

Sistema de inteligencia de negocios para el apoyo al proceso de toma de decisiones

Eriberto Vanegas Lago*, Lisbet M. Guerra Cantero

Centro de Desarrollo de la Facultad Regional de la Universidad de Granma, Cuba.

Resumen.-

En la actualidad el éxito de las empresas depende del aprovechamiento de sus recursos intangibles. El acertado flujo y gestión de datos e información es vital para un acertado proceso de toma de decisiones. Debido al aumento del volumen de los datos almacenados, los directivos se enfrentan a un ambiente de incertidumbre y complejidad crecientes. Generalmente no se cuenta con las herramientas necesarias para manipular estos datos y convertirlos en información valiosa. La informatización de las empresas no es suficiente para garantizar un acertado apoyo al proceso de toma de decisiones, para realizarlo de forma correcta es vital contar con un sistema donde se combinen las herramientas informáticas necesarias y se enfatice en la Inteligencia de Negocios. Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un Sistema de Inteligencia de Negocios que permita capturar, almacenar, procesar, analizar y mostrar de manera eficiente, los datos generados en los departamentos de las empresas de acueducto y alcantarillado, mejorando el apoyo al proceso de toma de decisiones. Se utilizó la metodología HEFESTO para el desarrollo de almacenes de datos y la suite comunitaria de Pentaho, en su versión 4.8.0, para la implementación del sistema.

Palabras clave: Datos, Información, Inteligencia de Negocios.

Business intelligence system to support the decision making process

Abstract.-

Nowadays a lot of the success in businesses depends on harnessing their intangible resources. The correct data flow and information management is vital for a successful decision making process. Due to the high volume of data stored, managers are dealing with an environment full of uncertainty and increasing complexity. Many times they don't have the tools to handle this data efficiently, turn that data into information and generate the necessary knowledge. The computerization in business is not enough to guarantee a successful support to the decision making process. To carry out this process correctly is important to use informatics tools that apply the principles of business intelligence. The main goal of this work is to develop a Business Intelligence System that allows to capture, store, process, analyze and display efficiently, the data generated in the departments of a random company, and thereby, to improve the decision making process. HEFESTOS methodology was used for developing data warehouses and the Pentaho Suite Community Edition (version 4.8.0 or a higher stable version) for the implementation of the system. The practical study object is the Enterprise of Water and Sewerage Granma.

Keywords: Data, Information, Business Intelligence.

Recibido: julio 2013

Aceptado: noviembre 2013.

*Autor para correspondencia

Correo-e: evanegas@grm.uci.cu (Eriberto Vanegas Lago)

1. Introducción

Desde el siglo pasado, luego del triunfo de la Revolución Cubana, el tema de la gestión de los recursos hídricos se institucionalizó en el país. Surge en 1962 el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), que tiene entre sus

objetivos perfeccionar y potenciar el desarrollo y protección del agua. Este instituto, con el paso de los años, necesariamente ha tenido que incorporar las nuevas tendencias que han marcado el desarrollo del mundo moderno. Entre ellas el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs).

El INRH cuenta con empresas en cada una de las provincias del país. Estas tienen como misión atender las necesidades de la población con respecto a los servicios de acueducto y alcantarillado, así como controlar y evaluar que los servicios que se prestan en las Unidades Empresariales de Base (UEB) estén acordes con los niveles de calidad requeridos por los clientes, a partir de sus necesidades.

En la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de la provincia Granma (EAALG), se desarrolló un sistema de gestión que responde a la necesidad de una herramienta informática que permitiera gestionar de manera rápida y eficiente la enorme cantidad de datos que allí se procesan. Hasta ese momento, el control de esos datos, así como la información generada, se almacenaba en hojas de cálculo y a través de llamadas telefónicas principalmente.

El sistema, desarrollado completamente con tecnologías y herramientas libres, permite gestionar los datos de los procesos que se desarrollan en los departamentos de las UEB de los municipios. Estos están relacionados con los equipos de transporte (tanto de construcción como los complementarios), los grupos electrógenos, la energía, el combustible y las estaciones de tratamiento, bombeo y saneamiento de agua, así como las plantas potabilizadoras. A partir de la información que se genera en cada una de estas áreas se obtiene una serie de reportes que permiten verificar el funcionamiento general de la empresa.

