

Aplicación informática



para soportar y gestionar indicadores ambientales empresariales

Por Frank Medel González, Profesor, Lourdes García Ávila, Profesora Titular, Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas; Adael Acosta Beltrán, Especialista en Informática, Empresa GEOCUBA VCL-SSP y Mailyn Medel González, Directora de Desarrollo, Empresa Eléctrica de Villa Clara.
frankmedel@uclv.edu.cu; abeltran@vcl.geocuba.cu; Lourdes@uclv.edu.cu; mailyn@elecvcv.une.cu

Introducción

La protección del medio ambiente es uno de los mayores desafíos que enfrentan las empresas en la actualidad. Muchas organizaciones conocen su compromiso con el medio ambiente, pero muy pocas pueden convertir sus planes estratégicos ambientales en acciones concretas y manejar de manera oportuna la información ambiental generada para facilitar la toma de decisiones. Por lo que el tratamiento de la información ambiental y la obtención de un número limitado de indicadores claves ayudan a los directivos a la toma de decisiones en cuanto al comportamiento ambiental empresarial. Las Tecnologías de la Información (TI) juegan un rol importante en la gestión ambiental, específicamente en la Evaluación del Desempeño Ambiental (EDA). Asimismo, las aplicaciones web para la gestión de la información y los datos ambientales contribuyen favorablemente al proceso de EDA pues permiten:

- ♦ Aumentar la accesibilidad y calidad de los datos.
- ♦ Disminuir los esfuerzos de coordinación y optimización del tiempo.
- ♦ Gestionar automáticamente los datos de diferentes reportes.
- ♦ Estructurar los datos de manera homogénea.
- ♦ Eliminar la redundancia de los datos.

En los últimos años se han desplegado a nivel mundial una serie de técnicas y frameworks que propician el desarrollo de aplicaciones web dinámicas que pueden ser utilizadas para soportar y gestionar los datos generados por el desempeño ambiental de las organizaciones.

A pesar de estos avances, en Cuba aún existen carencias con relación a la EDA como proceso de gestión interno y a la insuficiencia en el soporte informático de los volúmenes de datos asociados al desempeño ambiental empresarial.

El objetivo general del artículo es presentar el diseño de una aplicación informática que permite gestionar los indicadores ambientales, el procedimiento para seleccionar e integrar estos indicadores así como el índice global de evaluación del desempeño ambiental. Todos estos aspectos facilitan la identificación de puntos críticos y oportunidades de mejora y contribuyen a la toma de decisiones.

Cálculo del Índice Global de Desempeño Ambiental

El desempeño ambiental es considerado un concepto derivado de la gestión ambiental que se define como los resultados medibles de la gestión que hace una organización de sus actividades, productos o servicios que puede interactuar con el medio ambiente [1]. Los indicadores, por su parte, están catalogados como unas de las herramientas más importantes para la evaluación y el control continuo del desempeño ambiental de las empresas, ya que proveen una fuerte base informativa para llevar a cabo el proceso de toma de decisiones ambientales.

La información ambiental se vuelve difícil de recopilar. Sus mejores resultados se encuentran en el ámbito de las estadísticas y su consagración en los documentos y reportes oficiales [2]. Por esta razón, se recomienda el cálculo del Índice Global de Desempeño Ambiental (IGDA) (figura 1).

