



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN

UNA ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA ADMINISTRACIÓN DE LOS  
INVENTARIOS DE DIESEL DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS: UN  
ESTUDIO DE CASO

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
MARÍA SOLEDAD SALAZAR MARTÍNEZ

TUTOR PRINCIPAL  
DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D.F. MAYO 2015

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. José Jesús Acosta Flores  
Secretario: Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero  
Vocal: Dr. Javier Suárez Rocha  
1<sup>er.</sup> Suplente: Dr. Mariano Antonio García Martínez  
2<sup>do.</sup> Suplente: M.I. Francisca Irene Soler Anguiano

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: CIUDAD UNIVERSITARIA,  
FACULTAD DE INGENIERÍA, DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**TUTOR DE TESIS:**

DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA

-----  
**FIRMA**

## AGRADECIMIENTOS

*Dios, a ti te agradezco por darme la vida y permitirme tanta dicha. Por vivir en mi corazón, escuchando siempre mis peticiones y manifestarte de las formas más hermosas. Gracias por enseñarme siempre el camino correcto a través de las personas, los lugares y el tiempo precisos, por las circunstancias que me hicieron madurar como mujer y mamá para poder ofrecer una mejor vida a mi familia. Te agradezco infinita y eternamente el amor y protección que nos has brindado; gracias por todas tus bendiciones y gracias por esta oportunidad.*

*A ti José Antonio, por tu incondicional apoyo, por ser el motor en mi vida que siempre me impulsó y animó a seguir adelante, por ser la ventana al conocimiento, por enseñarme que el esfuerzo y la disciplina diarios son la clave del éxito; como tú, no quiero rendirme nunca. Gracias por guiarme, por tu tiempo y esfuerzo dedicado a este trabajo; sin tu ayuda, simplemente no habría sido posible este sueño. Agradezco que estés a mi lado construyendo.*

*A mis dos pequeños, a quienes no puedo expresar con palabras el inmenso amor que les tengo, quienes con una sonrisa me animaban a seguir en los momentos difíciles, porque siendo tan pequeños entendieron la necesidad que tenía de terminar este proyecto. Por eso se los dedico.*

*A mis padres, por darme la vida, por apoyarme también en mis momentos más complicados, por escucharme y no juzgarme. Por darme el consejo adecuado cuando niña para seguir un buen camino. Por entender, finalmente, que sólo con su apoyo pudimos hacer más.*

*A mis suegros, por su apoyo para terminar este proyecto, quienes con sus palabras entendí la vida desde otra perspectiva.*

*A mi tutor, Dr. Javier Suárez Rocha, por sus valiosas observaciones y asesoría, así como el tiempo dedicado a esta tesis.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual, a través del Posgrado de Ingeniería me brindó la oportunidad que demandé y me dio la oportunidad de culminar un proyecto, el cual, por mis condiciones de madre, significó un reto, un reto ya cumplimentado.*

## ÍNDICE

<b>Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Formulación de la problemática</b> .....	<b>7</b>
1.1. <i>Problema y problemática</i> .....	7
1.2. <i>Descripción de la problemática</i> .....	8
1.3. <i>Análisis de la problemática: brecha entre la situación actual y la deseada</i> .....	9
1.4. <i>Medición de la problemática</i> .....	13
1.5. <i>Objetivo General</i> .....	22
1.5.1. <i>Objetivos específicos</i> .....	22
1.6. <i>Supuesto</i> .....	22
1.7. <i>Justificación</i> .....	23
1.8. <i>Alcance del estudio</i> .....	23
<b>2. Antecedentes, situación actual y tendencias del uso del diesel para la generación de energía</b> .....	<b>24</b>
2.1. <i>El diésel</i> .....	24
2.1.1. <i>Ventajas del diésel</i> .....	24
2.1.2. <i>Desventajas del diésel</i> .....	24
2.2. <i>Política actual de niveles de almacenamiento de la Subdirección de Energéticos de la CFE</i> .....	25
2.3. <i>Tendencias mundiales y nacionales del uso de los combustibles fósiles como fuente de energía para la generación eléctrica</i> .....	27
2.3.1. <i>Prospectiva de su uso al año 2040</i> .....	28
2.3.2. <i>Petrolíferos</i> .....	29
2.3.3. <i>Tecnologías de generación y energías no renovables</i> .....	30
2.3.4. <i>Generación de electricidad con combustibles fósiles</i> .....	31
2.4. <i>El Sistema Eléctrico Nacional</i> .....	32
2.5. <i>El Sector Eléctrico</i> .....	33
2.5.1. <i>Panorama y expectativa internacional</i>	

	<i>del sector eléctrico.....</i>	<i>34</i>
2.5.2.	<i>Panorama y expectativa nacional del sector eléctrico.....</i>	<i>35</i>
2.6.	<i>La Comisión Federal de Electricidad.....</i>	<i>36</i>
2.6.1.	<i>El impacto de la Reforma Energética en la Electricidad en México.....</i>	<i>37</i>
2.7.	<i>Proceso de Generación y capacidad efectiva instalada en México (CFE + PIE).....</i>	<i>38</i>
2.8.	<i>La energía eléctrica y la primera central eléctrica moderna.....</i>	<i>40</i>
2.8.1.	<i>¿Qué es una central eléctrica?.....</i>	<i>41</i>
2.8.2.	<i>Tipos de centrales.....</i>	<i>42</i>
2.8.3.	<i>Breve descripción del funcionamiento de una central Turbo Gas (ciclo abierto) y Ciclo Combinado (ciclo cerrado).....</i>	<i>43</i>
<b>3.</b>	<b><i>Marco Teórico de Referencia.....</i></b>	<b><i>45</i></b>
3.1.	<i>Métodos de pronósticos cualitativos o de juicio.....</i>	<i>45</i>
3.1.1.	<i>El método Delphi.....</i>	<i>47</i>
3.1.1.1.	<i>Características del método Delphi.....</i>	<i>47</i>
3.1.1.2.	<i>Fases del método Delphi.....</i>	<i>48</i>
3.1.1.3.	<i>Número óptimo de expertos.....</i>	<i>52</i>
3.1.1.4.	<i>Utilidad y límites del método Delphi.....</i>	<i>52</i>
3.1.1.5.	<i>Procesamiento estadístico sucesivo.....</i>	<i>53</i>
3.2.	<i>Método de exploración de futuros alternativos.....</i>	<i>53</i>
3.2.1.	<i>Pasos del método.....</i>	<i>54</i>
3.3.	<i>Enfoque de sistemas para crear una estrategia.....</i>	<i>56</i>
3.3.1.	<i>Elemento #1 aparentemente simple.....</i>	<i>56</i>
3.3.1.1.	<i>Las metas.....</i>	<i>57</i>
<b>4.</b>	<b><i>Propuesta de estrategia para mejorar la administración de inventarios de diesel: un estudio de caso.....</i></b>	<b><i>61</i></b>
4.1.	<i>Selección del panel de expertos.....</i>	<i>61</i>
4.2.	<i>Elaboración de los cuestionarios.....</i>	<i>62</i>
4.3.	<i>Resultados de la primera fase (método Delphi).....</i>	<i>65</i>
4.3.1.	<i>Determinación del coeficiente de concordancia de Kendall (K).....</i>	<i>75</i>

4.4.	<i>Segunda ronda (método Delphi)</i> .....	77
	4.4.1. <i>Resultados de la segunda ronda</i> .....	77
4.5.	<i>Exploración de futuros (tercera ronda)</i> .....	79
	4.5.1. <i>Registro de riesgos</i> .....	79
	4.5.2. <i>Resultados de la tercera fase</i> .....	82
<b>5.</b>	<b><i>Conclusiones y trabajo futuro</i></b> .....	<b>88</b>
	5.1. <i>Conclusiones generales</i> .....	88
	5.2. <i>Conclusiones particulares</i> .....	89
	5.3. <i>Trabajo futuro de investigación</i> .....	90
	<b><i>BIBLIOGRAFÍA</i></b> .....	<b>91</b>
	<b><i>MESOGRAFÍA</i></b> .....	<b>93</b>
	<b><i>ANEXO 1</i></b> .....	<b>94</b>
	<b><i>ANEXO 2</i></b> .....	<b>102</b>

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito elaborar una estrategia para aprovechar eficientemente el inventario de diésel almacenado en las centrales termoeléctricas utilizado para generar energía eléctrica, que, al día de hoy, en una proporción considerable, *el inventario nacional de diésel*, no está siendo usado para tal fin, sólo se encuentra almacenado. La estrategia se realizará con el uso de Métodos de Pronósticos Cualitativos; entre ellos, el método Delphi acompañado del método de Exploración de Futuros Alternativos con el objetivo de realizar una estrategia en la que se observe la causalidad de los eventos sucesivos que permita detectar los factores o eventos de riesgo y hacer un registro de riesgos.

Es importante mencionar que el Sector Eléctrico está viviendo una importante etapa de transformación organizacional con futuras consecuencias operativas. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) en particular, tenía a su cargo la gestión de todos los procesos que hacen posible la entrega de la energía eléctrica a los hogares e industrias: desde la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, hasta la distribución de la energía eléctrica; sin embargo, con la reforma de los artículos 27 y 28 Constitucional, *la CFE surge con naturaleza jurídica como empresa productiva del Estado, de forma que pueda competir con eficacia en la industria energética; ya que ahora la CFE tiene como fin el desarrollo de actividades empresariales, económicas, industriales y comerciales en términos de su objeto, generando valor económico y rentabilidad para el Estado Mexicano como su propietario*<sup>1</sup>. En los primeros efectos de la Reforma, pierde la gestión de la Planeación y operatividad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), para entregarlo al Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) que se vuelve en un organismo público descentralizado e independiente de CFE, que controlará la operatividad del SEN y del Mercado Eléctrico Mayorista, con el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a la red nacional de transmisión y las redes generales de distribución.

Las áreas correspondientes a los procesos de transmisión y distribución, la CFE permitirá la celebración de contratos con particulares para ampliar la infraestructura de la red de transmisión, sin que la nación pierda el control sobre estas actividades, ya que se continuará brindando el servicio *público* de transmisión y distribución.

En cuanto al proceso de generación de energía, se abren las puertas a la inversión privada, en la que la CFE se convierte en una empresa más a la par de las particulares que lucharán por vender energía eléctrica más barata al mercado mayorista de energía gestionado por el CENACE.

---

<sup>1</sup> Artículos 3 y 4 de la publicación del Diario oficial de la Federación del 11 de Agosto. Encontrado en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355990&fecha=11/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355990&fecha=11/08/2014)

Debido a que el suministro de energéticos es un sub-proceso que apoya al *proceso principal de generación de energía eléctrica* y que, éste último es el que, de acuerdo a la Reforma Energética, es en el que más cambios se percibirán al fomentar una competencia activa con empresas privadas; obliga a considerar los factores externos que se están presentando y los que no se consideraban bajo el esquema anterior y tener diferentes planes de acción de acuerdo a la posibilidad de ocurrencia de diferentes escenarios.

En el sub-proceso de energéticos, la administración de los recursos se vuelve un factor determinante para el éxito y cumplimiento de los nuevos objetivos, por lo que es importante contar con unas estrategias adecuadas a mediano y largo plazo para hacer frente a las necesidades actuales y futuras que obedecen a los cambios mencionados.

Esta propuesta es el primer intento de este tipo en el que se observa un área de oportunidad para modificar la forma actual de administrar los inventarios de diesel del sub-proceso de suministro de energéticos, pues la misión se está cumpliendo por el camino que no es el más eficiente.

Durante el desarrollo del presente trabajo, sucedieron los cambios en la organización, sin que esto haya implicado cambios inmediatos en la operación. La propuesta de estrategia está basada en la actual forma de operación del diesel, con el objetivo de eliminar la brecha entre la situación actual (problema) y la situación a futuro (deseada); la cual contribuirá ampliamente en una futura fase de implementación, a una transición en la operación del suministro de diesel, con el objetivo de optimizar su uso, ampliar su mercado eventualmente a uno estratégico de venta y/o renta de los ítems que rodean al diesel (tanques, instalaciones, el combustible mismo), así como mejorar la comunicación con los procesos vecinos para planear de una manera más adecuada el requerimiento real del combustible y mantener los niveles de inventario donde sea requerido y disminuirlos con seguridad en los que ya no se requiera tener el combustible, mediante la modificación de contratos y políticas de almacenamiento.

Sin embargo, para que todo sea posible, el primer paso es que los tomadores de decisiones se concienticen sobre la existencia de un problema que se origina en los altos niveles de diesel de las centrales eléctricas que más adelante se mencionarán, los cuales no están siendo aprovechados de la manera esperada, donde el costo es mayor que el beneficio. Lo anterior se logrará mediante la cuantificación del problema, el conocimiento de las tendencias y leyes que restringen el uso en general de los combustibles líquidos, así como el mismo cambio legal de la organización que impulsará una mejor gestión de los recursos en general, dando paso a un escenario en el que se debe ser más cauteloso en la compra innecesaria de recursos.

Finalmente, se les mostrará la situación deseada que resuelve el problema, sustentada con la opinión de los expertos, que aportará un beneficio económico a la organización mediante el manejo óptimo de los recursos de diesel y su infraestructura asociada, contribuyendo a una mayor eficiencia y a un menor costo económico dentro de la cadena de un proceso tan importante para el desarrollo de la vida humana como lo es *la generación de energía eléctrica*.

## ABSTRACT

This paper aims to develop a strategy to effectively utilize the inventory of stored diesel power plants used to generate electricity, which, to date, to a considerable extent, the national inventory of diesel, is not being used to this purpose. The strategy is implemented with the use of Qualitative Forecasting Methods; including the Delphi method accompanied Exploration of Alternative Futures method in order to make a strategy in which the causality of events subsequent to detect the risk factors or events and make a risk register is observed.

It is noteworthy that the electricity sector is experiencing an important stage of organizational transformation with future operational consequences. The Federal Electricity Commission (CFE) in particular, was responsible for managing all processes that enable the delivery of electricity to homes and industries energy: from planning the national grid, to distribution of energy electricity; however, with the reform of Articles 27 and 28 of the Constitution, the CFE legal nature arises as productive state enterprise, so that it can compete effectively in the energy industry; because now the CFE aims to develop , economic , industrial and commercial business in terms of its object , generating economic value and profitability for the Mexican state as propietario<sup>1</sup>. In the first effects of the Reformation, CFE lost management planning and operation of the National Electricity System (SEN, for its acronym in Spanish), for delivery to the National Center for Energy Control (CENACE, for its acronym in Spanish) that turns into a public agency independent of CFE, which will control the operation of SEN and the wholesale electricity market, with open and not unduly discriminatory access to the national transmission and distribution networks general access.

Corresponding to the processes of transmission and distribution areas, CFE will allow contracts with individuals to expand the infrastructure of the transmission network , without the nation loses control of these activities, as they continue to provide the public service transmission and distribution.

As for the power generation process, the doors to open private investment in the CFE becomes a company's on par with the individuals who struggle to sell cheaper electricity to wholesale energy market managed by CENACE.

Because the fuel supply is a sub - process that supports the main process of electricity generation and that the latter is, according to the Energy Reform, is where most changes are collected at promoting competition active with private companies; requires consideration of external factors that are occurring and which were not considered under the previous scheme and have different plans of action according to the possibility of occurrence of different scenarios.

---

<sup>1</sup> Articles 3 and 4 of the publication of the Official Gazette of August 11. Found in: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355990&fecha=11/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355990&fecha=11/08/2014)

In the sub - process fuel supply, the management of resources becomes a key to success and fulfillment of new objectives factor, so it is important to have adequate medium and long term strategies to address the current and future needs obey these changes.

This proposal is the first attempt of this type in which an area of opportunity is observed to change the current way of managing inventories diesel sub - process fuel supply, because the mission is being fulfilled by the way that is not the more efficient.

During the course of this study, the changes happened in the organization, although this has involved changes in operation. The proposed strategy is based on the current mode of operation of diesel, with the aim of bridging the gap between the current situation (problem) and the situation in the future (desired); which largely contribute to a future implementation phase, a transition in the operation of diesel supply , in order to optimize its use, eventually expanding its market to one strategic sales and/or income items surrounding the diesel (tanks, facilities, fuel itself) as well as improve communication with neighboring processes to plan a more adequately the actual requirement of fuel and maintain inventory levels where required and reduce them safely where no longer required to have fuel, by modifying contracts and storage policies.

However, for all possible, the first step is that decision makers are made aware of the existence of a problem that originates in the high levels of diesel power plants will be mentioned below, which are not being exploited as expected, where the cost is greater than the benefit. This will be achieved by quantifying the problem, knowledge of trends and laws that restrict the general use of liquid fuels, as well as the same legal change of the organization that will promote better management of resources in general, giving way a scenario that should be more cautious in buying unnecessary resources.

Finally, we will show the desired situation that solves the problem, supported by expert opinion, which will provide an economic benefit to the organization through optimal resource management of diesel and its associated infrastructure, contributing to greater efficiency and lower economic cost within the chain as important for the development of human life such as the power generation process.

## INTRODUCCIÓN

La base de toda empresa comercial es la compra y venta de bienes o servicios; de aquí la importancia del manejo del inventario. El inventario constituye las partidas del activo corriente que están listas para la venta o para proporcionar un servicio; es decir, toda aquella mercancía que posee una empresa en el almacén valorada al costo de adquisición, para la venta o actividades productivas.

Por lo anterior, la administración de un inventario es un punto determinante en el manejo estratégico de toda organización, tanto de prestación de servicios como de producción de bienes; el correcto manejo del inventario es la base para una organización competitiva. La teoría nos dice que existen dos principios fundamentales en la gestión de inventarios: 1) reducir al mínimo “posible” los niveles de existencias y 2) asegurar la disponibilidad de existencias en el momento justo.

A pesar de ello, por diversos argumentos dentro de la organización (sub-proceso de suministro de energéticos) por tratarse de un inventario con características especiales para brindar un servicio del que depende el desarrollo de una sociedad e incluso la vida humana; el principio número uno ha perdido relevancia y la operatividad del proceso se ha hecho conforme a políticas de máximos inventarios en los tanques de almacenamiento de las centrales termoeléctricas, independientemente de su uso, ya que se ha considerado que lo importante es cubrir la segunda premisa: *“asegurar la disponibilidad de existencias en el momento justo”*.

En años pasados, lo anterior era justificado por la tendencia estacional en el uso de los combustibles fósiles para el uso de generación de energía eléctrica; sin embargo, dadas las actuales condiciones y obedeciendo a las tendencias internacionales sobre el aumento de la producción de gas natural –factor que desplazará al diesel en gran medida para generar energía eléctrica-; se ha observado en los últimos años que su uso es cada vez menos frecuente y una proporción considerable del inventario nacional permanecen sin usarse; situación que se prevé puede convertirse en un problema de falta de competitividad en el futuro con otras organizaciones, debido a un probable estancamiento financiero.

