia con lo definido en el Proyecto Técnico.
- 9. Crear la EDT:** Es un proceso que consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y fáciles de manejar. La EDT es una descomposición jerárquica basada en los entregables del trabajo que debe realizar el equipo del proyecto para lograr los objetivos del mismo (PMI 2008c). Los niveles más bajos de la jerarquía son denominados paquetes de trabajo, los cuales se corresponden con la menor unidad de trabajo que debe ser realizado y deben ser medibles a partir de resultados concretos (PMI 2006). En el Anexo 5 se muestra la EDT genérica desarrollada teniendo en cuenta las características de la metodología propuesta en la presente investigación.
- 10. Controlar alcance:** Es el proceso mediante el cual se monitorea el estado del alcance del proyecto de DW. Además permite gestionar los cambios a la línea base del alcance. Funciona de forma integrada y paralela al resto de los procesos de control. Su principal objetivo es garantizar que las desviaciones existentes entre el alcance aprobado y el real sean documentadas como solicitudes de cambio y gestionadas por medio del control integrado de cambios.

Gestión del Tiempo

- 11. Confeccionar el cronograma de ejecución del proyecto:** Es el proceso que permite identificar y escribir las acciones específicas que deben ser realizadas para elaborar los entregables del proyecto. Toma como base la EDT definida para el proyecto descomponiendo los paquetes de trabajos en actividades o tareas que deben ejecutarse. Se recomienda que las actividades definidas puedan ser evaluadas a partir de resultados tangibles. Como parte de la metodología, en la presente investigación se definen un grupo de actividades y tareas que pueden servir como base para el desarrollo de este proceso.
- 12. Controlar el cronograma:** Es el proceso mediante el cual se da seguimiento al estado del proyecto para actualizar el alcance del mismo y gestionar cambios en la línea base del

cronograma (PMI 2008a). Es necesario determinar durante este proceso si las desviaciones con respecto a la línea base del cronograma justifican el empleo de acciones correctivas. Para ello se debe analizar el impacto que tienen las actividades atrasadas en la ruta crítica del proyecto.

Gestión de los Costos

- 13. Estimar los costos:** Es el proceso que permite hacer una estimación de los recursos monetarios necesarios para ejecutar el proyecto. La exactitud de la estimación debe ser refinada a medida que el proyecto avanza y se obtienen datos más fiables, lo que hace que este proceso se realice durante todo el ciclo de vida del proyecto (PMI 2008e). Para la estimación deben tenerse en cuenta los riesgos identificados y siempre planificar con holgura. En la determinación de los costos deben considerarse todos los recursos que necesita el proyecto, como son: los recursos humanos y materiales, servicios, equipamiento, los costos para casos de contingencia, entre otros. Los costos son estimados para cada etapa del desarrollo del proyecto según los tiempos definidos para su duración.
- 14. Controlar los costos:** Es el proceso mediante el cual se monitorea la situación de los costos del proyecto con el fin de actualizar el presupuesto y gestionar los cambios en la línea base de los costos. Gran parte del esfuerzo involucrado en este proceso se destina a analizar la relación entre el uso de los fondos del proyecto y el trabajo real efectuado (PMI 2008b).

Gestión de la Calidad

- 15. Planificar la calidad:** Es el proceso que permite identificar los requisitos de calidad que deberá cumplir el proyecto y el producto, documentando la manera en que se demostrará el cumplimiento de los mismos. Este proceso permite planificar todas las actividades de aseguramiento de la calidad que deben desarrollarse durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- 16. Controlar la calidad:** El proceso consiste en monitorear y registrar los resultados de las actividades de aseguramiento de la calidad planificadas. Su impacto fundamental está en los entregables generados y el proceso de desarrollo.

Gestión de las Comunicaciones

- 17. Identificar los interesados:** Es el proceso que consiste en identificar a todas las personas u organizaciones involucradas por el proyecto, documentar información relevante relativa a sus intereses, participación e impacto en el éxito del proyecto. Los interesados en el proyecto son personas, organizaciones clientes, patrocinadores, la organización ejecutante o el público, que están activamente involucrados en el proyecto, o cuyos intereses pueden verse afectados de manera positiva o negativa por su ejecución (PMI 2008g).

En el caso de un proyecto de DW los interesados internos a la organización cliente suelen ser los de mayor impacto debido a que la solución está orientada a sus necesidades. No pueden dejar de identificarse los siguientes roles dentro de la institución: directivo de la organización, analista del negocio, administrador de sistemas operacionales y personal del área informática y soporte técnico.

- 18. Planificar las comunicaciones:** Es el proceso en el cual se determinan las necesidades de información de cada uno de los interesados, así como la estrategia para distribuir la información referente al proyecto a todo el personal involucrado. En un proyecto de DW, es vital la adecuada comunicación con los usuarios del negocio y los directivos de la

organización cliente. Este tipo de soluciones orientadas a satisfacer las necesidades de análisis de información del cliente y el proyecto solo puede tener éxito si existe una excelente comunicación con el mismo.

- 19. Distribuir la Información:** Es el proceso que ejecuta las acciones planificadas en el sistema de comunicación definido para el proyecto. Además brinda las respuestas a solicitudes de información no previstas durante todo el ciclo de vida del proyecto de DW (PMI 2008d).
- 20. Informar el desempeño:** Es el proceso de recopilación y distribución de información sobre el desempeño del proyecto. Un informe de desempeño debe ajustarse a la audiencia que lo recibirá, por lo que un informe destinado a los interesados con responsabilidades administrativas dentro de la organización cliente para los cuales se está desarrollando el DW tiene características diferentes a los informes generados para la alta gerencia o el equipo del proyecto.

Gestión de los Riesgos

- 21. Planificar la gestión de riesgos:** Es el proceso mediante el cual se planifican las actividades de la gestión de riesgos en el proyecto de DW. Este tipo de proyecto posee características particulares (son soluciones a la medida que dependen del cliente, requieren disponibilidad de los datos, etc.) que provocan la aparición de situaciones que pueden afectar directa o indirectamente el potencial de éxito del proyecto, por lo que se deben planificar cuidadosamente las actividades de monitoreo proactivo que permitan mitigar los efectos negativos y responder ante los incidentes que surjan. Es importante estimar los recursos necesarios para la correcta ejecución de la gestión de riesgos.
- 22. Identificar y analizar los riesgos:** Es el procesos donde se identifican y documentan los riesgos que pueden afectar el desempeño del proyecto. Es un proceso iterativo debido a que se pueden descubrir nuevos riesgos o pueden evolucionar conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida. Es importante prestar especial atención a la identificación de los riesgos relacionados con los elementos de alcance, costos y tiempo (Kendrik 2003). Una vez identificados se debe analizar su probabilidad de ocurrencia y su posible impacto en el proyecto con el fin de clasificarlos según su prioridad. Esto permite darles una atención inmediata o seguimiento a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- 23. Monitorear y controlar los riesgos:** Es el proceso mediante el cual se realiza el seguimiento a los riesgos identificados, se identifican nuevos riesgos o se descartan los que ya no son válidos. Durante este proceso se ejecutan las acciones de mitigación o correctivas planificadas e incluso pudiera modificarse el Plan de desarrollo del software a partir de la variación de atributos de los riesgos descritos.

Gestión de las Adquisiciones

- 24. Planificar las adquisiciones:** Es el proceso que consiste en documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificar la forma de hacerlo e identificar posibles proveedores. Identifica qué necesidades del proyecto pueden satisfacerse mediante la adquisición de productos y servicios fuera de la organización del proyecto.
- 25. Administrar las adquisiciones:** En este proceso se unen los procesos de ejecutar y administrar las adquisiciones. Consiste en gestionar las relaciones de adquisiciones, supervisar el desempeño del contrato y efectuar cambios y correcciones según sea necesario. Tanto para el comprador como para el proveedor, es de interés realizar un seguimiento y

control de los acuerdos establecidos para asegurar que ambas partes cumplan con sus respectivas obligaciones y que sus derechos legales se encuentren protegidos. Cuando los acuerdos establecidos están sujetos a pagos, este proceso se encarga de la gestión financiera que implica el monitoreo de los pagos efectuados al proveedor y asegura que exista una estrecha relación entre los pagos efectuados y el trabajo realizado.

- 26. Cerrar las adquisiciones:** Es el proceso de finalizar cada adquisición realizada por el proyecto. Incluye actividades administrativas, como finalizar reclamaciones abiertas, actualizar registros y documentar resultados que puedan ser archivados para su uso en el futuro.

Una vez descritos los procesos del flujo de Gestión del Proyecto se pasa a la descripción de las actividades generales definidas para cada fase del ciclo de vida de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de DW.

3.2 Descripción de las actividades de las fases de la metodología

Las actividades se agruparon por cada una de las fases de la metodología. Para su descripción primeramente se hace una breve explicación de los objetivos de la misma. Cada actividad está compuesta por un grupo de tareas que detallan las acciones que deben ejecutarse para su adecuado desarrollo.

Estudio preliminar y planeación

- 1. Planear la planeación:** En esta actividad se define el calendario y los responsables de realizar las principales actividades del proceso de planeación del proyecto. Esto incluye: planear el tiempo que le tomará realizar la planeación, el estudio preliminar, planeación y asignación de recursos, definición del plan de proyecto, establecimiento de compromisos, actualización del plan y firma de terminación del proyecto.

Tareas:

- Definir tiempos del proceso de planeación
- Elaborar un cronograma general de los procesos de planeación

- 2. Planificar estudio preliminar:** En esta actividad se planifican las tareas a desarrollarse durante el estudio preliminar, se identifican los representantes por parte del cliente y los miembros del equipo del proyecto que participarán, ambas partes serán los encargados de la elaboración y posterior validación del Proyecto Técnico. Se establecen los tiempos para elaboración y aceptación del Proyecto Técnico. De ser necesario, también se tramitan los viajes al extranjero del equipo de desarrollo.

Tareas:

- Planificar el diagnóstico
- Definir el cronograma del diagnóstico
- Presentar el diagnóstico integral
- Definir el equipo de trabajo conjunto
- Definir las áreas de negocio afectadas
- Determinar los riesgos
- Definir los involucrados

- 3. Realizar un diagnóstico integral de la organización:** El diagnóstico integral constituye un examen de la situación actual de una organización, sus perspectivas respecto al cumplimiento de su misión, sus objetivos, actividades, el estado de sus recursos y la caracterización de su estado técnico. Los tres diagnósticos pueden ejecutarse de forma paralela.

Entre los resultados más relevantes se encuentran:

- ✓ Áreas del negocio de la organización.
- ✓ Principales conceptos de información que se manejan.
- ✓ Fuentes de datos que tributan información.
- ✓ Tecnología existente en la organización.
- ✓ Principales problemas presentados en la organización.
- ✓ Posibles riesgos en el desarrollo del proyecto.
- ✓ Orden de prioridad de las áreas de negocio para el desarrollo del DW.
- ✓ Lista de posibles proyectos a realizar para mitigar los problemas presentados por la organización a fin de lograr el estado deseado.

Tareas:

- Lanzamiento del diagnóstico
- Levantar información del diagnóstico
- Determinar estado deseado de la organización
- Definir portafolio de proyectos
- Presentar resultados del diagnóstico

- 4. Realizar análisis de factibilidad:** El análisis de factibilidad tiene como objetivo demostrar que se puede sustentar el proyecto. Para evaluar la factibilidad deben tenerse en cuenta varios aspectos como son: la disponibilidad de los datos, la percepción la facilidad de desarrollo y despliegue, la disponibilidad de recursos (técnicos, humanos y económicos) y la experiencia y organización que posee de entidad cliente. Las alternativas deben evaluarse por la capacidad de mantenerse en el tiempo porque el balance entre los recursos y los beneficios es positivo. En la etapa de cierre del proyecto se hace una validación del análisis de factibilidad que demuestra si los indicadores definidos se comportaron como se esperaba y si se corresponde con las estrategias de dirección. El análisis de factibilidad debe desarrollarse desde diferentes dimensiones: social, científico, económico, comercial.

Tareas:

- Antecedentes de la inversión, caracterización y fundamentación de la inversión
- Estudios de alternativas, diseño de alternativas del proyecto de inversión
- Resumen de análisis de factibilidad
- Análisis de fuentes de financiamiento de la inversión
- Evaluación de indicadores de factibilidad
- Aplicación de métodos de selección de alternativas

Requisitos

- 1. Realizar el levantamiento de requisitos:** Es proceso de entrevistar al personal de negocio y técnico, pero siempre conviene tener un poco de preparación previa. Se debe aprender tanto como se pueda sobre el negocio, los competidores, la industria y los clientes del mismo. Se deben conocer los términos del negocio. Para ello se utilizan los resultados del Diagnóstico Integral realizado en la fase anterior. Lo más común es que los miembros del equipo que trabajaron en la realización del diagnóstico sean los mismos que ejecuten esta actividad utilizando los conocimientos del negocio ya adquiridos.

Tareas:

- Determinar proveedores validos de requisitos
- Revisar y documentar los resultados de las entrevistas
- Elaboración de los cuestionarios

- Preparar entorno de administración de requisitos
- Desarrollar las entrevistas

2. Definición y especificación de los requisitos: En esta actividad se identifican y documentan todos los requisitos de la solución descritos anteriormente, teniendo en cuenta los resultados de las entrevistas realizadas. Además se definen los casos de uso del sistema haciendo un análisis de los requisitos identificados. Es importante destacar que la utilización de casos de uso para orientar el análisis y diseño de la solución es una de las incorporaciones realizadas en la metodología. Para este tipo de soluciones se decidió clasificar a los casos de uso del sistema en dos categorías:

- ✓ Casos de uso de información: Agrupan un conjunto de requisitos de información teniendo en cuenta los conceptos del negocio que manejan y sus variables de entrada y salida.
- ✓ Casos de uso funcionales: Agrupan los requisitos funcionales definidos para los diferentes subsistemas que componen la solución. Estos casos de uso suelen ser genéricos para casi todas las soluciones y solo se modifican los valores del negocio que los componen.

En esta fase también se identifican las reglas del negocio a partir del análisis del negocio y los resultados del perfilado de datos. Algunas de estas reglas no suelen definirse en etapas tan tempranas del desarrollo por lo que suelen ser actualizadas a medida que van surgiendo. Estas reglas se clasifican en varias categorías:

- ✓ Reglas de variables: Son las reglas que definen las variables calculables que son objeto de análisis. *Ejemplo: porcentaje de $x = x*y/100$.*
- ✓ Reglas de almacenamiento: Son las reglas que definen características específicas del almacenamiento de alguna variable. *Ejemplo: tipo de datos, cantidad de caracteres, entre otros.*
- ✓ Reglas de transformación: Son las reglas que implican la transformación de alguna variable durante los procesos de integración de datos. *Ejemplo: femenino o masculino = F o M.*
- ✓ Reglas de visualización: Son las reglas que implican alguna condición para la visualización de alguna variable. *Ejemplo: las variables de tipo float deben visualizarse solo con dos espacios después de la coma.*

Tareas:

- Definir dominios de información
- Identificar requisitos de información
- Realizar el registro y perfilado de los sistemas fuentes
- Identificar requisitos funcionales y no funcionales
- Definir casos de uso del sistema
- Definir reglas de negocio
- Analizar los requisitos contra criterios
- Evaluar y priorizar los requisitos según su complejidad
- Revisión y aceptación de los requisitos con los proveedores de requisitos
- Evaluar los casos de uso según su complejidad y prioridad
- Crear las dependencias de trazabilidad en la Herramienta de análisis y trazabilidad de requisitos

Arquitectura

1. **Definir la arquitectura de la solución de DW:** En esta actividad se realizan un grupo de tareas que permiten definir las vistas arquitectónicas explicadas con anterioridad.