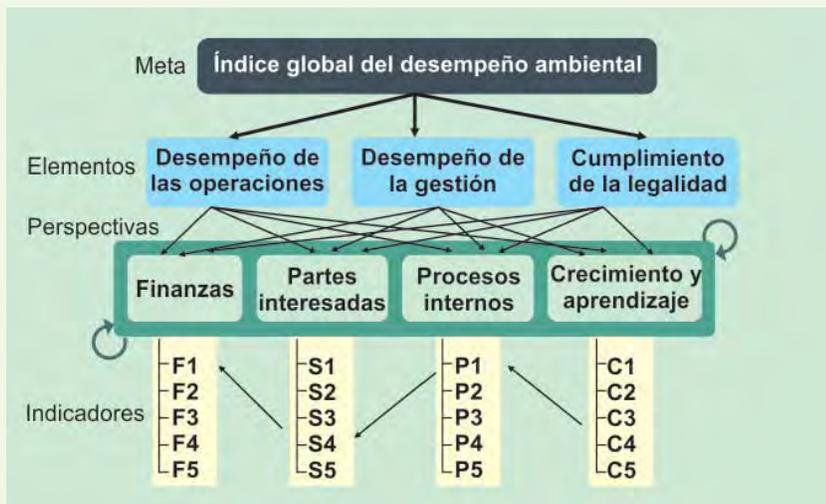


Figura 1 Estructura del IGDA (Fuente: [3]).

El IGDA sintetiza en un índice el progreso o retroceso en el desempeño ambiental empresarial, a fin de verificar de forma simple y continuada en qué medida el esfuerzo de la dirección, los instrumentos de gestión administrativos y la formación ambiental se traducen en un mejor o peor desempeño. Se basa en las tres categorías de indicadores: 1) desempeño de las operaciones, 2) desempeño de la gestión y 3) cumplimiento de la legalidad, todos distribuidos en las cuatro perspectivas del SBSC¹ — *Sustainability Balanced Scorecard*—. Para su cálculo se utiliza la fórmula 1.

¹ Derivación del Balanced Scorecard definido por Kaplan y Norton para temas de sostenibilidad.

$$IGDA = \sum_{j=1}^{j=4} \sum_{i=1}^{i=n} W_{pj} W_{ij} R_{ij} \quad (1)$$

Donde:

IGDA: Índice global de desempeño ambiental.

W_{pi}: Peso relativo de la perspectiva j.

W_{ij}: Peso relativo del indicador i en la perspectiva j.

R_{ij}: Valor normalizado del indicador i de la perspectiva j.

Para calcular el índice se determinan el peso de cada perspectiva e indicador en cada perspectiva. El establecimiento de los pesos se realiza a través de métodos multicriterio como AHP —*Analytic Hierarchy Process*— y ANP —*Analytic Network Process*— y el software Super Decisions. La normalización de los indicadores se realiza para llevar a una unidad común la gran diversidad de unidades de medidas de los indicadores seleccionados (Fórmula 2).

$$R_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max \{x_{ij}\}} & \text{"a mayor valor, mejor"} \\ 1 \text{ si } x_{ij} \geq \max \{x_{ij}\} & \text{"a mayor valor, mejor"} \\ \frac{\min \{x_{ij}\}}{x_{ij}} & \text{"a menor valor, mejor"} \\ 1 \text{ si } x_{ij} \leq \min \{x_{ij}\} & \text{"a menor valor, mejor"} \end{cases} \quad (2)$$

Donde:

R_{ij}: Valor normalizado del indicador i de la perspectiva j.

x_{ij}: Valor del indicador a normalizar: valor entre 0 y 1.

i= Número de la perspectiva: de 1 a 4.

j= Número del indicador: de 1 a n.

Se definen cuatro subíndices que coinciden con las cuatro perspectivas de agrupamiento de los indicadores, los cuales permiten ilustrar el comportamiento de estos según la perspectiva (fórmula 3):

$$I_{pj} = \sum_{i=1}^{i=n} W_{ij} R_{ij} \quad (3)$$

Donde:

I_{pj}: Índice de la perspectiva j.

W_{ij}: Peso relativo del indicador i en la perspectiva j.

R_{ij}: Valor normalizado del indicador i de la perspectiva j.

Este subíndice permite conocer los funcionamientos individuales de cada grupo de indicadores que se agrupan en las perspectivas. Para identificar los potenciales de mejora (PM) de los indicadores que más influyen en el IGDA, se propone la fórmula 4.

$$PM_{ij} = W_{pj} * W_{ij} * (1 - R_{ij}) \quad (4)$$

Donde:

W_{pi}: El peso relativo de la perspectiva j.