Por lo anterior, en este trabajo se hace el primer esfuerzo en presentar una estrategia que mejore esta situación con el objetivo de convertir un escenario pesimista a uno optimista que beneficie a la organización y se insiste, se haga más competitiva de acuerdo a las condiciones actuales y previendo las tendencias mundiales.

Los Métodos de Pronósticos Cualitativos de Planeación propuestos para desarrollarla, tales como el Método Delphi y Exploración de Futuros Alternativos, han demostrado que son de gran apoyo que proporcionan información valiosa para cambiar el rumbo de una organización cuando se requiere hacerlo y cuando la mayoría de los datos y variables no son cuantificables; se ha observado que son de gran apoyo para proporcionar una visión a largo plazo con situaciones tipificadas por la incertidumbre.

En el Capítulo I se formulará la problemática mediante un enfoque de sistemas y se cuantificará la inversión realizada en la compra de diesel que permanece sin usarse para su

fin primordial: generación de energía eléctrica; así como se enunciarán los objetivos, la justificación, hipótesis y el alcance del estudio.

En el Capítulo II, se recopilan los aspectos más relevantes que hay que destacar sobre el proceso de energía eléctrica con el uso del diesel; el detalle de la situación actual de la política de inventarios de diesel y las tendencias mundiales del uso de éste para la generación de energía. Es un capítulo importante que invita al lector a conectarse con una pequeña parte del impresionante mundo de la energía eléctrica y nos lleva a conocer algunos antecedentes y datos interesantes, que permitirá aclarar la importancia de llevar a cabo un cambio en la organización.

En el Capítulo III, se describen las herramientas cualitativas de planeación que nos ayudarán a lograr los objetivos propuestos; aprenderemos a usar la teoría para el uso eficiente de éstas y pensar en una aplicación exitosa al estudio de caso. Como ya ha sido mencionado, se usará el Método Delphi y la Exploración de Futuros Alternativos de manera conjunta; la primera para crear la estrategia en base a la opinión de los expertos y, la segunda, para evaluarla de acuerdo a las tendencias principales que se observen en el resultado de la estrategia con el fin de evaluarla.

Finalmente, en el Capítulo IV, se desarrolla el uso de los elementos teóricos mencionados en el marco de referencia teórico para realizar el estudio de caso, en el que se define el panel de expertos, así como el diseño de los cuestionarios necesarios para el Método Delphi en el que en algunas preguntas se incluirá el análisis de exploración de futuros hasta lograr el óptimo mediante el consenso de los expertos. La metodología de Exploración de Futuros se usará para evaluar la estrategia en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de ciertos eventos futuros que pueden interactuar y afectar las decisiones futuras.

En este trabajo de tesis se hace el primer esfuerzo por realizar una estrategia que concientice a los stakeholders para cambiar el rumbo de la organización ante un hecho que obliga a cambiar la operatividad para que la organización se mantenga en un nivel alto de competitividad.

## CAPÍTULO 1

### **1. FORMULACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

Antes de formular una problemática, es importante recordar los conceptos de problema y problemática, la relación y la diferencia entre ellos. Lo anterior ayudará a esquematizar mentalmente la situación que se desea expresar y plantear un proceso de cambio.

#### ***1.1. Problema y problemática.***

La administración de las organizaciones productoras de bienes y servicios puede concebirse integrada primordialmente por los procesos de toma de decisiones y el de llevar a cabo acciones para resolver y enfrentar problemas y problemáticas.

Los conceptos Sistémicos permiten incidir en esos procesos en situaciones que parecen permanentes en las organizaciones, así como en las que emergen por las dinámicas internas y externas de las mismas.

Frecuentemente en la administración de las organizaciones productoras de bienes y servicios, no hace diferencia entre problemas y problemáticas, tratando todo por igual, desconociendo sus características sistémicas que influyen en el funcionamiento de toda la organización. Esto, debido en gran parte al desconocimiento de lo que significa un problema, una problemática y un sistema.

Los problemas y las problemáticas en una organización no pueden separarse y manejarse independientemente, están íntimamente relacionados y no pueden ser tratados como un conjunto de problemas separados. Forman un sistema que no puede dividirse, porque en una visión sistémica se perdería un elemento y con ello funcionalidad; ya que todos los elementos interactúan entre sí, un sistema que desde el punto de vista funcional forma un todo indivisible, tal como sucede con el cuerpo humano.

Los problemas operacionales y los sistemas de problemas, requieren de métodos diferentes para abordarlos y existen muchos métodos para hacerlo. La metodología de sistemas se encarga del estudio de todos estos métodos, tienen como etapas primordiales: las de descubrimiento o detección y la de formulación de problemas o problemáticas.

#### ***Problema***

Se dice que hay un problema cuando en una situación existe una diferencia entre las expectativas y la realidad. La existencia de esa brecha señala la presencia de un problema. Otra forma de describirlo es que existe una desviación a la norma; esto es, que sucede algo que no estaba previsto.

#### ***Problemática***

Es un sistema de problemas; es decir, un conjunto de problemas que interactúan de diversas maneras formando un todo indivisible funcionalmente. La interrelación entre problemas afecta las características, propiedades y comportamientos de todo el conjunto.

### ***Tipología de problemas***

En los problemas operacionales de organizaciones productoras de bienes y servicios, los esfuerzos sistémicos han descubierto la existencia de una tipología útil de problemas, independientemente del contexto de que se trate.

Así, se ha descubierto que existen problemas de:

- Asignación
- Producto e inventarios
- Espera
- Secuenciación y Coordinación
- Reemplazo, Confiabilidad y Mantenimiento
- Competencia
- Búsqueda

Estas categorías ayudan a descubrir y formular problemas y, por lo tanto, también sistemas de problemas. Igualmente ayudan en otras etapas de los métodos para resolverlos y enfrentar problemáticas.

De acuerdo a lo anterior, se puede formular la problemática en la siguiente sección, anticipando que se trata de una problemática, dado que es un conjunto de problemas que interactúan como un sistema y clasificado como problemas de inventarios, mantenimiento y competencia.

#### ***1.2. Descripción de la problemática***

Las centrales generadoras turbo gas o ciclo combinado, regidas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o por los Proveedores Externos de Energía (PEE), norman sus inventarios de diésel, de acuerdo a una política de un inventario nacional generalizado y a contratos de cumplimiento de autonomía a través de la Dirección General de Contratos con Proveedores Externos de Energía (DACPEE) de la CFE, respectivamente.

En ambos regímenes, el nivel de inventario debe ser elevado (por arriba del 90%), con el objetivo de que el combustible esté disponible cuando el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) requiera de la aportación energética de alguna central para cubrir un punto de demanda, así como para proporcionar autonomía de generación a las centrales generadoras contando con suficiente combustible para dicho efecto.

A través de las instrucciones del ahora organismo descentralizado Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)-encargado del control operativo del Sistema Eléctrico Nacional-, el diésel, por sus características que se detallarán más adelante, es utilizado para cubrir puntos de alta demanda cuando otros combustibles como el combustóleo o gas natural (más baratos) no son suficientes para cubrirla o cuando alguno de estos combustibles, primarios para estas centrales, no están disponibles temporalmente.

Actualmente, el resultado de aplicar la política y los contratos mencionados, ha contribuido a que exista un alto porcentaje de centrales que mantienen inventarios de diésel elevados y estáticos por períodos de tiempo prolongados, ya que en dicho tiempo, el CENACE no ha dado instrucciones para que estas centrales generen energía eléctrica con este combustible, ya que ha sido posible satisfacer la demanda a través de la generación de energía con otros combustibles más baratos, contribuyendo a un almacenamiento prolongado del combustible.

De acuerdo a la teoría de costos de inventarios de sistemas de demanda independiente, lo anterior generó inicialmente un costo de adquisición por la compra o producción de un lote y, mientras el combustible permanece almacenado, se está generando un costo de almacenaje y de mantener el inventario, el cual es continuo y acumulativo con el tiempo y está asociado al costo de mantenimiento preventivo y correctivo de los tanques de almacenamiento.

También se observa un cambio en las características físicas y químicas del diésel, tal como la pérdida de su poder energético con el transcurso del tiempo, disminuyendo el poder calorífico en el momento de la combustión y generación de vapor, contribuyendo a una menor potencia de la energía eléctrica generada en comparación a haber sido ocupado en el momento de su adquisición o lo más cercano posible. Por otro lado, es necesario “recircular” el diésel cada cierto período de tiempo para mantenerlo más óptimo posible sus características físicas de temperatura, densidad y viscosidad cinemática, entre otras; lo cual contribuye a la pérdida en las centrales que realizaron una inversión previa en la compra del energético.

Actualmente, se continúa suministrando el combustible de acuerdo a la Política de Inventarios y a los Contratos de Autonomía de los Proveedores Externos, incluso en la revisión de un contrato de cumplimiento de Autonomía en una de las centrales con la problemática, se está iniciando el suministro para alcanzar un mínimo de 86% de su máxima capacidad útil, aún cuando *no* se ha generado con diésel desde hace ya varios años, con el único objetivo de no ser observado por la DACPEE.

Observamos que la inercia por seguir haciendo las cosas como siempre se han hecho, continúa, así como una falta de actitud para cambiar la forma de ver la situación ante los cambios políticos y ante las tendencias actuales sobre la restricción del uso de los combustibles líquidos (fósiles) para generar energía eléctrica; por lo que la problemática depende en su totalidad de los recursos humanos involucrados en el proceso, principalmente a los tomadores de decisiones.

Cabe reiterar que la problemática incluye también a las centrales que ocupan en un bajo porcentaje sus inventarios para la generación de energía eléctrica.

### ***1.3. Análisis de la problemática: brecha entre la situación actual y la deseada.***

Considerando las dos secciones anteriores, sin perder de vista que una problemática es un conjunto de problemas relacionados como un sistema funcional, el problema principal en este trabajo es el almacenamiento prolongado de inventarios debido a que no está siendo

ocupado para generar energía eléctrica, tanto en los casos de las centrales donde ya no se ocupa el diesel desde hace años, hasta las centrales, en las que lo ocupan en un bajo porcentaje. Cabe señalar que dichos casos se abordarían de manera diferente, ya que la solución para las centrales en las que no se ha ocupado en años, sería una y para las centrales en que hay baja rotación de inventarios, sería otra.

Gráficamente, la problemática se esquematiza como se muestra en la **Figura 1**, en la que se observa la interacción de los problemas que originan el problema principal señalado en rojo, objeto de estudio del presente trabajo. Observemos que en la parte donde se mide el total del inventario parado es la suma del inventario sin ocuparse de las centrales que no lo ocupan y de las que lo hacen con poca frecuencia.

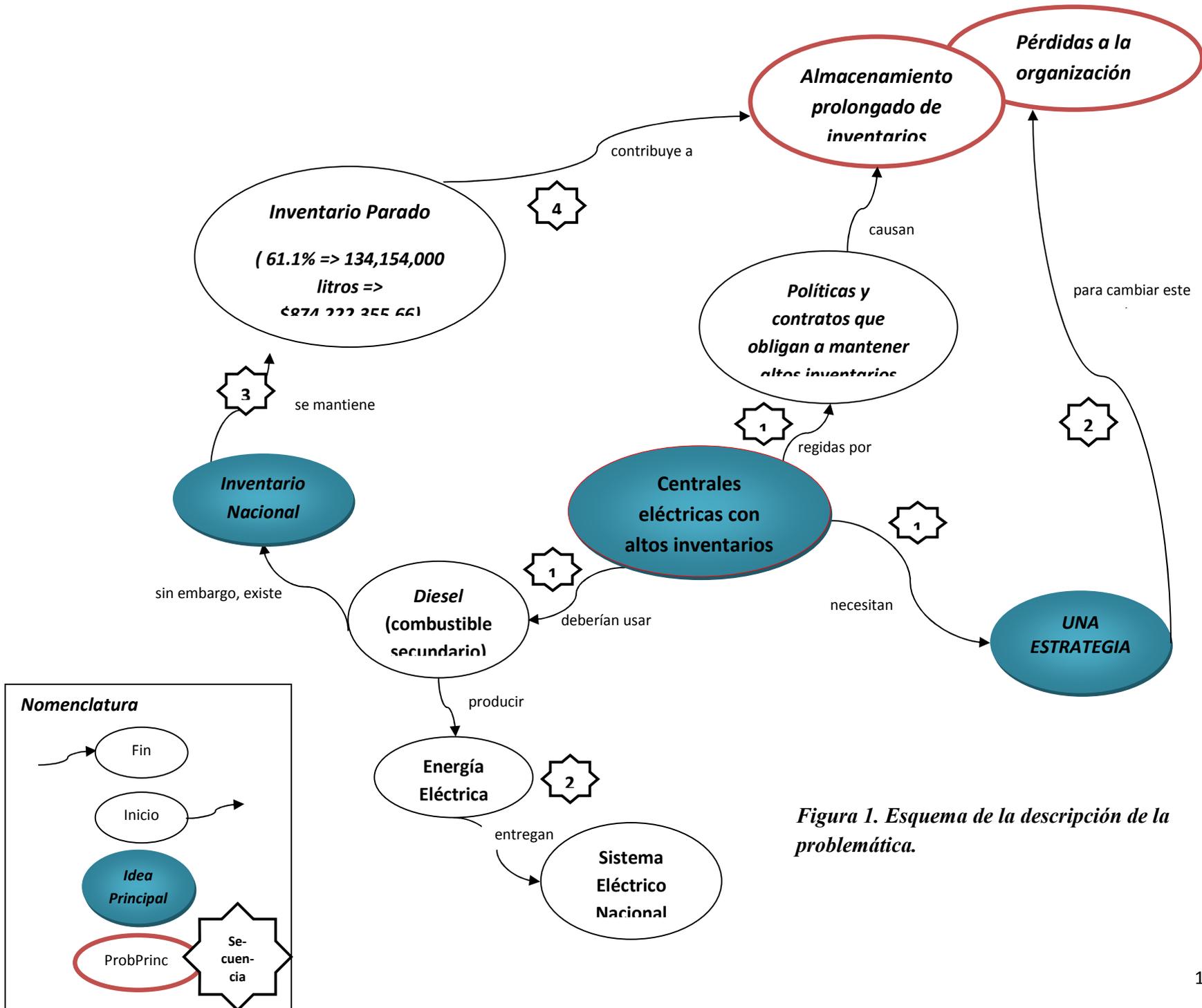
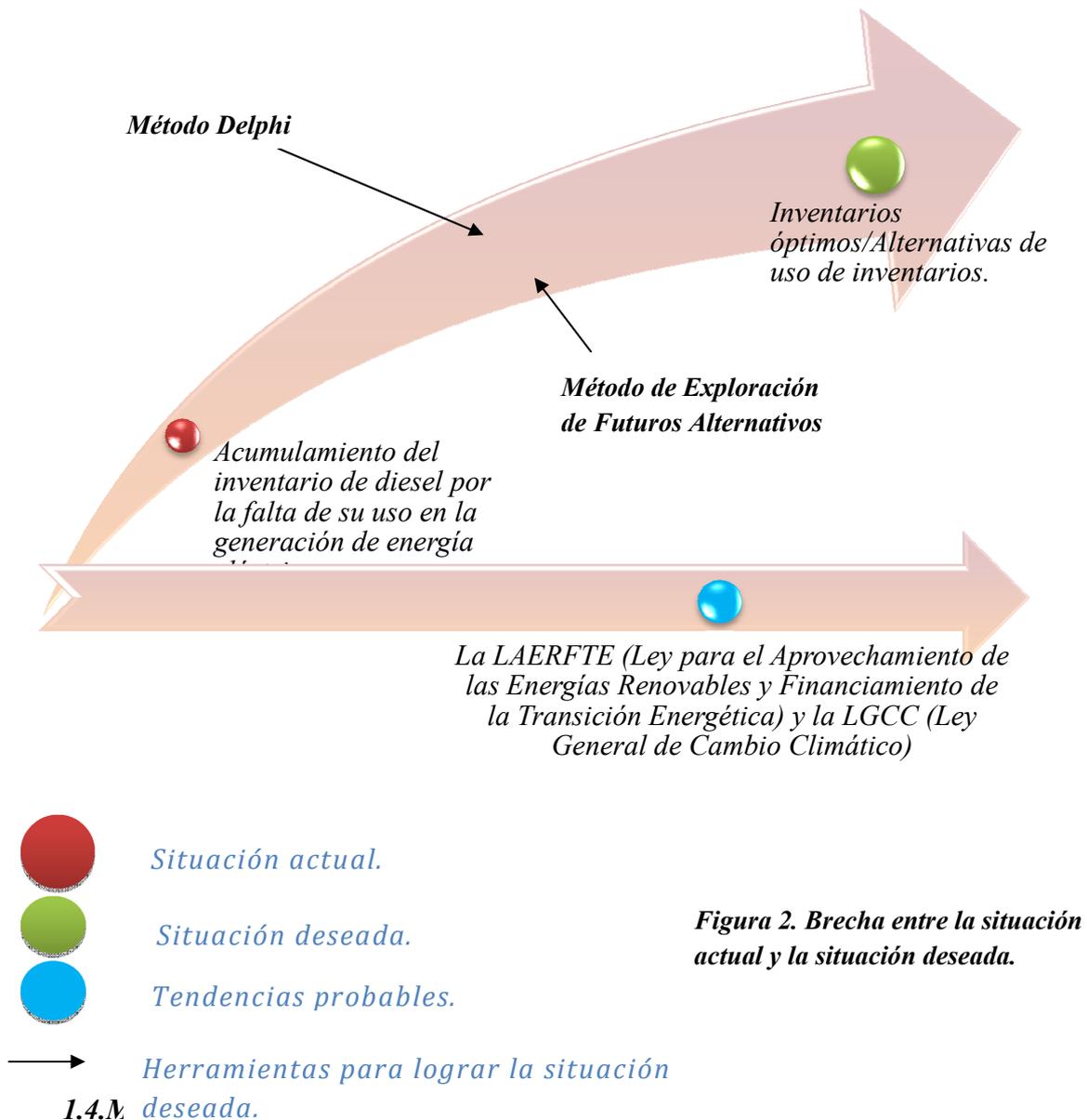


Figura 1. Esquema de la descripción de la problemática.

Con lo anterior, se ha hecho un diagnóstico que nos ubica en dónde está la organización en este momento; sin embargo, el objetivo primordial de la planeación es producir un cambio para cambiar la situación actual a una situación requerida o deseada, tomando en cuenta las tendencias más probables, la visión de la organización, para finalmente elaborar líneas de acción y estrategias.

A continuación, se presenta la siguiente **Figura 2**, en la que podemos observar la brecha existente entre la situación actual y la situación deseada, así como los medios que se ocuparán para llegar a lo deseado. En el esquema se incluyen las tendencias que enmarcan el alcance de la situación deseada, son las guías que nos dirigen por un camino más fácil para alcanzar dicha situación.