Aunque fueron resueltos los problemas que condujeron al desarrollo del sistema de gestión, como parte de su perfeccionamiento, mejora y evolución, se han identificado limitaciones y necesidades que no pueden ser solucionadas.

Los Sistema de Procesamiento de Transacciones (OLTP, por sus siglas en inglés), dentro de los que se incluyen los sistemas de gestión, son la solución

típica cuando es necesario gestionar datos; pueden ser desarrollados y manejados fácilmente. Sin embargo no son capaces de resolver muchas de las necesidades actuales de las empresas. Estas limitaciones son inherentes a dichos sistemas. Entre ellas se pueden mencionar:

- no realizan análisis detallados de los datos almacenados;
- deficiente gestión de los reportes;
- no responden a las necesidades específicas de información para los directivos;
- no apoyan de forma eficiente el planeamiento ni el proceso de toma de decisiones;
- no generan ni evalúan de forma sistemática las alternativas y escenarios previstos;
- no están optimizados para trabajar con grandes volúmenes de datos. A medida que estos aumentan también lo hace el consumo de recursos de hardware y el tiempo de respuesta de las consultas.

Debido a las limitaciones identificadas se plantea como problema científico de esta investigación la contradicción existente entre la disponibilidad de datos en el Sistema de Gestión de Información de la EAALG y la ausencia de reportes que muestren la información necesaria para apoyar el proceso de toma de decisiones.

El análisis anterior no indica que haya sido un error desarrollar el sistema de gestión. Este resolvió todos los problemas que estaban dentro de su alcance. La presente investigación se enfoca solamente en la necesidad de utilizar además otro tipo de tecnología para el procesamiento de los datos y su conversión en información útil. Esto será posible si se desarrolla un sistema que resuelva las limitaciones antes mencionadas y además las nuevas necesidades de la empresa, entre las que se encuentran:

- herramienta de fácil uso para directivos y trabajadores;
- reportes dinámicos e interactivos;

- información con alto grado de detalle;
- varias perspectivas de análisis de la información;
- tiempos mínimos de respuestas del sistema.

En correspondencia con lo planteado se propone como **hipótesis investigativa** que el desarrollo e implantación de un Sistema de Inteligencia de Negocios (BIS, por sus siglas en inglés) para las condiciones específicas de la EAALG permitirá mejorar la disponibilidad de información para el apoyo al Proceso de Toma de Decisiones (PTD).

Se define como objeto de estudio teórico de esta investigación la Inteligencia de Negocios. Tomando como objeto de estudio práctico a la EAALG.

Para dar solución al problema planteado anteriormente se propone como objetivo general desarrollar un BIS bajo las condiciones actuales de la EAALG, que soporte toda la información necesaria para el apoyo al PTD. Como campo de acción se identifica los BIS.

Entre los objetivos específicos trazados para la investigación se encuentran:

- Definir la metodología y herramientas para el desarrollo del BIS.
- Definir y desarrollar los Mercados de Datos (DM, por sus siglas en inglés) que conformarán del Almacén de Datos (DWH, por sus siglas en inglés) final.
- Diseñar y desarrollar los reportes que faciliten la visualización y análisis de los datos contenidos en el almacén de datos.

La investigación propuesta está encaminada a desarrollar un BIS que soporte la información necesaria para apoyar el PTD en la organización objeto de estudio. Específicamente el sistema brindará información actualizada, relacionada con la planificación y control de los procesos que se realizan en la EAALG.

2. Desarrollo de la investigación

2.1. Gestión de información

A nivel mundial los directivos de las organizaciones modernas están convencidos de que la información es el activo estratégico que los diferencia de sus competidores e impulsa su éxito. Una encuesta realizada en el año 2010 por la revista Forbes demostró que el 85 % de los encuestados coinciden en que actualmente la información es considerada como un activo estratégico, y la gran mayoría (95 %) considera que la gestión de información es esencial para el éxito del negocio [1].

La capacidad de gestionar información en la empresa juega un papel fundamental en el desarrollo de otras capacidades, como es el caso de la gestión de clientes, de procesos y del rendimiento. Entre las principales implicaciones de la gestión, los líderes deben centrarse en crear las condiciones necesarias para el desarrollo de la infraestructura y la capacidad de gestión de la información para potenciar las demás áreas de la empresa [2].