W_{ij}: El peso relativo del indicador i en la perspectiva j.

R_{ij}: Valor normalizado del indicador i de la perspectiva j.

Propuesta de aplicación para evaluar el desempeño ambiental

Basado en el análisis del IGDA propuesto para evaluar el desempeño ambiental, se definieron las tecnologías, la arquitectura y la base de datos que dan soporte a la aplicación web Sistema de Evaluación del Desempeño Ambiental (SiEDA). Su objetivo principal es soportar el proceso de evaluación del desempeño ambiental y facilitar la identificación de puntos críticos y oportunidades de mejoras.

conjunto de componentes para incluir dentro de una aplicación web como cuadros y áreas de texto, campos para fechas, campos numéricos, combos, editor HTML, barra de herramientas, menús al estilo de Windows y paneles divisibles en secciones.

- ♦ XAMPP: se empleó como servidor independiente de plataforma. Consiste, principalmente, en la base de datos MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script PHP y Perl. El programa está liberado bajo la licencia GNU y actúa como un servidor web libre, fácil de usar y capaz de interpretar páginas dinámicas.

- ♦ BIRT: es un proyecto de software de código abierto que proporciona capacidades de creación de informes y de inteligencia de negocio para aplicaciones web. BIRT también incluye un motor de gráficos que está integrado en el diseñador de informes y, además, puede ser usado por separado para incluir gráficos en una aplicación.

Arquitectura propuesta

La arquitectura que se propuso para la aplicación SiEDA se representa en la figura 3.

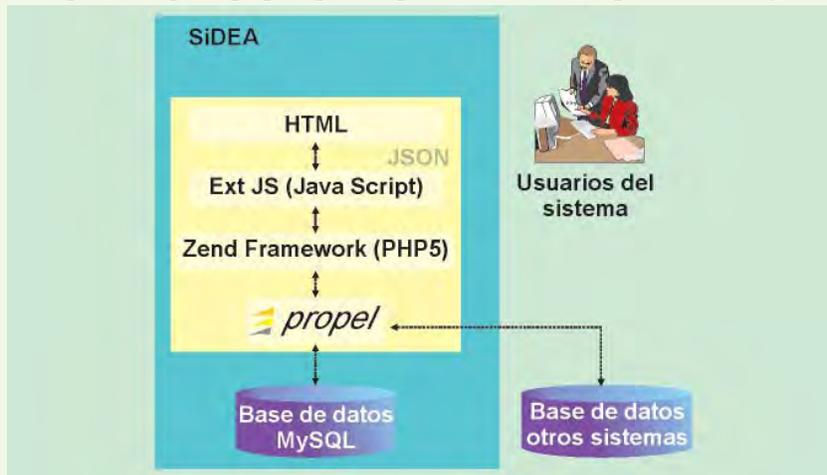


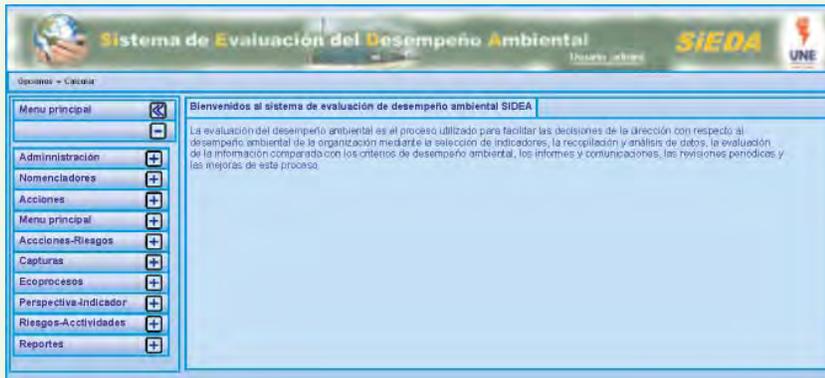
Figura 3 Arquitectura de SiEDA (Fuente: [3]).