**Figura 2. Brecha entre la situación actual y la situación deseada.**

Para cuantificar el problema, se presenta a continuación una relación de las centrales a nivel nacional con tanques de almacenamiento de diésel en la **Tabla 1** -ya sea que lo ocupen para generar o para *arrancar* unidades que generan con combustóleo-, en la que observamos el consumo específico de una fecha reciente y la existencia útil en ese momento; así como la frecuencia de consumo del combustible. Aunque se muestran los datos correspondientes a una fecha determinada, como si se hubiese tomado una fotografía, la tendencia en las centrales es la misma ya que los cambios permanecen en un rango en el que no se altera la tendencia.

Para que ocurra un cambio en la estrategia de generación en el SEN, existen diversos factores que se convierten en las variables de nuestro sistema de estudio, que ocasionan en todos los casos la indisponibilidad de los combustibles primarios en una zona determinada y a que la generación sea por medio del diésel; por ejemplo, restricción de gas o combustóleo, falla de unidades generadoras de las centrales, clima adverso como la temporada de huracanes que imposibilite el suministro de los combustibles primario por los diversos medios de transporte (buque tanque, ferrocarril o auto tanque) e indisponibilidad de transporte debido al fin de los contratos con los transportistas o recisión de contrato con transportistas a causa de inseguridad en las rutas establecidas.

Generalmente, al ocurrir estas contingencias, el CENACE sigue un mismo modelo estratégico alternativo de generación para el SEN; es decir, las centrales y/o unidades generadoras que dejan de generar por los motivos antes expuestos, son sustituidas por centrales y/o unidades ya sabidas que comúnmente son las unidades de diésel; sin embargo, en escasas ocasiones se lleva a cabo una estrategia diferente y revolucionaria que cause la entrada de centrales poco usuales o nunca antes usadas para cubrir alguna falta de demanda, que también pueden ser de diésel.

En la **Tabla 1 (pág. 14)**, en la sección de “Nivel de frecuencia de uso/Observaciones”, se usó el siguiente criterio:

1 Muy frecuente
2 Frecuente
3 Poco frecuente
4 Nulo

En el que cada uno quiere decir:

1. *Nulo*: Años (de 1 a más de 10 años) sin hacer uso del combustible. Nula movilidad de inventarios.
2. *Poco frecuente*: En un año, escasamente hay de 1 hasta cinco consumos máximo.
3. *Frecuente*: En un mes la central tiene de 1 hasta 5 consumos.
4. *Muy frecuente*: Los consumos son de 1 hasta 6 por semana. Puede darse la ocasión que haya meses en los que baja un poco este ritmo, pero no deja de haber consumos. Gran movilidad de inventarios.

*Nota: En los tres últimos casos, el volumen de los consumos puede variar de acuerdo a las necesidades del SEN.*

No.	Central	Consumo			Existencia útil			Nivel de frecuencia de consumo/Observaciones
		Día [m³]	Promedio [m³/día]	Suma mensual [m³]	Capacidad Útil [m³]	Día [m³]	lleno [%]	
<b>Zona: Central</b>								
1	C.C. El Bajío				23,000	18,382	80	4
2	C.C. El Sauz				16,494	15,746	95	4/ya no generará con diesel, sólo gas
<b>Zona: Sureste</b>								
3	C.T. Tuxpan		2.18	8.70	1,103	723	66	1
4	C.C. Tuxpan				20,000	723	4	4
5	T.G. Carmen				2,827	2,664	94	2
6	C.T. Lerma	0.20	0.15	0.59	41	17	41	3/No uso para generar, arrancar unidades
7	C.T. Mérida II				43	22	51	3/No uso para generar, arrancar unidades
8	C.C. Mérida III				20,042	9,452	44	2/Por lo general usa gas
9	T.G. Mérida				2,313	2,080	90	3/No uso para generar, arrancar unidades
10	T.G. Nachicomom				170	150	88	3
11	T.G. Cancún				7,898	7,537	95	2
12	T.G. Nizuc				11,293	10,801	96	2
13	C.T. Valladolid		0.16	0.64	175	83	47	3/No uso para generar, arrancar unidades
14	C.C. Valladolid	428.35	415.66	1,662.63	17,351	14,027	81	1
15	T.G. Xul-há				2,927	2,772	95	2
16	T.G. Chankanaab				8,318	7,964	96	2
<b>Zona: Norte</b>								
17	T.G. Parque				11,893	9,642	81	3
18	T.G. Industrial				1,273	1,010	79	3
19	C.C. Samalayuca II				15,000	10,884	73	4/tanque de almacenamiento estratégico
20	T.G. Chihuahua				4,692	340	7	4
21	C.C. Chihuahua II				9,750	915	9	4
22	C.T. Francisco Villa				428	287	67	4
23	C.C. Gómez Palacio				12,300	0	0	4
24	C.T. Lerdo	0.07	0.07	0.26	490	345	70	3/No uso para generar, arrancar unidades
25	T.G. La Laguna				2,286	118	5	4
26	T.G. Chávez				1,006	204	20	4
27	T.G. Monclova				3,458	35	1	4
28	T.G. Esperanzas				1,764	9	1	4
29	C.C. Saltillo				11,220	11,220	100	4
30	C.Ca. Río Escondido	2.20	8.55	34.21	3,706	3,040	82	1/No uso para generar, arrancar unidades
31	C.Ca. Carbón II	85.62	66.31	265.25	2,319	1,202	52	1/No uso para generar, arrancar unidades
32	C.C. Río Bravo				24,158	22,500	93	4
33	T.G. Tecnológico				2,833	2,738	97	3
<b>Zona: Occidente</b>								
34	C.Ca. Petacalco	0.75	24.57	98.28	3,520	2,219	63	1/No uso para generar, arrancar unidades
35	C.T. M. Álvarez M.	1.03	8.17	32.70	1,289	1,036	80	1/No uso para generar, arrancar unidades
36	C.T. Villa de Reyes	1.07	7.87	31.49	1,042	718	69	1/No uso para generar, arrancar unidades
<b>Zona: Noroeste</b>								
37	C.T. Mazatlán II				548	390	71	3/No uso para generar, arrancar unidades
38	T.G. Culiacán	33.37	8.34	33.37	1,289	1,158	90	3
39	C.T. Topolobampo		0.60	2.41	379	325	86	3/No uso para generar, arrancar unidades
40	C.T. Guaymas II		7.29	29.15	172	103	60	1/No uso para generar, arrancar unidades
41	T.G. Pueblo Nuevo				293	275	94	4
42	T.G. Yécora				3,175	49	2	4
43	T.G. Cd. Obregón II				3,175	3,051	96	3
44	C.T. Pto. Libertad	0.44	1.26	5.05	3,591	1,518	42	2/No uso para generar, arrancar unidades
45	T.G. Ind. Caborca				3,559	3,229	91	3
46	T.G. Nuevo Nogales				128	124	97	4
47	T.G. Mexicali				6,723	3,760	56	4
48	T.G. Tijuana				7,898	256	3	4
49	C.T. Pte. Juárez				394	230	58	4
50	T.G. Ciénega				4,644	3,434	74	3
<b>Zona Noroeste: Península de Baja California</b>								
51	T.G. Guerrero Negro II				260	0	0	1
52	T.G. Sta. Rosalía	21.46	22.67	90.67	2,847	2,756	97	1
53	C.T. Pto. San Carlos	44.34	39.12	156.46	2,177	1,966	90	1/No uso para generar, arrancar unidades
54	T.G. Constitución	71.16	18.08	72.32	1,990	1,918	96	1
55	C.T. Punta Prieta	0.34	0.41	1.64	7	4	51	1/No uso para generar, arrancar unidades
56	T.G. La Paz	13.33	10.46	41.83	2,639	2,299	87	1
57	T.J. Cabo Bello				465	371	80	4
58	T.G. Los Cabos	367.22	219.26	877.04	11,442	11,139	97	1
59	C.T. Baja California I	2.25	3.63	14.53	1,744	1,055	58	1/No uso para generar, arrancar unidades
60	TV-2 CCI BCS				14,864	14,849	100	3/tanque de almacenamiento estratégico

**Tabla 1. Relación de unidades que contienen tanques de almacenamiento de diésel a nivel nacional y su nivel de frecuencia de consumo del mismo.**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustibles Líquidos, CFE. Junio 2014.

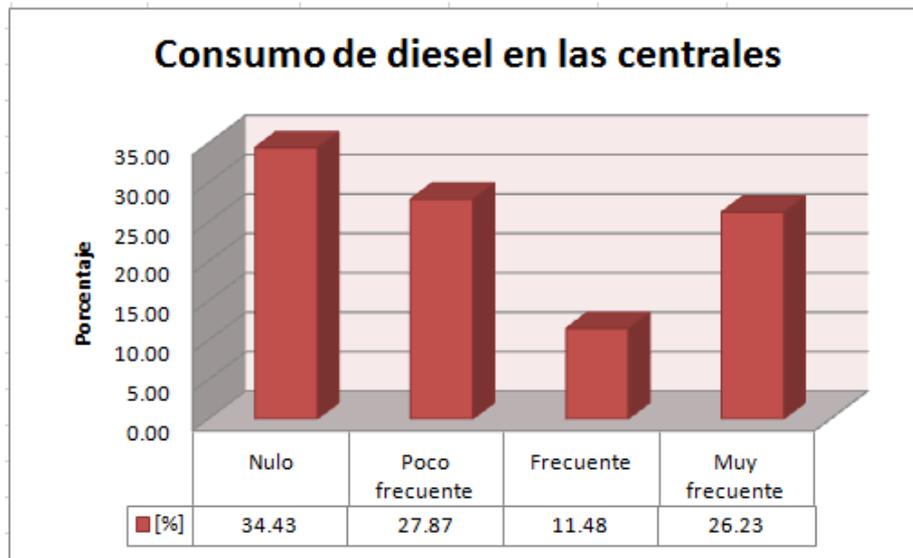
De acuerdo a la información anterior, es posible obtener las siguientes conclusiones:

- a. El inventario total contabilizado en la fecha en que fue calculado fue de 226, 372 m<sup>3</sup>; es decir, 226, 372,210 litros.
- b. En total, son 21 las centrales las que han mantenido su inventario de diésel estático por períodos muy prolongados, incluso por años; es decir, el 34.43 % de las centrales a nivel nacional no han consumido diésel en años.
- c. Ese inventario suma aproximadamente 86, 430 m<sup>3</sup> (86, 430, 167 litros), que oscila en alrededor del 38.2 % del inventario total nacional.
- d. La zona que presenta un mayor problema de nula movilidad de inventarios es la zona norte con 11 centrales (64.7%), seguida de la zona noroeste, exceptuando a la Península de Baja California, con 7 (50 %) y la zona central con 2 (100%). En volumen representa: 46,513 m<sup>3</sup>, 5,066 m<sup>3</sup> y 34,128 respectivamente.
- e. Aproximadamente, el 27.87 % del total de las centrales (17) ocupan el diésel con “poca frecuencia”; es decir, los mantienen estáticos en intervalos desde 3 hasta 11 meses.
- f. Se estima que alrededor del 90% del inventario del punto anterior se mantiene inmóvil, esto es, 47,724 m<sup>3</sup>, que representa el 21.1 % del inventario total nacional.
- g. La suma del inventario del inciso “c” y “f”, es de 134, 154 m<sup>3</sup>.
- h. Sólo 7 centrales, que representa el 11.48 % a nivel nacional, -todas en la Zona del Sureste- consumen el diésel de manera “frecuente”; es decir, en un mes hay consumos esporádicos de entre 1 a 10 ocasiones o continuos que pueden durar un mes completo.
- i. El 26.23 % del total de las centrales a nivel nacional (16), consumen diésel “muy frecuentemente”, ubicándose la mayoría (8) en la Península de Baja California – parte de la Zona Noroeste-, seguidas de la Zona Occidente (3), Sureste (2), Norte (2) y, finalmente, con una en la Zona Noroeste, de la región que no corresponde a la Península de Baja California.

En la siguiente **Gráfica 1** es posible observar que existe un elevado porcentaje de centrales a nivel nacional (35%) que no han consumido el diésel en años; esto implica que el 40% del inventario nacional; es decir, 86, 430, 167 litros aproximadamente, está inmóvil.

El 27.87% de las centrales ocupan el volumen “poco frecuente”; el volumen que permanece estático es de aproximadamente 47,724 m<sup>3</sup>.

En la siguiente sección, se calculará el valor de la inversión realizada para los casos de nula frecuencia y poca frecuencia de uso del combustible.



**Gráfica 1. Análisis del consumo de diésel de las centrales a nivel nacional.**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustible Líquidos, CFE. Junio 2014.

#### ***Cálculo de la inversión de inventarios estáticos.***

Esta parte está dividida en dos secciones; en la primera se calcula la inversión realizada tomando los datos de los inventarios que han permanecido sin usarse por más de 6 años (datos históricos a los que hay acceso) y, en la segunda parte se calcula la inversión realizada del inventario de las centrales que lo usan de manera “poco frecuente” discriminando que sólo el 10% es usado y el 90% se mantiene estático por años.

#### ***Cálculo de la inversión de inventarios con “nula frecuencia de uso”.***

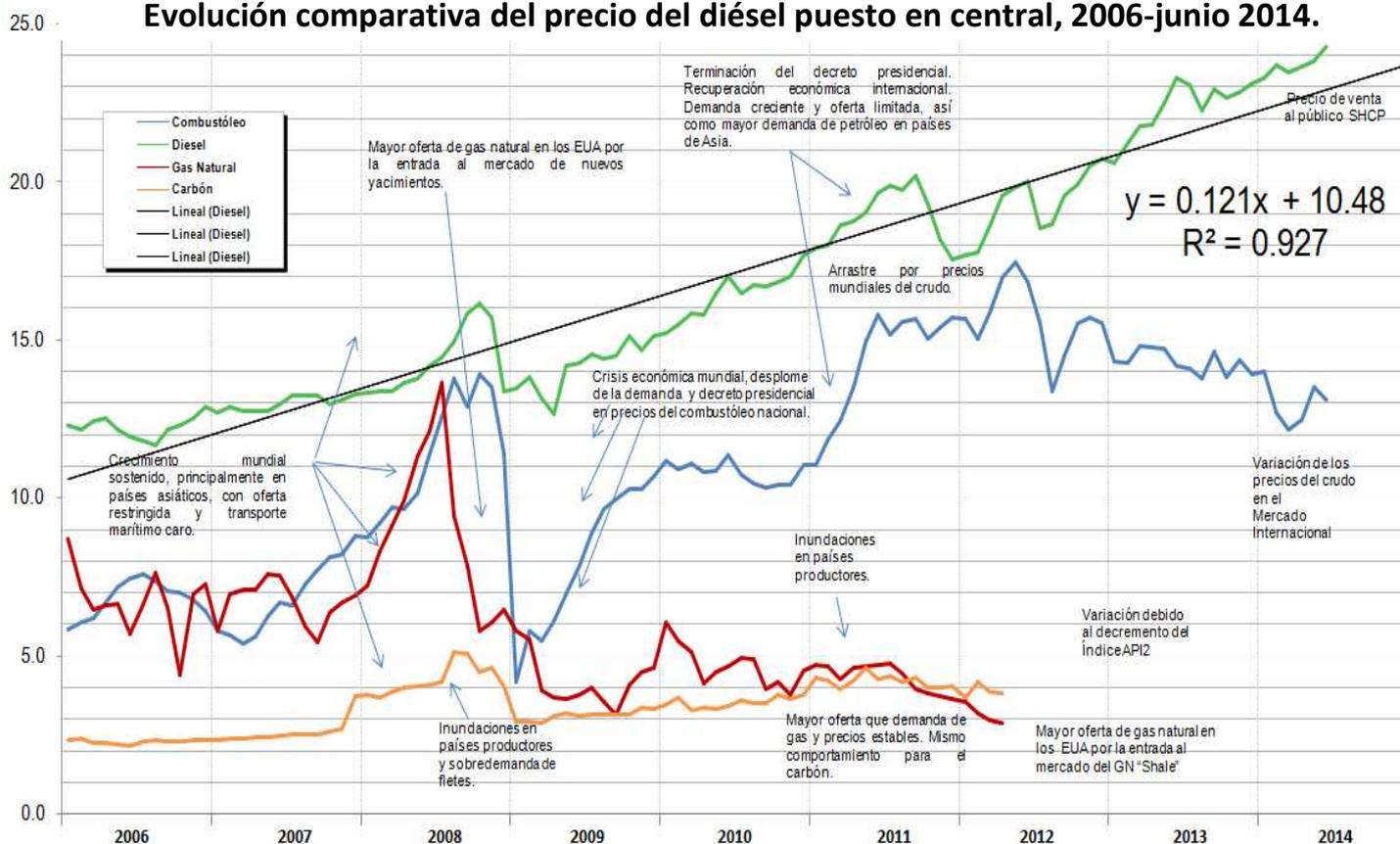
Para determinar el costo de la inversión de la adquisición del inventario que se mantiene estático, es necesario conocer el precio en el momento en que se adquirió el producto, así como la cantidad correspondiente a dicho precio.

Sin embargo, dado que resulta complicada la contabilidad de esa forma, pues no se cuenta con las fechas precisas y la documentación necesaria para realizarla, será necesario conocer el historial de precios ponderados del diésel a través de los años; posteriormente, obtener una función lineal con respecto al gráfico del historial de datos para obtener el valor medio por año del precio del diésel y, de esta forma, calcular el volumen adquirido en el año correspondiente.

Con respecto a esto, se realizó el historial de precios de diésel y de los otros combustibles fósiles correspondientes al período 2006 a junio de 2014 (*ver Gráfica 2*), en el que además de mostrar que el diésel es el combustible más caro, fue posible obtener la tendencia lineal de éste con la siguiente función:

El valor de correlación,  $R^2$ , indica que la relación entre las variables “x” e “y”, se aproxima en buena medida a la función original.

### Evolución comparativa del precio del diésel puesto en central, 2006-junio 2014.



**Gráfica 2. Evolución comparativa del precio del combustóleo, diésel, carbón y gas natural, puesto en central [USD/MMBTU].**

Fuente: Gerencia de Combustibles Líquidos. Junio de 2014.

Con la función lineal, fue posible establecer la relación del valor medio del precio de diésel por cada año, quedando de la siguiente forma:

y	x	Año
10.48	0	0
12.0046	12.6	2006
13.4566	24.6	2007
14.9086	36.6	2008
16.3606	48.6	2009
17.8126	60.6	2010
19.2646	72.6	2011
20.7166	84.6	2012
22.1686	96.6	2013
23.6206	108.6	2014

**Tabla 2. Relación del valor medio del precio del diésel en el período 2006-junio de 2014 [USD/MMBTU].**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustibles Líquidos.