Tareas:

- Realizar entrevistas a los clientes
- Capacitación técnica (si es necesaria)
- Evaluar las herramientas
- Aprobar la propuesta de arquitectura de software con los clientes
- Evaluar los riesgos arquitectónicos
- Definir las vistas arquitectónicas

Diseño e Implementación

1. **Diseño del subsistema de almacenamiento:** El diseño de la base de datos dimensional permite definir las estructuras dimensionales del DW (hechos y dimensiones). Para ello se tienen en cuenta los resultados de la fase de Requisitos donde se definen los casos de uso de información con sus variables de entrada y salida. Los casos de uso de información representan las posibles tablas de hecho, las variables entrada y salida las posibles dimensiones y medidas asociadas al hecho. En esta actividad también se definen los esquemas de la BD y la estrategia de seguridad para el acceso a los datos almacenados en el DW.

Tareas:

- Identificar dimensiones
- Diseñar modelo dimensional lógico y físico
- Identificar hechos y medidas
- Estimar Tamaño de la BD

2. **Implementación del subsistema de almacenamiento:** Esta actividad se realiza una vez terminado el diseño físico del DW. Consiste en la implementación física del DW en el gestor de BD, para que pueda ser utilizado en el diseño e implementación de los subsistemas de integración de datos y visualización de información. Aquí se implementan las funciones, vistas, estrategias de optimización políticas de indexado, entre otros aspectos definidos durante el diseño.

Tareas:

- Construcción física del DW
- Implementar particionamiento de las tablas

3. **Diseño del subsistema de integración de datos:** Esta actividad permite definir las estrategias que deben seguirse para el desarrollo de los procesos de integración de datos. Para ello se toman en cuenta los resultados obtenidos durante el estudio de las fuentes y los requisitos funcionales identificados para el subsistema de integración de datos.

Tareas:

- Definir las estrategias para la extracción de datos
- Definir estrategias para garantizar la calidad de datos
- Definir mapa lógico de datos Fuente-Destino
- Diseño del sistema de auditoría y metadatos
- Diseñar plan detallado de ETL
- Diseñar la estructura del área temporal (opcional)
- Definir las estrategias para la carga

4. **Implementación del subsistema de integración de datos:** En esta actividad se implementan las estrategias definidas en el diseño del subsistema de integración de datos. Se realiza la carga histórica y la carga incremental que permite poblar el DW con los datos provenientes de los sistemas fuentes. Estos dos procesos suelen hacerse de forma independiente y en

diferentes momentos, por lo general primero se realiza la carga histórica y después la incremental. También puede suceder que se deje para la fase de Despliegue la realización de la carga histórica y se implemente la carga incremental con datos de prueba, esto es común cuando no se puede acceder a los datos históricos por motivos de seguridad o disponibilidad.

Tareas:

- Configurar la secuencia inicial de trabajos
- Realizar la carga incremental de las dimensiones y hechos
- Realizar la carga histórica para dimensiones y hechos
- Implementar el sistema de auditoría y metadatos

5. Diseño del subsistema de visualización de información: Esta actividad permite diseñar los cubos OLAP para el análisis multidimensional de la información. Se definen los reportes que serán implementados como parte de la solución.

Tareas:

- Identificar reportes candidatos
- Diseñar la interfaz de usuario
- Diseñar los cubos OLAP

6. Implementación del subsistema de visualización de información: En esta actividad se la aplicación del usuario final que permite la consulta de la información por parte del cliente, para ellos se utilizan diferentes técnicas de Inteligencia de Negocio (BI) según las necesidades de los clientes. Se implementan los reportes candidatos y las políticas de seguridad del subsistema de visualización de información.

Tareas:

- Revisar las especificaciones de los reportes candidatos y los cubos OLAP
- Desarrollar solución de BI
- Documentar el subsistema de visualización de información
- Configurar los niveles de acceso a la información

Prueba

1. Realizar pruebas al sistema: Consiste en realizar las diferentes pruebas al sistema. Durante esta actividad generalmente se encuentra la mayor cantidad de errores, por ello se realizan a diferentes instancias con el objetivo de entregar al cliente un producto con mayor calidad. Las tareas asociadas a esta actividad están dadas por la realización de cada una de las pruebas. A continuación se presentan las pruebas que se realizan.

- **Pruebas internas:** Son aplicadas por el Grupo de Aseguramiento de la Calidad y por el equipo de desarrollo.
- **Pruebas de liberación:** Son realizadas primeramente por el Grupo de Aseguramiento de la Calidad y luego por los especialistas de CALISOFT.
- **Pruebas de aceptación:** Estas pruebas son realizadas por el cliente para verificar que el producto cumple con los requisitos planteados y validar su conformidad con el mismo.

Despliegue

1. Desplegar el sistema: Se realiza la implantación de la solución, esto consiste en desplegar los tres subsistemas que conforman el DW. Durante esta actividad pueden surgir solicitudes de cambios por partes del cliente según va utilizando el sistema, estas deben documentarse adecuadamente para que puedan ser evaluadas por el equipo del proyecto.

Tareas:

- Montaje de los subsistemas
- Desarrollar guía de implantación del DW
- Controlar y evaluar las solicitudes de cambio
- Implantar nuevos sistemas o actualizaciones

- 2. Capacitación y transferencia tecnológica:** Esta actividad se realiza directamente con el cliente. Su objetivo fundamental es capacitar a los usuarios del negocio sobre el correcto uso de la aplicación y hacer entrega a los usuarios técnicos de la documentación necesaria para la administración, mantenimiento y comprensión de los subsistemas desarrollados.

Tareas:

- Planificar cursos de capacitación y transferencia tecnológica
- Impartir capacitación y transferencia tecnológica

Soporte y Mantenimiento

- 1. Realizar operaciones de Mantenimiento:** Esta actividad asegura que el sistema se mantenga funcionando correctamente, corrige los fallos o problemas detectados mientras el sistema está en explotación y se actualiza el sistema con los cambios realizados. Además se realizan las tareas de mantenimiento de la BD y respaldo de la información.

Tareas:

- Actualizar el sistema
- Mantener bases de datos y discos
- Corregir fallos técnicos
- Mantener índices y particiones
- Mantener el estado de funcionamiento del sistema
- Ejecutar respaldos regulares y probar los procesos de recuperación
- Desarrollar plan de operaciones de mantenimiento

- 2. Realizar operaciones de Soporte:** Las actividades de soporte se establecen por un tiempo determinado pactado en el proyecto técnico por ambas partes. Se realizan a partir de un sistema de reportes a través del cual los clientes pueden comunicar al grupo de soporte (miembros del equipo del proyecto) los fallos, problemas o solicitudes de cambio asociadas al sistema.

Tareas:

- Desarrollar las condiciones de soporte
- Respuestas a los reporte

Conclusiones parciales

En este capítulo se describen los procesos que permiten la adecuada gestión del proyecto según el ciclo de vida de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de DW. Además se definen las actividades que se realizan en las diferentes fases de desarrollo y que garantizan la calidad del proceso de desarrollo. La metodología toma elementos positivos de algunas tendencias y metodologías de desarrollo de DW existentes, de la Guía del PMBOK y del Programa de Mejora realizado en la UCI para adaptar sus procesos a CMMI en su nivel 2. En el análisis de las debilidades y fortalezas de los procesos y actividades propuestas se arriban a las siguientes conclusiones:

Fortalezas

- La metodología define claramente los procesos y actividades que deben realizarse para el adecuado desarrollo de un DW, incluyendo las tareas asociadas a la gestión del proyecto y el aseguramiento de la calidad.
- Los procesos propuestos permiten la gestión integral del desarrollo del proyecto, se adaptan a las características de este tipo de soluciones y sirven de guía a los líderes de proyectos que cuentan con escasa experiencia en el tema.
- Los procesos y actividades propuestas permiten implementar las buenas prácticas definidas por CMMI en su nivel 2, lo que permite que la organización que ejecuta el proyecto pueda aspirar a la certificación de dicho nivel.
- El ciclo de vida propuesto por la metodología es flexible y puede ser adaptado al ambiente de cualquier organización que desarrolle DW.

Oportunidades de mejora:

- Los temas relacionados con la estimación de costos del proyecto deben ser estudiados para lograr hacer estimaciones más cercanas teniendo en cuenta las características de este tipo de soluciones.
- Las estrategias de pruebas al producto deben ser perfeccionadas para lograr evaluar con calidad cada detalle del sistema y buscar soluciones más óptimas.
- La metodología debe seguir automatizando la generación de artefactos engorrosos de realizar como son: Mapa lógico de datos y Diccionario de Datos.
- La metodología puede seguir mejorando a partir de su alineación a los niveles 3, 4 y 5 de CMMI.

Capítulo 4. Análisis de los resultados de la investigación

En este capítulo se realiza un análisis de la aplicación de la Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos a partir de un experimento diseñado bajo la estrategia de estudio de casos. Para evaluar la metodología se mostrarán los resultados obtenidos durante la aplicación del experimento en dos proyectos productivos reales desarrollados en el Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC). Para ello se hace necesaria una breve descripción del centro y de los proyectos implicados en el experimento, uno como grupo experimental y el otro como grupo de control, en lo adelante Proyecto A y Proyecto B³. En esencia se analiza la influencia de la metodología propuesta en la calidad del proceso de desarrollo.

4.1 Centro de Tecnologías de Gestión de Datos

El Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC) de la UCI tiene como objetivo el desarrollo de bienes y servicios informáticos relacionados con la gestión de datos, área del conocimiento que agrupa tanto a los sistemas de información, como a los denominados sistemas de inteligencia empresarial o de negocio, cuyo propósito fundamental es apoyar el proceso de toma de decisiones. El centro también tiene como objetivo fundamental la formación de profesionales altamente calificados y comprometidos con la obra de la Revolución.

DATEC está constituido por cuatro departamentos que desarrollan líneas de producción específicas (Ver Figura 6).

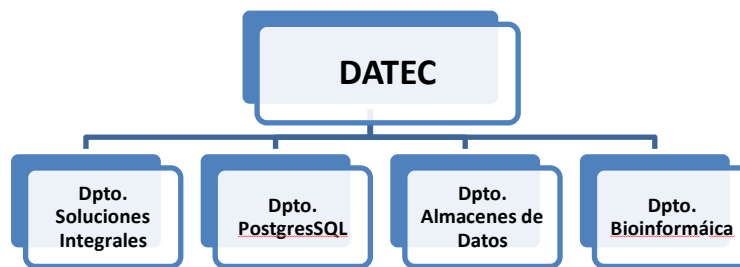


Figura 6: Departamentos de DATEC (Elaboración propia)

La metodología propuesta en el presente trabajo se desarrolla específicamente para el Departamento de Almacenes de Datos.

4.1.1 Departamento de Almacenes de Datos

El Departamento de Almacenes de Datos (DAD) se especializa en los temas de DW y BI, donde se desarrollan soluciones enmarcadas en el dominio de apoyo a la toma de decisiones estratégicas como son: DW, ODS, Cuadros de Mandos Integral, Tableros Digitales Corporativos. Estas soluciones presentan características comunes y se basan en una arquitectura base. Además están compuestas por varios componentes (repositorio de datos, procesos de ETL, herramientas de BI) que a su vez pueden ser vistos de forma independiente para su utilización en otro tipo de soluciones (replica, migración de datos, análisis de datos). Estas características facilitaron que el departamento implementara desde el 2010 el modelo de desarrollo basado en Líneas de

³Se omiten intencionalmente los nombres reales de los proyectos por razones éticas y de seguridad informática.

Productos de Software (LPS) (Pino 2011). Para el desarrollo de los proyectos se utiliza una adaptación realizada a la Metodología de Kimball (Hernández et al. 2010) en función de ajustarla a las características del departamento y la producción de software en la UCI.

El departamento desarrolla un total de 6 proyectos productivos con diferentes instituciones nacionales e internacionales. Para la realización del experimento se seleccionaron dos proyectos, la caracterización de los mismos permitirá establecer una equivalencia parcial entre ambos. Esto representa un punto de partida suficientemente sólido para el análisis de los resultados obtenidos con el experimento.

4.2 Características del Grupo Experimental: Proyecto A

El Proyecto A se realiza con una institución encargada de recoger la información estadística sobre indicadores relacionados con los diferentes sectores socio-económicos del país. La información se maneja principalmente en papel y en ficheros con extensión '.dbf', '.xls', '.doc' y Microset. Con el pasar de los años, el volumen de información almacenada se ha incrementado considerablemente, debido al gran cúmulo de datos que se recogen con una periodicidad mensual, trimestral, semestral y anual en cada una de las entidades relacionadas con la institución que existen en el país.

Para gestionar la información en cada uno de los departamentos, los especialistas cuentan con diferentes sistemas que brindan un conjunto de funcionalidades, pero que no satisfacen sus necesidades informativas principalmente en temas de análisis, cruces de variables y estudio de comportamientos. Por tal motivo, la institución decide solicitar a la UCI la confección de un DW donde quede centralizada toda la información que se maneja en cada una de sus áreas y que facilite el análisis de la información recolectada y la presentación de indicadores para apoyar el proceso de toma de decisiones a nivel nacional.

Para cubrir todas las áreas de análisis se desarrollaron 17 mercados de datos (DM) asociados a los temas de turismo, finanzas, comercio interno, agricultura, ganadería, silvicultura, tecnologías de la información, minería, energía, transporte, industria, accidentes de tránsito, ocupación, comercio exterior y demografía.

El equipo de dirección del proyecto no cuenta con experiencia en la gestión de proyectos, ninguno de sus miembros ha realizado anteriormente actividades de dirección. En su mayoría son especialistas que se encuentran en su periodo de adiestramiento. A pesar de esto cuentan con conocimientos básicos sobre el desarrollo de DW lo que facilita su comunicación con los miembros del equipo de desarrollo del proyecto.

El equipo de desarrollo está compuesto por 20 estudiantes de quinto año de la facultad 6 y 8 especialistas de DAD. Para la ejecución de los proyectos los estudiantes fueron capacitados con cursos sobre el desarrollo de DW, aun así no cuenta con la experiencia práctica, solo un pequeño grupo había trabajado en un proyecto real. Por su parte los especialistas habían desarrollado anteriormente proyectos de DW y cuentan con amplios conocimientos en este tipo de soluciones.

4.3 Características del Grupo de Control: Proyecto B

El Proyecto B se realiza con un centro de educación superior que posee gran cantidad de recursos computacionales dentro de una red LAN. El centro cuenta con un sistema para monitorear la explotación de estos recursos. Este sistema es una aplicación cliente-servidor donde el módulo

cliente se ejecuta en las estaciones de trabajo para recoger, cada cierto intervalo de tiempo, una muestra del estado de los recursos de hardware de la PC y enviarlas al servidor. El módulo servidor se encarga de recibir las muestras y almacenarlas en una Base de Datos. Tanto el módulo cliente como el servidor se ejecutan como un servicio en Windows o como un demonio en GNU/Linux y pueden ser administrados por una aplicación de escritorio.