Diseño de la interfaz

Para el diseño de la interfaz se tuvo en cuenta una serie de aspectos para facilitar la interacción con el usuario. El menú principal se encuentra a la izquierda de la aplicación y cuenta con los elementos siguientes (figura 4):

- ♦ Administración: permite gestionar los usuarios, los cargos y los roles de la aplicación.
- ♦ Nomencladores: en este menú se incluye la definición de los indicadores, rangos (metas) y clasificaciones de los indicadores, perspectivas, actividades, eco balances, impactos, objetivos estratégicos, procesos y riesgos ambientales.
- ♦ Acciones: define las acciones para el mejoramiento del desempeño ambiental de la organización.
- ♦ Acciones-riesgos: propone las acciones para minimizar los riesgos ambientales.
- ♦ Capturas: posibilita la captura de registros de los indicadores previamente definidos.
- ♦ Perspectiva-Indicador: viabiliza la asignación de indicadores a una perspectiva con su peso relativo dentro de la misma.
- ♦ Eco-procesos: relaciona los elementos de eco balances con el proceso al que está asociado.

- ♦ Riesgos-actividades: permite asignar los riesgos identificados a las diferentes actividades de la organización.
- ♦ Reportes: visualiza los reportes definidos en la aplicación.



◀ Figura 4 Interfaz principal de la aplicación SIEDA (Fuente: [3]).

Resultados obtenidos

Para realizar la evaluación del desempeño ambiental se escogió el sector energético pues ha sido una prioridad del gobierno cubano desde el mismo triunfo de la Revolución, incrementando la generación de 56 % a 94,2 % en el período comprendido entre 1959 y 1989. En la década del 90 ocurrió un deterioro del estado técnico de las centrales eléctricas (CE) debido a la disminución de los mantenimientos y las inversiones. En el año 2004, la situación energética en Cuba se torna crítica por la combinación de varios factores. Bajo estas condiciones, la Generación Distribuida (GD) resultó ser la solución para resolver la difícil situación energética creada [4]. La GD es una fuente de energía eléctrica conectada directamente a la red de distribución o al metro-contador del cliente [5].

La introducción de la GD ha generado beneficios como el aumento de la eficiencia energética, la descentralización de la generación, la disminución de pérdidas en la transmisión y de emisiones gaseosas. Sin embargo, las centrales eléctricas provocan una serie de impactos negativos sobre el medio ambiente, a mencionar los niveles altos de ruido, las emisiones de gases de efecto invernadero y de desechos líquidos. Por esta razón, se seleccionaron cuatro centrales de la GD —dos de fuel y dos de diesel— pertenecientes a la provincia Villa Clara como caso de estudio asociado a la evaluación del desempeño ambiental. En la implementación del procedimiento se definieron y recopilaron los indicadores ambientales de las mismas y se calculó el IGDA. Se estableció un total de 18 indicadores para cada central eléctrica, los cuales fueron introducidos en la aplicación con sus respectivos atributos (Figura 5).



◀ Figura 5 Definición de los indicadores ambientales (Fuente: [3]).