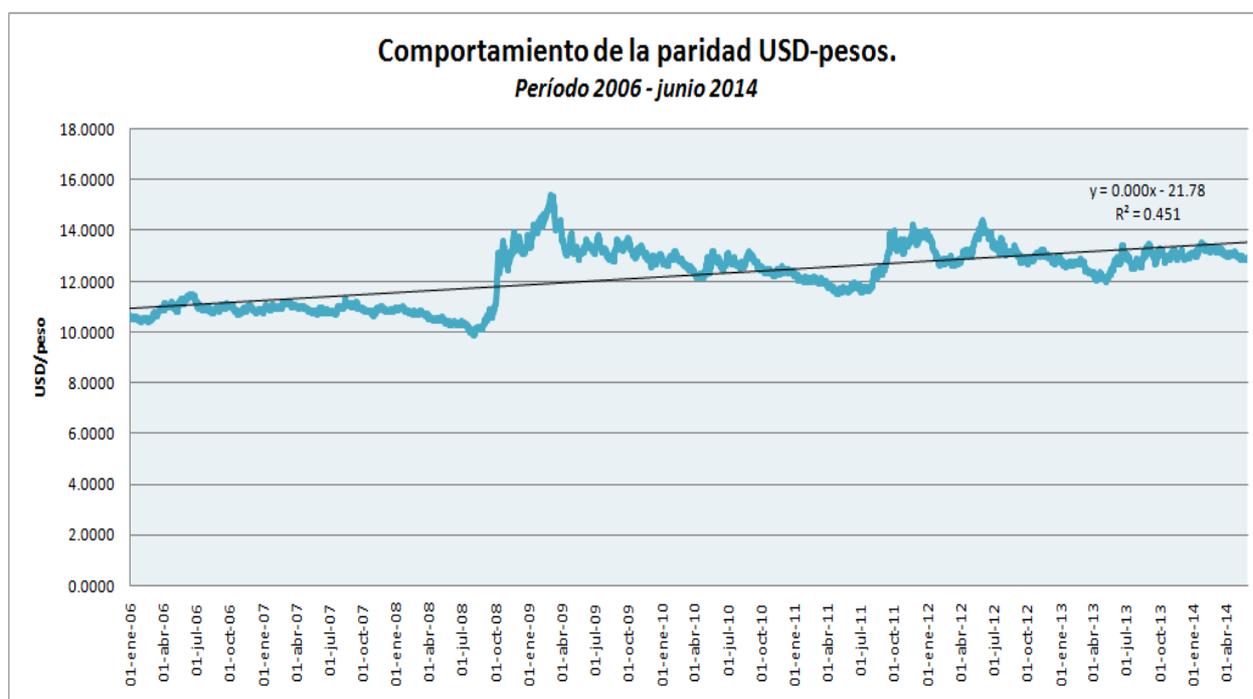
Donde  $x$  = año e  $y$  = valor medio del precio del diésel (en dólares) por cada unidad de MMBTU.

Dado que las unidades del valor del precio están en [USD/MMBTU], será necesario convertirlo a [\$/m<sup>3</sup>]. Para ello se debe considerar en primer lugar, obtener el historial de la evolución de la paridad del dólar en el mismo período aplicando también la tendencia lineal  $y$ , finalmente considerar las siguientes relaciones:

- 1 MMBTU = 0.252 Gcal.
- El poder calorífico del diésel es 9.243 [Gcal/m<sup>3</sup>].
- El valor medio de la paridad por cada año [\$/USD].

En la siguiente **Gráfica 3**, podemos apreciar el comportamiento de la paridad del dólar con respecto al peso en el período 2006 - junio del 2014. Al obtener la función de la tendencia, observamos que muestra una pendiente muy cercana al cero y el factor de correlación,  $R^2$ , está más cercano a 0 que a 1; por lo que no existe una óptima relación entre ambas variables.

Por tal motivo, se decidió obtener la media de los valores en dicho período. El resultado fue el siguiente: **12.2380 [\$/USD]**.



**Gráfica 3. Comportamiento de la paridad del dólar con respecto al peso mexicano en el período 2006 – junio de 2014. [pesos/USD].**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustibles Líquidos.

A continuación, se presenta la **Tabla 3** correspondiente a la equivalencia en el precio [USD/MMBTU] a [\$/m<sup>3</sup>]:

x [Año]	y [USD/MMBTU]	y [\$/m <sup>3</sup> ]
0	10.48	3843.91429
2006	12.0046	4403.11579
2007	13.4566	4935.68864
2008	14.9086	5468.2615
2009	16.3606	6000.83436
2010	17.8126	6533.40721
2011	19.2646	7065.98007
2012	20.7166	7598.55293
2013	22.1686	8131.12579
2014	23.6206	8663.69864

**Tabla 3. Equivalencia de unidades del precio del diésel por año.**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustibles Líquidos.

Tomando de la **Tabla 1** (pág. 14) sólo las centrales con inventarios estáticos y haciendo una relación del año en que se adquirió el volumen en cada central con el precio aplicable a dicho año (**Tabla 3**), se obtuvieron los resultados en lasiguiente **Tabla 4**:

No.	Central	Existencia útil			Monto de la adquisición [\$]
		Capacidad Útil [m <sup>3</sup> ]	Día [m <sup>3</sup> ]	lleno [%]	
<b>Zona: Central</b>					
1	C.C. El Bajío	23,000	18,382	80	\$85,402,100.06
2	C.C. El Sauz	16,494	15,746	95	\$101,006,764.41
<b>Subtotal</b>					<b>\$186,408,864.47</b>
<b>Zona: Sureste</b>					
4	C.C. Tuxpan	20,000	723	4	\$3,184,333.34
<b>Subtotal</b>					<b>\$3,184,333.34</b>
<b>Zona: Norte</b>					
19	C.C. Samalayuca II	15,000	10,884	73	\$80,510,580.19
20	T.G. Chihuahua	4,692	340	7	\$1,498,195.37
21	C.C. Chihuahua II	9,750	915	9	\$4,028,296.15
22	C.T. Francisco Villa	428	287	67	\$1,263,033.76
23	C.C. Gómez Palacio	12,300	0	0	\$176.12
25	T.G. La Laguna	2,286	118	5	\$520,316.19
26	T.G. Chávez	1,006	204	20	\$900,159.78
27	T.G. Monclova	3,458	35	1	\$171,317.75
28	T.G. Esperanzas	1,764	9	1	\$40,160.82
29	C.C. Saltillo	11,220	11,220	100	\$58,691,029.74
32	C.C. Río Bravo	24,158	22,500	93	\$119,041,587.32
<b>Subtotal</b>					<b>\$266,664,853.22</b>
<b>Zona: Noroeste</b>					
41	T.G. Pueblo Nuevo	293	275	94	\$1,356,011.35
42	T.G. Yécora	3,175	49	2	\$217,417.05
46	T.G. Nuevo Nogales	128	124	97	\$611,872.39
47	T.G. Mexicali	6,723	3,760	56	\$28,176,455.10
48	T.G. Tijuana	7,898	256	3	\$1,537,941.84
49	C.T. Pte. Juárez	394	230	58	\$1,628,383.37
<b>Subtotal</b>					<b>\$33,528,081.10</b>
<b>Zona Noroeste: Península de Baja California</b>					
57	T.J. Cabo Bello	465	371	80	\$2,425,684.23
<b>Subtotal</b>					<b>\$2,425,684.23</b>
<b>Total</b>					<b>\$492,211,816.35</b>

**Tabla 4. Monto total de la inversión del inventario que se mantiene inmóvil, sin considerar pérdidas.**

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustibles Líquidos. Junio 2014.

Podemos apreciar que el monto de la inversión hecha del inventario que permanece estático, es aproximadamente \$492, 211, 816.35; monto al que si se le agregan costos de mantenimiento de los tanques, pérdidas de las características caloríficas del diésel y la nula ganancia en el tiempo, sumaría una cantidad mayor; situación que en definitiva representa una pérdida para la empresa.

Cabe destacar que dicha inversión fue hecha en la mayoría de los casos en los años 2006, 2007 y 2008; la minoría de los casos se hizo en 2012 y 2013.

**Cálculo de la Inversión de inventarios con “poca frecuencia de uso”**

El valor calculado en el punto anterior no considera el caso en el que el diésel es usado con “poca frecuencia”, que no deja de representar un problema de costos de inventarios, con consecuencias financieras negativas; por lo que a continuación se mostrarán los resultados del cálculo de la inversión realizada.

Se escogieron de la **Tabla 1 (pág. 14)**, las centrales que están clasificadas como uso del diésel con “poca frecuencia”; posteriormente, se calcularon los montos en los que se adquirió el producto. Cabe señalar que en la mayoría de estos casos, la antigüedad del combustible es a partir del año 2011.

No.	Central	Existencia útil			Volumen aproximado inmóvil	Monto de la adquisición [\$]
		Capacidad Útil [m³]	Día [m³]	lleno [%]		
<b>Zona: Sureste</b>						
6	C.T. Lerma	41	17	41	15	\$129,599.40
7	C.T. Mérida II	43	22	51	20	\$172,843.39
9	T.G. Mérida	2,313	2,080	90	1,872	\$15,153,298.15
10	T.G. Nachicom	170	150	88	135	\$1,169,599.32
16	C.C. Campeche	11,783	10,504	89	9,454	\$76,871,411.11
13	C.T. Valladolid	175	83	47	75	\$607,826.86
<b>Subtotal</b>						<b>\$94,104,578.22</b>
<b>Zona: Norte</b>						
17	T.G. Parque	11,893	9,642	81	8,678	\$70,559,419.82
18	T.G. Industrial	1,273	1,010	79	909	\$7,394,362.04
24	C.T. Lerdo	490	345	70	311	\$2,310,957.82
33	T.G. Tecnológico	2,833	2,738	97	2,464	\$21,464,163.12
<b>Subtotal</b>						<b>\$101,728,902.79</b>
<b>Zona: Noroeste</b>						
37	C.T. Mazatlán II	548	390	71	351	\$2,636,202.85
38	T. G. Culiacán	1,289	1,158	90	1,042	\$4,277,232.36
39	C.T. Topolobampo	379	325	86	293	\$2,535,652.33
43	T.G. Cd. Obregón II	3,175	3,051	96	2,746	\$21,795,498.55
45	T.G. Ind. Caborca	3,559	3,229	91	2,906	\$22,780,130.40
50	T.G. Ciprés	4,644	3,434	74	3,091	\$23,487,127.10
<b>Subtotal</b>						<b>\$77,511,843.59</b>
<b>Zona Noroeste: Península de Baja California</b>						
60	TV-2 CCI BCS	14,864	14,849	100	13,364	\$108,665,214.70
<b>Subtotal</b>						<b>\$108,665,214.70</b>
<b>TOTAL</b>						<b>\$382,010,539.31</b>

**Tabla 5. Monto de la inversión realizada del inventario que permanece inmóvil en la modalidad de uso de “poca frecuencia”.**

*Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Combustibles Líquidos.*

De manera que si se suman los montos del inventario que han permanecido inmóvil, la cantidad resultante es:  $\$492, 211, 816.35 + \$382, 010, 539.31 = \underline{\$874, 222, 355.66}$ ; monto que, sin lugar a dudas, representa una cantidad considerable que efectivamente ha proporcionado “seguridad” al Sistema Eléctrico Nacional, pero no ha redituado las “ganancias” que pudo haber generado a lo largo del tiempo desde el momento en que el combustible fue adquirido.

Dicho monto puede ser comparado con la compra de 61, 565,000 litros (ó 61,565 m<sup>3</sup>) de diesel al precio actual (\$ 14,200 por cada 1000 litros o por cada metro cúbico al mes de mayo de 2015), que proporcionarían 72 días de generación a máxima carga de la Central Ciclo Combinado Valladolid, por ejemplo.

Por lo anterior, y que es preocupante, es considerado como una “pérdida” por los siguientes factores:

- i. El combustible no ha sido ocupado, por lo que la inversión no genera una ganancia directa. Este tipo de inventario se clasifica en costoso, ya que se realizó una poderosa inversión y de rotación lenta o nula.
- ii. El diésel tiene una caducidad, y al estar almacenado por períodos prolongados de tiempo, pierde sus propiedades caloríficas, factor determinante para que el desempeño en una unidad generadora no sea la óptima.
- iii. Genera un costo de almacenamiento y mantenimiento, en el que además de dicho costo, se suma el costo del trasiego del combustible de un tanque a otro para llevar a cabo el mantenimiento, así como los riesgos propios del traspaso.
- iv. Se está perdiendo el costo de oportunidad del uso de dicho combustible; ya que además de las ganancias que pudiesen generarse por su propio fin y que se están perdiendo, se podrían crear planes para balancear el uso de éste, a través de traslados efectivos del combustible a tanques de almacenamiento en el que sí se ocupa con mayor frecuencia o bien, vender dicho combustible a mercados que pueda dejar una utilidad.

Dados los puntos anteriores, es muy importante proponer medidas que puedan amortiguar las pérdidas que se están generando, así como acciones que prevengan el acumulación innecesario de inventario a través de políticas de almacenamiento bien pensadas y calculadas que continúen proporcionando “seguridad” al Sistema Eléctrico Nacional.

### **1.5. Objetivo General**

Elaborar una estrategia en la cual se asegure el máximo aprovechamiento del inventario de diesel que resguardan las centrales termoeléctricas (de tipo turbo gas y ciclo combinado) en las que se ha observado que desde hace varios años no ha sido usado en unos casos y, en otros, con poca frecuencia, para el fin específico de coadyuvar a proporcionar el servicio de generación de energía eléctrica; por lo cual, no contribuye a ningún beneficio a la organización. Además se espera que la estrategia contribuya a cambiar las decisiones en cuanto al llenado de los tanques de almacenamiento de las centrales con la problemática, con respecto a la forma en que se hace actualmente.

#### **1.5.1. Objetivos específicos**

- i. Aplicar el Método Delphi y el Método de Exploración de Futuros Alternativos para elaborar una estrategia induciendo la generación de escenarios en la tendencia del uso del diesel para la producción de energía eléctrica en el marco de la Reforma Energética.
- ii. Enmarcar las soluciones de la estrategia que den respuesta a los problemas de las centrales con nulo uso de inventario y de las que lo rotan con poca frecuencia.
- iii. Aplicar el Método de Exploración de Futuros a la estrategia obtenida del Método Delphi para inducir los diferentes escenarios que puedan modificar los resultados obtenidos en la estrategia.

### **1.6. Supuesto**

Se elaborará una estrategia que cambiará la *operatividad actual* de la administración de inventarios de diesel de las centrales termoeléctricas de tipo turbogas y ciclo combinado; a una que continúe proporcionando confiabilidad al Sistema Eléctrico Nacional –en cuanto a generación de energía se refiere–, aprovechando de la manera más óptima posible los recursos disponibles para proporcionar un beneficio a la organización que actualmente no ha alcanzado la dimensión deseada.

La estrategia reducirá la brecha entre la situación actual y la situación deseada mediante la aplicación de dos métodos cualitativos: Delphi y Exploración de Futuros Alternativos para lograr el estado deseado, tomando en cuenta las tendencias del uso de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

El Método Delphi está encaminado a solucionar la problemática en cuanto al destino correcto del inventario que no se está usando o ajustar el nivel de inventario en las centrales con baja frecuencia de uso. El Método de Exploración de Futuros Alternativos complementa a la estrategia surgida, analizando los eventos sucesivos de sus principales conclusiones para determinar si se convertirán en factores de éxito o en riesgos.

### ***1.7. Justificación***

En primer lugar, se debe cambiar la manera de administrar los inventarios de diésel en las centrales termoeléctricas, dado que no se observa el beneficio deseado. En segundo lugar, nos encontramos ante un escenario de incertidumbre debido a los cambios políticos en el marco de la Reforma Energética. Ambos aspectos inducen hacia la elaboración de una estrategia para cambiar la situación actual.

Dada la importancia del problema y la implicación de la toma de decisiones para el futuro de la organización por la naturaleza del tipo de servicio dentro de un escenario de incertidumbre, la aplicación del Método Delphi y del Método de Exploración de Futuros, parecen ser los ideales para elaborar la estrategia.

El Método Delphi ha demostrado desde su creación su efectividad para la elaboración de predicciones o formulación de estrategias sobre temas en los que existe bastante incertidumbre, mediante la opinión de expertos. Por otro lado, el Método de Exploración de Futuros ha demostrado gran efectividad en complementar al primer método mediante la incursión de análisis de escenarios a través de la implicación de eventos sucesivos.

Por lo anterior, se ha recurrido a la consulta a expertos en ambos métodos, ya que es necesario garantizar la calidad de la información que se obtenga, pues son ellos quienes pueden proporcionar un panorama amplio y veraz mediante sus conocimientos y experiencia, mediante cuestionarios que contestarán sin la influencia de alguien más.

Debido a las actuales tecnologías de información, entre ellos el correo electrónico, así como software especializado para la elaboración de cuestionarios, el Método Delphi ha retomado importancia y se aplica en diversas áreas, desde las sociales hasta la médica. Actualmente hay una gran diversidad de artículos científicos y publicaciones que hacen referencia al Método Delphi por su efectividad en encontrar soluciones y elaboración de pronósticos y estrategias; por lo que no se dudó en aplicarlo en el presente trabajo de tesis.

### ***1.8. Alcance del estudio.***

Este trabajo incluye la formulación de una estrategia, así como un registro de riesgos y factores de éxito, sin incluir la administración de riesgos; por tanto, tampoco incluye la fase de implementación.

El estudio incluye las zonas donde están ubicadas las centrales que tienen su inventario sin usarse y con rotación de poca frecuencia; las cuales, de acuerdo a las Tablas 4 y 5, son las siguientes: Central, Sureste, Norte y Noroeste, que suman 21 centrales con inventario estático y 17 con uso de poca frecuencia.

A pesar de que la problemática sólo abarque estas zonas, para el panel de expertos, se incluirá a personal de las zonas donde no existe el problema. El personal incluido es operativo y tomadores de decisiones.

## CAPÍTULO 2

### **2. ANTECEDENTES, SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DEL USO DEL DIESEL PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.**

#### ***2.1.El diésel***

El diésel es un combustible refinado derivado del petróleo con características químicas que han demostrado una ventaja superior con respecto a la gasolina, en cuanto a la energía proporcionada por la misma unidad de volumen. Los niveles elevados de cetano hacen que el diésel quemé más fácilmente y de manera regular, brindando una mayor potencia.

Además de los tipos diferentes de energía y cetanos, el diésel también se clasifica en función de su nivel de azufre. El contenido de azufre crea tres tipos diferentes de azufre: Diésel Ultra Bajo en Azufre (DUBA), Diésel Industrial Bajo en Azufre (DIBA) y Diésel común o regular.

El DUBA contiene menos de 15 partes por millón de azufre, mientras que el contenido de azufre en el diésel común varía entre 500 y 5000 partes por millón; el DIBA se encuentra en un rango de 15 a 500 partes por millón de azufre. Las refinerías quitan el 97% del sulfuro original antes de que llegue al mercado. El proceso de eliminación de azufre permite que los dispositivos de control de escape de los motores diésel funcionen mejor.

