



## **Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa** *Diagnosis of the Capacity of Energy Management of the Company*

Jorge Félix Prado-Díaz <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5280-0104>

Yaniris Pérez-Lobaina <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0471-2553>

Yuniel Bolaño-Rodríguez <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-1079-5321>

Adiris González-Cañedo <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7391-9873>

1 Acinox Comercial. La Habana, Cuba

2 Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba

\* Autor para la correspondencia: [ybolanor@ind.cujae.edu.cu](mailto:ybolanor@ind.cujae.edu.cu)

### **RESUMEN**

En este trabajo, se realizó el diseño y aplicación de un procedimiento para el diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética en la Empresa. Se describe el procedimiento a partir de 7 pasos que van desde la concepción teórica de 6 variables y 21 elementos de capacidad de gestión energética de la empresa, la modelación matemática basada en lógica difusa compensatoria, el diseño de la lista de chequeo hasta la aplicación y la valoración de los resultados. La aplicación y valoración de los resultados en las empresas ACINOX Comercial y DIVEP permitió obtener la evaluación de la capacidad de gestión energética. Se analizan las variables y se identificando los elementos de menor desempeño: proyección de las acciones de ahorro de energía, utilización y/o generación de energías limpias, planificación energética.

**Palabras clave:** gestión energética; capacidad de gestión energética de la empresa; eficiencia energética.

### **ABSTRACT:**

*This work, it was carried out with the design and application of a procedure for the diagnosis of energy management in the Company. The procedure is described starting from 7 steps that go from the theoretical conception of 6 variables and 21 elements of the capacity of energy management in the company; the description of the mathematical model based on compensatory diffuse logic, the design of the*

*checkup list until the application and the valuation of the results. The application and valuation of the results in the company's **Acinox Commercial** and **DIVEP** allowed obtaining the evaluation of the energy management capabilities. The variables are analyzed to identify the elements with the lowest performance: projection of actions of energy saving, use and/or generation of clean energy, and energy planning.*

**Keywords:** *energy management; capacity of energy management in the company; energy efficiency.*

**Recibido:** 10/02/2023

**Aprobado:** 3/04/2023

## **Introducción**

En la actualidad para cualquier organización empresarial, contar con un Sistema de Gestión Energética (SGEn) constituye una fortaleza; debido a que los gastos asociados al uso de la energía representan una parte importante de los costos operativos y la reducción de los mismos contribuye de forma importante a un mejor desempeño y competitividad [1]. Los SGEn han demostrado su éxito como una metodología para mejorar el desempeño energético de las empresas, independientemente de su tamaño o actividad [2; 3]. Las empresas hoy día requieren del fortalecimiento de la gestión energética en busca de una mejor eficiencia en la utilización de los portadores energéticos y a su vez la disminución del impacto ambiental al utilizarse energías limpias o renovables. Por tales razones, es vital la mejora continua de la gestión energética en la empresa a partir de establecer una política energética, los objetivos energéticos y los procesos y procedimientos necesarios para lograr esos objetivos [4; 5].

El consumo de energía en los últimos años ha sido un fenómeno creciente. Los problemas energéticos actuales se deben principalmente a los efectos que causan sobre el medio ambiente los diferentes tipos de energía que se utilizan. Las desventajas fundamentales de la explotación de combustibles fósiles y su impacto negativo al medio ambiente han suscitado un creciente interés en estos temas a escala mundial [1].

La efectividad de la gestión energética depende en gran medida del compromiso y disponibilidad de todos los actores involucrados en la organización para gestionar el uso y el costo de la energía, además de realizar los cambios que sean necesarios para facilitar estas mejoras y la reducción en los costos [6]. En la práctica internacional de la gestión energética en las empresas, se reconoce la utilización de la norma ISO 50001: 2018 "Sistemas de gestión de la energía – requisitos con orientación para su uso", que ha sido reconocida también por la normativa cubana [7].

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa

En este sentido, el sector empresarial cubano, llamado a desempeñar un papel determinante en el despegue económico del país, tendrá como prioridad gestionar una política energética, cuyo objetivo se centre en la seguridad de suministro energético y su empleo, en condiciones de competitividad y sostenibilidad. Se debe priorizar el ahorro y la atención especial a la eficiencia energética, la planificación y control del uso de los portadores energéticos a través de la medición y calidad de los indicadores de eficiencia e índices de consumo establecidos [8].

La industria sidero mecánica es un sector de la economía alto consumidor de la energía y los portadores energéticos, donde es esencial la realización de estudios pertinentes. En este sentido este trabajo se aplica en la Empresa Acinox Comercial perteneciente al Grupo Empresarial de la Sidero-mecánica, donde se han identificados como insuficiencias:

- Débil cultura en la empresa sobre la gestión de la energía.
- Usos significativos de energías, no justificados.
- Las acciones de controles operacionales y el flujo informativo al respecto, es aún insuficiente.
- El seguimiento, la medición, el análisis y la evaluación del desempeño energético, no se ha logrado ejecutar con un enfoque sistémico.
- Insuficiencias en la preparación de los directivos y el especialista designado, para atender el SGE en las Unidades Empresariales de Base (UEB); que se manifiesta fundamentalmente, en la planificación, uso, análisis y control, de los indicadores directivos del SGE, así como, en el conocimiento de los documentos rectores.

Por lo anterior, el presente trabajo se propone realizar el diseño y aplicación de un procedimiento para el diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética en la Empresa. A partir de: la consulta bibliográfica, la aplicación de métodos teóricos y empíricos, la estructuración de variables y elementos, así como la elaboración de una lista de chequeo que permita evaluar los comportamientos de la empresa respecto a la gestión energética.

## Métodos

Se realizó un análisis y síntesis para determinar las bases teóricas para el desarrollo de la capacidad de gestión energética de la empresa. Luego se determinó el procedimiento para el diagnóstico de la capacidad de gestión energética de la empresa.

### **Bases teóricas para el desarrollo de la capacidad de gestión energética de la empresa**

La energía es uno de los recursos más importantes y versátiles con los que cuenta nuestra sociedad, por lo que la gestión energética se ha convertido en una materia obligatoria para todas las empresas que explotan este elemento. En la actualidad, la sociedad está cada vez más involucrada con todo lo que tiene que ver con el medio ambiente y posee una conciencia ecológica más fuerte que nunca. En este sentido, la energía tiene también un papel protagonista y el cómo se adquiere y utiliza por ello es crucial en muchos sentidos [1].

Se entiende por energía la electricidad, el combustible, el vapor, el calor, el aire comprimido y otros medios similares. Para una empresa la energía son los diferentes tipos de energía, que se puede comprar, almacenar, tratar, utilizar en un equipo o en un proceso, o recuperar, incluyendo la renovable [9].

La gestión energética en la empresa constituye un elemento esencial en la gestión de las operaciones, ya que sin lugar a dudas la energía eléctrica constituye un suministro importante en los procesos de producción de bienes y servicios. Cada vez más, los directivos de las empresas están considerando la gestión energética como un componente esencial en la toma de decisiones estratégicas debido a su impacto en la eficiencia y la competitividad [9].

El sistema de gestión energética es la parte del sistema de gestión de una organización dedicado a desarrollar e implementar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía [2]. A través del sistema de gestión energética, una empresa puede detectar dónde o en qué proceso se está consumiendo este recurso y de qué forma, además de ofrecer información acerca de cuál es el costo energético de cada proceso [3; 5].

Un Sistema de Gestión Energética (SGEn) es el conjunto de elementos de una organización, interrelacionados o que interactúan, para establecer una política y unos objetivos energéticos y para alcanzar dichos objetivos. La gestión energética consiste en la optimización, en el uso de la energía buscando un uso racional y eficiente, sin disminuir el nivel de prestaciones.

La implementación de un SGEn no debe entenderse como un objetivo por sí mismo, sino que el objetivo es la mejora del desempeño energético. El desempeño energético son los resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de la energía. El desempeño energético es un componente del desempeño del sistema de gestión de la energía [7].