A pesar de las oportunidades que brinda el sistema, no cuenta con la capacidad de almacenar la información histórica sobre la explotación de los recursos y debido a la cantidad de datos que recoge, resulta muy difícil hacer análisis. Por tal motivo el centro de estudio solicitó a DATEC el desarrollo de un DW que tome como fuente de datos el sistema existente. La solución debe permitir hacer análisis que evalúen el uso de los diferentes componentes de hardware en las estaciones de trabajo, obteniendo reportes y estadísticas de la explotación de los recursos computacionales para la toma de decisiones.

El equipo de dirección constituido para el proyecto no cuenta con experiencia en la dirección de proyectos informático. El jefe de proyecto es un especialista en adiestramiento que no ha realizado tareas de dirección, por lo que carece del conocimiento de las técnicas adecuadas para esta labor. El equipo de forma general posee suficientes conocimientos sobre el desarrollo de DW por lo que entienden los objetivos del proyecto y en qué consiste el proceso.

El equipo de desarrollo está compuesto por 4 especialistas de DAD con amplios conocimientos sobre DW, adquiridos durante la ejecución de otros proyectos similares. Por la complejidad del sistema fuente se decidió incorporar solo una estudiante de quinto año al proyecto con actividades concretas que respondieran a su trabajo de diploma.

Teniendo en cuenta las características de ambos proyecto se hace necesario realizar un análisis comparativo de los mismos.

4.4 Análisis comparativo

La caracterización de los proyecto evidencia que no son equivalentes en su totalidad. Por ello se hace una comparación de algunos indicadores asociados a las diferencias que presentan y se analiza si estos afectan la validez de los datos obtenidos a partir de la realización del experimento (Ver Tabla 4). Este análisis permite no atribuirle a la metodología resultados que no son consecuencias de su aplicación. Para facilitar el análisis comparativo todos los indicadores fueron evaluados en una escala de tres valores representados de forma cualitativa y cuantitativa. La escala definida fue la siguiente: grande, alto, suficientes representan el valor 1, mediana, medio y medianamente suficientes representan el valor 0.5 y por último, pequeña, bajo y no suficientes representan el valor 0.

Tabla 4: Comparación entre las características de los Proyectos A y B (Elaboración propia)

Indicadores	Proyecto A	Proyecto B	Observaciones
De la solución			
Tamaño de la solución	Grade (1)	Pequeña (0)	No tiene influencia en los resultados del experimento, ya que este no considera la variable de tiempo de desarrollo que pudiera estar afectada por este indicador
Nivel de complejidad de la solución	Medio (0.5)	Alto (1)	1Estos indicadores pueden tener consecuencias para el desarrollo de los proyectos, pero como se mantiene un
Del equipo del proyecto			
Cantidad de recursos humanos	Suficientes (1)	Suficientes (1)	

asignados			equilibrio entre ellos no determinan afectaciones considerables en los resultados del experimento
Nivel de experiencia en el desarrollo de DW	Medio (0.5)	Alto (1)	
Del equipo de dirección			
Nivel de experiencia en la dirección de proyectos	Bajo (0)	Bajo (0)	Se mantienen semejantes
Nivel de conocimientos acerca del desarrollo de DW	Medio (0.5)	Medio (0.5)	Se mantienen semejantes

El análisis cualitativo muestra un balance entre las diferencias existentes entre ambos proyectos. Sin embargo el análisis cuantitativo a partir de la escala de valores definida demuestra una equivalencia entre ambos proyectos, al sumar los resultados se obtiene un valor de 3.5 para ambos proyectos. Después de la comparación realizada se puede concluir que a pesar de las diferencias presentadas por los proyectos, estas no determinan de forma significativa los resultados del experimento.

4.5 Análisis de la variable independiente: Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos

El objetivo fundamental de la metodología es incorporar a principios básicos para la gestión adecuada del proyecto y alinear proceso de desarrollo al modelo de calidad CMMI en su nivel 2, teniendo en cuenta las características propias del desarrollo de DW. Por ello la metodología debe considerar la mayor cantidad de áreas de conocimiento de la gestión de proyectos y áreas de procesos de CMMI nivel 2, sin dejar de considerar los aspectos únicos del desarrollo de DW. A continuación se presentan los resultados obtenidos al medir los indicadores asociados a la completitud de la metodología y su adaptabilidad al desarrollo de DW.

Análisis de la completitud de la metodología

En la metodología se consideraron ocho de las áreas de conocimiento propuesta por el PMBOK y las siete áreas de procesos que establece el nivel 2 de CMMI (Ver Figura 7). Se incorporaron 26 procesos para la gestión del proyecto y consideraron los 22 procesos propuestos por el Programa de Mejora. Para ello se hizo necesario modificar algunos de los procesos definidos por el PMBOK y el Programa de Mejora para ajustarlos a las características del desarrollo de DW y lograr una sincronización entre los dos modelos de gestión (Ver Figura 8). Las modificaciones se basaron básicamente en unir procesos, agregar, modificar o eliminar artefactos, roles y actividades según las necesidades de este tipo de solución.

Es importante destacar que los cambios efectuados a los procesos no afectan el flujo básico de actividades propuestas, debido a que se trató de mantener una correspondencia entre los elementos propuestos por la metodología, los que contempla la Guía del PMBOK y el Programa de Mejora.

El área de conocimiento de Gestión de Recursos Humanos y los procesos propuestos en la Guía del PMBOK, que no fueron incluidos en la metodología, se relacionan directamente con la organización. Por ello se decidió que debían ser tratados de forma general por el centro teniendo en cuenta el modelo de desarrollo para LPS en centros productivos (Pino 2011) y no como parte de la metodología de desarrollo.

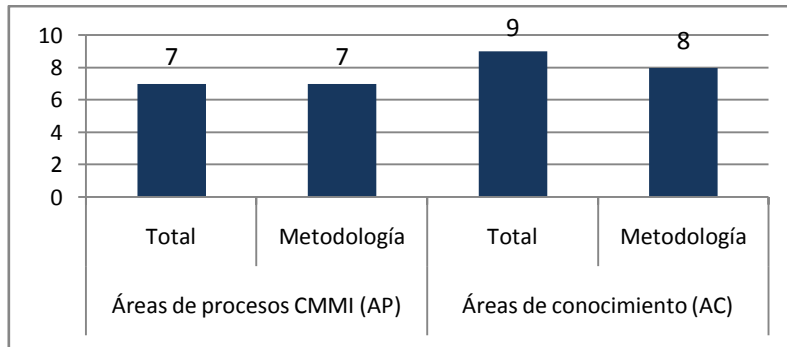


Figura 7: Cantidad de áreas de procesos y áreas de conocimiento presentes en la metodología (Elaboración propia)

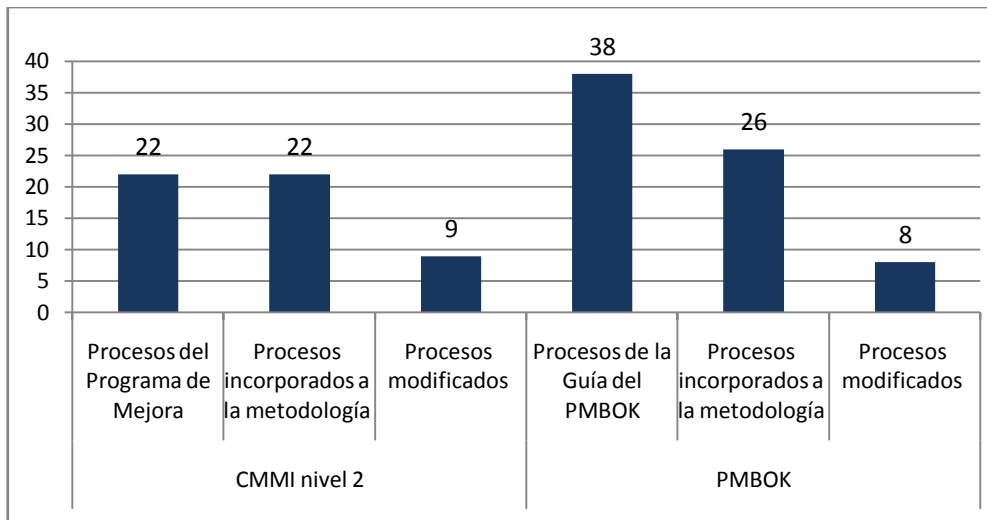


Figura 8: Cantidad de procesos incluidos y modificados en la metodología (Elaboración propia)

Análisis de la adaptabilidad al desarrollo de DW

Para evaluar este elemento se analizaron los aspectos del desarrollo de DW contemplados en la metodología. Para ello se realizó un conteo de la cantidad de fases, roles, artefactos y actividades que presentan características típicas de soluciones de DW. A continuación se presentan los resultados obtenidos (Ver Figura 9).

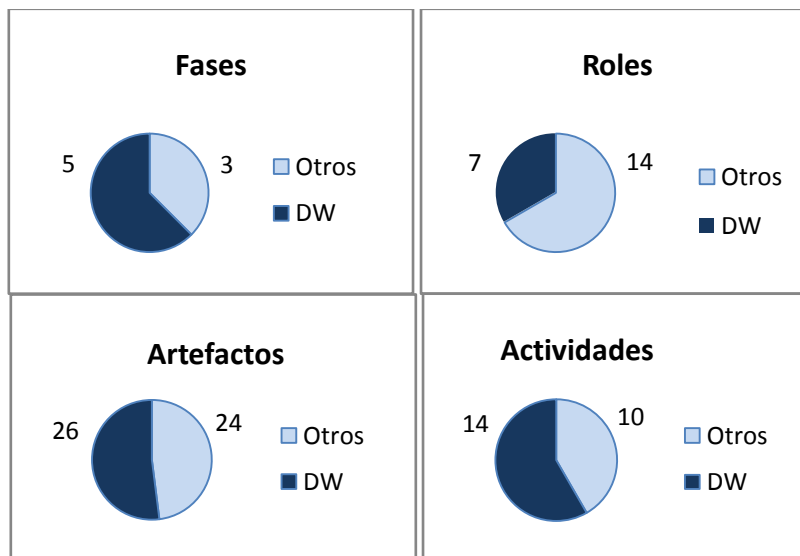


Figura 9: Cantidad de aspectos relacionados con el desarrollo de DW (Elaboración propia)

Como puede evidenciarse todos los elementos de la metodología analizados incluyen en gran medida aspectos específicos del desarrollo de DW. Exceptuando los roles, todos los elementos tienen más de la mitad de sus aspectos orientados a este tipo de soluciones. Esto evidencia que la metodología está definida específicamente para el desarrollo de DW.

4.6 Presentación de los resultados del experimento

La Metodología de Desarrollo para Proyecto de Almacenes de Datos fue utilizada por el Proyecto A para el guiar la ejecución del proyecto durante todo el procesos de desarrollo. El Proyecto B se mantuvo como grupo de control por lo que no utilizó la metodología. Ambos proyectos se encuentran actualmente cerrados, aunque no se consideran totalmente terminados, esto se debe a razones ajenas al equipo del proyecto y que están relacionadas directamente con las organizaciones clientes.

Análisis de la calidad del proceso de desarrollo según el enfoque de CMMI

La calidad del proceso de desarrollo puede estar determinada por múltiples variables. CMMI está desarrollado con el objetivo de que las instituciones o empresas evalúen y mejoren sus procesos. Por ello para la evaluación de la calidad del proceso se realizó un análisis de cómo se evidenciaron las áreas de procesos asociadas a CMMI nivel 2 en cada proyecto. El análisis se realizó a partir de la información recogida con la realización de entrevistas a miembros del equipo de desarrollo y la revisión de la documentación generada por el proyecto. Fueron entrevistados el 75% de los estudiantes y el 62% de los especialistas pertenecientes al Proyecto A y el 75% de los especialistas pertenecientes al Proyecto B (Ver Figura 10).

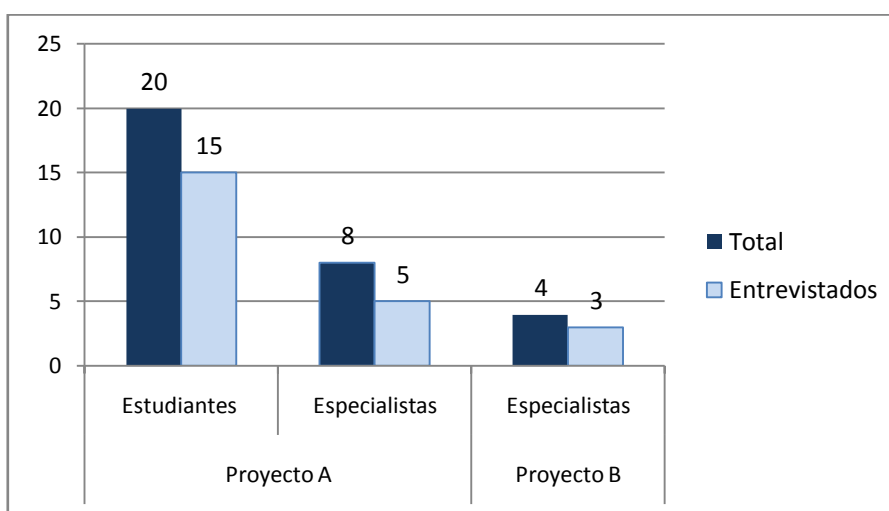


Figura 10: Cantidad de estudiantes y especialistas entrevistados por proyecto (Elaboración propia)

Para guiar la realización de las entrevistas y la revisión de documentos se utilizó la Lista de Verificación de PPQA a Proyectos, confeccionada por especialistas de CALISOFT para evaluar la implementación del Programa de Mejora en los proyectos productivos desarrollados en la UCI (CALISOFT). Esta lista de chequeo está organizada por áreas de procesos, en cada área se evalúan un grupo de aspectos, organizados por procesos que se desarrollan y productos que genera el proyecto. Cada aspecto posee un nivel de impacto (Alto, Medio y Bajo) y se puede evaluar en positivo o negativo según se evidencia su cumplimiento en el proyecto.

Resultados del Proyecto A (Grupo experimental)

Para mostrar los resultados, se organizaron por áreas de procesos, en cada área se consideró la cantidad de aspectos positivos y negativos obtenidos según su nivel de impacto (Ver Figura 11).