Una adecuada gestión de información permite monitorizar constantemente el comportamiento de las principales variables que intervienen en el negocio. En dependencia de los cambios, será posible tomar las medidas necesarias en el momento preciso, que permitan adaptarse a las nuevas condiciones y sacar provecho de las mismas. De esto se infiere que uno de los procesos más beneficiados es el de toma de decisiones.

2.2. Toma de decisiones

Vercellis define que: “una decisión es una elección entre múltiples alternativas, hecha generalmente con un cierto grado de racionalidad. Cada individuo se enfrenta a una base continua de decisiones que pueden ser más o menos importantes, tanto en su vida personal como profesional” [3].

En la actualidad es posible encontrar muchas empresas cuyo éxito depende en menor medida de cómo se manejan sus recursos tangibles (humanos, materiales y monetarios). Este se basa principalmente en el aprovechamiento de los recursos

intangibles (datos e información) para facilitar la toma de decisiones.

Según Schein: “la toma de decisiones es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización” [4].

Es necesario aclarar que existen diferencias entre los procesos de medición y búsqueda, y el de toma de decisiones. La medición técnica, seguida de la búsqueda mecánica, diseñada para predecir la alternativa más atractiva, puede sustituir a la toma de decisiones y su teoría. Sin embargo la toma de decisiones es un proceso mucho más abarcador.

La toma de decisiones no puede ser capturada por un árbol de decisión, mediante una tabla de decisión, por una sola función matemática o por otros simples artefactos mecánicos. Su estructura es funcional, capaz de generar su propio camino hacia la decisión. La decisión final se desarrolla a través de un proceso de aprendizaje, comprensión, procesamiento de información, valuación y finalmente la definición del problema y sus circunstancias [5].

2.3. Estructura del proceso de toma de decisiones

Para que las decisiones sean efectivas deben estar soportadas por un proceso bien organizado. Este proceso racional debe facilitar la búsqueda y análisis de información relevante, debe dar importancia a las técnicas analíticas y centrarse en la información crucial en lugar de la irrelevante. Es importante además proteger el PTD de comportamientos políticos, los tomadores de decisiones deben enfocarse en los objetivos de la organización y no afectar las decisiones tomadas con su propio poder o influencia [6].

A pesar de los estudios realizados sobre este tema durante las últimas décadas, no sería sorprendente encontrar empresas cubanas y de todo el mundo en las que el PTD se realice de forma empírica. La posibilidad de resolver problemas y trazar estrategias a corto y largo plazo puede depender completamente de la capacidad y la experiencia del tomador de decisiones. No se

estructura el proceso por etapas ni se aplican métodos conocidos.

Bezerra, Cberruault, Fourcade y Veron, plantean que el PTD se compone de seis etapas consecutivas: 1) percepción, 2) representación, 3) tratamiento de los datos, 4) resolución de problemas, 5) elección de la solución y 6) la toma de decisiones [7].

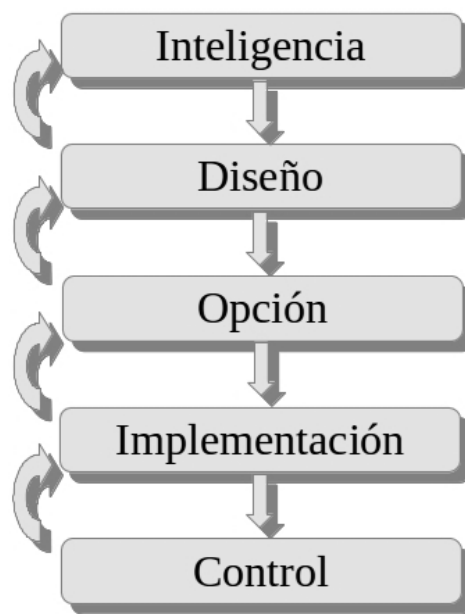


Figura 1: Fases del proceso de toma de decisiones [3].

Una de las más convincentes representaciones de este PTD surge en la década del 60, esta sigue siendo hoy en día una referencia metodológica importante. El modelo original incluye tres fases: inteligencia, diseño y opción. En este caso se muestra en la Figura 1 una versión extendida por Vercellis, donde se incluyen otras dos fases adicionales: implementación y control.

En sentido general, diferentes autores han definido varias fases para este proceso. Sin embargo la mayoría concuerda en que se deben identificar los problemas, analizar la información, definir y aplicar las decisiones, agregando finalmente la fase del control de la efectividad.