La efectividad de un SGEn dependerá en gran medida del compromiso y disponibilidad de todos los actores involucrados en la organización para gestionar el uso y el costo de la energía, además de la proyección de cambios que sean necesarios para facilitar las mejoras y la reducción en los costos.

La política energética es el fundamento para el desarrollo del (SGEn) de la organización a través de todas las fases de planificación. La política energética puede ser un enunciado que los miembros de la organización puedan fácilmente comprender y aplicar en sus actividades laborales [7]. La planificación debe ser consistente con la política energética y debe conducir a las acciones que dan como resultado la mejora continua en el desempeño energético a través de la implementación, operación, evaluación del desempeño y mejora.

En el desarrollo de un SGEn en la empresa es necesario la revisión energética, entendiendo esta como: el análisis de la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía, con base en los datos y otra información, orientada a la identificación de los usos significativos de la energía y de las oportunidades de mejora del desempeño energético.

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar la calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan a la competitividad de las empresas [8; 10].

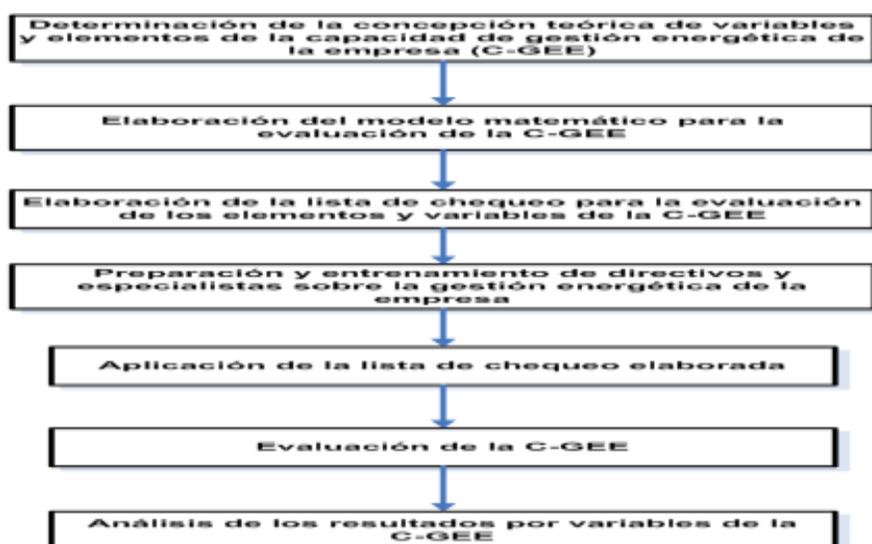
La intensidad energética es la cantidad de energía que la empresa utiliza para generar una unidad de producción. La intensidad energética incide directamente en la eficiencia y competitividad de las empresas. En la determinación de la cantidad de energía que consume una empresa es necesaria la determinación del consumo de los portadores energéticos [11].

Los portadores energéticos son los recursos utilizados para la obtención de energía que pueden ser naturales o resultantes de una transformación. Entre los resultantes de un proceso de transformación se encuentran la electricidad, toda la amplia gama de derivados del petróleo, el carbón vegetal, el alcohol desnaturalizado y el gas manufacturado (o gas de ciudad).

El modelo de gestión energética basado en la norma ISO 50001: 2018 "Sistemas de gestión de la energía – requisitos con orientación para su uso" está basado en la estructura de mejora continua que se ha ido utilizando en otras normas de gestión: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización [5].

### Procedimiento para el diagnóstico de la capacidad de gestión energética de la empresa

Para poder realizar un diagnóstico de la capacidad de gestión energética de la empresa se ha diseñado un procedimiento que consta de siete pasos como se puede observar en la figura 1. Dicho procedimiento se orienta a la concepción, evaluación y análisis de la capacidad de gestión energética de la empresa.



**Fig. 1** - Procedimiento para el diagnóstico de la capacidad de gestión energética de la empresa.

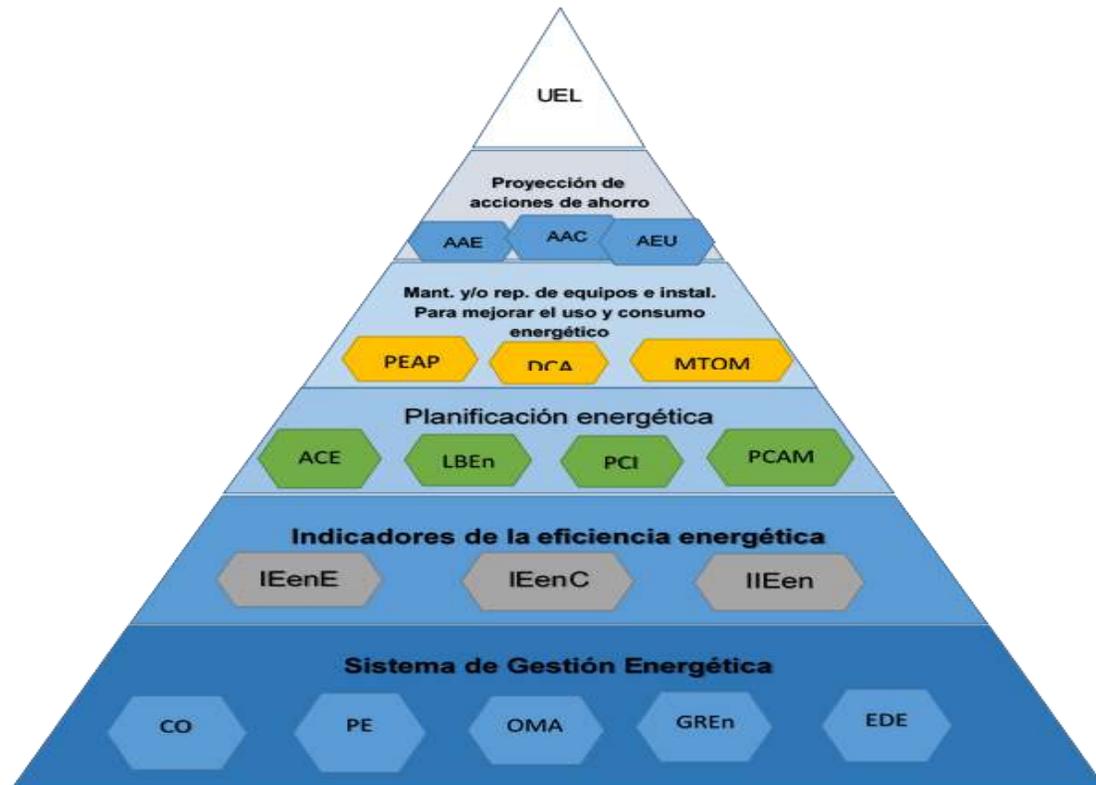
En el paso 1 se realiza la concepción teórica de variables y elementos a considerar en el diagnóstico de la capacidad de gestión energética de la empresa. A partir del estudio de las bases teóricas metodológicas sobre los componentes esenciales de la gestión energética de la empresa, se han identificado 6 variables y 21 elementos como se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1** - Variables y elementos que determinan la capacidad de gestión energética de la empresa.