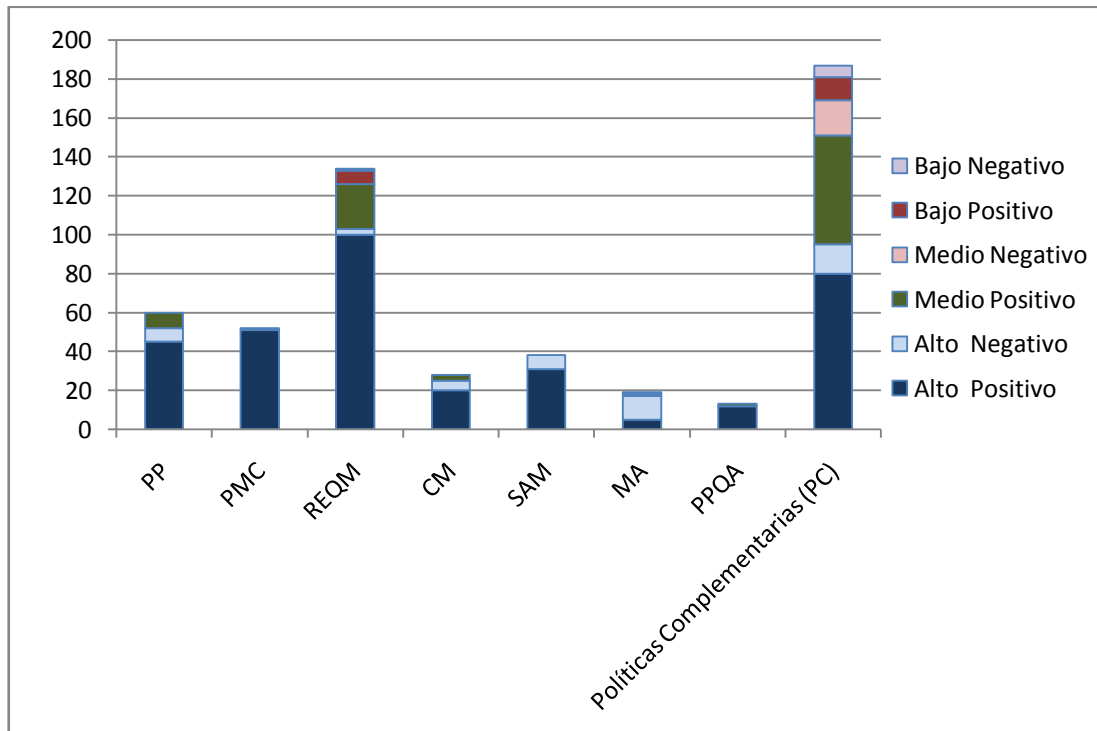


Figura 11: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de procesos: Proyecto A (Elaboración propia)

En la gráfica se observa que en casi todas las áreas de procesos predominan los aspectos de impacto alto evaluados como positivos, lo que evidencia una satisfactoria aplicación de los mismos.

Los resultados también se registraron teniendo en cuenta la clasificación de los aspectos según su relación con los procesos y productos definidos en el Programa de Mejora. Estos resultados permitieron evaluar el porcentaje de adherencia a los procesos y productos definidos por el Programa de Mejora en cada área de procesos (Ver Figura 12). Para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Fórmula 1: } PAP = \frac{PP}{TC} * 100; \text{ Fórmula 2: } PAD = \frac{PD}{TC} * 100$$

Donde

PAP: porcentaje de adherencia al proceso.

PAD: porcentaje de adherencia al producto.

PP: cantidad de aspectos positivos asociados al proceso.

PD: cantidad de aspectos positivos asociados al producto.

TC: total de aspectos evaluados.

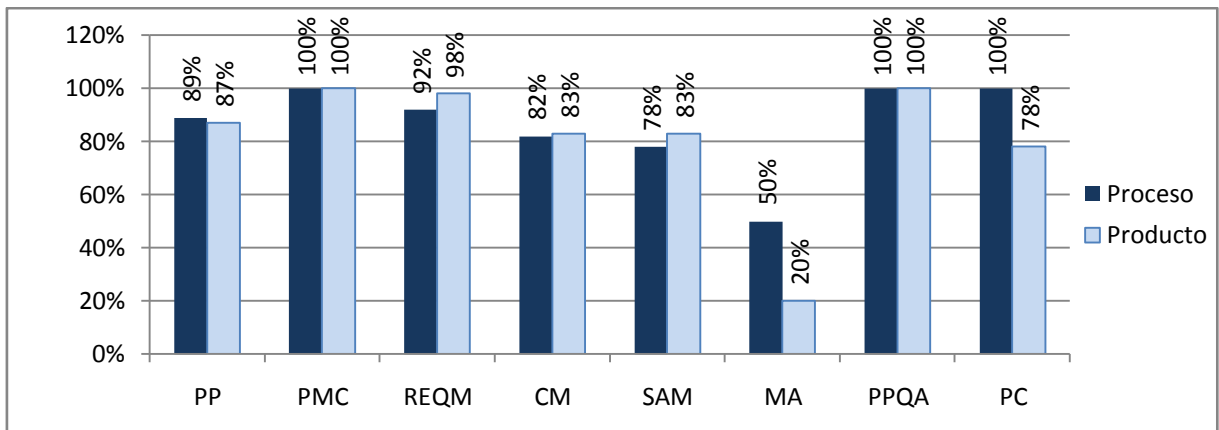


Figura 12: Porcentaje de adherencia a los procesos y productos: Proyecto A (Elaboración propia)

Estos indicadores muestran un alto porcentaje de adherencia al proceso y al producto (por encima del 70%) en la mayoría de las áreas de procesos. El área de Medición y Análisis fue la única que alcanzó un valor bajo, determinado por la falta de documentación. No se realizaron los artefactos propuestos para documentar las actividades asociadas a esta área. Por otra parte es importante destacar las áreas de Monitoreo y Control de Proyectos (PMC) y de Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Producto (PPQA) donde se obtuvo el 100 % de adherencia. Nótese que son áreas que permitieron los altos resultados obtenidos, debido a la influencia que poseen sobre las demás áreas de procesos.

Para conocer de forma más clara el nivel de cumplimiento de cada área de procesos se calculó un índice de cumplimiento (IC) (Ver Figura 13). El IC está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula 3: } IC = \frac{(PA * CIA) + (PM * CIM) + (PB * CIB)}{TC}$$

Donde

PA: cantidad de aspectos positivos de impacto alto.

PM: cantidad de aspectos positivos de impacto medio.

PB: cantidad de aspectos positivos de impacto bajo.

CIA = 1.0: coeficiente de impacto alto.

CIM = 0.5: coeficiente de impacto medio.

CIB = 0.1: coeficiente de impacto bajo.

TC: total de aspectos evaluados.

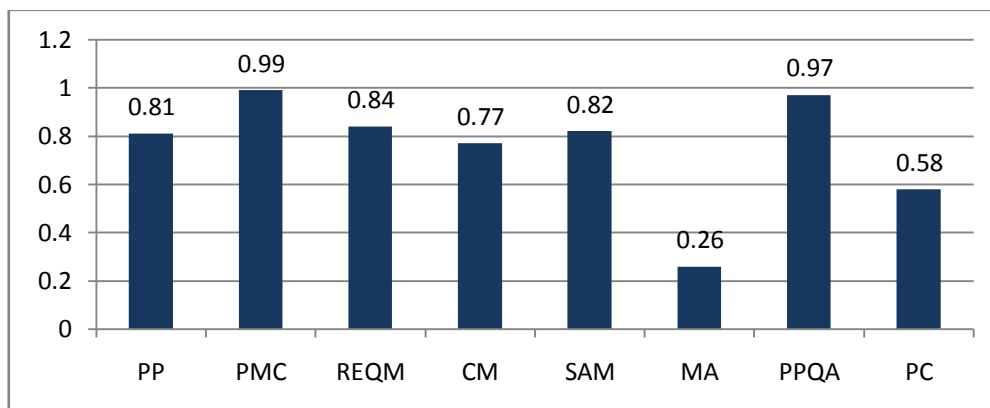


Figura 13: Índice de cumplimiento de las áreas de procesos: Proyecto A (Elaboración propia)

Como puede evidenciarse seis de las áreas de procesos evaluadas obtuvieron un índice de cumplimiento alto (por encima de 0.7), solo el área de Medición y Análisis y las Políticas Complementarias definidas para los procesos, se quedaron por debajo de los resultados esperado. Esto se debió fundamentalmente a las siguientes razones:

- Poco conocimiento del equipo de dirección sobre las estrategias de medición y análisis.
- Falta de habilidad para el trabajo con el GESPRO, de forma que se puedan aprovechar las facilidades que ofrece para el análisis de indicadores asociados al proyecto.
- Poca experiencia de los arquitectos de software para definir de forma correcta las diferentes vistas arquitectónicas que propone la metodología, adaptándolas al desarrollo de DW.

Resultados del Proyecto B (Grupo de control)

Como ya se explicó el Proyecto B se ejecutó sin el uso de la metodología propuesta. A este también se le aplicó la lista de verificación propuesta por CALISOFT. Es importante destacar que en este caso, se decidió evaluar como positivos los aspectos que fueron concebidos por el proyecto, aun cuando los productos generados no fueran totalmente semejantes a los propuestos por el Programa de Mejora. Para ello se tuvieron en cuenta los objetivos de cada proceso y sus elementos principales, se realizaron las entrevistas correspondientes y la revisión de la documentación presentada por el proyecto. Los resultados se organizaron por áreas de procesos y se evaluaron los mismos indicadores analizados en el Proyecto A (Ver Figura 14).

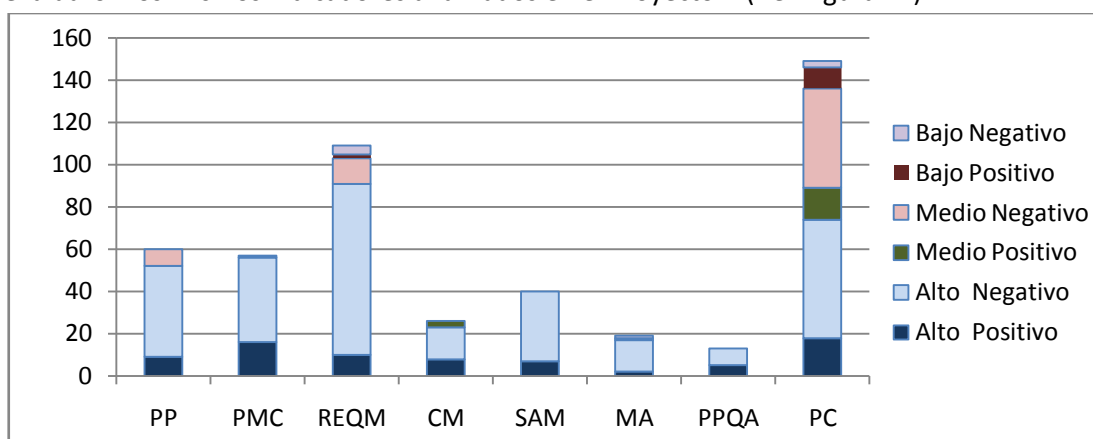


Figura 14: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de procesos: Proyecto B (Elaboración propia)

Como se muestra en los resultados la mayor cantidad de aspectos fueron evaluados de negativos, predominando los aspectos de impacto alto. Esto se debió a la escasa documentación del producto y el proceso, y el desconocimiento del equipo de dirección de prácticas adecuadas para la gestión del proyecto.

En el Proyecto B no se pudieron representar los indicadores de porcentaje de adherencia a los procesos y productos de cada área de proceso, debido a que en el desarrollo del proyecto no se usó un enfoque guiado por procesos, ni una metodología específica. El desarrollo se realizó de forma intuitiva según los conocimientos de los especialistas del equipo de desarrollo.

Al igual que en el Proyecto A se calculó el índice de cumplimiento de cada área de procesos, los cuales arrojaron los siguientes resultados (Ver Figura 15).

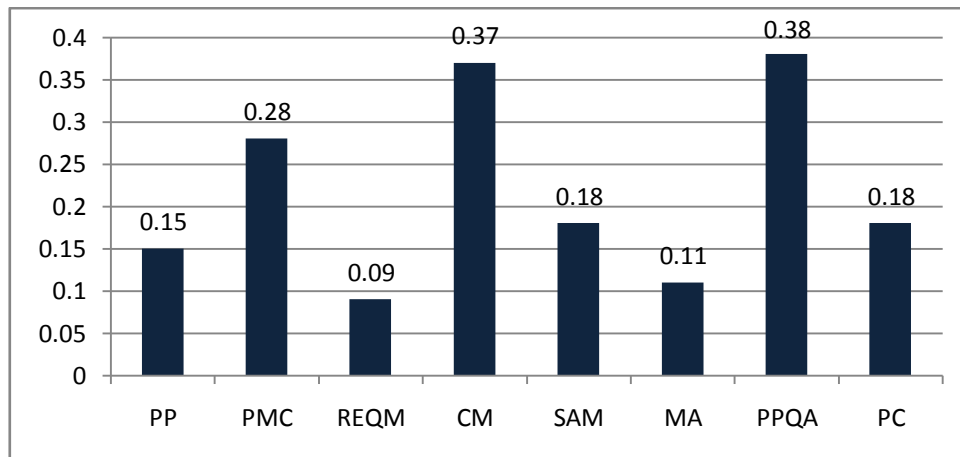


Figura 15: Índice de cumplimiento de las áreas de procesos: Proyecto B (Elaboración propia)

A diferencia del Proyecto A, la gráfica muestra que ninguna de las áreas de procesos lograron un índice de cumplimiento aceptable (de 0.40 a 0.70), todos se mantuvieron por debajo de 0.40 por lo que se consideran valores bajos. Los principales problemas presentados por el Proyecto B se basaron en:

- Poca organización y planificación del trabajo por parte del equipo de dirección, se definieron cronogramas improvisados lejos de la realidad del proyecto.
- El equipo de dirección y el cliente no realizaron un seguimiento constante del estado del proyecto, lo que disminuyó la motivación del equipo de desarrollo.
- No se documentaron los requisitos del producto, por lo que fueron variando considerablemente sin poder definirse una línea base para su desarrollo.
- El producto no se documentó de forma adecuada para que pueda ser transferido al cliente, esto provoca que el cliente dependa del equipo de desarrollo para su utilización.

Una vez analizada la calidad del producto según el enfoque de CMMI se pasa a hacer un análisis de esta variable desde el enfoque de las LPS.

Análisis de la calidad del proceso de desarrollo según el enfoque de la Guía del PMBOK

Para evaluar la calidad del proceso de desarrollo según el enfoque de la Guía del PMBOK, se realizaron entrevistas a miembros del equipo de desarrollo de ambos proyectos. Las entrevistas poseen preguntas asociadas a las áreas de conocimiento definidas por PMI para la gestión de proyectos. Cada área posee un grupo de procesos que deben ser desarrollados, las preguntas consisten en evaluar si los procesos son realizados o no, y en caso de ser positiva la respuesta, definir el nivel de calidad de su realización (Bien, Regular o Mal). En la apreciación de la ejecución de los procesos, se consideró el conocimiento del equipo de dirección sobre el tema, la realización de actividades asociadas a los procesos y la documentación generada como parte del desarrollo de los mismos. Estos elementos fueron evaluados aun cuando no correspondan en su totalidad con los propuestos por la Guía del PMBOK, siempre y cuando mantengan una correspondencia con los mismos.

En el Proyecto A se entrevistaron menos estudiantes que en el enfoque evaluado anteriormente. Esto se debe a que este enfoque permite evaluar la gestión del proyecto, en el centro esta función la realizan los especialistas que conforman los grupos de dirección, por lo que se consideró que debía validarse principalmente con los especialistas. El número de especialistas entrevistados se mantuvo igual en ambos proyectos (Ver Figura 16).