En la actualidad el PTD recibe un gran apoyo por parte de las TICs. Han surgido muchas herramientas con el objetivo de mejorar y hacer más competitivos los ambientes empresariales. La mayoría de las etapas del proceso estudiado

pueden ser soportadas por dichas herramientas, permitiendo que la eficacia de las decisiones dependa en mayor medida de la cantidad y calidad de los datos disponibles.

La integración de varias herramientas permite manejar el creciente volumen de datos y el aumento de la complejidad de las decisiones. El término que engloba esta tendencia actual surge a mediados de los años 90 y se conoce como Inteligencia de Negocios (BI, por sus siglas en inglés).

2.4. *Inteligencia de negocios*

En el mundo de los negocios, los tomadores de decisiones necesitan tener acceso a información precisa y oportuna a fin de alcanzar sus objetivos. Históricamente la BI había sido utilizada por los analistas para procesar los datos haciendo uso de herramientas complejas y hojas de cálculo. En la actualidad la toma de decisiones implica una amplia gama de roles de negocio. Los mayores vendedores de BI se centran en proporcionar suites completas, lo que permite a los tomadores de decisiones acceder a los datos de origen en casi cualquier ambiente [8].

Mediante el uso de la BI se logra unir el mundo de los datos y el de los negocios. Esta permite a las empresas analizar grandes cantidades de datos de forma rápida y sencilla, que puede ser procesada utilizando diversas reglas o criterios del negocio en cuestión, de forma inteligente. La BI integra los datos y puede cruzarlos entre varios procesos, evitando de esta forma los análisis aislados e incompletos, a la vez que facilita y apoya el PTD.

Para Negash la BI es un conjunto de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten reunir, depurar y transformar datos de los sistemas transaccionales e información no estructurada (interna y externa a la compañía) en información estructurada, para su explotación directa o para su análisis y conversión en conocimiento [9]. Carlos Gameiro plantea que la BI agrupa un conjunto de sistemas que combinan la recopilación, adquisición y almacenamiento de datos de diferentes fuentes con herramientas analíticas, presentándolos en el orden y la forma lógica de los tomadores de decisiones, generando una rápida

vista de la situación de negocios en el pasado, presente y futuro [10]. Fereydoon y Mohammad la definen como un proceso dinámico y complejo que descubre nuevos conocimientos, incluye el análisis de la información y apoyo a la toma de decisiones que afectan directamente el desempeño futuro de las organizaciones [11].

A partir de los distintos puntos de vistas de estos y otros autores consultados, se puede resumir que la BI es el resultado de la estrecha relación entre las metodologías y herramientas que permiten el procesamiento completo de los datos (captura, almacenamiento, tratamiento y visualización) hasta su conversión en información; todo esto con el objetivo de dotar a los tomadores de decisiones de los análisis necesarios que permitan conocer y estudiar el pasado, controlar el presente y prever el futuro de las organizaciones.

2.5. *Sistemas de inteligencia de negocios*

Los BIS combinan los datos operativos con herramientas analíticas para presentar información compleja y competitiva a los planificadores y tomadores de decisiones. El objetivo es mejorar la puntualidad y la calidad de los insumos en el proceso de decisión [9]. En ellos se pueden integrar múltiples tipos de datos de las diferentes fuentes y descubrir nuevos conocimientos a partir de los datos para mejorar la precisión de la predicción y el PTD [12].

Según Gangadharan & Swami, un BIS debe ser capaz de acceder fácilmente a la información que se necesita para hacer el trabajo con eficacia, y la capacidad de analizar y compartir fácilmente esta información con otros [13].

Estos sistemas se diferencian de los sistemas tradicionales de gestión de información por, en primer lugar, una gama más amplia de sujetos, los análisis multivariantes de datos semiestructurados que provienen de diferentes fuentes y su presentación multidimensional.

Los BIS contribuyen a optimizar los procesos de negocio y los recursos, maximizando los beneficios y mejorando la dinámica del PTD. Pueden ser utilizados durante la creación de diversas aplicaciones dentro de las finanzas, la

supervisión de la competencia, contabilidad, marketing, producción, etc. Los componentes más importantes se presentan a continuación [14]:

- Tecnologías de la información clave que se relacionan con la adquisición de datos y el proceso de Extracción, Transformación y Carga (ETL, por sus siglas en inglés).
- Tecnologías de la información, principalmente los análisis versátiles y presentación de los datos, por ejemplo: las técnicas de Procesamiento Analítico en Línea (OLAP, por sus siglas en inglés) y la minería de datos.
- Las aplicaciones de BI que apoyen la toma de distintas decisiones.