Otros elementos importantes que se consideraron fueron los rangos o metas de los indicadores (Figura 6 a), las perspectivas del SBSC (Figura 6 b), la asignación de los indicadores definidos a las perspectivas (Figura 6 c) y la introducción de los registros de cada indicador (Figura 6 d).

a)

Valor óptimo	Tendencia	Nombre indicador
1 95	Positiva	Conocimiento de los asuntos
2 0,35	Negativa	Consumo de agua por KW
3 208	Negativa	Consumo específico
4 70	Negativa	Gasto de generación M
5 17500	Negativa	Costos ambientales por

b)

Nombre	Descripción	Peso
1 Crecimiento y aprendizaje	Dirige la atención	0,21
2 Finanzas	Contabiliza y mi	0,24
3 Partes Interesadas	Se enfoca a las	0,29
4 Procesos Internos	Presta atención	0,26

c)

Peso	Indicador	Perspectiva
1 0,14	Número de empleados que t	Crecimiento y Aprendizaje
2 0,07	Mejoras ambientales	Crecimiento y Aprendizaje
3 0,07	Inversiones ambientales	Finanzas
4 0,21	Costos ambientales por car	Finanzas
5 0,01	Costos de generación del M/	Finanzas

d)

Valor de captura	Indicador	Fecha
1 87,5	Costo de generación del MW	15/02/2012
2 83	Conocimientos de los asuntos a	10/01/2012
3 0,39	Consumo de agua por KW	10/01/2012
4 21875	Costos ambientales por carac	10/01/2012
5 89,5	cumplimiento de la regulacio	10/01/2012

Figura 6 Elementos a introducir en la aplicación SIEDA (Fuente: [3]).

El sistema cuenta con un buen tratamiento de errores pues evita la entrada equívoca de datos. Al detectar un error se muestra un mensaje con un símbolo rojo y un texto conciso que permite al usuario identificar el error que ha cometido. En la figura 7 se pueden apreciar algunos ejemplos.

a)

Error

Debe corregir los pesos de las perspectiva, la suma de todos es estrictamente igual a 1

Aceptar

b)

Error

Los pesos de indicadores en las perspectivas están incorrectos

Aceptar

c)

Información

Operación satisfactoria

Aceptar

Figura 7 Tratamiento de errores en SIEDA (Fuente: [3]).

En la generación de reportes se concibieron varios tipos de gráficos que visualizan el comportamiento de los diferentes indicadores, índices y potenciales de mejoras. Algunos de los gráficos aparecen en la figura 8: en a) se muestran los subíndices ambientales por perspectiva, b) visualiza los indicadores de la perspectiva de las partes interesadas que tienen definidos sus niveles de comportamiento, mientras que en c) se exponen los potenciales de mejoras de los indicadores definidos que componen el IGDA y, por último, d) ofrece el resultado del IGDA.

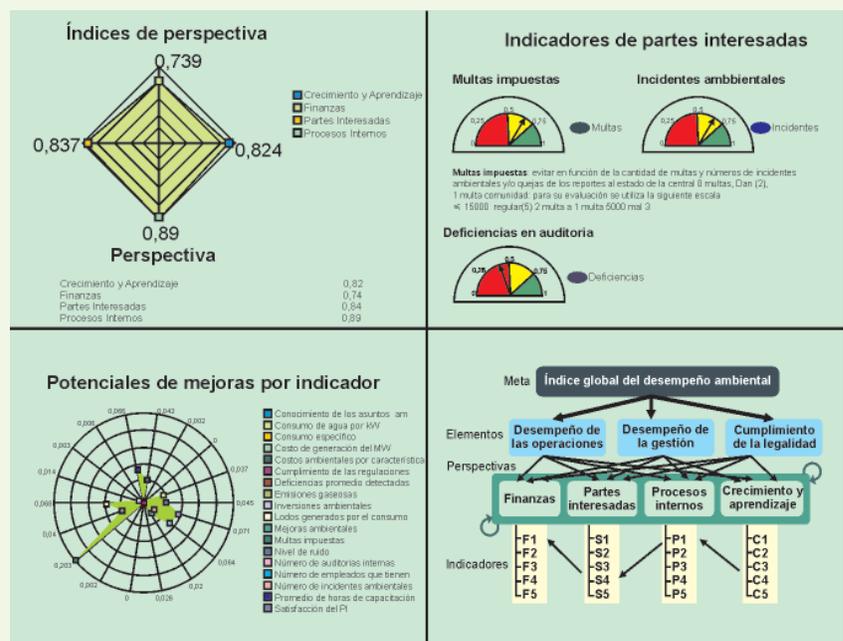


Figura 8 Reportes de la aplicación SIEDA (Fuente: [3]).