<b>Variables de la capacidad de gestión de recursos humanos</b>	<b>Elementos</b>
1. Sistema de gestión energética	1.1 Contexto de la organización para la gestión energética (CO).
	1.2 Política energética con liderazgo (PE).
	1.3 Proyección de objetivos, metas y acciones de la gestión energética (OMA).
	1.4 Gestión de los riesgos de la energía (GREn).
	1.5 Evaluación del desempeño energético (EDE).
2. Indicadores de la eficiencia energética	2.1 Indicadores de eficiencia en el consumo de energía eléctrica (IEnE).
	2.2 Indicadores de la eficiencia en el consumo de combustibles (IEnC).
	2.3 Indicadores integrales de la eficiencia energética (IIEEn).
3. Planificación energética (electricidad, combustibles y otros medios)	3.1 Análisis de las cargas energéticas de los equipos, instalaciones, procesos y actividades (ACE).
	3.2 Establecimiento de la línea de base energética para los indicadores de la eficiencia energética (LBEEn).
	3.3 Plan de consumo individual de equipos, instalaciones, procesos o actividades (PCI).
	3.4 Plan de consumo anual y mensual de la electricidad, combustibles y lubricantes (PCAM).
4. Mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones para mejorar el uso y consumo energético	4.1 Parámetros eléctricos y el análisis de las perturbaciones (PEAP).
	4.2 Diagnóstico de consumo y de anomalías en instalaciones y procesos (DCA).
	4.3 Métodos, técnicas y organización de cada tipo de mantenimiento a ejecutar (MTOM).
5. Proyección de acciones de ahorro de energía	5.1 Proyección de acciones generales para el ahorro de energía eléctrica (AAEE).
	5.2 Proyección de acciones generales para el ahorro de combustible (AAC).
	5.3 Proyección de acciones específicas en las diferentes unidades y áreas organizativas para el ahorro de la energía (AEUAE).
6. Utilización y/o generación de energías limpias (UEL)	6.1 Estudio de las posibilidades de utilización y/o generalización de energías limpias (EPU).
	6.2 Energías limpias o de nueva generación (UEL).
	6.3 Generación de energías limpias acorde a las posibilidades de la empresa (GEL).

Estas variables y elementos se han estructurado en forma piramidal (ver figura 2) donde cada variable coincide con un nivel de la pirámide, constituyendo la variable sistema de gestión energética la base de la pirámide y la variable utilización de energías limpias (UEL) la cúspide.

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa



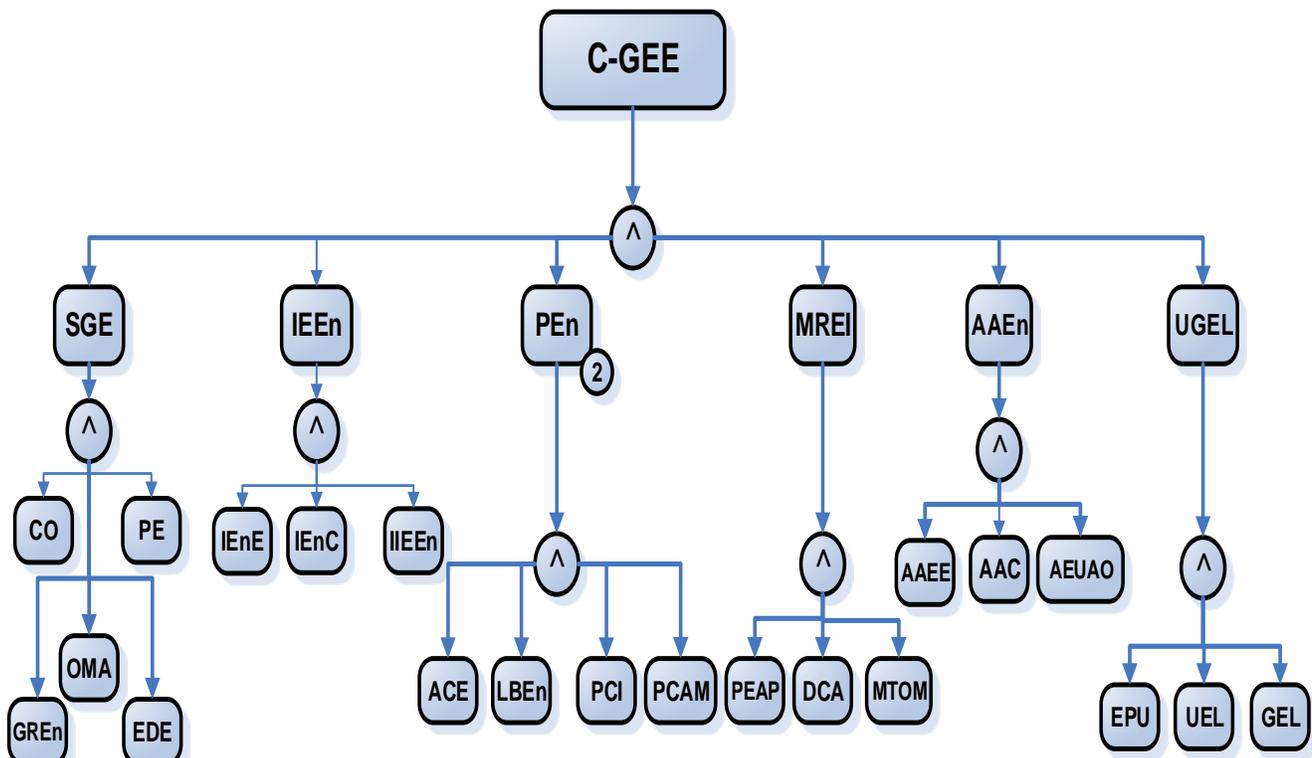
**Fig. 2** - Concepción teórica piramidal en 6 niveles de la capacidad de gestión energética de la empresa.

En el segundo paso, se realiza la elaboración del modelo matemático para la evaluación de la capacidad de gestión energética de la empresa basado en la lógica difusa compensatoria, como se muestra en la tabla 2 y en la figura 3 se expone el árbol lógico de predicados. Al ser la capacidad de gestión energética de la empresa (C-GEE) un término que engloba muchos elementos, conocimientos, comportamientos prácticos que no se observan de forma explícita y que normalmente se evalúan a través de expertos; justifica la utilización de la modelación matemática basada en lógica difusa compensatoria. Esto se realiza con ayuda de formulaciones verbales o conceptuales que representan predicados simples y compuestos que se integran en un predicado compuesto final (ver tabla 2 y figura 3).

**Tabla 2** - Modelación matemática de la C-GEE basado en Lógica Difusa Compensatoria.

<b>Formulaciones verbales de los predicados / Ecuación matemática</b>
<p>Una empresa X logra un buen desarrollo de la Capacidad de Gestión Energética (C-GEE) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene implementado un sistema de gestión energético (SGE).</li> <li>• Gestiona con indicadores de la eficiencia energética (IEEn).</li> <li>• Es <b>muy fuerte</b> la planificación energética (PEn).</li> <li>• Es adecuado el mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones para mejorar el uso y consumo energético (MREI).</li> <li>• Es efectiva la proyección de acciones de ahorro de energía (AAEn).</li> <li>• Es adecuado la utilización y/o generación de energías limpias (UGEnL).</li> </ul> $CGEE(x) = SGE(x) \wedge IEEn(x) \wedge Pen^2(x) \wedge MREI(x) \wedge AAEn(x) \wedge UGEnL(x)$
<p>Una empresa X tiene implementado un sistema de gestión energético (SGE) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene bien establecido el contexto de la organización para la gestión energética (CO).</li> <li>• Desarrolla una política energética con liderazgo (PE).</li> <li>• Tiene una buena proyección de objetivos, metas y acciones de la gestión energética (OMA).</li> <li>• Gestiona de forma efectiva los riesgos de la energía (GREN).</li> <li>• Logra una buena evaluación del desempeño energético (EDE).</li> </ul> $SGE(x) = CO(x) \wedge PE(x) \wedge OMA(x) \wedge GREN(x) \wedge EDE(x)$
<p>Una empresa X gestiona con indicadores de la eficiencia energética (IEEn) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se tienen bien establecidos los indicadores de la eficiencia en el consumo de energía eléctrica (IEnE).</li> <li>• Se tienen bien establecidos los indicadores de la eficiencia en el consumo de combustibles (IEnC).</li> <li>• Se tienen bien establecidos los indicadores integrales de la eficiencia energética (IIEEn).</li> </ul> $IEEn(x) \wedge IEnE(x) \wedge IEnC(x) \wedge IIEEn(x)$
<p>Una empresa X tiene una muy fuerte planificación energética (PEn) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza un buen análisis de las cargas energéticas de los equipos, instalaciones, procesos y actividades (ACE)</li> <li>• Se logra un adecuado establecimiento de la línea de base energética para los indicadores de la eficiencia energética (LBen)</li> <li>• Se logra establecer de forma efectiva el plan de consumo individual de equipos, instalaciones, procesos o actividades (PCI)</li> <li>• Se logra de forma efectiva el plan de consumo anual y mensual de la electricidad, combustibles y lubricantes (PCAM)</li> </ul> $PEn(x) = ACE(x) \wedge LBen(x) \wedge PCI(x) \wedge PCAM(x)$
<p>Una empresa X logra un adecuado mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones para mejorar el uso y consumo energético (MREI) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene bien en cuenta los parámetros eléctricos y el análisis de las perturbaciones (PEAP).</li> <li>• Realiza un buen diagnóstico de consumo y de anomalías en instalaciones y procesos (DCA).</li> <li>• Aplica de forma efectiva los métodos, técnicas y organización de cada tipo de mantenimiento a ejecutar (MTOM).</li> </ul> $MREI(x) = PEAP(x) \wedge DCA(x) \wedge MTOM(x)$
<p>Una empresa X logra de forma efectiva la proyección de acciones de ahorro de energía (AAEn) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Logra una adecuada proyección de acciones generales para el ahorro de energía eléctrica (AAEE)</li> <li>• Logra una adecuada proyección de acciones generales para el ahorro de combustible (AAC)</li> <li>• Logra una adecuada proyección de acciones específicas en las diferentes unidades y áreas organizativas para el ahorro de la energía (electricidad, combustible, etc.) (AEUAE).</li> </ul> $AAEn(x) \wedge AAC(x) \wedge AEUAE(x)$
<p>Una empresa X logra de forma efectiva la utilización y/o generación de energías limpias (UGEnL) si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ha realizado un estudio de las posibilidades de utilización y/o generalización de energías limpias (EPU).</li> <li>• Utiliza de forma efectiva energías limpias o de nueva generación (UEL).</li> <li>• Desarrolla la generación de energías limpias acorde a las posibilidades de la empresa (GEL).</li> </ul> $UGEnL(x) \wedge EPU(x) \wedge UEL(x) \wedge GEL(x)$