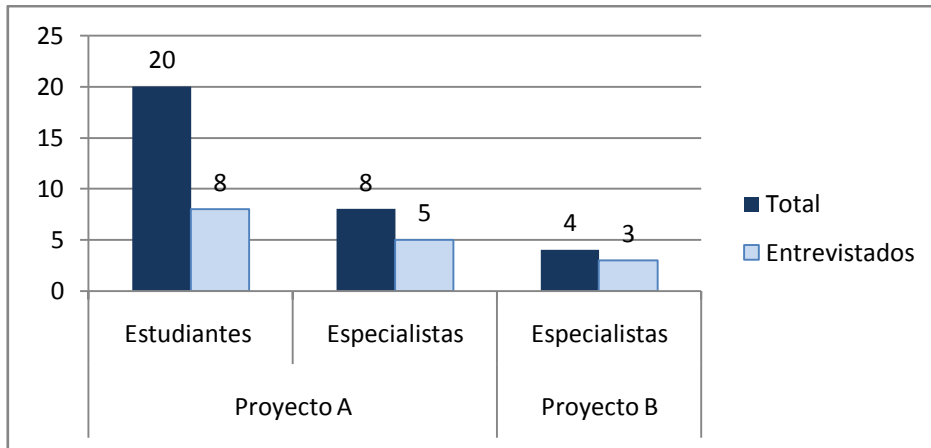


Figura 16: Cantidad de estudiantes y especialistas entrevistados por proyecto (Elaboración propia)

Resultados del Proyecto A (Grupo experimental)

Los resultados fueron organizados por áreas de conocimiento, en cada área se consideraron la cantidad de aspectos evaluados de positivos y negativos a partir de las preguntas realizadas (Ver Figura 17). Las respuestas positivas fueron representadas según el nivel de calidad con que se realizaron, teniendo en cuenta la opinión de los especialistas y la evidencia presentada por el proyecto (Ver Figura 18).

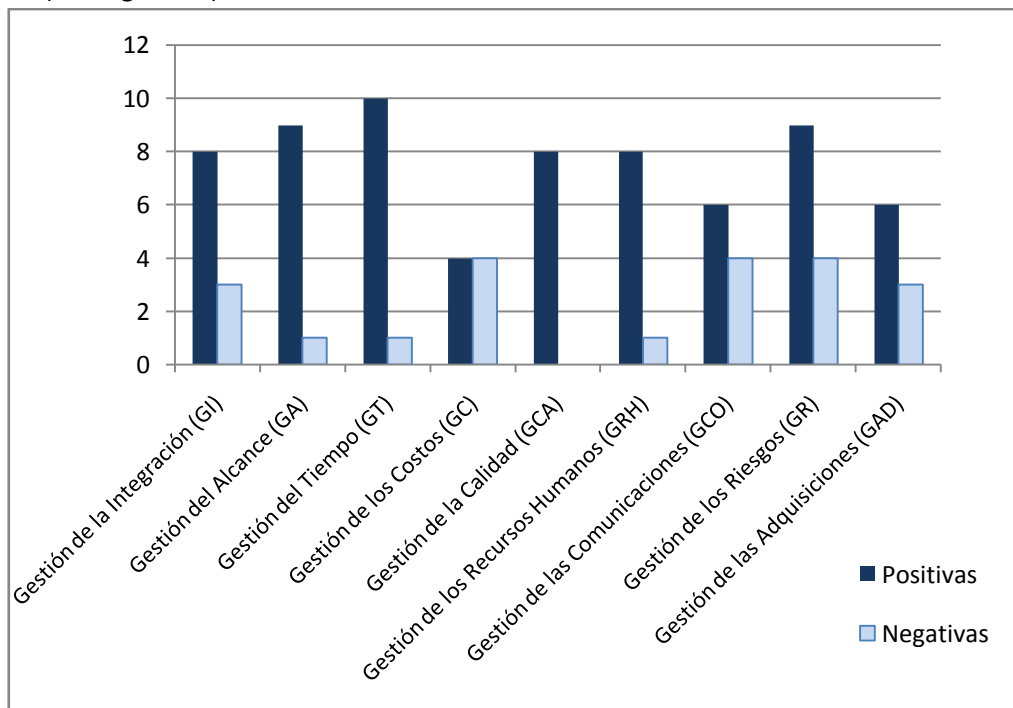


Figura 17: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de conocimiento: Proyecto A (Elaboración propia)

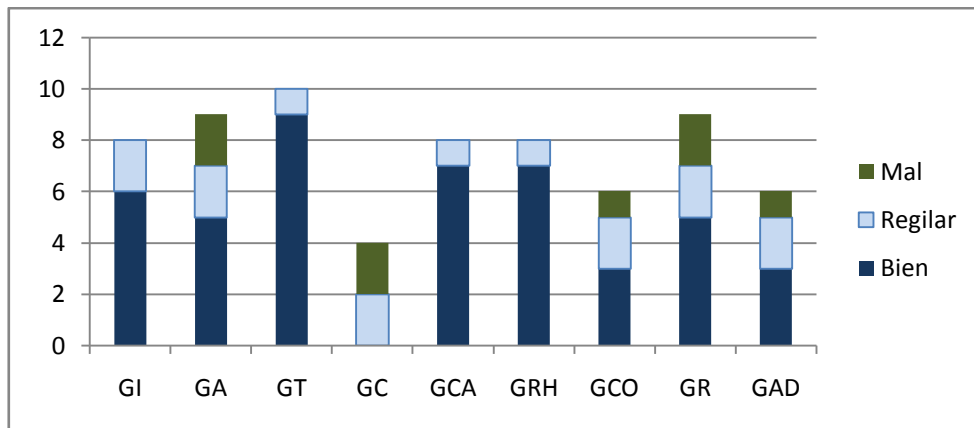


Figura 18: Cantidad de aspectos según su evaluación por áreas de conocimiento: Proyecto A (Elaboración propia)

Las gráficas anteriores evidencian que el Proyecto A, con la aplicación de la metodología, logró desarrollar adecuadamente la mayoría de las actividades propuestas para la gestión del proyecto. Un gran número de actividades fueron evaluadas de bien, lo que determina la calidad de las mismas. Los principales problemas se evidencian los procesos asociados a la gestión de los costos.

Al igual que en el enfoque anterior los resultados también se organizaron según su relación con los procesos y productos. Para ello se tuvo en cuenta los procesos propuestos por el PMBOK y los productos (salidas) que se generan durante la ejecución de los mismos (PMI). Esto permitió calcular el porcentaje de adherencia a los procesos y productos, según el enfoque de la Guía de PMBOK (Ver Figura 19). Para ello se utilizaron las fórmulas 1 y 2 utilizadas en el enfoque anterior.

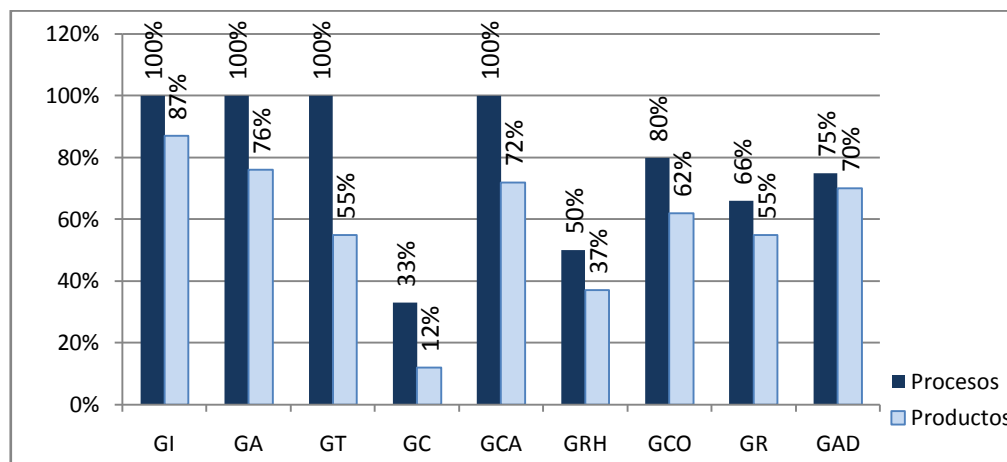


Figura 19: Porcentaje de adherencia a los procesos y productos: Proyecto A (Elaboración propia)

Como puede evidenciársela mayoría de los porcentajes se comportaron por encima de la media, esto se debe al uso de una metodología de desarrollo que incorpora procesos para la gestión del proyecto. Los resultados más bajos se encuentran en las áreas de gestión de costos y gestión de recursos humanos. Esto se debe a que la ejecución del proyecto se realizó de forma gratuita, según las políticas implementadas en la universidad para proyectos nacionales, por tanto el equipo de dirección solo realizó parcialmente algunos de los procesos definidos para esta área. En el caso de la gestión de los recursos humanos, como ya se ha explicado se desarrolla fundamentalmente a nivel de organización y no de proyecto. A pesar que la metodología

propuesta no incorporó procesos asociados a esta área, el experimento mostró la implicación que tienen los procesos definidos sobre la misma.

Es importante destacar que en todos los casos el porcentaje de adherencia de los procesos fue mayor que el de los productos, lo que demuestra que a pesar de estar definidos los procesos, aun existen deficiencias en la documentación de los mismos. Esto se debe a la poca experiencia que presenta el equipo de dirección en la gestión de proyectos y la falta de capacitación en estos temas.

Para conocer de forma más clara el nivel de cumplimiento de cada área práctica se calculó también un índice de cumplimiento (IC) (Ver Figura 20). El IC está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula 5: } IC = \frac{(PB*CEB)+(PR*CER)+(PM*CEM)}{TC}$$

Donde

PB: cantidad de aspectos positivos evaluados de bien.

PR: cantidad de aspectos positivos evaluados de regular.

PM: cantidad de aspectos positivos evaluados de mal.

CEB = 1.0: coeficiente de evaluación bien.

CER = 0.5: coeficiente de evaluación regular.

CEM = 0.1: coeficiente de evaluación mal.

TC: total de aspectos evaluados.

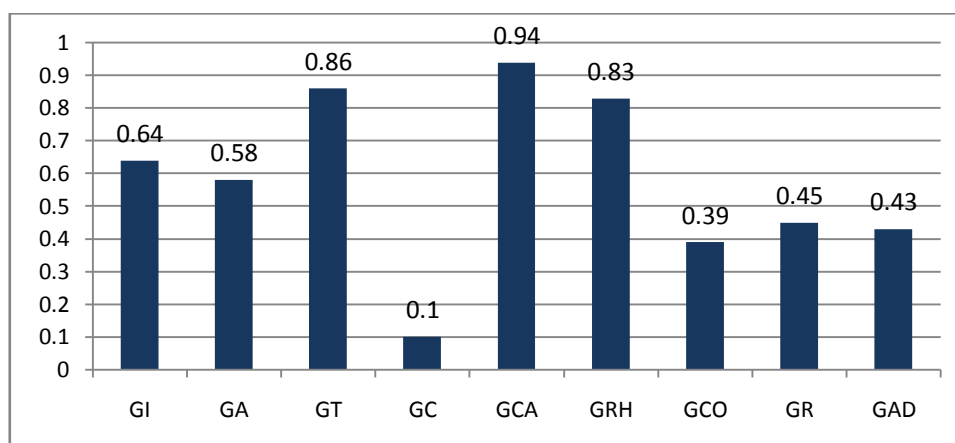


Figura 20: Índice de cumplimiento de las áreas de conocimiento: Proyecto A (Elaboración propia)

Como muestra la gráfica los índices de cumplimiento se comportaron de forma adecuada (por encima de 0.40), aunque por debajo de los resultados esperados. Los mejores resultados los obtuvieron las áreas de gestión del tiempo, calidad y recursos humanos. Esto se debió al excelente trabajo realizado por el jefe del proyecto y el apoyo ofrecido por los directivos de DATEC para la realización del proyecto.

Resultados del Proyecto B (Grupo de control)

Los especialistas del Proyecto B también fueron entrevistados para evaluar cómo se evidenció la gestión del proyecto durante el desarrollo. Para ello les fueron aplicados los mismos cuestionarios de entrevistas utilizados para el Proyecto A y se midieron los mismos indicadores (Ver Figura 21 y Figura 22).

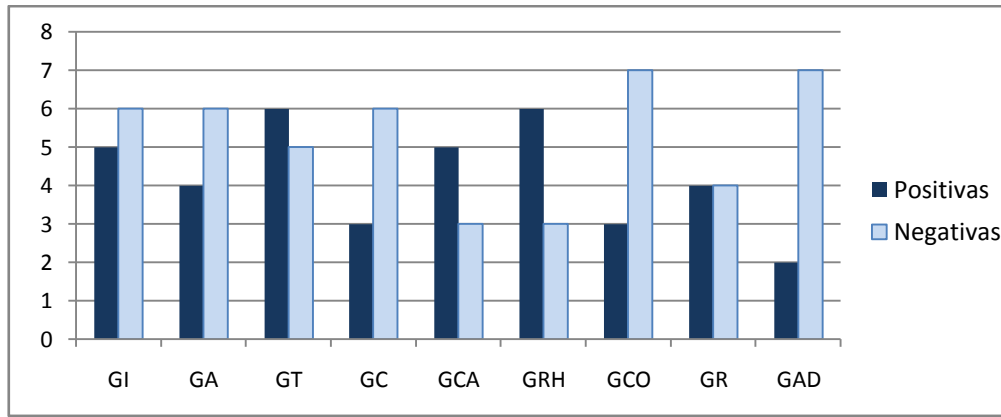


Figura 21: Cantidad de aspectos positivos y negativos por áreas de conocimiento: Proyecto B (Elaboración propia)

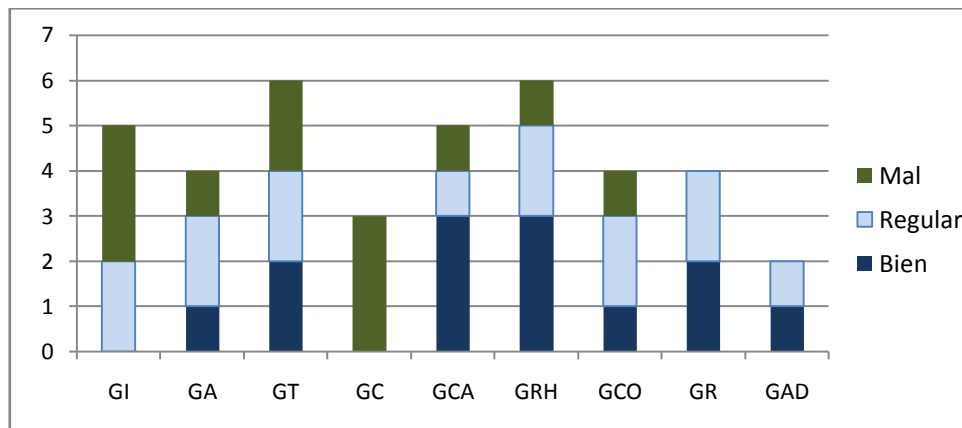


Figura 22: Cantidad de aspectos según su evaluación por áreas de conocimiento: Proyecto B (Elaboración propia)

Los gráficos evidencian que en la ejecución del Proyecto B, aunque no se utilizó una metodología de desarrollo específica, se realizaron de forma empírica actividades asociadas a la gestión del proyecto, con mayor o menor calidad. Al igual que en el enfoque anterior para este proyecto no se evaluó la adherencia a los procesos y los productos debido a que no utilizó ningún modelo, guía o metodología para estandarizar el procesos de desarrollo.

Con los resultados obtenidos se calculó el índice de cumplimiento de las áreas de conocimiento de la gestión del proyecto propuestas en el PMBOK (Ver Figura 23). Para ello se utilizó la misma fórmula aplicada al Proyecto A.