Por otra parte Andy y William plantean que las tareas principales de los BIS se concentran en la exploración inteligente, la integración, agregación y el análisis multidimensional de los datos procedentes de fuentes de información heterogéneas [15].

Luego de lo antes expuesto se considera que entre las características principales de estos sistemas deben estar:

- la combinación de los datos operativos con herramientas analíticas;
- el análisis multivariante de datos semiestructurados que se integran desde fuentes heterogéneas, para descubrir conocimiento;
- el acceso y fácil difusión de la información obtenida mediante las herramientas analíticas utilizadas;
- la presentación multidimensional de la información obtenida en el proceso de análisis de los datos.

2.6. Metodología de desarrollo de software

Diferentes tipos de sistemas requieren diferentes procesos de desarrollo. En consecuencia, estas actividades genéricas deben ser organizadas de diferentes formas y descritas a diferentes niveles de detalle. De cualquier manera, el uso de un

proceso inapropiado puede reducir la calidad y usabilidad del software producido, lo que se traduce en aumento de los costos [16, 17].

Desde el surgimiento de los DWH se han propuesto varias metodologías para su desarrollo. Luego del estudio de varios de los principales enfoques, el autor de esta investigación decidió guiarse por los principales exponentes de este tipo de tecnología: William H. Inmon y Ralph Kimball.

Inmon propone una “Metodología para el manejo de datos” (Datadriven methodology). Esta describe un desarrollo espiral e iterativo. Uno de sus aspectos fundamentales radica en la necesidad de realizar un esfuerzo previo. Antes de escribir la primera línea de código o diseñar la primera tabla de la BD es necesario conocer al detalle todo lo relacionado con el negocio y como afecta el proceso de desarrollo. La metodología plantea la construcción del sistema mediante pequeñas partes que luego serán completadas hasta tener el sistema terminado. Este enfoque es conocido como top-down (de arriba hacia abajo) [18].

Kimball por su parte propone una metodología de cuatro pasos para definir los esquemas multidimensionales. Este enfoque plantea la definición y construcción de cada uno de los DM para luego integrarlos en el DWH hasta que el sistema esté completo. No se necesita tener previo conocimiento del negocio. La metodología se caracteriza por estar basada en experimentos y prototipos. Este es un método flexible que permite disminuir los costos [19, 20].

Por las ventajas identificadas el autor de esta investigación utilizará el enfoque definido por Kimball, el cual será adaptado al ambiente de desarrollo existente y a las necesidades tanto del cliente como del desarrollador. A pesar de las ventajas, cabe mencionar que este marco de trabajo no especifica claramente las responsabilidades de cada rol definido y propone un gran número de actividades que pueden extender el tiempo de desarrollo. Por tanto se hace necesario complementar la metodología con otros elementos necesarios.

Durante la investigación se identificaron además otras metodologías que no siguen estrictamente uno de los enfoques antes mencionados, sino que toman las mejores prácticas de alguno de ellos. Entre ellas se destaca la metodología HEFESTO de la cual se utilizarán las mejores prácticas. Entre las ventajas del uso de esta metodología están [21]:

- puede ser embebida en cualquier ciclo de vida de desarrollo de software;
- es independiente a las herramientas y estructuras físicas de los DM y DWH;
- los pasos están claramente definidos y plantean la consecución de los objetivos de manera clara y sencilla;
- está basada en los requerimientos de los usuarios, por lo que es adaptable de forma rápida y fácil a los cambios del negocio;
- reduce la resistencia al cambio al integrar al cliente en cada una de las etapas;
- el uso de modelos conceptuales facilita la interpretación y análisis;
- los resultados de una fase son el punto de partida para la próxima;
- es aplicable independientemente a DM o DWH.

Luego de lo anteriormente expuesto se plantea la necesidad de utilizar una metodología de desarrollo híbrida que esté guiada por la metodología HEFESTO e incorpore los elementos más importantes del enfoque propuesto por Kimball. El autor de esta investigación adaptó la metodología de HEFESTO a las características del enfoque de Kimball. La metodología utilizada está compuesta por seis fases, entre las que se encuentran: 1) inicio, 2) análisis de los requerimientos, 3) análisis de las fuentes de datos, 4) modelado del DWH, 5) integración de datos y 6) representación de la información.