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa



**Fig. 3-** Árbol lógico de predicados de la modelación matemática de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa.

En el paso 3 se elabora una lista de chequeo para la evaluación de los elementos y variables de la C-GEE. En esta lista de chequeo los elementos (que constituyen los predicados simples de la modelación matemática de la C-GEE) se evalúan en una escala de 1 a 5 puntos donde: 1 significa que está MUY MAL la aplicación del elemento, 2 significa que está MAL la aplicación del elemento, 3 significa que está REGULAR la aplicación del elemento, 4 que está BIEN la aplicación del elemento y 5 que es EXCELENTE la aplicación del elemento.

En la lista se ha definido una redacción de las buenas prácticas de cada elemento, así como los problemas. Si los comportamientos de un elemento en la empresa corresponden con las buenas prácticas entonces su puntuación puede estar entre 4 o 5 puntos. Si por el contrario su comportamiento corresponde con los problemas entonces la puntuación puede estar entre 1 o 2 puntos, dejando la puntuación 3 como rango intermedio entre las buenas prácticas y los problemas. Se muestra en la tabla 3, a manera de ejemplo una parte de la lista de chequeo.

**Tabla 3** - Ejemplo de una parte de la lista de chequeo

Variables	Elementos	Buenas Prácticas	Calificación					Problemas
			5	4	3	2	1	
Sistema de gestión energética (SGE)	Contexto de la organización para la gestión energética (CO).	En la empresa se tiene bien establecido a un alto nivel el contexto de la organización para la gestión energética. Se determinan las cuestiones externas e internas que son pertinentes en el sistema de gestión energético. Se logra a un alto nivel la comprensión de las necesidades, las expectativas y los requisitos relevantes de las partes interesadas, así como la organización las abordan mediante su sistema de gestión energético. Se logra un alto nivel de acceso a los requisitos legales aplicables y a otros requisitos relacionados con el uso de la energía y la eficiencia en el consumo de la energía.						Existen problemas en el establecimiento del contexto de la organización para la gestión energética. No se tienen en cuenta las cuestiones externas e internas que son pertinentes en el sistema de gestión energético. Bajo nivel de comprensión de las necesidades, las expectativas y los requisitos relevantes de las partes interesadas en la gestión energética desarrollada por la organización. Existe un bajo nivel de acceso a los requisitos legales aplicables y a otros requisitos relacionados con el uso de la energía y la eficiencia en el consumo de la energía.
	Política energética con liderazgo (PE).	Se desarrolla en la empresa una política energética con alto nivel de liderazgo y compromiso con respecto a la mejora continua del desempeño energético y la eficacia del sistema de gestión energético. Se ha establecido a un alto nivel el alcance y los límites del sistema de gestión energético. Se logra a un alto nivel la incorporación de las informaciones del sistema de gestión energético para la toma de decisiones en la empresa. Se asegura a un alto nivel los recursos necesarios, la comunicación de la importancia de la gestión de la energía, la conformación de un equipo de trabajo para la gestión de la energía, así como la preparación de directivos y trabajadores.						No se cuenta con una política energética en la empresa o está muy poco desarrollada con bajo nivel de liderazgo y compromiso con respecto a la mejora continua del desempeño energético. Es muy bajo el nivel de incorporación de las informaciones relativas a la gestión energética para la toma de decisiones en la empresa. Es muy bajo el nivel de aseguramiento de los recursos necesarios, la comunicación de la importancia de la gestión de la energía. Existen problemas en la conformación de un equipo de trabajo para la gestión de la energía así como problemas en la preparación de directivos y trabajadores en este tema.

En el paso 4 se realiza la preparación y entrenamiento a los directivos y especialistas en las empresas donde se realice el diagnóstico. En esta preparación se incluye el contenido de las 6 variables y 21 elementos de la C-GEE, la modelación matemática y la lista de chequeo. Es muy importante esta preparación para aclarar conceptos, términos y dudas que puedan surgir a los equipos directivos y especialistas. Esto garantiza la menor variabilidad de las respuestas y debe contribuir a garantizar la concordancia entre los expertos.

En el paso 5 se aplica la lista de chequeo de la C-GEE y se valoran estadísticamente los datos a partir de evaluar la concordancia de los expertos y la fiabilidad del instrumento.

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa

En el paso 6 se realiza la evaluación de la C-GEE a partir del modelo matemático basado en lógica difusa compensatoria elaborado en el paso 2 del procedimiento. Con los resultados de los pasos 5 y 6, se realiza en el paso 7 el análisis de los resultados.

### Resultados

Como resultado del establecimiento del modelo matemático para la evaluación de la capacidad de gestión energética de la empresa (C-GEE), se obtuvo una herramienta de cálculo que permite a través de introducir los valores de la aplicación de la lista de chequeo, la determinación del valor de verdad de la C-GEE. Esta herramienta, tiene incluida toda la modelación matemática y además, permite a través de una función de pertenencia llevar los datos de entrada a valores en la escala de verdad. Se decide realizar el diagnóstico en ACINOC Comercial y en DIVEP que son dos empresas del Grupo Empresarial de la Sideromecánica. En cada una de estas empresas se realizaron acciones de capacitación y entrenamiento de directivos y especialistas, para garantizar el buen entendimiento de los conocimientos asociados a la lista de chequeo y el instrumento para evaluar la C-GEE. Esto permitió lograr la concordancia entre los expertos (directivos y especialistas) y una alta fiabilidad del instrumento. El análisis de la concordancia entre los expertos y el análisis de fiabilidad se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4** - Resultados del análisis de concordancia entre los expertos y el análisis de fiabilidad.