El tipo de diésel que se usa con mayor frecuencia en las centrales generadoras del país es el Diésel Industrial Bajo en Azufre (DIBA); sin embargo, existen zonas que por su ubicación y función estratégica en el turismo y en el medio ambiente, se encuentran protegidas y reguladas bajo normativas de protección al ambiente; por lo que usan Diésel Ultra Bajo en Azufre (DUBA); como en el caso de las centrales de la Península de Baja California, principalmente en la ciudad de Los Cabos.

#### ***2.1.1. Ventajas del diésel.***

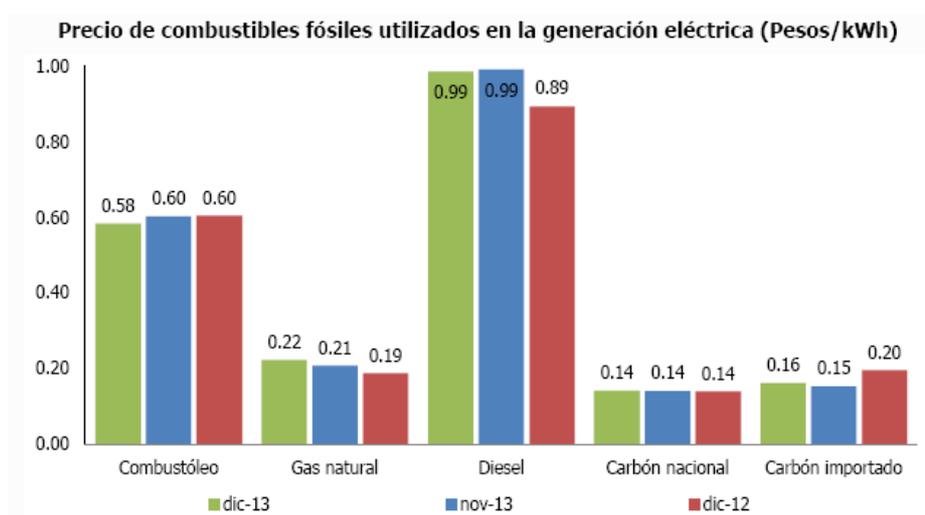
Cuando se compara con otros combustibles, el diésel tiene algunas ventajas; entre ellas, es menos inflamable que otros combustibles y más fácil de obtener, ayuda a que la unidad generadora tenga mayor duración y reduzca las necesidades de mantenimiento.

#### ***2.1.2. Desventajas del diésel.***

El diésel también tiene algunas desventajas. Al igual que la gasolina, vence rápidamente. La caducidad ocurre en un período comprendido entre los 18 y 24 meses, mucho menor que otros combustibles. También requiere grandes tanques de almacenamiento y la instalación de esos tanques encarece los costos de los sistemas asociados al diésel. Además, puede no estar disponible durante la ausencia de energía eléctrica.

Otra desventaja importante que ya se había mencionado, pero que es importante recalcar, es el costo de éste; ya que actualmente y desde hace varios años (como referencia desde el 2006, ver *Gráfica 2, pág. 17*), se ha mantenido como el combustible fósil más caro; factor determinante para que sea utilizado sólo en los casos de contingencia mencionados

anteriormente. En la siguiente gráfica, se observa la comparativa de los precios de los combustibles fósiles por cada kW generado cada hora, lo que nos indica que es más caro generar con diésel que con cualquier otro combustible; cuya consecuencia esperada es la menor generación posible con este combustible; una razón más por la que se cree es importante mantener inventarios adecuados y no excesivos de diésel.



**Gráfica 4. Comparación de los precios de combustibles fósiles.**

Fuente: Reporte Mensual de Estadísticas del Sector Eléctrico. Enero 2014. Comisión Reguladora de Energía.

## 2.2. Política actual de niveles de almacenamiento de la Subdirección de Energéticos, CFE.

Actualmente, hay una política en la CFE que indica que *un nivel confiable de inventarios de combustóleo y diésel deber ser de 65.0% a nivel nacional para ambos combustibles*. El dato anterior equivale a 30 días o más de autonomía *por central* que proporciona confiabilidad a la generación del SEN.

Sin embargo, esta política es muy subjetiva, pues no existe un estudio de fondo que la respalde; además, existen contratos de cumplimiento de autonomía en las centrales regidas por Proveedores Externos (privados), que son indicadores diferentes al nivel mencionado en la política actual. La función principal de ésta es medir únicamente un inventario nacional para fines de calidad, sin considerar las especificaciones de cada central, así como la nula adaptación de ésta atendiendo las tendencias mundiales sobre el uso de los combustibles fósiles.

En la siguiente **Figura 2**, podemos observar un ejemplo del reporte que contiene la medición de inventarios correspondiente a Marzo de 2014 de combustóleo.

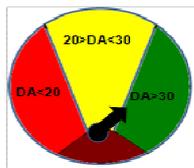
## UNIDADES DE MEDICION OPERATIVA

### SUFICIENCIA DE INVENTARIOS DE COMBUSTÓLEO PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**Descripción:** Es el volumen de los combustibles líquidos almacenados, que proporcionan autonomía de generación (en un tiempo determinado).

**Fórmula:**

$$DG = \sum \left( \frac{IU}{CC} \right)$$



Marzo	Autonomía en días	Semáforo	Tend
TOTAL Combustóleo	56.3		

Meta Anual Programada: **≥ 30 días**      Margen : **-5 días**

**Descripción de las variables de la fórmula:**

**Días de Generación (DG)**= Es el total de días de generación de energía eléctrica en las Centrales Termoeléctricas en función de la existencia de combustóleo y los consumos

**Inventario Útil (IU)**= Es la suma del inventario disponible para el consumo de combustóleo en el tanque o tanques de almacenamiento del total de las Centrales Termoeléctricas en un mes dado.

**Consumos de Combustóleo (CC)**= Es la suma de los consumos diarios de combustóleo que presenta el total de las Centrales Termoeléctrica para la generación de energía en un mes dado.

2014	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Promedio P.
Existencias	5,388	5,860	5,673										5,371
Real	69,401	80,199	100,738										83,571
Días	78	71	56										68

**Figura 2. Reporte del indicador “días de generación” de las centrales termoeléctricas que generan con combustóleo.**

Fuente: Gerencia de Combustibles Líquidos, CFE.

El cálculo del inventario se lleva a cabo sumando la existencia útil de las centrales a nivel nacional con respecto a la capacidad útil de los tanques de almacenamiento de dichas centrales. Posteriormente, se calcula el consumo promedio durante el mes correspondiente al análisis y, finalmente, se obtiene el cociente del inventario o existencia útil con el promedio del consumo; es decir:  $\frac{IU}{PC}$ , donde:

$DG = \text{Días de Generación [días]}$ ,

$IU = \text{Inventario o existencia útil [m}^3\text{]}$ ,

$PC = \text{Promedio de consumo [m}^3\text{/día]}$

Como se había mencionado, la suma del inventario de diésel considera *todas las centrales*, sin importar si la central dejó de operar, si es gestionada por Proveedores Externos de Energía; o bien, si la central no ha generado en un largo período, pero el inventario está disponible para generar cuando el SEN lo requiera; que por estadística, hemos observado que pueden pasar muchos años para que esto suceda.

Mientras una central no genere, sus unidades pueden estar completamente apagadas, también llamado estado de *Reserva Fría (RF)*, o se encuentran encendidas sin generar (Reserva Rodante o Caliente), según lo indique el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de acuerdo a la demanda del sistema. Sin embargo, existen centrales con inventarios altos o medios en donde se sabe que la expectativa de generación a corto plazo será nula ya que son tanques estratégicos para cubrir períodos de posible desabasto del combustible (principalmente en temporadas de huracanes) cuando Petróleos Mexicanos (PEMEX) no pudiese abastecer a las centrales; sin embargo, generalmente éstos están ubicados en regiones en las que la generación con diésel es prácticamente nula, como el caso del tanque de almacenamiento en la C.C. “Samalayuca”.

Sin embargo, está el caso del tanque estratégico TV-2 CCI Baja Sur en la Península de Baja California, en la que por el tamaño de la Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR) de PEMEX, no puede almacenar grandes cantidades de diésel, siendo una zona en la que la generación es principalmente por combustóleo, seguida por el diésel, ya que no hay gasoductos que inyecten gas a las centrales; de manera tal que, en este caso sí se ha hecho uso del diésel almacenado en dicho tanque y que, actualmente, está en recuperación del inventario.

Por otro lado, existen centrales con inventarios muy bajos de hasta 0.0%, que son contabilizadas para el inventario nacional, lo cual produce un efecto negativo al nivel final, restando puntos; pero que se balancea con las centrales con altos niveles que permanecen sin rotación. En ambos casos, las centrales ya no operan y tienen períodos de tiempo prolongados (más de 8 años) que no sincronizan con el SEN. Para mayor referencia ver **Tabla 1** (pág. 14).

En conclusión, podemos observar que la política no contempla las condiciones operativas de las centrales, sólo suma los inventarios; es decir, no existen políticas de nivel de inventario por central, por lo que localmente (en las centrales) no es posible saber cuál es el nivel óptimo de inventario con el que debería contribuir cada una para la confiabilidad de la generación en el SEN.

Actualmente el uso y costumbre es “llenar” la central -si ésta cuenta con capacidad de recepción-, al nivel máximo operativo, sin conocer en la mayoría de las ocasiones la expectativa real de cuándo será consumido nuevamente, pues debemos recordar que el comportamiento del Sistema Eléctrico Nacional puede resultar incierto en algunas ocasiones, pero puede conocerse la estrategia de resolución; sin embargo, las centrales suelen recuperar su inventario sin que vuelvan a utilizarlo en períodos prolongados, incluso años; o por el contrario, pueden ocuparlo inmediatamente, siendo únicamente el 26.23% de las centrales con posibilidades de realizar esta acción (ver **Gráfica 1**, pág. 16). También se observa el caso en que las centrales vuelven a hacer uso de su inventario a mediano plazo, el 11.48% (ver **Gráfica 1**, pág. 16); es decir, en meses.

### ***2.3.Tendencias mundiales y nacionales del uso de los combustibles fósiles como fuente de energía para la generación eléctrica.***

Es importante conocer para nuestro estudio las tendencias mundiales sobre el uso de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, ya que es un factor determinante para la toma de decisiones en los resultados del presente trabajo de tesis. A continuación, se presenta el trabajo de investigación que se realizó sobre ellas.

La tendencia mundial y nacional nos indica la reducción de la generación con combustibles fósiles mediante la promulgación de diversas leyes, por ser los principales contribuyentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), situación que está siendo un factor predominante en la disminución de la frecuencia de despacho con combustibles fósiles, incluido el diésel.

Estas tendencias y políticas mundiales son claras en sus objetivos y están encaminadas a contar con centrales más eficientes, con el uso de fuentes de energía más limpias, así como redes de transmisión y distribución más robustas y con menos pérdidas, reduciendo los costos en toda la cadena productiva; por lo que es obligación del Sector Eléctrico Mexicano alinearse y no excluirse del panorama internacional que incluye los recientes cambios en el ámbito energético, con la reforma a los artículos 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Además, ha sido una instrucción de la actual Dirección General de la CFE, que se tomen medidas para reducir costos, como se menciona, en cualquier parte de la cadena productiva.

En los planes de energía nacional del país se propone que en el futuro se recurra en mayor medida al gas natural, ya que contamina menos que el diésel y es más barato (ver *Gráficas 2 y 4*, págs. 17 y 25 respectivamente), pero esto dependerá de su disponibilidad; sin embargo, las centrales eléctricas que usan petróleo representan la mayor parte de la generación a partir de combustibles fósiles.

El escenario anterior nos pone a reflexionar sobre la necesidad real de tomar acciones proactivas, para que, lo que hoy son acciones normales y comunes de llenado de tanques sin una referencia que lo justifique, no se conviertan más adelante en un problema financiero que pueda tornarse complicado de solucionar.

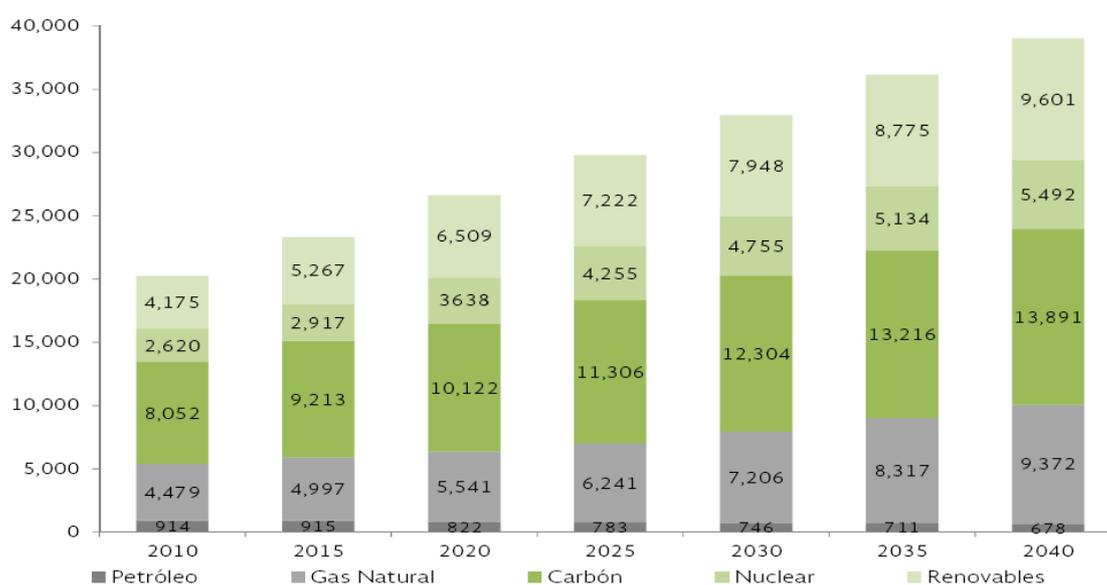
### ***2.3.1. Prospectiva de su uso al año 2040.***

La mezcla de fuentes de energía para la generación de energía eléctrica ha cambiado a nivel mundial en los últimos 40 años. El carbón sigue siendo el combustible más usado en la generación de electricidad; la generación por medio de energía nuclear tuvo su principal período de crecimiento durante los años 70's a 80's, en tanto que el uso del gas natural creció entre los años 80's y 2000. En contraste, el uso de petrolíferos ha declinado desde la década de los 70's, al ser sustituido por razones de seguridad energética y el aumento de los precios de los combustibles.

La combinación del alto precio de los petrolíferos y la preocupación del medio ambiente causado por las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), han propiciado el desarrollo de alternativas para la generación de electricidad a nivel mundial, tales como la energía nuclear y las energías renovables.

Adicionalmente, del año 2008 al 2010 hubo una disminución del 10% en el uso de petróleo como fuente para la generación de electricidad, esto debido a la recesión económica del 2009, que tuvo consecuencia directa en los precios de los productos refinados del petróleo como el diésel.

El panorama de los energéticos para la generación eléctrica en el 2010, se caracterizaba en el uso de carbón con 40.9%, seguido por el gas natural con 22.8% y las energías renovables con 21.2%. Sin embargo, se espera que para el año 2040, los renovables lleguen al 26.6% de la generación total de electricidad y provoque una disminución en el uso de carbón y de gas natural, manteniéndose siempre a la baja el uso de la energía nuclear y los petrolíferos, como se muestra a continuación en la Figura 3.



**Gráfica 5. Tendencia de las fuentes de energía para la generación eléctrica mundial, 2010-2040 (TWh).**

*Fuente: International Energy Outlook 2013, Energy Information Administration, U.S.*

### 2.3.2. Petrolíferos

La generación de electricidad a partir del petróleo y otros combustibles líquidos ha disminuido, continuando con una tendencia decreciente. Se estima que la generación de electricidad a nivel mundial a partir de líquidos caerá del 5% de la producción total en 2010 al 2% en 2040. Hoy en día, las naciones responden a los altos precios del petróleo reduciendo o eliminando su uso para la generación de electricidad.

Incluso en el Medio Oriente, característico por su abundancia de petróleo, existe un esfuerzo por reducir el uso de líquidos para la generación a favor del gas natural y otros recursos, con el fin de maximizar los recursos provenientes de las exportaciones petroleras. La participación de los petrolíferos en la generación total en la región del Medio Oriente, disminuirá de un 34% en 2010 a 14% en 2040.

### 2.3.3. Tecnologías de Generación y energías no renovables

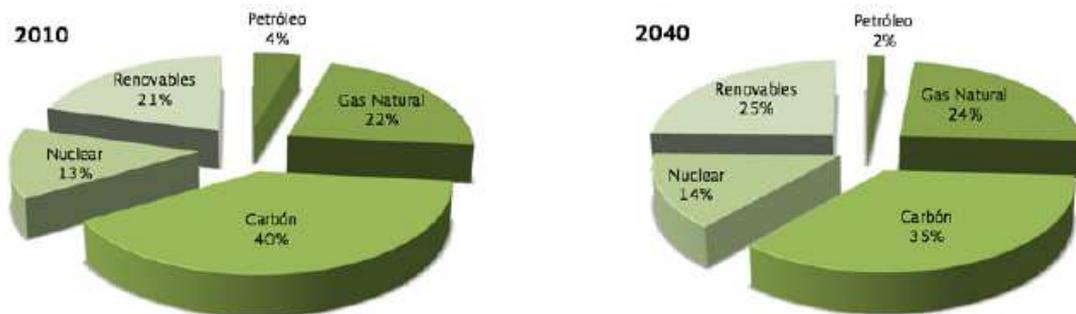
Las centrales de generación eléctrica en la actualidad son básicamente de dos tipos tecnológicos: primarias renovables o no renovables.

Dado que en el presente trabajo de tesis, se desarrollará una propuesta de estrategia para optimizar el inventario de diésel de los tanques de almacenamiento de las centrales turbo gases que generan con este combustible; entonces, nos enfocaremos a describir las energías no renovables.

La generación de electricidad proveniente de combustibles fósiles para la generación de electricidad sigue siendo la más empleada a nivel mundial, y se prevé que continúe teniendo la mayor participación. México no será la excepción. El uso de gas natural, petróleo y derivados del petróleo y, principalmente el carbón, son cuestionados en los foros internacionales dado que producen la mayor cantidad de  $CO_2$  emitido a la atmósfera, siendo una de las principales causas de origen antropogénico de las emisiones contaminantes que pudiera causar el cambio climático en el planeta.

A pesar de ello, la eliminación total de los combustibles fósiles para la generación eléctrica es casi imposible, ya que representan las opciones económicas de menor costo en muchos países.

Se espera que, a nivel global, para el año 2040, el esquema energético del sector eléctrico se diversifique de tal manera que exista menos dependencia de fuentes contaminantes y se utilice en mayor proporción las fuentes renovables para satisfacer la demanda. Sin embargo, los pronósticos de la AIE (Agencia Internacional de Energía ó IEA, International Energy Agency por sus siglas en inglés) son conservadores; pese al cambio constante de las políticas energéticas, sigue considerándose el carbón como un recurso básico para la generación de electricidad a nivel mundial. Ver **Gráfica 6**.