2.7. Herramientas para el desarrollo

En el caso específico de esta investigación, que se desarrolla en el marco de las empresas cubanas, es necesario incluir un criterio importante y hasta cierto punto obligatorio a la hora de definir las herramientas a utilizar: la condición de ser software libre o, al menos, de código abierto. Esto responde a la necesidad de lograr la independencia y soberanía tecnológica, ante la imposibilidad de acceder a las herramientas privativas y de pagar los altos precios de las licencias.

Varios autores coinciden en que los principales BIS de código abierto son: SpagoBI y Pentaho. Existen varias comparaciones entre estas herramientas teniendo en cuenta aspectos como la representación de gráficos, reportes, cuadros de mando, ETL, OLAP, minería de datos y otros [22, 23]. Finalmente, y tomando como base las comparaciones mencionadas, el autor del presente trabajo utilizó la suite comunitaria de Pentaho en su versión estable más reciente (4.8.0) para el desarrollo del BIS bajo las condiciones actuales de la EAALG. El DWH estará almacenado en PostgreSQL en su versión 9, el cual fue administrado desde el PgAdmin III.

En algunas de las fases de la metodología de desarrollo de software aparecen artefactos que necesitan de una herramienta especializada, entre ellos: el modelo conceptual y el modelo conceptual ampliado. Para esto se utilizó una de las herramientas de edición de diagramas más utilizadas en los sistemas operativos libres, es el caso del “Dia”, en su versión 0.97.2, programa para dibujar diagramas estructurados.

Otro artefacto que necesita ser generado por una herramienta especializada es el caso del diseño de las tablas y columnas físicas. En este caso se utilizó el SQL Power Architect, que cuenta con la licencia de software libre GPL v.3. Esta es una herramienta de modelado de datos que fue creada por los diseñadores de almacenamiento de datos y tiene muchas características únicas, dirigidas específicamente para el arquitecto de almacenamiento de datos. Permite a los usuarios realizar ingeniería inversa de BD existentes, realizar perfiles de datos en BD de origen y generar automáticamente los metadatos del proceso de

ETL. Otra de las opciones importantes a ser tenida en cuenta es la posibilidad de generar un script SQL con las tablas y relaciones entre ellas que puede ser ejecutado directamente en el Sistema Gestor de BD (SGBD).

Las últimas herramientas seleccionadas fueron: Redmine y Bazaar, estas tienen como objetivo la gestión de proyecto y el control de las versiones del código generado, respectivamente.

3. Resultados y discusión

Como se mencionó anteriormente una de las ventajas del uso de la metodología HEFESTO es que puede ser utilizada tanto para DM como para DWH. Como en este caso se optó por el enfoque de Kimball uno de los primeros pasos para el desarrollo del BIS fue definir cada uno de los DM que conformarían el DWH final, así como delimitar claramente el alcance de cada uno.

De dos departamentos que existen en la EAALG se identificaron ocho MD, cuatro por cada departamento. Las principales actividades realizadas en cada fase para cada DM fueron las siguientes:

- identificar necesidades de información de cada área, así como perspectivas e indicadores;
- determinar estado de los sistemas fuentes;
- conformar los indicadores (utilizando el procedimiento de normalización lineal);
- crear modelos para pronósticos utilizando series de tiempo;
- identificar dimensiones y hechos;
- diseñar el modelo físico;
- mapear y cargar los datos;
- diseñar reportes y análisis de datos en las herramientas de análisis.

Luego de realizar cada una de las actividades mencionadas anteriormente se completó el BIS y se procedió a su instalación en la EAALG. Esto dio paso a una etapa de mantenimiento y soporte,