Empresas	Análisis de concordancia entre los expertos				Análisis de fiabilidad
	Coef	Chi - cuadrada	GL	Pvalue	Alfa de Cronbach
Acinox Comercial	0,460317	64,4444	20	0,0000 < 0,05	0,8285 > 0,7
DIVEP	0,553604	75,5045	20	0,0000 < 0,05	0,8926 > 0,7

A partir de los resultados de la aplicación de la lista de chequeo (en ambas empresas), la modelación matemática basada en lógica difusa compensatoria (explicada en el paso 2 del procedimiento) y la herramienta de cálculo. Se determinó el valor de verdad de la C-GEE de Acinox Comercial y DIVEP como se muestra en las tablas 5 y 6.

**Tabla 5** - resultados de la evaluación de la C-GEE en Acinox Comercial.

Elementos	Valor según resultados de la lista de chequeo	Valor de verdad	Variables	Valor de verdad	Valor de verdad de la CGE
1.1 (CO).	3,14	0,55	<b>Sistema de gestión energético (SGE)</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>
1.2 (PE).	2,86	0,45			
1.3 (OMA).	3,29	0,60			
1.4 (GREN).	2,71	0,40			
1.5 (EDE).	3,14	0,55			
2.1 (IEN).	4	0,81	<b>Indicadores de la eficiencia energética (IEN)</b>	<b>0,66</b>	
2.2 (IENC).	3,86	0,78			
2.3 (IIEEN).	2,86	0,45			
3.1 (ACE).	3,14	0,55	<b>Planificación energética (PEN)</b>	<b>0,48</b>	
3.2 (LBE).	2,43	0,30			
3.3 (PCI).	2,71	0,40			
3.4 (PCAM).	4	0,81			
4.1 (PEAP).	2,57	0,35	<b>Mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones (MREI).</b>	<b>0,74</b>	
4.2 (DCA).	2,57	0,35			
4.3 (MTOM).	2,57	0,35			
5.1 (AAEE).	4	0,81	<b>Proyección de acciones de ahorro de energía (AAEN).</b>	<b>0,38</b>	
5.2 (AAC).	4	0,81			
5.3 (AEUAE).	3,29	0,60			
6.1 (EPU).	3,29	0,60	<b>Utilización y/o generación de energías limpias (UGENL).</b>	<b>0,38</b>	
6.2 (UEL).	3,14	0,55			
6.3 (GEL).	1,86	0,16			

**Tabla 6** - Resultados de la evaluación de la C-GEE en DIVEP.

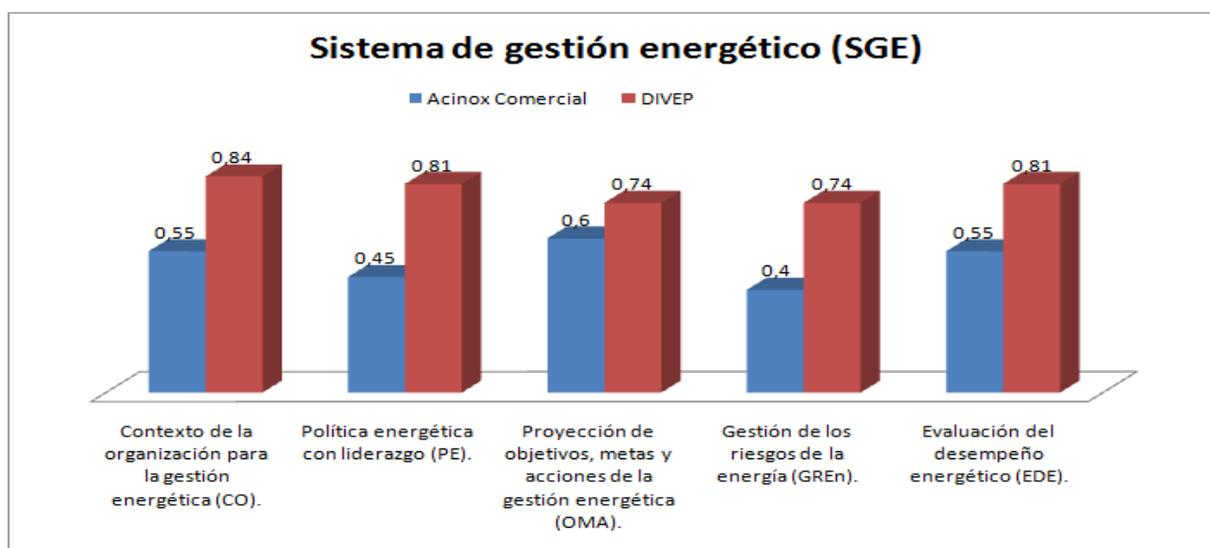
Elementos	Valor según resultados de la lista de chequeo	Valor de verdad	Variables	Valor de verdad	Valor de verdad de la CGE
1.1 (CO).	4,14	0,84	<b>Sistema de gestión energético (SGE)</b>	<b>0,79</b>	<b>0,56</b>
1.2 (PE).	4	0,81			
1.3 (OMA).	3,71	0,74			
1.4 (GREN).	3,71	0,74			
1.5 (EDE).	4	0,81			
2.1 (IEN).	4,14	0,84	<b>Indicadores de la eficiencia energética (IEN)</b>	<b>0,81</b>	
2.2 (IENC).	4,14	0,84			
2.3 (IIEEN).	3,71	0,74			
3.1 (ACE).	3,57	0,70	<b>Planificación energética (PEN)</b>	<b>0,69</b>	
3.2 (LBE).	3,57	0,70			
3.3 (PCI).	3,29	0,60			
3.4 (PCAM).	3,86	0,78			
4.1 (PEAP).	3,43	0,65	<b>Mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones (MREI).</b>	<b>0,85</b>	
4.2 (DCA).	3,57	0,70			
4.3 (MTOM).	3,14	0,55			
5.1 (AAEE).	4,57	0,91	<b>Proyección de acciones de ahorro de energía (AAEN).</b>	<b>0,25</b>	
5.2 (AAC).	4,29	0,87			
5.3 (AEUAE).	3,86	0,78			
6.1 (EPU).	2,71	0,40	<b>Utilización y/o generación de energías limpias (UGENL).</b>	<b>0,25</b>	
6.2 (UEL).	2,14	0,22			
6.3 (GEL).	2	0,19			

Los resultados muestran que en Acinox Comercial es tan verdadero como falso (C-GEE = 0,50) que hay un buen desarrollo de la capacidad de gestión energética;

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa

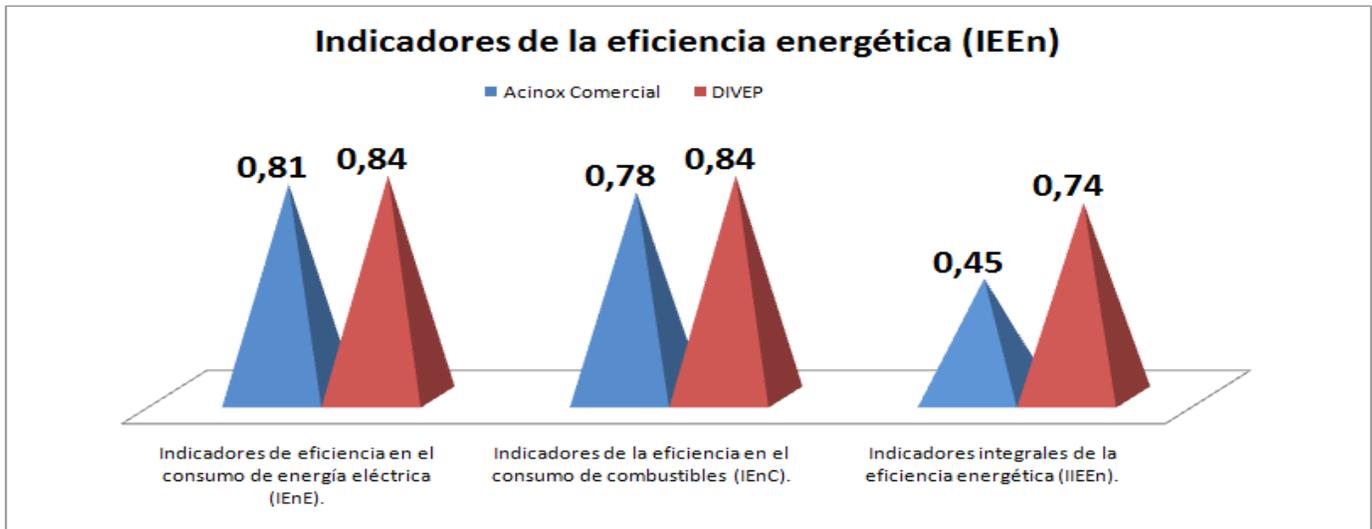
mientras en la empresa DIVEP se obtiene que un valor de C-GEE = 0,56 que expresa que es más verdadero que falso que hay un buen desarrollo de la capacidad de gestión energética. En ambas empresas existen muchas oportunidades para la mejora de la C-GEE.