**Gráfica 6. Fuente de energía para la generación eléctrica mundial, 2010 y 2040 (TWh).**

Fuente: International Energy Outlook 2013, Energy Information Administration, U.S.

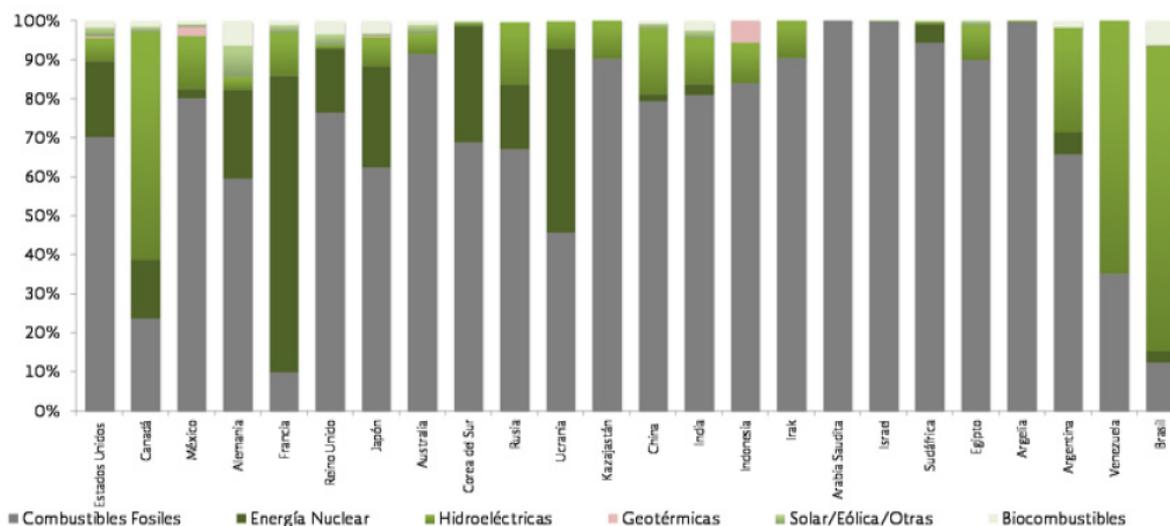
Por otro lado, desde hace décadas una alternativa a la generación eléctrica en el mundo ha sido el creciente uso de gas natural en ciclos combinados (NGCC – por sus siglas en inglés). Este auge se explica por la abundancia del combustible, la eficiencia del proceso y el bajo costo del energético, así como la creciente inversión en la exploración y producción

de gas natural y en los gasoductos para llevar el energético a las centrales de consumo; predominan países como Rusia, Arabia Saudita y los Estados Unidos. Otras tecnologías en proceso de desarrollo y con amplia materia de investigación, son el ciclo combinado con gasificación integrada (IGCC) y combustión en lecho fluidizo (FBC), atmosférica o presurizada.

La principal característica de los hidrocarburos es su creciente costo de su producción, así como la volatilidad de los precios. En el caso del gas natural, se enfrenta a otro reto relacionado con las distancias que incrementan los costos de transportación, lo que ha justificado la utilización del gas natural licuado (LNG, por sus siglas en inglés) y ser comercializado vía marítima.

### 2.3.4. Generación de Electricidad con combustibles fósiles.

Existe una dependencia histórica, entre la generación de energía eléctrica y el esquema internacional de combustibles fósiles como el carbón y los derivados del petróleo, de tal manera que en la mayoría de los países, estos combustibles representan poco más del 50% de su fuente primaria de generación. Sin embargo, durante las últimas décadas, la generación de electricidad también ha presentado un rápido crecimiento en el uso de combustibles alternos como el gas natural y la energía nuclear.



**Gráfica 7. Fuentes primarias y combustibles para generación de electricidad en los países seleccionados, 2010 (Participación porcentual).**

Fuente: Electricity Information 2013, InternationalEnergy Agency.

De mantenerse la tendencia actual de consumo de combustibles para generar electricidad, serán los países asiáticos quienes dominen el mercado de los combustibles fósiles por tener una mayor necesidad de adquirir esas fuentes de energía, tal como se muestra en la **Gráfica 7**.

En el caso particular de México, podemos observar que alrededor del 80% de la electricidad que se produce es por las fuentes de combustibles fósiles.

#### **2.4. El Sistema Eléctrico Nacional (SEN)**

Ya se ha hablado del Sistema Eléctrico Nacional de manera general, pero para el presente estudio, será necesario conocerlo más a fondo para poder determinar más adelante su influencia en la metodología propuesta para el desarrollo de la solución.

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN), está conformado por el sector público y aquella energía no suministrada al servicio público –privados-. El sector público se integra por la infraestructura de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y las centrales construidas por los Productores Independientes de Energía (PIE), los cuales entregan la totalidad de su producción eléctrica a la CFE para suministro en el servicio público.

Las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios continuos, pequeña producción, importación y exportación, conforman el otro grupo que es el autoabastecimiento, el cual cuenta con mayor capacidad y que considera a los sectores industrial, comercial y servicios.

Con respecto a la cadena de valor, la infraestructura del SEN se conforma de las siguientes fases o procesos:

- Generación
- Transformación y transmisión en alta tensión
- Distribución en media y baja tensión
- Ventas a usuarios finales<sup>2</sup>



**Figura 3. Regiones del Sistema Eléctrico Nacional**

Fuente: CFE

---

<sup>2</sup>Incluye procesos de medición y facturación.

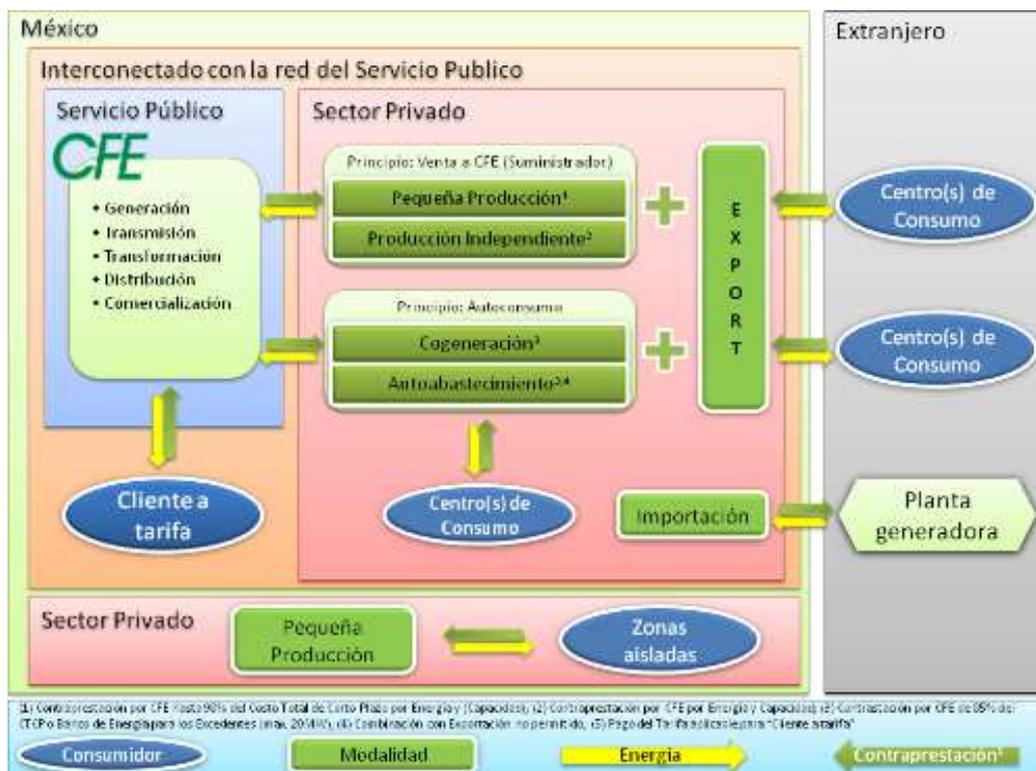
El SEN se organiza en nueve regiones como se muestra en la siguiente **Figura 3**. La operación de estas nueve regiones está bajo la responsabilidad de ocho centros de control ubicados en las ciudades de México, Puebla, Guadalajara, Hermosillo, Gómez Palacio, Monterrey y Mérida; las dos regiones de Baja California se administran desde Mexicali.

En la CFE se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, eolieléctricas y fotovoltaicas. Las centrales termoeléctricas se clasifican en centrales de vapor convencional, duales, combustión interna, turbo gas, geotérmica, carboeléctrica, ciclo combinado y una nucleoeléctrica.

Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio de cada uno de sus clientes, la CFE tiene más de 864 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución para llegar al usuario final.

### 2.5. El Sector Eléctrico

El Sector Eléctrico (SE) está integrado por un conjunto de actores, tanto públicos como privados, que intervienen en los procesos de generación, transmisión, distribución, comercialización y control operativo de energía eléctrica como se muestra en la **Figura 4**.



**Figura 4. Estructura del Sector Eléctrico.**

Fuente: <http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1656&lang=1>

El sector eléctrico tiene como finalidad suministrar energía eléctrica a los diversos sectores económicos del país. Las atribuciones de cada uno de los actores, sus interrelaciones, así como su operación conjunta, se encuentran establecidas en diversos ordenamientos legales que regulan la prestación del servicio público de energía eléctrica, la participación de privados y el comercio exterior.

El desarrollo de las actividades del sector eléctrico se encuentra acotado por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como por diversas leyes, reglamentos y normas.

### ***2.5.1. Panorama y expectativa internacional del sector eléctrico.***

La evolución económica de las diferentes regiones del mundo, es un factor que influye fuertemente sobre el consumo eléctrico de cada país. En los últimos años, los países en desarrollo de las regiones de Asia, han mostrado un crecimiento económico sostenido. Así, sus consumos de electricidad presentaron tasas de crecimiento de 9.4%, superiores al promedio anual. A su vez, las economías de los países desarrollados mostraron un menor dinamismo, con consumos de electricidad que crecieron a tasas medias anuales inferiores al 2.0%, por debajo del nivel característico del nivel característico de estos países.

Las estimaciones de capacidad de generación eléctrica en el mundo, realizadas por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés), indican un crecimiento de 1.6% promedio anual en un horizonte a 2040. Se espera que dicha capacidad aumente, principalmente con tecnologías que usan como fuente de generación el carbón y gas natural. Sin embargo, la diversificación del parque de generación, mediante la introducción de energías no fósiles seguirá siendo un factor clave en el combate al cambio climático. Actualmente, estas fuentes suministran alrededor de una quinta parte del consumo mundial de electricidad y se espera que dicha participación continúe aumentando. En el período 2000-2010, la capacidad de generación eoloeléctrica presentó un crecimiento del 27.0% en promedio anual.

En el mundo hay una generación de energía del orden de los 20,261 TWh (Tera watt-hora), los países principales productores de energía eléctrica son Estados Unidos, China, Japón y Rusia en orden descendente, cada uno con una generación de 4,369 TWh; 3,457 TWh; 1,082 TWh y 1,040 TWh respectivamente; en total son 9,948 TWh. Entre estos cuatro países se genera prácticamente el 50% (49% para ser más exactos) de toda la energía eléctrica del planeta.

Si hablamos de población, estos países en el mismo orden tienen la siguiente demografía: 296, 1307, 128 y 144 millones de habitantes respectivamente, o sea, un total de 1,875 millones de personas, esto representa aproximadamente al 29% de la población total del mundo (6,500 millones de habitantes).

Relacionando a la generación de energía eléctrica de cada país mencionado entre su población, obtendríamos la generación per cápita y esto nos daría una idea de la riqueza que tiene el país en cuanto a energía se refiere. Así, tenemos a Estados Unidos con 15 MWh/habitante, China con 3, Japón con 8 y Rusia con 7 MWh/habitante. Podemos afirmar

entonces que Estados Unidos sigue siendo uno de los países más ricos en energía eléctrica en orden a este análisis.

Si hacemos el mismo análisis para el caso de México, que en 2012 tuvo una generación bruta en el servicio público de 261.9 TWh y, se estima que para 2014 ascienda a 270 TWh aproximadamente, esta cifra sólo representaría el 1.14% de la generación total de energía del planeta, y si consideramos que México tiene una población de casi 120 millones de habitantes (datos a enero de 2014), el índice que le corresponde es de 2.5 MWh/habitante, que se ubica por debajo de los países antes mencionados.

### ***2.5.2. Panorama y expectativa nacional del sector eléctrico.***

En 2012, el consumo nacional de energía eléctrica, se ubicó en 234,219 Gigawatt-hora (GWh). Esto representó un incremento de 2.1% con respecto a 2011. Asimismo, el suministro de energía eléctrica creció 2.8%, al extenderse la cobertura a más de 36.4 millones de usuarios.

Las ventas internas de electricidad se incrementaron 2.7% respecto al año anterior, ubicándose en 207,711 GWh. El sector industrial concentró 58.6% de dichas ventas y 25.4% el sector residencial. Por su parte, el consumo autoabastecido de energía eléctrica en 2012 presentó un decremento de 2.15% respecto a 2011, situándose en 26,508 GWh.

En el mismo año, la capacidad instalada nacional se ubicó en 63,745 Megawatts (MW). De dicha capacidad, 53,111 MW correspondieron al servicio público, que incluyen 13,616 MW de capacidad de los productores independientes de energía (PIE) y 9,432 MW de otros permisionarios del sector privado. En particular, la capacidad instalada de las centrales del servicio público con tecnologías de fuentes no fósiles participó con 27.4% y las centrales que utilizaron fuentes fósiles aportaron 72.6%.

En materia de conducción, la red de transmisión y distribución incrementó 1.0%. Lo anterior implicó un aumento de 8,289 Km. con relación a 2011, alcanzando una longitud total de 853,490 Km. En cuanto a la capacidad instalada en subestaciones y transformadores, ésta registró un incremento de 2.4%, con ello el Sistema Eléctrico Nacional alcanzó 276,262 Megavolts Ampere (MVA).

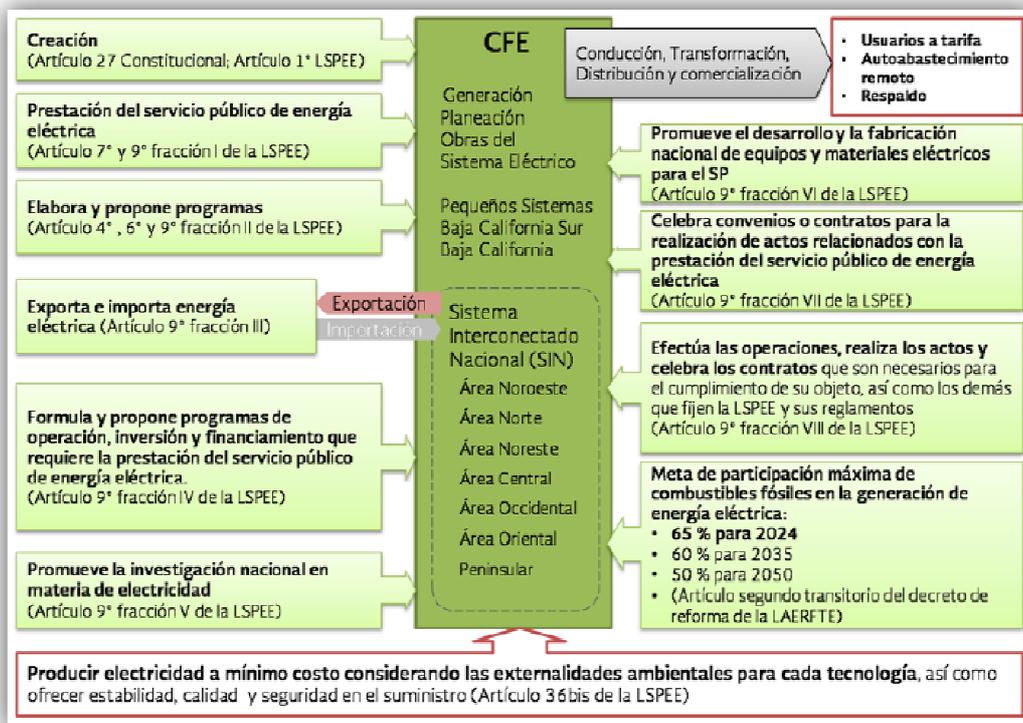
La generación total de energía eléctrica en 2012, incluyendo la participación privada, se ubicó en 278,086 GWh, 1.9% mayor respecto del año anterior. La generación de energía eléctrica en el servicio público representó 94.2% del total; es decir, 261,894 GWh.

Actualmente, existen dos escenarios de expansión de capacidad para el período prospectivo 2013-2027. En el primero, la Comisión Federal de Electricidad, indica que para el período mencionado, habrá una capacidad de expansión del servicio público con una participación de 31.9% de capacidad instalada en el Sistema Eléctrico a partir de tecnologías que utilizan fuentes limpias en 2027. Se estima que esta participación estará integrada por 18.4% de capacidad hidroeléctrica, 4.1% eololéctrica, 1.8% nucleoléctrica y el 2.4% restante correspondiente a la capacidad geotermoeléctrica, solar y biogás.

El segundo escenario, presenta una visión de la expansión de capacidad que permite alcanzar las metas planteadas en la LAERFTE (Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética<sup>1</sup>). En él se busca incrementar aún más la participación de la generación con fuentes no fósiles a 35% en 2027.

## 2.6. La Comisión Federal de Electricidad (CFE)

En México, la Comisión Federal de Electricidad es el organismo encargado de la generación, *transformación y transmisión* y distribución de energía eléctrica para más de 37.3 millones de clientes (datos al mes de Noviembre de 2013), lo que representa a más de 117 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos. Además de realizar las obras y proyectos de expansión y mantenimiento de infraestructura para garantizar el suministro al servicio público como se muestra a continuación en la **Figura 5**.



**Figura 5. Objeto y metas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).**

Fuente: SENER.

<sup>1</sup>Esta Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

A partir de la entrada en vigor de la LAERFTE y la LGCC (Ley General de Cambio Climático), se fijaron metas que inciden directamente en la planeación del sector eléctrico y, por lo tanto, deben ser consideradas por la CFE en sus programas de expansión y retiro de centrales de generación.

Por el contrario, existen diversos factores que inhiben la implementación de mecanismos para alcanzar dichas metas. La ubicación de los potenciales de las fuentes de energías renovables con respecto a las cargas y demandas máximas, los precios de los combustibles, la infraestructura y los niveles de inversión requeridos, entre otros, son variables determinantes para su logro.