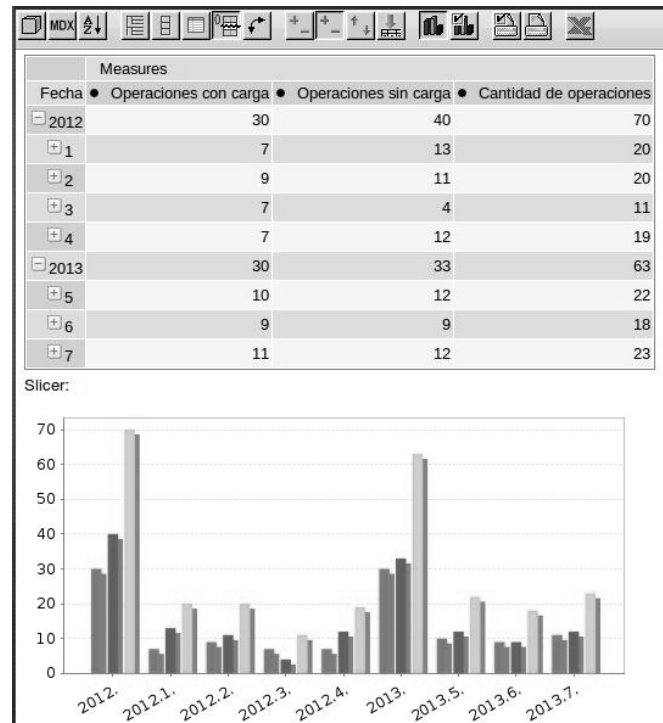


Figura 2: Reporte de pentaho.

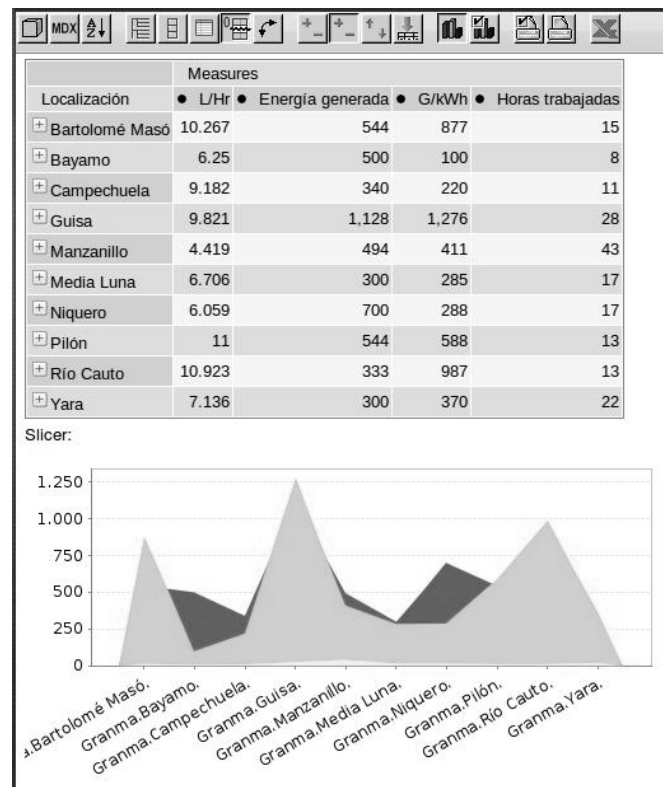


Figura 3: Reporte de pentaho.

donde el sistema es actualizado y corregido en dependencia de las necesidades de los clientes. A continuación se muestran en las Figuras 2 y 3 algunos de los reportes de prueba definidos por los clientes.

4. Conclusiones

La caracterización epistemológica del proceso de gestión de datos en la EAALG confirmó la existencia de un problema científico que exigía la utilización de las TICs. Para solucionar dicho problema se identificó primeramente el tipo de sistema informático que se necesitaba, luego se definió la metodología que sirvió como guía para el desarrollo del sistema propuesto. Fueron definidas además las herramientas necesarias, teniendo en cuenta en todo momento la necesidad de que fueran libres o al menos de código abierto. Se definieron y desarrollaron ocho mercados de datos que responden a cada una de las áreas departamentales existentes en la EAALG. Para cada DM se definieron y desarrollaron los reportes que facilitan la visualización y análisis de los datos contenidos en el almacén.

Se desarrolló un BIS que gestiona de forma eficiente los datos necesarios para apoyar el PTD en la organización objeto de estudio. Específicamente el sistema brinda información actualizada, relacionada con la planificación y control del consumo de los portadores energéticos y del transporte, así como del funcionamiento de los grupos electrógenos. Además permite controlar el funcionamiento de la infraestructura hidráulica, instalaciones de desinfección del agua, plantas potabilizadoras y lagunas de estabilización. Los reportes y análisis de la información son realizados de forma dinámica, lo que posibilita la extracción de información de forma rápida y desde varias perspectivas.