En un análisis más específico de los resultados por cada una de las 6 variables en las dos empresas estudiadas se puede decir que en la variable **sistema de gestión energético**, la Empresa DIVEP está mejor que Acinox Comercial en todos los elementos. En muy necesario que la Empresa Acinox Comercial oriente sus mejoras en el diseño e implementación de una política energética con liderazgo, así como desarrollar de forma específica la gestión de riesgos de la energía, ya que en ambos casos los valores de verdad son de 0,4 y 0,45 lo que constituyen valores muy bajos. En la Empresa DIVEP destaca los valores elevados del contexto de la organización para la gestión energética (CO) y la evaluación del desempeño energético.



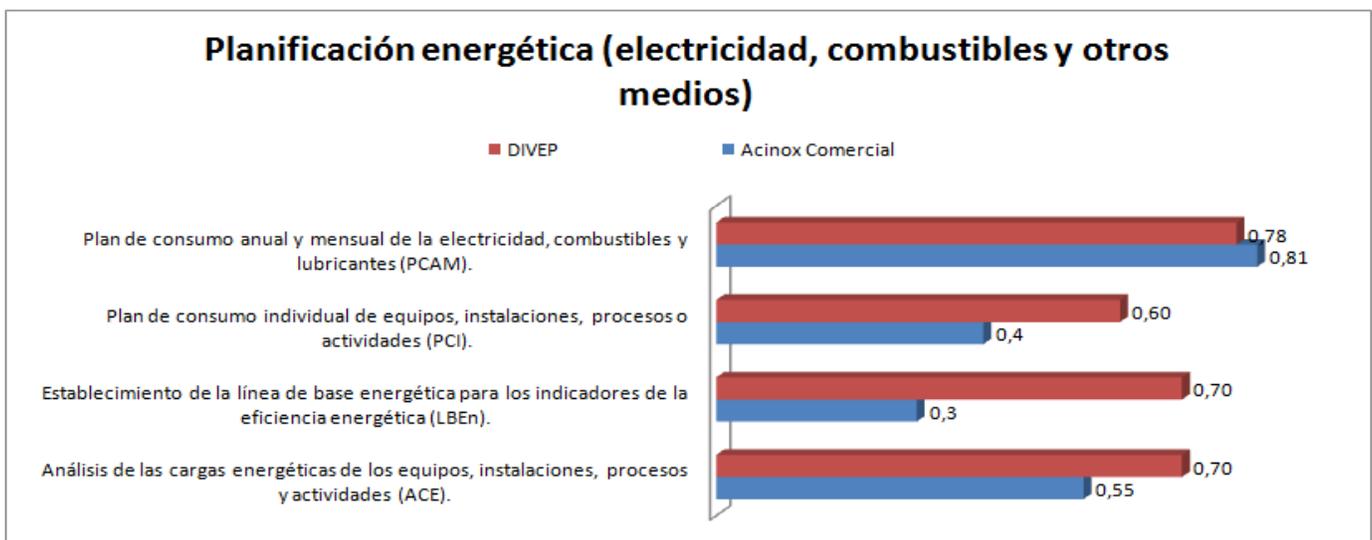
**Fig. 4** -Evaluación del valor de verdad de los elementos de la variable: sistema de gestión energética en Acinox Comercial y en DIVEP.

Respecto a la variable **indicadores de la eficiencia energética** se puede observar en la figura 4 que DIVEP sigue mostrando los mejores resultados. En Acinox Comercial se obtiene un bajo valor del elemento relacionado con los indicadores integrales de la eficiencia energética. En la empresa DIVEP se obtiene altos valores en los 3 elementos de la variable indicadores de la eficiencia energética. En la Empresa Acinox Comercial se obtiene un valor de verdad de solo 0,45 en los indicadores integrales de la eficiencia energética. Tanto los indicadores de eficiencia en el consumo de energía eléctrica, como en los indicadores de eficiencia en el consumo de energía muestran valores elevados en ambas empresas.



**Fig. 5.** Resultados de la evaluación del valor de verdad de los elementos de la variable: indicadores de la eficiencia energética.

En la variable **planificación energética (electricidad, combustibles y otros medios)**, se observa que exceptuando en el elemento relacionado con el plan de consumo anual y mensual de la electricidad, combustibles y lubricantes, DIVEP está mejor en todos los demás elementos de esta variable (ver figura 6).

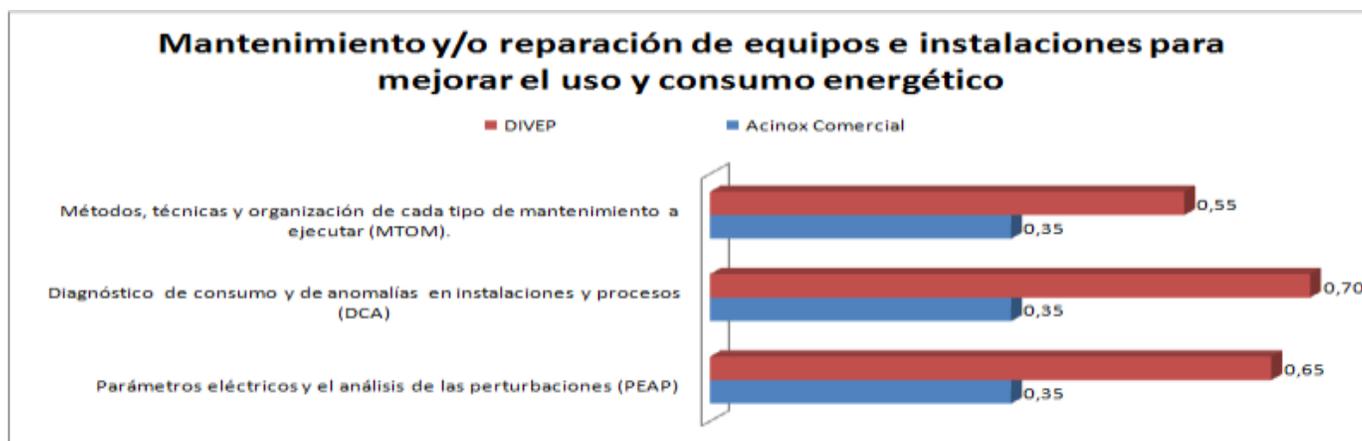


**Fig. 6.** Resultados de la evaluación de los elementos de la variable: **planificación energética (electricidad, combustibles y otros medios)** en Acinox Comercial y en DIVEP

El valor más bajo de DIVEP está en el elemento plan de consumo individual de equipos, instalaciones, procesos o actividades (PCI), esto se debe a la no inclusión de procedimientos y buenas prácticas en la gestión energética en relación a los procesos operacionales de la empresa. Por su parte la Empresa Acinox Comercial tiene valores muy bajo en el establecimiento de la línea de base energética para los