### **2.6.1. El impacto de la Reforma Energética en la Electricidad de México**

*En materia eléctrica, la Reforma Energética dispone en el Artículo 27 Constitucional, que la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la transmisión y distribución de energía eléctrica corresponden exclusivamente a la Nación. Se mantiene la prohibición expresa de otorgar concesiones en estas actividades; sin embargo, se permite que el Estado celebre contratos con particulares para que, por cuenta de la Nación, lleven a cabo el financiamiento, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica.*

*Se reforma el Artículo 28 Constitucional para que la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de electricidad, sean áreas exclusivas del Estado. Se reafirma el control del Estado sobre el sistema eléctrico como una actividad total de la Nación para beneficio de los mexicanos.*

*Se permite la apertura a la inversión privada. La participación de particulares, junto con la CFE, en la generación de energía eléctrica podrá darse de forma más flexible. CFE podrá construir nuevas plantas, modernizar la base de generación e incrementar su competitividad.*

*El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), que actualmente forma parte de CFE, será un organismo público descentralizado encargado del control operativo del Sistema Eléctrico Nacional. Con ello se dispone que un tercero imparcial, y ya no la propia CFE, opere el mercado eléctrico mayorista y garantice a los generadores el acceso abierto y equitativo a la red nacional de transmisión y a las redes generales de distribución. Así se impulsará la inversión en nuevas centrales de generación con tecnologías limpias y eficientes.*

*Se busca apuntalar la actividad de la CFE de la manera que más le convenga a la Nación. Se podrán celebrar contratos entre particulares y la CFE para el mantenimiento, la expansión y la operación del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica. Así se aprovechará la tecnología y la experiencia para reducir los costos de operación y las pérdidas de energía.*

*La Reforma Energética permitirá bajar los precios de la luz. El precio de la electricidad depende del combustible que se use para generarla. El gas natural es más barato y más amigable con el medio ambiente que el combustóleo y el diesel, con los que actualmente generamos electricidad. Respecto a estos combustibles, el gas natural es cuatro y hasta seis veces más barato.*

*México tiene múltiples yacimientos de gas natural; sin embargo, la producción de éste va a la baja y hoy importamos 30% de nuestro consumo. Con la Reforma Energética se tendrán múltiples operadores para extraer el gas natural que necesitamos, y así se producirá electricidad más barata y limpia.*

*La generación de energía eléctrica, bajo las reglas de acceso abierto e imparcial, aunado a la participación de particulares en los segmentos de transmisión y distribución y en el desarrollo de la infraestructura*

asociada, permitirá una reducción considerable en los costos de producción del sector eléctrico y hará posible la mayor participación de energías limpias y más eficientes.

Fuente: <http://cdn.reformaenergetica.gob.mx/explicacion.pdf>

## 2.7. Proceso de Generación y capacidad efectiva instalada en México (CFE + PIE).

Para cumplir con el objetivo del proceso de generación, la CFE cuenta con una infraestructura para generar electricidad basada en 186 centrales generadoras, actores principales en este proceso eléctrico, con diferentes fuentes de generación, aplicando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario de acuerdo a cada tipo de central generadora.

Con datos al mes de Enero de 2014, existe una capacidad instalada de 52,520.754 Megawatts [MW]. Cabe señalar que el 24.47% de la capacidad instalada corresponde a 28 centrales construidas con capital privado, llamados *Productores Independientes de Energía* ó *PIE's*.

CAPACIDAD EFECTIVA INSTALADA EN C F E + PEE				
TIPO CENTRAL CFE	No. DE CENTRALES	UNIDADES	CAPACIDAD MW	%
VAPOR CONVENCIONAL	26	85	11,398.600	29.78
DUAL	1	7	2,778.360	7.27
CARBOELÉCTRICA	2	8	2,600.000	6.79
CICLO COMBINADO	13	67	7,420.291	19.39
GEOTERMOELÉCTRICA	7	38	813.400	2.13
TURBOGÁS	30	71	1,530.010	4.00
COMBUSTIÓN INTERNA	9	58	251.305	0.66
TURBOGÁS MÓVIL		11	115.400	0.30
COMBUSTIÓN INTERNA MÓVIL		19	3.110	0.01
HIDROELÉCTRICA	64	178	11,266.778	29.44
EOLIELÉCTRICA	3	106	86.750	0.23
FOTOVOLTAICA	2	2	6.000	0.02
<b>TOTAL S.D.G.</b>	<b>157</b>	<b>650</b>	<b>38,270.004</b>	<b>100</b>
NUCLEAR	1	2	1,400.000	
<b>SUBTOTAL C.F.E.</b>	<b>158</b>	<b>652</b>	<b>39,670.004</b>	
TIPO CENTRAL PRODUCTORES EXTERNOS DE ENERGÍA	No. DE CENTRALES	UNIDADES	CAPACIDAD MW	
C.C. MÉRIDA III	1	3	484.000	
C.C. HERMOSILLO	1	2	250.000	
C.C. SALTILLO	1	2	247.500	
C.C. TUXPAN II	1	3	495.000	
C.C. RÍO BRAVO II (ANÁHUAC)	1	3	495.000	
C.C. BAJÍO	1	4	495.000	
C.C. MONTERREY III	1	2	449.000	
C.C. ALTAMIRA II	1	3	495.000	
C.C. TUXPAN III Y IV	1	6	983.000	
C.C. CAMPECHE	1	2	252.400	
C.C. MEXICALI	1	3	489.000	
C.C. CHIHUAHUA III	1	3	259.000	
C.C. NACO NOGALES	1	2	258.000	
C.C. ALTAMIRA III Y IV	1	6	1,036.000	
C.C. RÍO BRAVO III	1	3	495.000	
C.C. LA LAGUNA II	1	3	498.000	
C.C. RÍO BRAVO IV	1	3	500.000	
C.C. VALLADOLID III	1	3	525.000	
C.C. TUXPAN V	1	3	495.000	
C.C. ALTAMIRA V	1	6	1,121.000	
C.C. TAMAZUNCHALE	1	6	1,135.000	
C.C. NORTE DURANGO (LA TRINIDAD)	1	3	450.000	
C.C. NORTE II	1	3	433.000	
C.E. OAXACA III	1	68	102.000	
C.E. OAXACA II	1	68	102.000	
C.E. OAXACA IV	1	68	102.000	
C.E. OAXACA I	1	51	102.000	
C.E. LA VENTA III	1	121	102.850	
<b>SUBTOTAL P E E</b>	<b>28</b>	<b>453</b>	<b>12,850.750</b>	
<b>C.F.E. + P E E</b>	<b>186</b>	<b>1,105</b>	<b>52,520.754</b>	

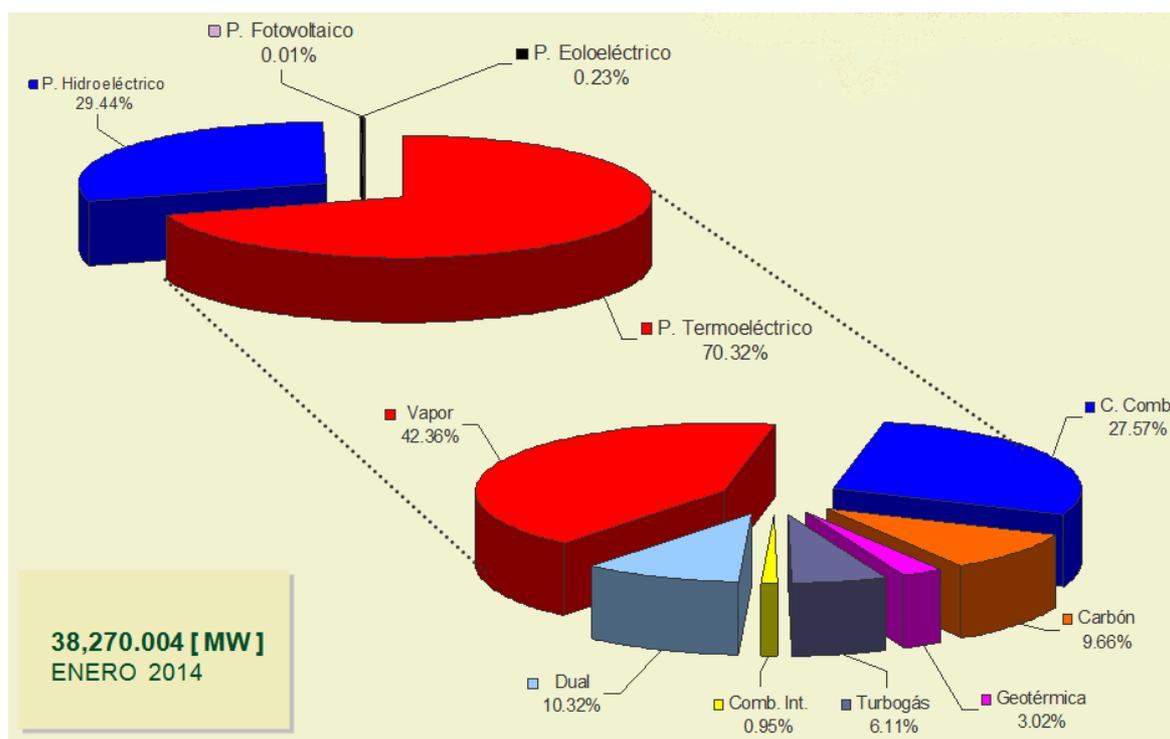
Tabla 8. Capacidad efectiva instalada en CFE + PIE (MW)

Fuente: CFE.

En la primera parte de la **Tabla 8**, observamos la capacidad instalada por la CFE. Las centrales son gestionadas por la Subdirección de Generación (SDG). El proceso de generación que usa a la energía nuclear es gestionado por la Gerencia de Centrales Nucleoeléctricas, que es independiente de la Subdirección de Generación y depende directamente de la Dirección de Operación.

En la segunda parte de la **Tabla 8**, podemos observar que el total de centrales instaladas por parte de los PIE's es de 28, de las cuales, 23 son centrales de ciclo combinado (C.C.C.) y 5 son centrales eoloeléctricas (C.E); es decir, existen dos premisas en las centrales de estos productores: la primera es que sus plantas son eficientes porque son de ciclo combinado; es decir, recuperan el vapor producido del primer ciclo y lo ocupan para mover una segunda turbina. La segunda premisa, es que ocupan energías renovables como el viento en el caso de las C.E. El uso de los combustibles fósiles como fuente de generación se encuentra en menor proporción de acuerdo a las tecnologías de sus plantas, usando en mayor proporción el gas natural, seguida del combustóleo y, finalmente, el diésel.

De manera gráfica, esta primera parte puede observarse en la siguiente **Gráfica 8**.



**Gráfica 8. Capacidad efectiva instalada en la CFE, gestionada por la SDG.**

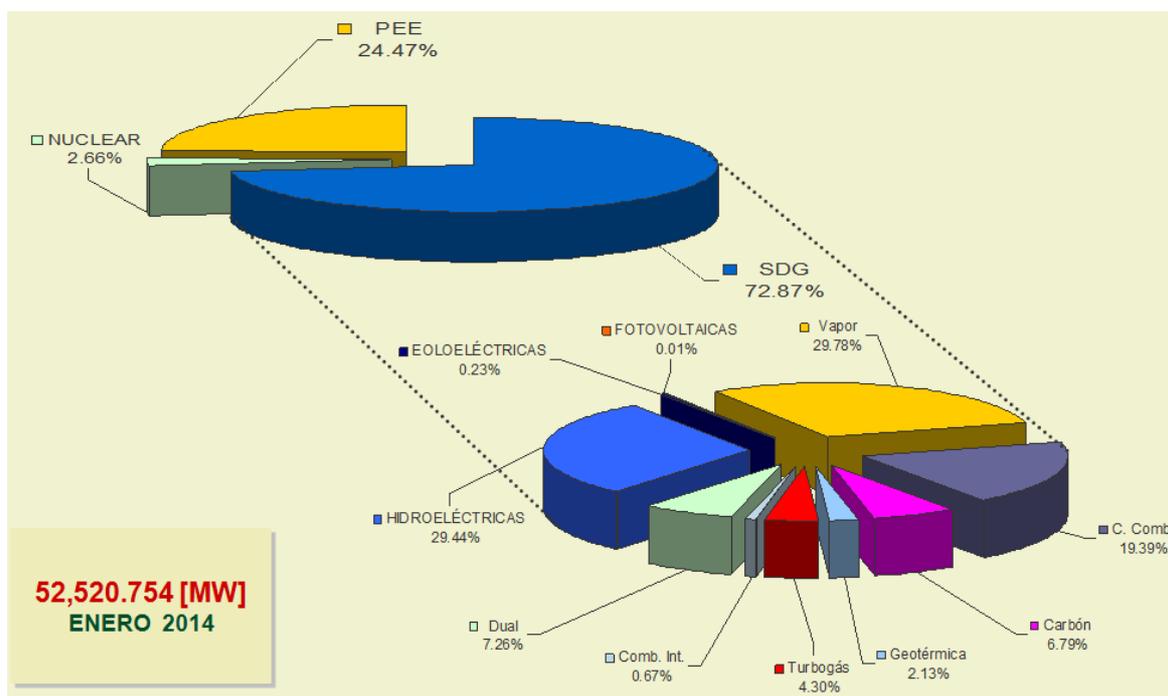
Fuente: CFE

De acuerdo a esta figura, podemos observar que el 70.32% de la capacidad instalada corresponde a la generación termoelectrica (a base de calor), seguida de la hidroeléctrica con 29.44%. En mucho menor porcentaje está la generación por viento (eoloeléctrica) con 0.23% y en último lugar se encuentra la generación con energía solar con apenas el 0.01%.

Asimismo, observamos que la generación por calor (termoeléctrica) se subdivide en siete tipos de generación de acuerdo a la tecnología y combustible usado para la producción de vapor. Las centrales de vapor convencional, generalmente llamadas centrales termoeléctricas, son las más comunes, seguidas de ciclo combinado, dual, carbón, turbo gas, geotérmica y finalmente, combustión interna.

Por las características geográficas de la República Mexicana y por el rápido retorno de la inversión de una central termoeléctrica, es más conveniente construir centrales de este tipo que cualquier otra. En México existen más centrales termoeléctricas que cualquier otro tipo de central. Recordemos que la mayoría de los ríos de la República Mexicana son estacionales y por lo mismo no es conducente la construcción de un gran número de centrales hidroeléctricas. Sin embargo, como ya se ha mencionado, de acuerdo a las tendencias mundiales, así como a los cambios que se han dado en México en el Sector Energético, será necesario planear nuevos escenarios donde las plantas generadoras sean más eficientes y menos contaminantes.

En la siguiente **Gráfica 9**, podemos observar la capacidad total efectiva instalada (CFE+PIE), en la cual podemos apreciar la proporción de generación entre ambos; es la CFE la que continúa generando en mayor proporción energía eléctrica con el 72.87%.



**Gráfica 9. Capacidad efectiva total instalada en CFE con PIE (Medida en proporción porcentual)**

Fuente: CFE.

## 2.8. La energía eléctrica y la primera central eléctrica moderna de la historia

La energía eléctrica se ha convertido en parte vital de nuestra vida diaria, y está íntimamente relacionada con los requerimientos actuales del hombre; sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado.

Desde la antigüedad, los romanos y griegos ya aprovechaban la energía del agua; utilizaban ruedas hidráulicas para moler trigo. Durante la edad media, las grandes ruedas hidráulicas de madera desarrollaban una potencia máxima de 50 caballos. La energía hidroeléctrica debe su mayor desarrollo al ingeniero británico John Smeaton, que construyó por primera vez grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

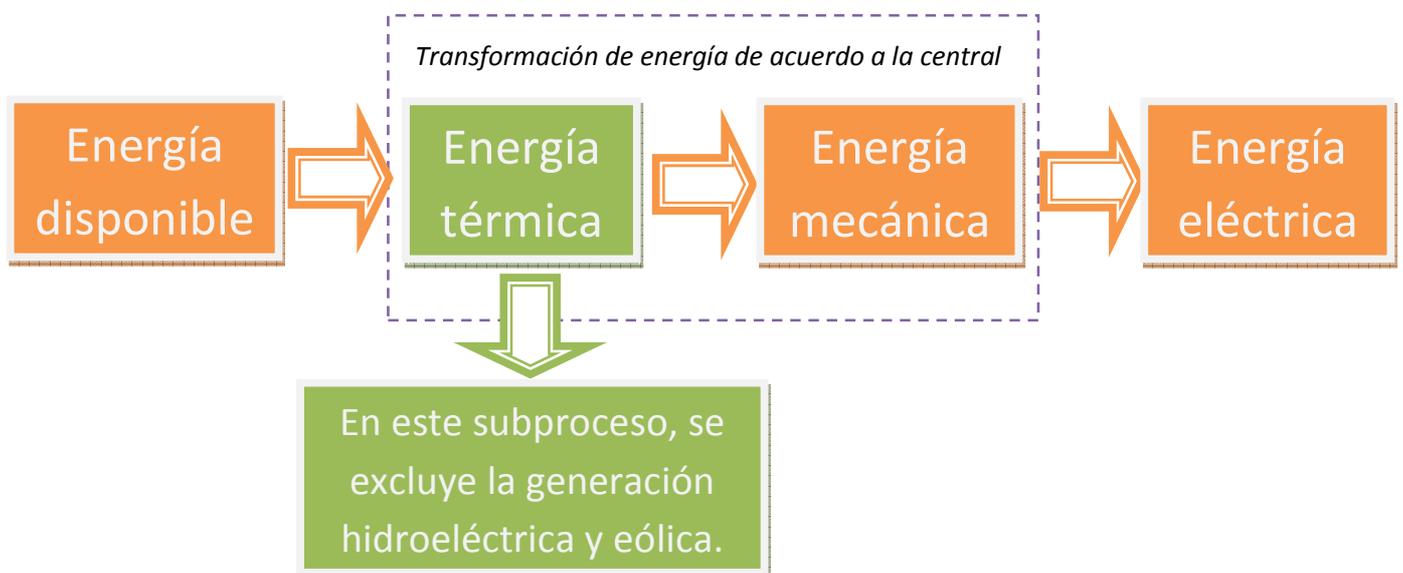
Sin embargo, no fue sino hasta 1882 que apareció la primera central eléctrica moderna. A las tres de la tarde del 4 de septiembre de 1882, Thomas Alba Edison, se embarcó en lo que llamó “la aventura más grande de mi vida”. Puso en funcionamiento la primera central eléctrica de la historia en Nueva York, en la calle Pearl, con 85 hogares, tiendas y oficinas se iluminaron súbitamente con 400 bombillas incandescentes.

La electricidad se produce a partir de varias fuentes de energía primaria. Los procesos de producción pueden utilizar, por ejemplo, carbón (carboeléctricas), gas natural, combustóleo o diésel (termoeléctricas), energía hidráulica (hidroeléctricas), energía eólica (centrales eólicas), energía nuclear (nucleoeléctricas) y energía geotérmica (geotermoeléctricas).

### 2.8.1. ¿Qué es una central eléctrica?

En términos generales, una central eléctrica es una instalación que reúne equipos, máquinas y elementos de control, de protección, de maniobra, etc.; cuya finalidad es la producción de la energía eléctrica. El nombre de central eléctrica es una abreviatura de “central generadora de energía eléctrica”.

La central generadora produce energía eléctrica a través de una serie de transformaciones de energía, tal como se observa en la **Figura 6**.