Con la información generada por el sistema, el trabajo de los especialistas y directivos de la EAALG, y de cada municipio de la provincia, se facilita considerablemente, sin embargo el mayor beneficio lo obtuvo la sociedad.

Uno de los principales aportes de esta investigación es que los resultados obtenidos podrán generalizarse en las demás provincias del país debido a que el funcionamiento de la EAALG es similar a las demás de este tipo. Se dio un importante paso en cuanto a la evolución y mejoramiento de los mecanismos apoyo al PTD en las Empresas de Acueducto y Alcantarillado. Se recomienda la utilización de este tipo de tecnología en las empresas donde se manejen grandes cantidades de datos necesarios para apoyar el proceso de toma de decisiones.

Referencias

- [1] Forbes. (2010). "Managing Information in the Enterprise: Perspectives for Business Leaders". pp. 114.
- [2] S. Mithas, N. Ramasubbu, and V. Sambamurthy. (2011). "How information management capability influences firm performance". *MIS Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 237–256.
- [3] C. Vercellis. (2009). "Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making". A John Wiley and Sons, Ltd, p. 420.
- [4] S. EH and J. Ropke. (2003). "Transforming knowledge into action". p. 68.
- [5] M. Zeleni. (1975) "Multiple criteria decision making". McGrawHill Book Company, p. 7.
- [6] M. Çetin and D. Pekince. (2011). "Perceived procedural rationality and political behaviours in strategic decision making process and organizational commitment triangle". *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 24, p. 10.
- [7] S. Bezerra, Y. Cherruault, J. Fourcade, and G. Veron. (1996). "A Mathematical Model for the Human DecisionMaking Process". *Mathl. Comput. Modelling*, vol. 24, no. 10, pp. 21–26.
- [8] C. Ballard et al. (2006). "Improving Business Performance Insight . . . with Business Intelligence and Business Process Management". First Edit. IBM Corp, p. 460.
- [9] S. Negash. (2004). "Business intelligence". *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 13, no. July, p. 45.
- [10] C. Gameiro. (2011). "Implementation of Business Intelligence tools using Open Source Approach". *ACM*, pp. 27–31.
- [11] F. Azma and M. A. Mostafapour. (2012). "Business intelligence as a key strategy for development organizations". *Procedia Technology*, vol. 1, pp. 102–106.
- [12] S.li Yan, Y. Wang, and J.cheng Liu. (2011). "Research on the Comprehensive Evaluation of Business Intelligence System Based on BP Neural Network". *Systems Engineering Procedia*, vol. 00.

- [13] G. R. Gangadharan and S. N. Swami. (2004). "Business Intelligence Systems: Design and Implementation Strategies". 26 Conf. Information Technology Interfaces IT1, p. 6.
- [14] C. M. Olszak and E. Ziemba. (2006). "Business Intelligence Systems in the Holistic Infrastructure Development Supporting Decision Making in Organisations". Business Intelligence Systems, vol. 1.
- [15] W. Yeoh and A. Koronios. (2010). "Critical success factors for business intelligence systems". Journal of Computer Information Systems, pp. 23–32.
- [16] R. S. Pressman. (2010). "Software Engineering. A practitioners approach". Seventh.
- [17] I. Sommerville. (2011). "Software Engineering". Ninth. Wiley Publishing, Inc., p. 790.
- [18] W. H. Inmon. (2005). "Building the Data Warehouse". Third. Wiley Publishing, Inc.
- [19] R. Kimball and M. Ross.(2002). "The Data Warehouse Toolkit". Second. Wiley Computer Publishing, p. 447.
- [20] R. Kimball, L. Reeves, M. Ross, and W. Thornthwaite. (2007). "The Data Warehouse Lifecycle Toolkit". Wiley Publishing, Inc., p. 405.
- [21] R. D. Bernabeu. (2007). "DATA WAREHOUSING: Investigación y Sistematización de Conceptos HEFESTO: Metodología propia para la Construcción de un Data Warehouse". p. 122.
- [22] M. Golfarelli. (2009). "Open Source BI Platforms: a Functional and Architectural Comparison". p. 11.
- [23] J. Bernardino. (2011). "Open Source Business Intelligence Platforms for Engineering Education". Portugal, pp. 693–69.