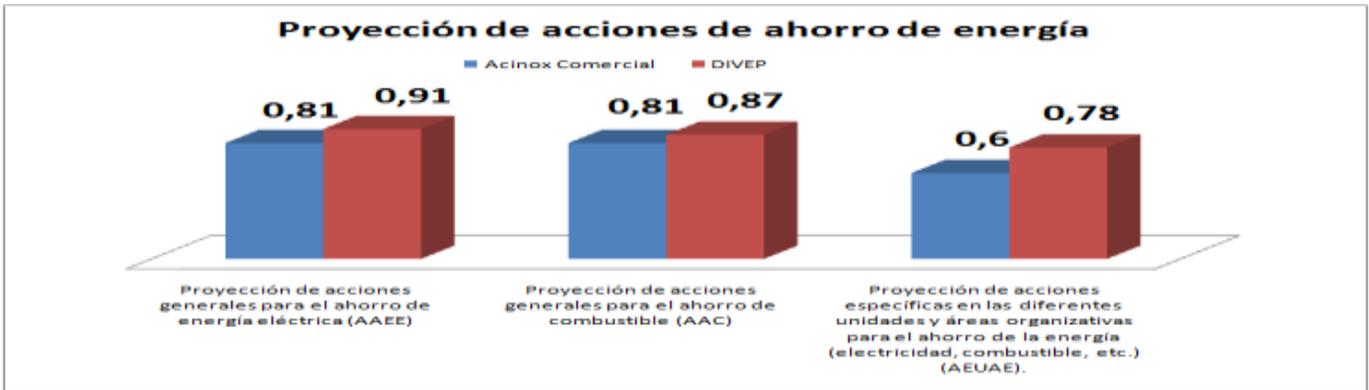
## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa

Indicadores de la eficiencia energética, la elaboración del plan de consumo individual de equipos, instalaciones, procesos o actividades; así como el análisis de las cargas energéticas de los equipos, instalaciones, procesos y actividades; esto último se debe porque no se trabajan con procedimientos y buenas prácticas para el análisis de las cargas energéticas y tampoco se tiene en cuenta de forma efectiva la cantidad de empleados, la cantidad de instalaciones y equipos y sus características. En el mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones se observa en la figura 7 que la empresa DIVEP logra mejores resultados que Acinox Comercial. No obstante, el elemento relacionado con los métodos, técnicas y organización de cada tipo de mantenimiento a ejecutar obtiene bajos valores para las dos empresas. Por su parte la Empresa Acinox Comercial debe trabajar más en el diseño y medición de los parámetros eléctricos, potencia activa trifásica, el factor de potencia, la tensión, las corrientes de fase(A) e incluir todo esto en los procedimientos y buenas prácticas en la gestión energética. También Acinox Comercial debe mejorar los indicadores del diagnóstico de consumo en cuanto a la evaluación de los procesos (Kw vs horas), indicadores energéticos (eficiencia energética), valor monónico (costo en dinero por cada unidad de ventas o sea dinero que se abona versus KWh de un período).



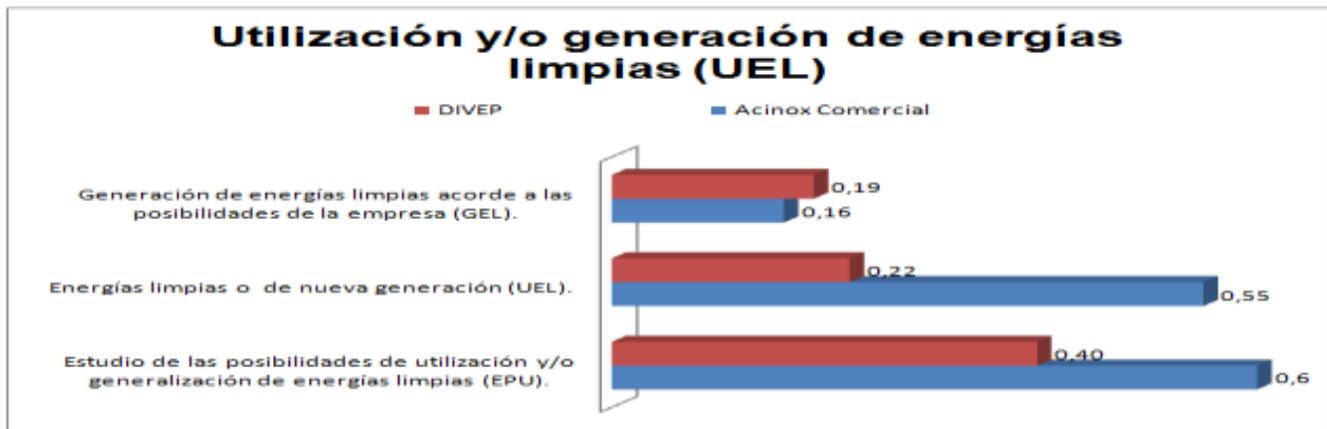
**Fig 7** -Evaluación de los elementos de la variable: **mantenimiento y/o reparación de equipos e instalaciones para mejorar el uso y consumo energético** en Acinox Comercial y en DIVEP.

En cuanto a la proyección de acciones de ahorro se observa en la figura 8 los mejores resultados de ambas empresas, siendo DIVEP ligeramente mejor en los 3 elementos que componen la variable. Se alcanzan valores elevados en cuanto al diseño e implementación de acciones generales para el ahorro de energía eléctrica y combustibles en ambas empresas. En la Empresa Acinox comercial se debe trabajar un poco más en la proyección de acciones específicas en las diferentes unidades y áreas organizativas para el ahorro de la energía (electricidad, combustible, etc.)



**Fig. 8** - Resultados de la evaluación de los elementos de la variable: **proyección de acciones de ahorro de energía** en Acinox Comercial y en DIVEP.

En cuanto a la utilización y/o generación de energías limpias, ambas empresas obtienen bajos resultados, siendo la Empresa Acinox Comercial mejor en dos de los tres elementos evaluados, (ver figura 9). Ambas empresas deben trabajar en ampliar los estudios de las posibilidades de utilización de energía limpias y/o de nueva generación, mejorar el diagnóstico para la contratación del consumo de energías limpias. Así como la generación de energías limpias o de nueva generación acorde a las posibilidades de cada una de las empresas.



**Fig. 9-** Resultados de la evaluación de los elementos de la variable: **utilización y/o generación de energías limpias** en Acinox Comercial y en DIVEP.

## Discusión

Para lograr mejores resultados en la eficiencia de las empresas es sumamente importante el desempeño de la gestión energética con una gestión efectiva de los recursos energéticos [1; 12], en este sentido se propuso un procedimiento para el diagnóstico de la capacidad de gestión energética de la empresa aplicado en Acinox Comercial y en DIVEP. Dicho procedimiento aborda de forma integral la gestión energética de la empresa a partir de la modelación matemática en lógica difusa compensatoria que integra 6 variables (predicados compuestos) que derivan en 21 elementos (predicados simples). La estructuración de las 6 variables que evalúan la

capacidad de gestión energética en la empresa, pretende abordar de forma actualizada y desde una perspectiva más integral [1; 5; 9] el contenido y los comportamientos prácticos que deben tener las empresas respecto a la gestión energética [10; 12]. Esta forma de estructurar las variables y elementos coincide con otros estudios de las capacidades de gestión [13 - 16].

El diseño del instrumento de diagnóstico que evalúa los elementos y las variables de la capacidad de gestión energética, permiten determinar los puntos débiles y fuertes que la empresa puede tener en cuenta para la proyección de acciones de mejoras [12] en función del desempeño energético de la empresa [17; 18]. La realización de este estudio en diferentes entidades permitió la comparación de los resultados entre las empresas: Acinox Comercial y DIVEP, encontrar los mejores resultados. Así como los problemas, y a su vez, entender los efectos de estos resultados en el desempeño organizacional de la empresa, entendiendo la gestión energética como una capacidad inductora de resultados que impactan en la eficiencia de la empresa a partir de una disminución de los costos por la utilización de la energía. El análisis de cada una de las variables y elementos, facilita centrar los esfuerzos en los elementos limitantes que pueden ser comunes a las mismas empresas consideradas en el estudio. Lo anterior, se ve reforzado por el procedimiento propuesto para el diagnóstico de la gestión energética de las empresas, ya que no solo permite el diagnóstico sino también la comparación entre empresas. Esta comparación admite encontrar acciones de mejoras en cualquiera de las 6 variables y 21 elementos de la capacidad de gestión energética de la empresa de una forma integral.