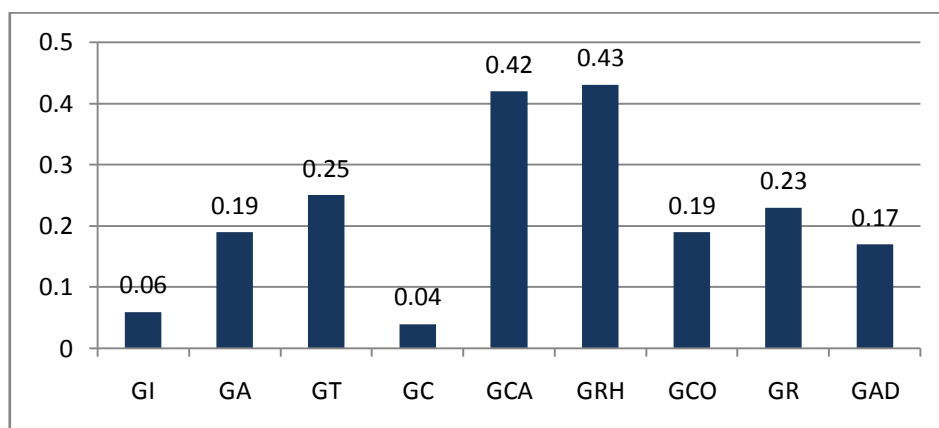


Figura 23: Índice de cumplimiento de las áreas de conocimiento: Proyecto B (Elaboración propia)

En el Proyecto B los índices de cumplimiento son bajos (por debajo de 0.40), esto se debe a que no se realizaron gran parte de las actividades asociadas a la gestión del proyecto se realizaron de forma superficial y no fueron documentadas adecuadamente. Al igual que en el Proyecto A las áreas de mejores resultados fueron la gestión de recursos humanos y la gestión de la calidad, estos elementos son controlados por el departamento de forma central y son aplicados a todos los proyectos.

4.7 Análisis del impacto social y económico de la metodología

La metodología desarrollada está siendo utilizada en el Departamento de Almacenes de Datos (DAD) del Centro de Tecnologías de Gestión de Datos (DATEC) para la ejecución de todos los proyectos que desarrolla, ya sean nacionales o de exportación. Las soluciones desarrolladas por el departamento ofrecen los siguientes beneficios:

- Cambia la toma de decisiones especulativa a aquella soportada por hechos precisos y aspectos básicos del negocio.
- Fácil acceso a los datos, favoreciendo un mejor enfoque hacia el cliente y aumentando la eficiencia operacional.
- Ganancias en términos de tiempo, procesos automatizados y total fiabilidad de los datos.
- Facilidad, flexibilidad y poder de análisis en la navegación de información.
- Calidad en los datos, ya sea a través de migraciones de datos desde bases de datos obsoletas a nuevos gestores o eliminando duplicidad, datos erróneos e incompletos.
- Reducción de costos administrativos y de tiempo en la preparación de informes.
- Fortalecimiento de las capacidades analíticas y de planificación.
- Mejora la relación con sus clientes, proveedores y equipos de trabajo.
- Un retorno de inversión a corto y mediano plazo.
- Compartir información entre departamentos.
- Capacidad de aprender del pasado y de predecir situaciones futuras en diversos escenarios.
- Administrar de forma más eficiente sus procesos, al obtener de forma rápida la información confiable.
- Estos sistemas impactan en la sociedad y la economía del entorno donde sean aplicados, y el uso de la metodología mejora considerablemente su realización.

El Sistema de Gobierno para la Oficina Nacional de Estadística e Información desarrollado con la aplicación de la metodología se encuentra actualmente en funcionamiento. Este sistema está concebido para facilitar el proceso de toma de decisiones en numerosas esferas de la sociedad cubana, como son: salud, deporte, cultura, educación, economía, inversiones, trabajo, entre otras. Apoyar los procesos de planificación y control de los recursos destinados al desarrollo y fortalecimientos de estas esferas es fundamental para el país y responde a los Lineamientos de Política Económica y Social aprobada en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba.

En el lineamiento número 15 se hace referencia a la importancia de lograr aumentar la eficiencia y competencia de las empresas cubanas. El número 83 asociado a la política económica externa del país, hace énfasis en la necesidad de que todos los bienes y servicios destinados a la exportación respondan a los más altos estándares de calidad, aspecto en el cual aporta directamente la metodología propuesta. Por su parte el lineamiento número 132 relacionado con la política de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, abarca la necesidad del perfeccionamiento de

las condiciones organizativas, jurídicas e institucionales que propicien el desarrollo científico y tecnológico para desarrollar productos y servicios con calidad que beneficien a la población y que puedan ser comercializados dentro y fuera de país, siendo una fuente importante de ingresos económicos. La metodología propuesta permite elevar el nivel organizativo del desarrollo de proyectos de DW en función de hacer más competitivas las empresas u organizaciones que se dediquen al desarrollo de este tipo de soluciones.

Por otra parte la implantación de la metodología depende de un proceso de capacitación basado en un conjunto de cursos que permiten conocer los aspectos claves del desarrollo de DW, con el fin de comprender y poder aplicar la Metodología de Desarrollo para Proyectos de DW. El servicio de capacitación tiene un precio por cursante y se imparte con un mínimo 10 personas por curso. A continuación los cursos que se ofrecen y su precio estimado.

Tabla 5: Cursos del servicio de capacitación

Cursos	Precio (MN)
Curso básico de almacenes de datos (General)	300.00
Curso "Análisis y diseño de almacenes de datos"(Subsistema de Almacenamiento)	300.00
2. Curso "Técnicas y Herramientas de Inteligencia de Negocio "(Subsistema de visualización de información)	300.00
Curso "Procesos de integración de datos"(Módulo de Integración - ETL)	300.00

Conclusiones parciales

A partir del análisis de los resultados presentados se arriba a las siguientes conclusiones:

- La metodología propuesta logró alcanzar el nivel de completitud esperado, incorporando 26 procesos asociados a la gestión del proyecto y las siete áreas de procesos del nivel 2 de CMMI.
- Se consiguió utilizar procesos y herramientas adaptadas a las características del desarrollo de almacenes de datos.
- La utilización de la metodología propuesta en el Proyecto A evidencia un alto nivel de calidad en el proceso de desarrollo, muy cercano a lo que establece CMMI en su nivel 2, donde los indicadores más relevantes fueron la alta adherencia a los procesos y productos de trabajo y el alto índice de cumplimiento alcanzado en la mayoría de las áreas de procesos.
- Con el uso de la metodología se obtuvieron valores aceptables de calidad del proceso de desarrollo según las áreas de conocimiento definidas en la Guía del PMBOK, los indicadores más significativos fueron los altos índices de cumplimiento alcanzados en las áreas de gestión de la calidad y los recursos humanos.
- El uso de la metodología propuesta en el Proyecto A permitió elevar considerablemente la calidad del proceso de desarrollo en comparación con los resultados obtenidos en el Proyecto B.

CONCLUSIONES GENERALES

Una vez terminada la investigación se obtienen las siguientes conclusiones:

- A partir del estudio del arte de las principales tendencias y metodologías de desarrollo de DW se pudo observar la mayoría de las metodologías estudiadas se basan en herramientas propietarias y no usan una terminología estandarizada para definir los requisitos de los usuarios, lo que hace difícil su utilización, además obvian (en ocasiones de forma intencional) o incluyen de forma superficial los procesos asociados a la gestión del proyecto.
- Como resultado del estudio de las principales escuelas de la gestión de proyectos, se decidió tomar como base para la creación de la metodología la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) y el modelo CMMI, en función de garantizar una adecuada gestión del proceso de desarrollo de los proyectos de almacenes de datos.
- La Metodología de Desarrollo para Proyectos de Almacenes de Datos desarrollada presenta:
 - ✓ Un ciclo de vida para el desarrollo de proyectos de almacenes de datos, claramente definido a partir de la descripción de las fases y flujos de trabajo que presenta.
 - ✓ Un conjunto de roles, artefactos y herramientas adaptados a las características de los proyectos de almacenes de datos y las necesidades de gestión del proyecto que posibilitan la ejecución adecuada del procesos de desarrollo.
 - ✓ Una descripción de los procesos y actividades que se realizan a la largo de todo el ciclo de vida de la metodología relacionándolos con los roles, artefactos y herramientas necesarios para su ejecución según las características de este tipo de soluciones.
- La aplicación de la metodología propuesta evidenció un aumento significativo de la calidad del proceso de desarrollo según los resultados obtenidos en el proyecto donde fue aplicada, confirmándose de forma positiva la hipótesis planteada en la investigación.

RECOMENDACIONES

- Generalizar la aplicación de la Metodología de Desarrollo para Proyecto de Almacenes de Datos (DW) en todos los proyectos de DW ejecutados por el Departamento de Almacenes de Datos del Centro de Tectologías de Gestión de datos (DATEC).
- Complementar la presente investigación con un método orientado a la gestión de los costos de los proyectos de DW, así como a obtener un mecanismo fiable de estimar la factibilidad económica del desarrollo de este tipo de soluciones en entorno específico.
- Aplicar la metodología propuesta en proyectos ejecutados en entidades con un mercado objetivo comercial, con el fin de evaluar su desempeño en un entorno donde los costos sean un elemento crucial a gestionar.
- Complementar la metodología con una estrategia de pruebas orientadas específicamente a los DW para desarrollar soluciones más óptimas y con mayor calidad.
- Incorporar a la metodología las áreas de procesos asociadas a los niveles 3, 4 y 5 de CMMI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNABEU, R. D. Hefesto: Metodología propia para la construcción de un Data Warehouse [En línea]. [Córdoba, Argentina]: 2010. Disponible en la World Wide Web: <<http://www.dataprix.com/data-warehousing-y-metodologia-hefesto>>.

BLANCO, K. R., A. S. BATISTA AND D. P. MONTALVÁN Experiencias del programa de mejora de procesos en la Universidad de las Ciencias Informáticas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2011, 16.

BONIFATI, A., C. F., C. S., F. A., et al. Designing Data Marts for Data Warehouses. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 2001, 10(4), 452 - 483.

BRESCIANI, P., G. P., G. F., M. J., et al. Tropos: An Agent-oriented Software Development Methodology. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2004, 8(3), 203 - 236.

BRUCKNER, R. M., B. LIST AND J. SCHIEFER. DEVELOPING REQUIREMENTS FOR DATA WAREHOUSE SYSTEMS WITH USE CASES. In *Seventh Americas Conference on Information Systems*. Vienna: Vienna University of Technology, 2001, p. 7.

CABIBBO, L. AND T. R. A Logical Approach to Multidimensional Databases. In *Proceedings of the 6th International Conference on Extending Database Technology (EDBT'98)*. Valencia, Spain, 1998, vol. 1377, p. 183--197.

CALISOFT (octubre del 2012). "Centro Nacional de Calidad de Software." Obtenido el 10 de febrero, 2012, Disponible en: <<http://calisoft.uci.cu>>.

CMMI. CMMI® for Acquisition, Version 1.3. En. Pittsburgh, USA: Software Engineering Institute, 2010.

CMMI. CMMI® for Development, Version 1.3. En. Pittsburgh, USA: Software Engineering Institute, 2010.

CMMI. CMMI® for Services, Version 1.3. En. Pittsburgh, USA: Software Engineering Institute, 2010.

CODD, E. F. *The relational Model for Database Management*. Edtion ed.: Addison-Wesley Publishing Company, 1990. ISBN 0-201-14192-2.

CURTO, J. CIF vs MD: Dos enfoques clásicos en el diseño de la arquitectura de una Data Warehouse. *Gestion del Rendimiento* [Tipo de trabajo]. 2008, vol. 6(10), pp. 3. Disponible en Internet:<<http://bi-businessintelligence.blogspot.com/2009/01/cif-vs-md-dos-enfoques-clasicos-en-el.html>>.

FROMETA, J. I., J. G. BEJERANO, A. R. PINO, A. M. OLIVA, et al. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES INTEGRALES A PARTIR DE UN DIAGNÓSTICO INTEGRAL A LAS ORGANIZACIONES. In *Informática 2011*. La Habana, Cuba 2011.

GARCIA, J. A. L. "Modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa". Tesis de Maestria Universidad de Ciencias Informáticas 2012.

- GIORGINI, P., R. S. AND G. M. Goal-Oriented Requirements Analysis for Data Warehouse Design. In ACM. *Proceedings of the ACM 8th International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP'05)*. Bremen, Germany, 2005, p. 47--56.
- GOLFARELLI, M. D AND R. S 1998. Conceptual Design of Data Warehousing from E/R Schemes. In *Proceedings of the 31st International Conference on Systems Sciences (HICSS'98)*, Hawaii 1998, 334 – 343.
- GOLFARELLI, M. From User Requirements to Conceptual Design in Data Warehouse Design – a Survey 2008, vol. 2(4), pp. 14.
- GOLFARELLI, M. Open Source BI Platforms: A Functional and Architectural Comparison. In T. PEDERSEN, M. MOHANIA AND A. TJOA eds. *Data Warehousing and Knowledge Discovery*. Springer Berlin / Heidelberg, 2009, vol. 5691, p. 287-297.
- GOLFARELLI, M., S. RIZZI AND E. TURRICCHIA. Modern Software Engineering Methodologies Meet Data Warehouse Design: 4WD. In A. CUZZOCREA AND U. DAYAL eds. *Data Warehousing and Knowledge Discovery*. Springer Berlin / Heidelberg, 2011, vol. 6862, p. 66-79.
- HERNÁNDEZ, Y. G., M. M. RODRIGUEZ AND A. L. NAVARRO 2010. Metodología para el desarrollo de soluciones de almacenes de datos e inteligencia de negocio en CENTALAD. In *Proceedings of the V Conferencia Científica UCIENCIA 2010*, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba. 2010 Serie Científica.
- IEEE. IEEE Guide Adoption of PMI Standard A Guide to the Project Management Body of Knowledge. In. New York. USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2004, vol. IEEE Std 1490™-2003.
- INMON, W. H. *Building the Data Warehouse*. Edition ed. Indianapolis: John Wiley, 2005. 576 p. ISBN 0764599445.
- INMON, B. *Building the Unstructured Data Warehouse*. Edition ed. LLC: Technics Publications, LLC, 2011. 216 p. ISBN 1935504045.
- INMON, W. H., D. STRAUSS AND G. NEUSHLOSS *DW 2.0: The Architecture for the Next Generation of Data Warehousing (Morgan Kaufman Series in Data Management Systems)*. Edition ed. Boston: Morgan Kaufmann, 2008. 400 p. ISBN 0123743192.
- IPMA. ICB IPMA Competence Baseline Version 3. Nijkerk. The Netherlands: I.P.M. ASSOCIATION, 2006.
- IPMA. International Project Management Association. In. Suiza, 2012.
- KENDRIK, T. *Identifying and Managing Project Risk*. Edition ed. New York. USA: AMACON, 2003. Ben Linders [online]. 2010 [cited 13/09/2012. Disponible desde Internet: <<http://www.benlinders.com/2010/cmimi-v1-3-agile/>>. KIMBALL, G. D. *Business Intelligence & Data Warehouse Experts*. In.: Grupo de Kimball vol. 2012.
- KIMBALL, R. *The Data warehouse Lifecycle Toolkit (WITH CD)*. edited by WILEY. Edition ed., 2006. 792 p. ISBN 812650899X.