Se calcularon los IGDA en las cuatro centrales eléctricas, aunque vale destacar que la aplicación se probó con los datos de la central de Sagua arrojando los resultados esperados (Figura 9).

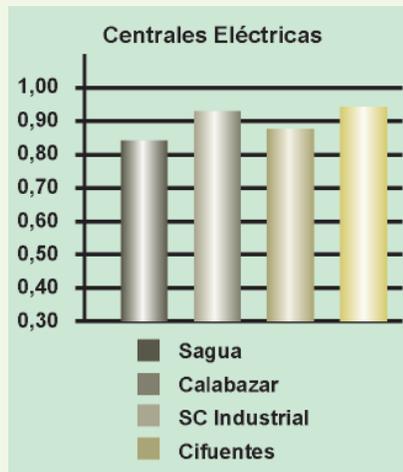


Figura 9 IGDA de las cuatro CE (Fuente: [3]).

En estos momentos se está trabajando para lograr la total implementación de la aplicación informática SiEDA en el Departamento de calidad y medio ambiente de la empresa eléctrica de Villa Clara. Se ha trazado como objetivo la generalización paulatina en los diferentes emplazamientos, permitiendo la introducción de la información asociada al desempeño ambiental de las CE. Actualmente, existe gran interés de hacer extensiva la aplicación dentro de la UNE.

Conclusiones

La integración de varias tecnologías informáticas para el diseño de la aplicación SiEDA demostró el papel que pueden jugar las tecnologías de la información en la evaluación del

desempeño ambiental y en el tratamiento de la información asociada a este proceso en las organizaciones.

El IGDA propuesto se destaca por su poder de síntesis y comparabilidad de los esfuerzos empresariales con relación al desempeño ambiental. Los indicadores que lo conforman están distribuidos sobre las cuatro perspectivas del SBSC lo que contribuye a determinar el desempeño en áreas importantes dentro de la organización.

En el caso de las CE, SiEDA reduce el esfuerzo requerido para realizar la evaluación del desempeño ambiental en este tipo de instalaciones y, al mismo tiempo, permite obtener los resultados del IGDA, los potenciales de mejora de los diferentes indicadores, incluyendo el tratamiento gráfico de la información.

La aplicación, desarrollada para dar soporte a parte del procedimiento, provee un valioso instrumento para apoyar el almacenamiento, la recuperación e integración de los indicadores ambientales, facilitando el cálculo y la representación gráfica del indicador global de desempeño ambiental. De este modo, queda resuelto el problema de la carencia de herramientas informáticas como soporte para la evaluación del desempeño ambiental. ▀

Referencias bibliográficas

- [1] NC-ISO 14031: Gestión Ambiental, Evaluación del Desempeño Ambiental: Directrices. Oficina Nacional de Normalización, La Habana (2005).
- [2] Saborit, I., Legañoa, G.: Estrategia Ambiental Nacional de Cuba: Estadísticas e Indicadores Ambientales. In: V Congreso de Gestión Ambiental en el marco de la VIII Con-

ferencia Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo, La Habana, pp.372-391 (2011).

[3] Medel-González, F.: Procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental. Aplicación en centrales eléctricas de la UEB de Generación Distribuida de Villa Clara. Tesis de Maestría, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara (2012).

[4] Medel-González, M., Casas-Fernández, L.: Reconfiguración de la red de 33 Kv para pérdidas mínimas con generación distribuida en Villa Clara. Ingeniería Energética 29(1), 62-67 (2008).

[5] Ackermann, T., Andersson, G., Söder, L.: Distributed generation: a definition. Electric Power Systems Research 57, 195-204 (2001).