### Conclusiones

1. El procedimiento para el diagnóstico de la capacidad de gestión energética (C-GEE) de la empresa se estructura en 7 pasos bien relacionados: determinación de la concepción teórica de variables y elementos en el diagnóstico de la C-GEE, elaboración del modelación matemático para la evaluación de la C-GEE basada en lógica difusa compensatoria, elaboración de la lista de chequeo para la evaluación de los elementos de la C-GEE, preparación y entrenamiento de directivos y especialistas en gestión energética, aplicación de la lista de chequeo en las empresas, evaluación de la C-GEE, y por último análisis de los resultados por cada una de las variables de la C-GEE.
2. Se obtiene una modelación matemática basada en lógica difusa compensatoria con 6 predicados compuestos y 21 predicados simples que unido a la herramienta de cálculo permitió evaluar la C-GEE. La aplicación en las empresas Acinox Comercial y DIVEP permite saber que esta última obtiene mejores resultados.
3. En la empresa Acinox comercial se obtiene una C-GEE de 0,50 por lo que es tan verdadero como falso que hay un buen desarrollo de la capacidad de gestión energética, esto se debe al bajo desempeño de las variables: proyección de acciones de ahorro de energía (0,38), utilización y/o generación de energías limpias (0,38), planificación energética (0,48) y sistema de gestión energético (0,50).

4. La empresa DIVEP logra una C-GEE de 0,56 lo que significa que es más verdadero que falso que hay un buen desarrollo de la capacidad de gestión energética, constituyendo como oportunidades de mejoras las variables de menor desempeño: proyección de acciones de ahorro de energía (0,25) y utilización y/o generación de energías limpias (0,25).
5. El análisis de los resultados por variables permitió obtener los elementos de menor desempeño y donde cada una de las empresas debe centrar sus acciones de mejoras de la capacidad de gestión energética

## **REFERENCIAS**

- [1] PIÑERES CASTILLO, A.; CABELLO ERAS, J. J.; HINOJOSA RIVERA, M. (2022). "Factores determinantes para la evaluación de la eficiencia energética en las organizaciones: una visión desde las condiciones de Colombia". Revista Universidad y Sociedad, 14(2), 509-520. ISSN 2218-3620.
- [2] BORRONDONORDELO, A.E., (2006) "Gestión y economía energética". Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur, 2006, ISBN 959-257-114-7.
- [3] LLOYD'S REGISTER GROUP. (2012). "Global Energy Management Systems". ISO 50001. [Consultado el: 10 de febrero de 2023] Disponible en: <https://wwwcdn.imo.org>
- [4] BORRONDONORDELO, A. E. (2009). "Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía". Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur, 2009, ISBN 959-257-114-7.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. "ISO/FDIS 50001: 2018. Energy management Systems - Requirements with guidance for use". ISO 50001: 2011, 2011, 31p. [Consultado el: 10 de febrero de 2023]. Disponible en: [https://isoindia.org/iso\\_ISO\\_50001:2018.php](https://isoindia.org/iso_ISO_50001:2018.php)
- [6] MADRIGAL, J. A., (2012). "Herramientas para la Planificación y Revisión Energética según la Norma ISO 50001 en procesos de producción y uso del vapor". Universidad de Cienfuegos. [Consultado el: 10 de febrero de 2023] Disponible en: <https://www.ucf.edu.cu/>
- [7] ISO 50001: 2018 "Sistemas de gestión de la energía – requisitos con orientación para su uso". [Consultado el: 10 de febrero de 2023] Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:50001:ed-2:v1:es>
- [8] FREIRE, LUIGI O., RESABALA, V.F., CASTILLO J.N., CORRALES, B.P. "Propuesta de un plan alternativo de optimización energética". Revista ESPACIOS 2019, 40(30). ISSN 0798 1015.
- [9] OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2019). "Norma Cubana ISO 50001. Sistemas de gestión de la energía – requisitos con orientación para su uso". [Consultado el: 10 de febrero de 2023] Disponible en: <http://www.acn.cu/component/tags/tag/oficina-nacional-de-normalizacion-onn>
- [10] MARTÍNEZ-CORRAL, A., CÁRCEL-CARRASCO, J., COLMENERO-FONSECA, F., RAFAT, A., y Palmero, L. (2022). "Estudio introductorio de la relación estratégica entre fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética". 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 11(1), 71-87. ISSN 2254-4143.
- [11] Ministerio de energía de Chile. Guía de Apoyo Indicador de Eficiencia Energética 2020. Red de Expertos – Subsecretaría de Energía. División de Energías Sostenibles.

## Diagnóstico de la Capacidad de Gestión Energética de la Empresa

Unidad Gestión de Información. 2020. [Consultado el: 10 de febrero de 2023] Disponible en: <https://sectorpublico.gestionaenergia.cl/wp-content/uploads/2021/09/Guia-de-apoyo-IEE-2020-Version-actualizada-2.pdf>

[12] PRADO DÍAZ J.F., BOLAÑO RODRÍGUEZ Y., FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ I., VIZCAÍNO SÁNCHEZ Y. "Evaluación de la capacidad de gestión energética de la empresa". Ponencia en Taller de Gestión Empresarial. XI Simposio de Ingeniería Industrial y Afines. 20 Convención de Ingeniería y Arquitectura. 2022. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. ISBN: 978-952-249-568-6.

[13] BOLAÑO RODRÍGUEZ, Y.; ALFONSO ROBAINA, D. La "Capacidad de Prevención Estratégica del Sistema de Dirección de la Empresa". DYNA Management 2016; 4(1). ISSN 2340-6585.

[14] MENDOZA MERO, A.E.; BOLAÑO RODRÍGUEZ, Y.; MENDOZA GONZÁLEZ, A.L., (2017). 2Desarrollo de la Capacidad de Prevención Estratégica en la Cooperativa de Ahorro y Crédito de la Universidad Técnica de Manabí2. Revista ECA- Sinergia 2017; 8(1). ISSN 1390-6623.

[15] LEAL PUPO, A., BOLAÑO RODRÍGUEZ Y., ET. AL. 2Procedimiento de diagnóstico y mejora de siete Capacidades de Dirección y Gestión Empresarial". Ingeniería Industrial 2022; XLIII(1). ISSN: 1815-5936

[16] PÉREZ HECHAVARRÍA D. L., ET. AL. "Evaluación de la capacidad de gestión de recursos humanos en la Empresa Antillana de Salvamento". Ponencia en Taller de Gestión de Recursos Humanos. XI Simposio de Ingeniería Industrial y Afines. 20 Convención de Ingeniería y Arquitectura. 2022. CUJAE. La Habana, Cuba. ISBN: 978-952-249-568-6.

[17] ANDINO, A. "Gestión Energética". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 2022; 31(3). ISSN 2071-0054

[18] ÁLVAREZ, R.; MONTELIER, S., OVIEDO, A., & BELLO, O. (2021). "Bases para la implementación de un sistema de gestión energética en la UEB Ron Luis Arcos Bergnes de Cienfuegos basado en la NC-ISO 50001:2019". Revista Universidad y Sociedad, 13(4), 505-511. ISSN 2218-3620.

### Los autores declaran que no hay conflicto de intereses

#### Contribución de cada autor:

**Jorge Félix Prado-Díaz:** Redacción de la primera versión del artículo. Procesamiento y valoración de los resultados estadísticos, la obtención e interpretación de gráficos y tablas.

**Yaniris Pérez-Lobaina:** Realizó modificaciones y aportó en la redacción de la segunda versión del artículo. Contribuyó con los arreglos del artículo.

**Yuniel Bolaño-Rodríguez:** Diseño de la estructura del artículo, realizó modificaciones y aportó en la redacción de la segunda versión del artículo.

**Adiris González-Cañedo:** realizó modificaciones y aportó en la redacción de la segunda versión del artículo, procesó los datos finales del estudio.