KIMBALL, R., L. REEVES, M. ROSS AND W. THORNTHWAITE *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Expert Methods for Designing, Developing, and Deploying Data Warehouses*. edited by J. WILEY. Edition ed. New York, 1998. 406 p. ISBN B008IU1NZK.

KIMBALL, R., M. ROSS, W. THORNTHWAITE, J. MUNDY, et al. *The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Practical Techniques for Building Data Warehouse and Business Intelligence Systems*. edited by J.W.S. LTD. Edition ed., 2008. 672 p. ISBN 0470149779.

KIMBALL, R., W. THORNTHWAITE, M. ROSS AND J. MUNDY *The Kimball Group Reader; Relentlessly Practical Tools for Data Warehousing and Business Intelligence*. edited by J. WILEY. Edition ed. Indianapolis, 2010. 744 p. ISBN 0470563109.

LAZO, R. AND P. Y. PIÑERO. Guía para la especificación de arquitecturas de software. 2010. Direccion Técnica, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.

LIST, B., R. M. BRUCKNER, K. MACHACZEK AND J. SCHIEFER. A Comparison of Data Warehouse Development Methodologies Case Study of the Process Warehouse In. Berlin Heidelberg, 2002.

LÓPEZ, A. H., I. M. C. TANDRÓN AND Y. P. VAZQUEZ. Almacenes de datos aplicados a la seguridad ciudadana *Serie Científica* [Type of Work]. 2008, vol. 1(4), pp. 7. Available from Internet:<<https://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/38/39>>. ISSN 2306-2495.

MATÉ, A. AND J. TRUJILLO. A trace metamodel proposal based on the model driven architecture framework for the traceability of user requirements in data warehouses. *Information Systems* [Tipo de trabajo]. 2012, vol. 37, no. 8, pp. 753-766. Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437912000701>>. ISSN 0306-4379.

MAZÓN, J.-N., T. J., S. M. AND P. M. Designing Data Warehouses: From Business Requirement Analysis to Multidimensional Modeling. In *Proceedings of the 1st Int. Workshop on Requirements Engineering for Business Need and IT Alignment*. Paris, France, 2005.

MUNDY, J., W. THORNTHWAITE AND R. KIMBALL *The Microsoft® Data Warehouse Toolkit: With SQL Server 2008 R2 and the Microsoft® Business Intelligence Toolset*. Edition ed. Indianapolis, 2011. 1246 p. ISBN 978-0-470-64038-8 ISBN.

MURTAZA, A. H. A framework for Developing an Enterprise Data Warehousing Solution, Enterprise System Integration. In J. WAZALEK ed. *Enterprise systems integration*. London : Auerbach: Boca Raton, Fla, 2000, p. 918.

PÉREZ, P. Y. P. Paquete de herramientas para la gestión de proyectos GESPRO. In E.C.N.D.D.D.A. (CENDA). La Habana 2010.

PÉREZ, P. Y. P. 2011. "GESPRO 11.05: Un sistema para la dirección integrada de proyectos para la gestión de la producción". In *Proceedings of the COMPUMAT: Sociedad Cubana de Matemática y Computación*, La Habana 2011.

PHIPPS, C. AND D. K. Automating Data Warehouse Conceptual Schema Design and Evolution. In *Proceedings of the 4th International Workshop Design and Management of Data Warehouses (DMDW'02)*. Toronto, Canada, 2002, p. 23-32.




- PINO, H. P. Propuesta de modelo de desarrollo para líneas de productos de software en centros de producción. Tesis de maestría Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), 2011.
- PMI *Practice Standard for Work Breakdown Structures Second Edition*. Edition ed. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2006. ISBN 978-1-933890-13-5.
- PMI. Controlar el Cronograma. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008a.
- PMI. Controlar los Costos. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008b.
- PMI. Crear la EDT. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008c.
- PMI. Distribuir la Información. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008d.
- PMI. Estimar los Costos. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008e.
- PMI *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Edition ed. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, 2008f. ISBN 978-1-933890-72-2.
- PMI. Identificar a los Interesados. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008g.
- PMI. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008h.
- PMI. Realizar el Control Integrado de Cambios. In *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania. USA: Project Management Institute, Inc., 2008i.
- PMI. Project Management Institute Website. En. Pensilvania, USA: PMI, 2012, vol. 2012.
- PRESSMAN, R. S. *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. Edition ed.: Mc Graw-Hill, 2005. 900 p. ISBN 9701054733.
- RUBIA, J. M. Introducción a los almacenes de datos. In. Madrid, España: Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI), 2009, p. 6.
- SAMPIERI, R. H., C. F. COLLADO AND P. B. LUCIO Metodología de la Investigación. edited by M. HILL. Edition ed. Distrito Federal, Mexico, 2006. ISBN 970-10-5783-8.
- SANZ, M. R. ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN DATA MART PARA EL SEGUIMIENTO ACADÉMICO DE ALUMNOS EN UN ENTORNO UNIVERSITARIO Pregrado Universidad Carlos III de Madrid Escuela Politécnica Superior Ingeniería en Informática 2010.
- SCHIEFER, J., B. LIST AND R. M. BRUCKNER. A HOLISTIC APPROACH FOR MANAGING REQUIREMENTS OF DATA WAREHOUSE SYSTEMS. In *Eighth Americas Conference on Information Systems*. Vienna University of Technology, 2002.

- SCIENCE, C. Data Warehouse Design Methodology In L. LIU AND M.T. ÖZSU eds. Encyclopedia of Database Systems. Springer US, 2009, p. 658-658.
- SEI. Software Engineering Institute Website. In. Pensilvania, USA: Software Engineering Institute, 2012.
- SRIRAM, S. AND B. M. RATH. Implementation of PMBOK along with CMMI - QCG Experience. In *International SEPG Conference* Austin, USA, 2005.
- STANLEIGH, M. Combining the ISO 10006 and PMBOK to Ensure Successful Projects. www.bia.ca/newsletter [Type of Work]. 2004, vol. Octubre 2004, no. 6.
- TORRES, H., M. M. ABAD GRAU, M. J. HORNOS BARRANCO AND R. MONTES SOLDADO. BASES DE DATOS Y DATA WAREHOUSE: HERRAMIENTAS ESTRATÉGICAS PARA LA EFICACIA COMERCIAL In.: Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Granada 2003, vol. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos.
- TORRES, S. M. AND A. S. SUÁREZ. Plugin para modelar soluciones de almacenes de datos en la herramienta de modelado "Visual Paradigm for UML". Tesis de Pregrado Universidad de las Ciencias Informáticas 2012.
- WESTERMAN, P. *Data Warehousing: using the Wal-Mart Model*. Edtion ed.: Morgan Kaufmann, 2000. 297 p. ISBN 155860684X.
- ZEPEDA SÁNCHEZ, L. Metodología para el Diseño Conceptual de Almacenes de Datos. Doctorado Universidad Politécnica de Valencia, España, 2008.
- ZEPEDA SÁNCHEZ, L., M. CELMA AND R. ZATARAIN. A Mixed Approach for Data Warehouse Conceptual Design with MDA. In O. GERVASI, B. MURGANTE, A. LAGANÀ, D. TANIAR, Y. MUN AND M. GAVRILOVA eds. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2008*. Springer Berlin / Heidelberg, 2008, vol. 5073, p. 1204-1217.

ANEXOS

Anexo 1: Nivel de participación de los Grupos de trabajo en las fases del ciclo de vida

Fases/ Grupos	Estudio preliminar y planeación	Requisitos	Arquitectura	Diseño e Implementación	Prueba	Despliegue	Soporte y Mantenimiento	Gestión del proyecto
Análisis y Diseño del DW	Responsible	Participa	Participa	Responsible	Responsible	Responsible	Participa	Participa
Integración de Datos	Participa	Participa	Participa	Responsible	Participa	Responsible	Participa	Participa
Visualización de Información	Participa	Participa	Participa	Responsible	Participa	Responsible	Participa	Participa
Desarrollo Tecnológico	Participa	Participa	Responsible	Participa	Participa	Participa	Participa	Participa
Aseguramiento de la Calidad	Participa	Participa	Participa	Participa	Responsible	Participa	Participa	Participa
Dirección	Responsible	Responsible	Responsible	Responsible	Responsible	Responsible	Responsible	Responsible

Leyenda:  Responsable  Participa  No participa

Anexo 2: Responsabilidades y capacidades de cada rol de la metodología

Rol	Responsabilidades	Capacidades
Analista de sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Participa con el cliente y el usuario final recogiendo las entradas de los involucrados relevantes - Captura los requisitos y definir las prioridades. - Lleva a cabo las actividades del análisis - Realiza la especificación de requisitos - Documenta el flujo de análisis - Evaluar solicitud de cambio de requisitos - Realiza el seguimiento de los requisitos durante todo el desarrollo del proyecto - Participa en el diseño de la solución - Diseña las pruebas - Participa en la elaboración del Plan de Administración de Requisitos - Determina los proveedores válidos de requisitos - Crea y actualiza Matriz de Trazabilidad - Realiza el estudio preliminar (negocio y datos) - Modela las estructuras de datos dimensionales obtenidas del negocio - Define los reportes candidatos que se visualizan como parte de la solución 	<ul style="list-style-type: none"> - Habilidades de comunicación - Capacidad de redacción y concreción - Habilidades de trabajo en equipo. - Conocimiento de metodologías de desarrollo de software - Conocimiento de ingeniería de software - Dominio de las características del Modelo Dimensional
Diseñador de DWH	<ul style="list-style-type: none"> - Diseña el modelo lógico y físico del DWH - Genera el diseño inicial de los cubos OLAP - Implementar el modelo físico del DWH - Implementa funciones y vistas de datos en el gestor de base de datos - Actualiza el diseño del DWH ante cambios durante todo el desarrollo - Define el gestor de base de datos a usar. - Define la herramienta de modelado para el DWH - Define las políticas de cambio sobre los elementos de datos - Define los algoritmos de réplica, sincronización, optimización, respaldo y recuperación de la base de datos - Define las políticas de almacenamiento de los 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de análisis - Dominio de la teoría de diseño de bases de datos - Dominio del diseño lógico y físico de una base de datos - Conocimientos y habilidades con las tecnologías de manejadores de bases de datos - Utilizar lenguajes formales y comerciales, para definir y manipular la información contenida en la base de datos - Normalizar esquemas de bases de datos en búsqueda de mejoras competitivas en tiempo y forma

	<ul style="list-style-type: none"> - datos - Define las políticas de uso de los diferentes objetos de bases de datos ante situaciones particulares - Crea y mantiene el ambiente de la base de datos para el funcionamiento de la aplicación - Interviene en el ajuste del desempeño de la aplicación - Realiza el despliegue del repositorio de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - para gestión de la información - Dominio en la utilización lenguajes consulta
Administrador de BD (opcional)	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar la seguridad en de los datos - Controlar el crecimiento del DW - Mantener las estructuras del DW - Administra gestor de BD - Configura roles y usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos y habilidades con las tecnologías de manejadores de bases de datos - Dominio en la utilización lenguajes consulta
Diseñador de procesos de ETL	<ul style="list-style-type: none"> - Traduce los requisitos funcionales relacionados con el subsistema de integración de datos hacia la tecnología utilizada para desarrollar en el proyecto - Vela que se cumplan todas las orientaciones del arquitecto con respecto al flujo de trabajo y las herramientas a utilizar - Participa en la concepción del sistema a desarrollar de conjunto con los analistas y arquitectos - Estudia las características de las fuentes de datos - Evalúa la disponibilidad de los datos en conjunto con los analistas - Define los componentes implicados en los procesos de integración de datos - Define las reglas de transformación de los datos. - Define el mapa lógico de datos - Define la estrategia para la gestión de cambios en las dimensiones - Diseña los procesos de extracción transformación y carga de datos - Diseña el modelo de metadatos para la auditoria de los datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de análisis - Dominio de la teoría de diseño de bases de datos - Dominio de los procesos de integración de datos - Dominio de despliegue de aplicaciones - Dominio de los componentes implicados en los procesos de integración de datos
Programador de procesos de ETL	<ul style="list-style-type: none"> - Convierte la especificación del sistema en código fuente ejecutable del subsistema de integración de datos - Elabora las pruebas de unidad del subsistema - Integra los componentes que forman parte del subsistema de integración de datos - Implementa los procesos de limpieza de datos. - Implementa los procesos de integración de datos - Implementa la estrategia de auditoría de datos y gestión de cambios en las dimensiones - Mantiene los procesos de integración de datos - Realiza el despliegue el subsistema de integración de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos y habilidades con las tecnologías de manejadores de bases de datos - Dominio en la utilización lenguajes consulta - Dominio de las tecnologías de integración de datos - Aptitud para identificar la mejor alternativa de solución
Arquitecto de información	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica la visión, misión y objetivos de producto, equilibrando las necesidades de la organización patrocinadora y la de su público - Realiza el estudio de homólogos para conocer el estado del arte del producto que se quiere desarrollar y las características de visualización de información de los clientes - Realiza la organización y representación de los contenidos a través de: definición de la taxonomía, diseño del sistema de navegación y diseño del sistema de etiquetado para el sistema 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominar técnicas básicas para la identificación, organización y clasificación de la información - Dominar técnicas básicas para estructurar y representar información - Tener habilidades para el trabajo con las herramientas que se utilizan para definir la arquitectura de información - Conocimiento de la disciplina de

	<ul style="list-style-type: none"> - de navegación - Realiza diagramas tipos 	Arquitectura de Información (AI)
Diseñador gráfico	<ul style="list-style-type: none"> - Encargado de realizar el diseño gráfico que requiera el sistema. - Diseña los modos en que debe ser presentada la información (reportes, gráficos, mapas) - Interviene en la creación del prototipo de interfaz de usuario - Define las pautas para el diseño de la interfaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Creatividad - Dominio de técnicas de diseño - Habilidades de dibujo - Conocimientos y habilidades con las tecnologías de diseño
Programador de la capa de visualización de información	<ul style="list-style-type: none"> - Convierte la especificación del sistema en código fuente ejecutable del subsistema de visualización de información - Elabora las pruebas de unidad del subsistema - Integra los componentes que forman parte del subsistema de visualización de información - Refinamiento de los cubos OLAP - Diseña los reportes en la herramienta de presentación de datos - Implementa las consultas OLAP para la presentación de los reportes - Implementa los requerimientos de seguridad en la capa de visualización de información - Mantiene en buen funcionamiento el Realiza el despliegue el subsistema de integración de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominio de las técnicas tecnológicas de inteligencia de negocio (BI) - Dominio en la utilización lenguajes consulta - Aptitud para identificar la mejor alternativa de solución
Administrador de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Elabora el Plan de Aseguramiento de la Calidad. - Elabora el Plan de Mediciones - Participa en la elaboración del Plan de Monitoreo y en el monitoreo y análisis de las áreas de procesos - Elabora los planes de prueba - Participa en las revisiones técnicas formales de los artefactos - Participa en las revisiones con el cliente de los entregables - Guía el diseño y ejecución de las pruebas internas - Participa en el análisis y recolección de los datos para las mediciones - Vela por el cumplimiento de las políticas de la organización y reglas bases del proyecto - Colabora en las auditorías que se les realicen al proyecto - Coordina y colabora con las pruebas de liberación externa al proyecto - Crea una cultura de calidad en el proyecto. - Participa en las revisiones de inconsistencias y las monitorea hasta su cierre 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominar técnicas estadísticas - Poder de análisis estadístico - Dominar el ciclo de desarrollo de software - Dominar las materias de ingeniería y gestión de software - Dominar el modelo CMMI - Dominar los tipos de pruebas - Dominar las herramientas de automatización de pruebas - Conocer los principales estándares internacionales en la producción de software, específicamente el desarrollo de DWH, así como los procedimientos y lineamientos que norman la producción en la UCI - Sensibilidad para detectar e identificar
Diseñador de pruebas	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en la confección de la estrategia y el plan de pruebas - Identifica los métodos, las técnicas, herramientas y directrices apropiadas para implementar las pruebas - Establece en ambiente de comprobación - Encargado de diseñar casos de pruebas para el sistema - Dirige la definición del enfoque de prueba. - Genera los datos de prueba - Puede fungir como probador - Analiza y evalúa el estado del producto de trabajo comprobado 	<ul style="list-style-type: none"> - Habilidad en el diseño de planes y casos de prueba - Habilidades de diseño de software. - Experiencia en estimar esfuerzos de prueba - Buenas habilidades analíticas - Comprensión de las anomalías de software y errores comunes - Conocimiento del dominio de DWH - Conocimiento del sistema o aplicación que se somete a prueba - Habilidades de diagnóstico y resolución de problemas - Amplio conocimiento de instalación y configuración de

		<ul style="list-style-type: none"> hardware y software - Experiencia y éxito con la utilización de las herramientas de automatización de prueba
Probador	<ul style="list-style-type: none"> - Encargado de seguir los planes de pruebas - Ejecuta los casos de prueba y genera no conformidades - Registra los resultados de las pruebas - Analiza los resultados de las pruebas realizadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Habilidad en la lectura de planes y casos de prueba - Conocimiento de los enfoques y técnicas de las pruebas - Habilidades de diagnóstico y resolución de problemas - Conocimiento del sistema o aplicación que se somete a prueba - Experiencia en la utilización de herramientas de automatización de prueba - Habilidades de depuración y diagnóstico
Asegurador de calidad de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la calidad de los datos entregados por las fuentes - Validar la calidad de los datos del DWH 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominar técnicas para el perfilado de datos
Arquitecto de software	<ul style="list-style-type: none"> - Define todos los elementos bases de la arquitectura del proyecto - Define los componentes arquitectónicos de la solución - Identifica todos los posibles escenarios de despliegue de la aplicación - Determina de conjunto con los diseñadores las interfaces de integración tanto internas como externas - Elabora el documento de arquitectura de software - Define las herramientas, bibliotecas, <i>frameworks</i> y otros componentes que permitan acelerar y mejorar el desarrollo del proyecto - Define de conjunto con el jefe de proyecto el flujo de desarrollo basado en las herramientas identificadas - Vela por el cumplimiento de los requisitos no funcionales - Responde por la integración de los componentes del sistema - Realiza el estudio preliminar (tecnología) - Evalúa el impacto de los requisitos no funcionales - Evaluar solicitud de cambios arquitectónicos - Valida el funcionamiento de la arquitectura definida 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominio de patrones arquitectónicos - Dominio de Hardware de servidores y computadoras personales - Dominio de herramientas de desarrollo y CASE - Dominio de despliegue de aplicaciones - Dominio de medición de rendimiento de aplicaciones. - Dominio de elementos de réplicas e interacciones entre servidores de BD
Programador	<ul style="list-style-type: none"> - Convierte la especificación del sistema en código fuente ejecutable del subsistema de visualización de información - Elabora las pruebas de unidad del subsistema. - Desarrolla componentes para las soluciones de DW 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominio en la utilización lenguajes de programación - Aptitud para identificar la mejor alternativa de solución
Jefe de proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en la fase de estudio preliminar (visión general del proyecto, análisis de factibilidad, proyecto técnico) - Desarrolla el Plan de Desarrollo de Software - Aprueba las tecnologías a usar en el desarrollo del proyecto - Administra recursos - Participa en la legalización del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Liderazgo - Habilidades de comunicación - Conocimientos generales de las tecnologías - Capacidad de decisión - Habilidades para trabajar en equipo

	<ul style="list-style-type: none"> - Realiza las estimaciones del proyecto - Definir la organización del proyecto - Monitorea la adherencia a procesos - Participa en las revisiones con el cliente de los entregables - Participa en las revisiones con la alta gerencia - Administra la capacitación interna al proyecto - Guía el proceso de identificación y mitigación de los riesgos - Evalúa a los miembros del proyecto según su desempeño - Gestiona las interacciones con clientes y usuarios - Genera y asigna acciones correctivas - Monitorea las acciones correctivas hasta su cierre - Es el responsable de determinar la necesidad de adquisición - Enviar convocatoria a los proveedores - Seleccionar y establecer el acuerdo con el proveedor - Monitorear el acuerdo - Hacer pruebas de aceptación - Garantizar todos los recursos para la transferencia de la solución del proveedor al proyecto - Liberar al proveedor del acuerdo 	
Planificador	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en la elaboración y actualización de los planes del proyecto - Elabora y controla los cronogramas del proyecto - Planifica y gestiona los recursos del proyecto - Monitorea los planes del proyecto, cronograma y recursos 	<ul style="list-style-type: none"> - Habilidades de comunicación - Organizado - Habilidades para trabajar en equipo - Dominio de las herramientas de gestión de proyecto y planificación
Económico (opcional)	<ul style="list-style-type: none"> - Realiza junto al Jefe de Proyecto el análisis de factibilidad del proyecto teniendo en cuenta un análisis económico financiero - Definir costos del proyecto - Elaborar presupuesto del proyecto - Controlar los recursos financieros de proyecto - Evaluar los costos en los cambios solicitados - Controlar las activos fijos del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos matemáticos - Conocimientos del sistema económico de la institución - Dominar técnicas de análisis financiero
Administrador de la configuración	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica los elementos de configuración - Mantiene las diferentes librerías del proyecto - Mantiene el control de las versiones de los artefactos del proyecto - Provee el mecanismo administrativo para precipitar, preparar, evaluar y aprobar o reprobar el procesamiento de propuestas de cambio - Genera métricas de la configuración del sistema - Configura y administrar las herramientas para la administración de la configuración - Proporciona las herramientas para el desarrollo del proyecto - Elabora Plan de Administración de la Configuración - Audita la gestión de configuración dentro del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominar el ciclo de desarrollo de software - Dominar las materias de gestión de la configuración - Sensibilidad para detectar e identificar problemas - Dominar las herramientas para la gestión de la configuración
Especialista de CALISOFT	<ul style="list-style-type: none"> - Validar la calidad de ejecución del proyecto - Realizar auditorías para validar la calidad del proceso de desarrollo - Realizar pruebas de liberación - Certificar la calidad del producto 	<ul style="list-style-type: none"> - Poseen las mismas habilidades de los roles presentados en el grupo de aseguramiento de la Calidad

	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar elementos del cliente de la línea base. - Liberar la línea base 	
Alta gerencia	<ul style="list-style-type: none"> - Revisa los Planes fundamentales del proyecto (conciliación de recursos) - Monitorea el estado de ejecución del proyecto - Identificar y/o refinar los aspectos de interés sobre los Objetivos Estratégicos de la producción relacionados con el proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de decisión - Habilidades de comunicación - Dominio de los procesos organizacionales
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Participa en la realización de diagnóstico integral de la organización - Participa en definición de los requisitos de la solución - Revisa y aprueba entregables del Proyecto - Firma documentación legal del proyecto (actas de inicio, aceptación y fin) - Revisa el estado de ejecución del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> - Habilidades de comunicación - Capacidad de decisión - Conocimientos del negocio

Anexo 3: Artefactos del EP; carpetas de ingeniería y gestión de proyectos

PM: Artefacto perteneciente al Programa de Mejora,

M: Artefacto perteneciente al Programa de Mejora modificado para soluciones de DW.

DW: Artefacto específico para desarrollo de DW

<i>Carpeta del EP</i>	<i>Artefacto</i>	<i>PM</i>	<i>M</i>	<i>DW</i>
INGENIERÍA				
Requisitos	Criterios para definir proveedores validos de requisitos	x		
	Reporte de trazabilidad	x		
	Registro de revisiones de inconsistencias	x		
	Evaluación de casos de uso	x		
	Matriz de disponibilidad de proveedores	x	x	
	Especificación de requisitos de software		x	
	Especificación de casos de uso del sistema		x	
	Reglas del negocio		x	
	Requisitos rechazados	x		
	Criterios para validar requisitos del cliente	x		
	Criterios para validar requisitos del producto	x		
	Evaluación de requisitos	x		
	Herramienta para la recolección de la información			x
	Registro de sistemas fuentes			x
Perfilado de datos			x	
Arquitectura y diseño	Reportes candidatos			x
	Especificación del modelo dimensional			x
	Especificación modelo de integración de datos			x
	Diccionario de datos		x	
	Mapa lógico de datos			x
Arquitectura de software	Arquitectura de software guía base		x	
	Arquitectura vista conceptual del negocio			x
	Arquitectura vista sistema		x	
	Arquitectura vista de presentación		x	
	Arquitectura vista de datos		x	
	Arquitectura de integración		x	

	Arquitectura vista de seguridad		x	
	Arquitectura vista de infraestructura	x		
	Arquitectura vista de despliegue	x		
Implementación y prueba	Guía de implantación del DW			x
	Especificación de aplicación para el usuario final			x
	Diseño de casos de prueba basado en casos de uso		x	
	Diseño de casos de pruebas basado en requisitos		x	
	Planilla de solicitud de pruebas de liberación	x		
	Planilla de artefactos para pruebas de liberación	x		
Manual de usuario	Manual de usuario			x
GESTIÓN DE PROYECTOS				
Informes	Informe de resultados del diagnóstico integral			x
	Informe de resultados del estudio de factibilidad			x

Anexo 4: Actividades que se realizan en los procesos de Gestión del Proyecto

Procesos	Actividades
Gestión de la Integración	
Elaborar la Ficha técnica y el Proyecto Técnico del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer marco de referencia - Caracterizar entorno de aplicación - Definir la solución y requisitos técnicos - Definir arquitectura de la solución (aproximación técnica) - Definir modelo de desarrollo - Identificación de riesgos (de cara al cliente) - Definir organización del proyecto - Elaborar plan de datos - Elaborar plan de involucrados - Realizar estimaciones de tiempo, esfuerzo y costo - Revisión y aprobación del proyecto técnico por el equipo del proyecto (alcance del proyecto) - Corregir Proyecto Técnico (si es necesario) - Revisión y aprobación del proyecto técnico con el cliente - Firmar Acta de Inicio del proyecto - Planear y asignar recursos al proyecto
Desarrollar el Plan de Desarrollo de Software	<ul style="list-style-type: none"> - Generación del Plan de desarrollo del software (incluye todos los planes asociados al proyecto) - Revisar y aprobar el Plan de desarrollo del software
Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer sistema de administración de la configuración - Crear los entregables asociados a la gestión del proyecto - Obtener, gestionar y utilizar los recursos, incluyendo materiales, herramientas, equipos e instalaciones - Implementar los métodos y normas planificados - Gestionar los canales de comunicación del proyecto, tanto externos como internos al equipo del proyecto

	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar las mejoras de procesos - Generar los datos del proyecto, tales como costo, cronograma, avance técnico, la calidad y el estado - Emitir las solicitudes de cambio y adaptar los cambios aprobados al alcance, a los planes y al entorno del proyecto - Gestionar los riesgos e implementar las actividades de respuesta a los mismos - Gestionar los proveedores - Recopilar y documentar las lecciones aprendidas
Monitorear y controlar el trabajo del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el desempeño del proyecto para determinar la necesidad de acciones preventivas o correctivas. - Identificar nuevos riesgos - Analizar, revisar y monitorear los riesgos existentes - Monitorear la implementación de los cambios aprobados - Revisar los hitos de desarrollo acorde a la línea base definida para el proyecto en el Plan de desarrollo del software - Realizar auditorías a la configuración
Realizar el control integrado de cambios	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar, analizar y aprobar las solicitudes de cambio - Gestionar los cambios aprobados - Revisar, rechazar o aprobar las acciones correctivas recomendadas - Incorporar a los documentos y entregables del proyecto los cambios debidamente aprobados
Cerrar proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar y analizar si están satisfechos los criterios de terminación del proyecto - Transferir los productos y resultados del proyecto - Recopilar los registros del proyecto - Archivar las lecciones aprendidas
Gestión del Alcance	
Administrar requisitos	<ul style="list-style-type: none"> - Planificar la administración de requisitos - Actualizar las actividades concernientes a la administración de requisitos - Preparar herramientas de trabajo (herramientas de administración de requisitos) - Insertar elementos y crear dependencias de trazabilidad en la Herramienta de análisis y trazabilidad de DW - Analizar los requisitos del producto contra criterios - Actualizar requisitos del producto - Aceptar requisitos del producto
Crear la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)	<ul style="list-style-type: none"> - Generar la línea base del alcance
Controlar alcance	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la línea base del alcance - Actualizar la línea base del alcance
Gestión del Tiempo	
Confeccionar el cronograma de ejecución del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Definir las actividades del proyecto - Secuenciar actividades - Definir tiempo de duración de las actividades - Estimar los recursos necesarios para la realización de las actividades
Controlar el cronograma	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar el estado actual del cronograma del proyecto

	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar los factores que generan cambios en el cronograma. - Identificar los cambios en el cronograma - Evaluar y analizar los cambios conforme ocurridos - Actualizar el cronograma del proyecto
Gestión de los Costos	
Estimar los costos	<ul style="list-style-type: none"> - Generar línea base de los costos
Controlar los costos	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar la línea base de los costos - Actualizar la línea base de los costos
Gestión de la Calidad	
Planificar la calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los requisitos de calidad - Planificar las auditorías al proyecto - Planificar las pruebas al producto
Controlar la calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar los entregables del proyecto - Revisar la adherencia a los procesos y productos - Realizar auditorías a la calidad - Registrar y evaluar los resultados
Gestión de las Comunicaciones	
Identificar Interesados	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los interesados internos y externos - Describir los interesados - Evaluar la posición de los interesados ante la ejecución del proyecto
Planificar las comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer sistema de comunicación
Distribuir la Información	<ul style="list-style-type: none"> - Distribuir la información según lo planificado - Responder a solicitudes de información
Informar el desempeño	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar informes de estado del proyecto
Gestión de los Riesgos	
Planificar la gestión de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar el Plan para la gestión de los riesgos
Identificar los riesgos	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el registro de riesgos - Analizar la probabilidad de ocurrencia y el impacto
Monitorear y controlar los riesgos	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el comportamiento de los riesgos identificados - Actualizar los planes del proyecto en función las variaciones que puedan surgir con respecto a los riesgos
Gestión de las Adquisiciones	
Planificar las adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar las adquisiciones necesarias para la ejecución del proyecto - Definir el modo y momento en que deberán ejecutarse las adquisiciones -
Administrar las adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Definir los proveedores - Elaborar contrato con los proveedores - Monitorear y controlar el estado de cumplimiento de los acuerdos establecidos
Cerrar las adquisiciones	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar acuerdos con los proveedores - Evaluación de los proveedores

Anexo 5: Estructura de Desglose de Trabajo genérica para proyectos de DW