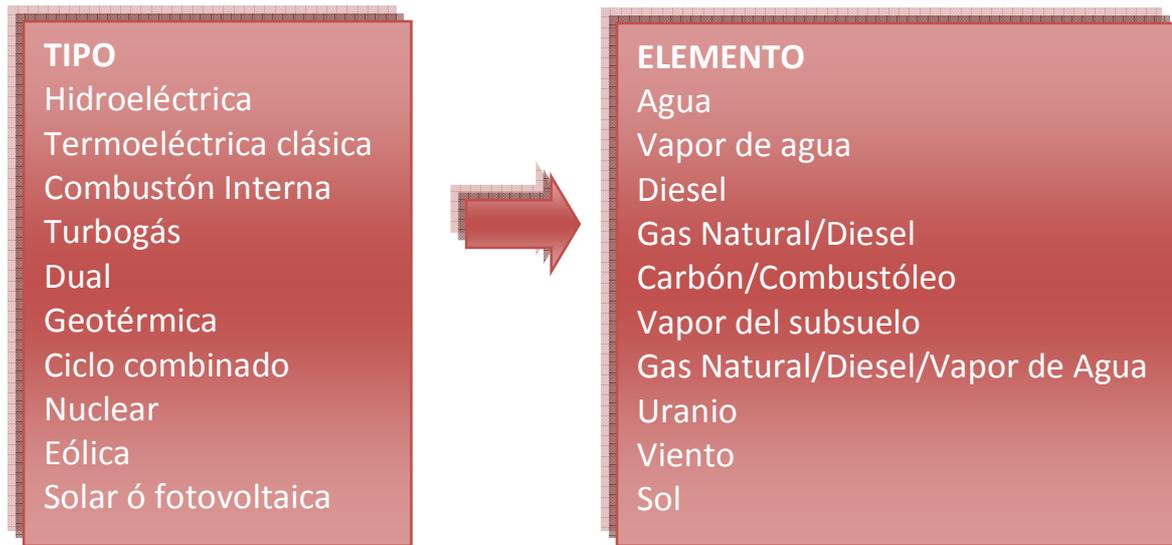


**Figura 6. Flujo de energía en una central eléctrica.**

Fuente: Curso “Funcionamiento de Centrales Eléctricas”, CFE.

**2.8.2. Tipos de centrales.**

Los tipos de centrales se clasifican por el elemento que mueve su primo-motor, que se mencionan en la **Figura 6**.



**Figura 6. Tipo de centrales, de acuerdo al elemento usado para la generación de energía eléctrica.**

Fuente: Curso “Funcionamiento de Centrales Eléctricas”, CFE.

Como es posible observar, la generación de energía tiene varias fuentes, la primera de ellas y la más antigua son las hidroeléctricas; entre las más importantes por su capacidad de generación, se encuentran la de Chicoasén, Chiapas, Manuel Moreno Torres, que genera 2,400 MW; Malpaso en Tecpatán, Chiapas; Infiernillo, en la Unión, Guerrero, que produce 1,000 MW; le sigue Aguamilpa, en Tepic, Nayarit, la cual es capaz de generar 960 MW.

El sistema también cuenta con la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez, o también llamada Angostura, en Chiapas, que genera 900 MW. La Hidroeléctrica “Leonardo Rodríguez Alcaine”, conocida como “El Cajón”, produce actualmente 750 MW en Santa María del Oro en Nayarit. Otra de gran importancia es la que se encuentra en Choix, Sonora, que lleva el nombre de “Luis Donaldo Colosio”, conocida también como “Huites”, la cual genera a su máxima capacidad 422 MW.

Por su parte, las Centrales Termoeléctricas más importantes son las de Tuxpan, en Veracruz que tiene 2,200 MW de capacidad de generación de energía eléctrica; Manzanillo, con 1,900 MW y la de Tula, Hidalgo, que produce 1,546 MW.

En años recientes, ha tenido gran auge la presencia de Centrales de Ciclo Combinado. Estas centrales son una fusión de unidades turbogases (generalmente dos), cuyo escape se introduce a un “Recuperador de Calor”, en el que se produce vapor para mover una turbina de vapor.

Las geotermoeléctricas tienen menos presencia en el Sistema Eléctrico Nacional, aunque destacan tres unidades en Cerro Prieto en Mexicali, Baja California, produciendo 220 MW y 180 MW respectivamente; además de Los Azufres.

Dentro de las Centrales Carboeléctricas, mencionamos a dos que se ubican en Nava, Coahuila, cada una de las cuales genera 1,200 y 1,400 MW y la de Petacalco ubicada en el estado de Guerrero con una instalación de 6 unidades de 350 MW cada una y la primera termoeléctrica tipo “Presión Supercrítica” de 700 MW en México (aceros especiales para vapor a presiones superiores a 248 bar y 556°C).

Sólo existe una nucleoelectrica, “Laguna Verde”, ubicada en Alto Lucero, Veracruz, con dos unidades con una capacidad de generación total de 1,365 MW.

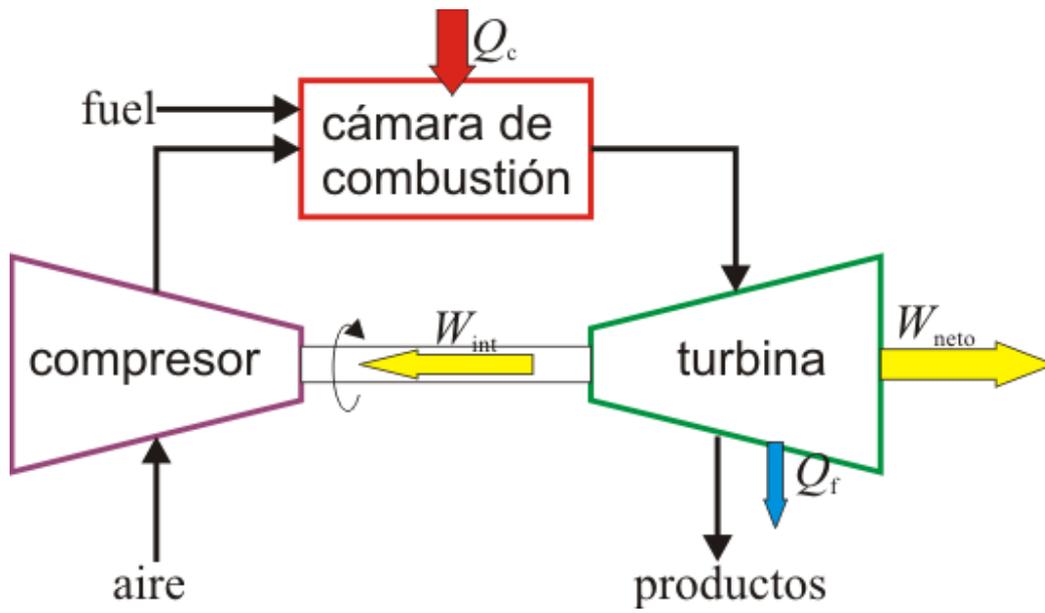
Recientemente el Gobierno Federal ha hecho énfasis en la necesidad de ir convergiendo hacia las energías alternas, tal como la eólica. En 1982 fue instalada la Eoloeléctrica “Guerrero Negro” en Mulegé, Baja California Sur; y, en 1994, “La Venta” en Juchitán, Oaxaca. Existe una gran diferencia entre una y otra, pues la primera está en un límite muy bajo de producción, en tanto que la segunda produce 85 MW.

Existen otras formas de generación de energía como las Centrales Turbo gas, diésel y otras que generan electricidad en mucha menor proporción.

### ***2.8.3. Breve descripción del funcionamiento de Centrales Turbo Gas (ciclo abierto) y Ciclo Combinado (ciclo cerrado)***

El combustible usado en estas centrales es el diésel o gas natural. Se caracterizan por tener una turbina especialmente diseñada para transformar la combustión de un gas a alta presión en el movimiento de un eje unido al rotor del generador para, finalmente, dar paso a la generación de electricidad.

El proceso es el siguiente: el compresor toma el aire del ambiente, lo comprime y lo deposita en la cámara de combustión, donde al mismo tiempo se inyecta el combustible y se provoca la combustión. Esta combustión provoca rápida expansión de los gases, lo que hace mover la turbina y a través de ésta el eje del generador. Luego de este proceso, el aire es devuelto a la atmósfera, por esta razón es llamada de “ciclo abierto” (ver **Figura 7**). La característica principal de este tipo de tecnología, como ya se mencionó, es que los gases productos de la combustión, una vez que lograron su objetivo, salen directamente al ambiente por la chimenea, a diferencia del ciclo combinado, en el que esos gases vuelven a ser ocupados para mover una segunda turbina de gas. Éste último proceso hace que las centrales de ciclo combinado sean más eficientes que una central turbo gas. También son conocidas como centrales de ciclo abierto y se basan en el Ciclo Bryton.



*Figura 7. Diagrama de ciclo abierto o ciclo Bryton, usado para la generación eléctrica.*

## CAPÍTULO 3

### **3. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA**

En este capítulo se buscará relacionar los aspectos presentados en los capítulos 1 y 2, partiendo de lo general a lo particular enmarcado por la búsqueda y aplicación de las escuelas, enfoques o teorías de las diferentes áreas de conocimiento que sirvan de guía para el estudio del caso.

La problemática expuesta con anterioridad y los factores que le rodean, internos y externos, son el origen del estudio como un todo o sistema y se partirá de ahí hacia la búsqueda de las teorías del conocimiento principalmente administrativas y gerenciales, sin cerrar la posibilidad de incluir otras teorías de índole filosófico, político o económico o cualquier otra; que orienten el estudio, presentando de forma más clara los elementos de tipo teórico que van a servir para dicho fin.

Dado que se trata de un trabajo que representa el primer esfuerzo dentro de la institución por estudiar la problemática y presentar una solución (estrategia), se tomará la parte subjetiva del área de conocimiento de la administración de operaciones; es decir, los métodos de pronósticos de juicio o subjetivos, eligiendo como el principal de ellos, el *Método Delphi*, el cual se complementará con el *Método de Exploración de Futuros Alternativos* para detectar la causalidad con otros eventos y los factores que podrían ser claves para evaluar a la estrategia y determinar su efectividad partiendo del contexto actual al futuro deseado.

También se mencionarán las recomendaciones para que una estrategia produzca el cambio deseado bajo un *Enfoque de Sistemas* basado en las tres metas del *Sistema de Gestión Estratégica (Strategic Management System)*: meta #1: desarrollar un Plan/Documento Estratégico; meta #2: asegurar el éxito de la implementación y, meta #3: construir y sostener un alto desempeño a largo plazo. Lo anterior es particularmente importante, pues guía paso a paso la forma de llevar a cabo un proceso de cambio en cualquier organización.

#### ***3.1. Métodos de pronósticos cualitativos o de juicio***

Tal como lo menciona Krajewski, Ritzman y Malhotra [2008], los pronósticos de métodos cuantitativos son posibles sólo cuando existen datos históricos adecuados (es decir, un archivo histórico). Sin embargo, el archivo histórico quizá no exista cuando se introduce un nuevo producto o cuando se espera que la tecnología y/o factores externos cambien. En algunos casos, los métodos de juicio o subjetivos son sólo una manera práctica de pronosticar.

Sin duda se pedirán ajustes si el pronosticador tiene conocimientos contextuales importantes. El conocimiento contextual es el conocimiento que los practicantes obtienen a través de la experiencia, como relaciones causa-efecto, indicadores del entorno e información organizacional que suelen afectar las variables que se pronostican. Los ajustes también pueden tomar en cuenta circunstancias inusuales, como una nueva promoción de ventas o *eventos internacionales inesperados*.

Con esta descripción [Krajewski, 2008] empezamos el estudio del caso. Es importante distinguir que los datos históricos existentes fueron útiles para “*analizar y medir*” económicamente la problemática y poder comparar los resultados obtenidos para dimensionarla; sin embargo, no son útiles para llevar a cabo un pronóstico cuantitativo; ya que las condiciones *reales* del sistema en estudio dependen de muchas otras variables que tienen un alto índice de incertidumbre, las cuales son demanda, disponibilidad de combustibles, disponibilidad de unidades generadoras, condiciones climatológicas, entre las más importantes, que no pueden ser controladas en algunos sectores del sistema; sin embargo, en otros sectores, algunas variables tienen un menor rango de incertidumbre, que permite *estimar* cualitativamente algunos eventos futuros a corto plazo.

Dado que el propósito del presente trabajo es buscar una estrategia que permita afrontar con éxito los cambios políticos y estructurales externos, que hasta el momento traen consigo incertidumbre en la forma en que modificarán operativamente a los procesos para eficientarlos y poder competir con organizaciones similares; entonces, nos encontramos ubicados ante escenarios que obligarán a proporcionar un mejor servicio, con un óptimo manejo de los recursos; por lo que es necesario hacer un análisis mediante el juicio (subjetivo); pues no hay un archivo histórico que proporcione información al respecto.

Según Krajewski, Ritzman y Malhotra [2008], los cuatro métodos de juicio más exitosos son: **1.** estimaciones de la fuerza de ventas, **2.** opinión de ejecutivos, **3.** investigación del mercado y **4.** Método Delphi.

Las *estimaciones de la fuerza de ventas* son pronósticos compilados de estimaciones periódicas que hacen los miembros de la fuerza de ventas de la compañía. La fuerza de ventas es el grupo que tal vez conoce más qué servicios y productos comprarán los clientes en el futuro cercano y en qué cantidades. Los pronósticos individuales de las personas de ventas se pueden combinar fácilmente para obtener estimaciones de ventas nacionales y regionales. Sin embargo, los sesgos individuales de las personas podrían alterar el pronóstico. Por ejemplo, algunas personas son optimistas por naturaleza, mientras que otras son más cautelosas. Los ajustes en los pronósticos pueden requerir que se tomen en cuenta estos sesgos individuales.

La *opinión ejecutiva* es un método de pronósticos en el que se resumen las opiniones, experiencia y conocimiento técnico de uno o más administradores o clientes para llegar a un solo pronóstico. Todos los factores que entran en los pronósticos de juicio caerán en la categoría de opinión ejecutiva. La opinión ejecutiva también se utiliza para los *pronósticos tecnológicos*. La velocidad de los cambios tecnológicos dificulta mantenerse al día en los últimos avances.

La *investigación de mercado* es un enfoque sistemático para determinar el interés del consumidor externo en un servicio o producto creando y probando una hipótesis mediante la recolección de datos de encuestas. Realizar un estudio de mercado incluye diseñar un cuestionario, decidir cómo administrarlo, seleccionar una muestra representativa y analizar la información utilizando el juicio y las herramientas estadísticas para interpretar

las respuestas. Aunque las investigaciones de mercado proporcionan información importante, suelen incluir numerosos aspectos cualitativos y de cobertura en sus hallazgos.

El *Método Delphi* es un proceso para obtener el consenso de un grupo de expertos mientras se mantiene el anonimato. Esta forma de pronóstico es útil cuando no hay datos históricos para desarrollar modelos estadísticos y cuando los administradores de la empresa no tienen experiencia en la cual basar sus proyecciones informadas. Un coordinador envía preguntas a cada miembro del grupo de expertos externos, que tal vez ni siquiera sepan quién más participa. El coordinador prepara un resumen estadístico de las respuestas y un resumen de los argumentos que las respaldan. El informe se envía al mismo grupo para otra ronda y los participantes pueden elegir modificar sus respuestas anteriores. Estas rondas continúan hasta que se logra el consenso.

### ***3.1.1. El Método Delphi***

El método principal para desarrollar la estrategia propuesta en el presente trabajo, será la Delphi; por tal motivo, se enfatizará en su descripción, uso y límites, recabada de la literatura y autores diversos que han desarrollado y aportado a esta técnica su visión particular sin perder su esencia, lo cual nos guiará en el correcto uso de ésta y su alcance para determinar si será complementada con otra técnica, con la finalidad de desarrollar una estrategia prospectiva completa que nos permita mostrar un posible escenario.

#### ***3.1.1.1. Características del Método Delphi.***

El nombre Delphi proviene de la Antigua Grecia. Delphos fue la localidad donde estuvo el más famoso santuario panhelénico, centrado en el oráculo de Apolo, donde según la leyenda, el oráculo de Apolo manifestaba la voluntad de Zeus a través de una sacerdotisa (la pitonisa), cuyas ambiguas palabras interpretaban los sacerdotes. Este oráculo alcanzó prestigio en los siglos V, VI y VII antes de J.C.

El primer estudio Delphi fue realizado en 1950 por la Rand Corporation para la fuerza aérea de EE.UU. y se le dio el nombre de "Proyecto Delphi". El objetivo de este estudio fue obtener el mayor consenso posible en la opinión de un grupo de expertos por medio de una serie de cuestionarios intensivos, a los cuales se les intercalaba una retroalimentación controlada. El propósito de este estudio fue la aplicación de la opinión de expertos a la selección -desde el punto de vista de una planificación de la estrategia soviética- de un sistema industrial norteamericano óptimo y la estimación del número de "bombas A" requeridas para reducir la producción de municiones hasta un cierto monto.

Es así, como las justificaciones originales para este primer estudio Delphi aún son válidas para muchas aplicaciones, cuando no se dispone de la información precisa, es muy costoso conseguirla o la evaluación requiere de datos subjetivos en los principales parámetros.

El Método Delphi se ha convertido en una herramienta fundamental en el área de las proyecciones tecnológicas, incluso en el área de la Administración clásica e investigación de operaciones. Existe una creciente necesidad de incorporar información subjetiva (por ejemplo análisis de riesgo) directamente en la evaluación de los modelos que tratan con

problemas complejos que enfrenta la sociedad, tales como, medio ambiente, salud, transporte, comunicaciones, economía, sociología, educación y otros.

Ruiz e Ispizua[1989], describen al Método Delphi como un método de investigación sociológica, que independientemente de que pertenece al tipo de entrevista de profundidad en grupo, se aparta de ellas agregando características particulares. Es una técnica grupal de análisis de opinión, parte de un supuesto fundamental y de que el criterio de un individuo en particular es menos fiable que el de un grupo de personas en igualdad de condiciones, en general utiliza e investiga la opinión de expertos.

Linstone y Turoff [1975], por su parte, piensan que el Método Delphi puede ser caracterizado para estructurar el proceso de comunicación grupal, de modo que ésta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos.

Sin embargo, para Konow y Pérez [1990], no definen el método, pues piensan que es limitar el alcance y contenido del método; dan una descripción general del método, de sus características, limitaciones, usos y aplicaciones. Enriquecen la definición de Linstone y Turoff [1975] mencionando la definición dada por Helmer y Rescher [1959], que apunta más bien al desarrollo del método: *“El método Delphi es un programa cuidadosamente elaborado, que sigue una secuencia de interrogaciones individuales a través de cuestionarios, de los cuales se obtiene la información que constituirá la retroalimentación para los cuestionarios siguientes”*.

Parisca [1995] considera que el Método Delphi se basa en el principio de la inteligencia colectiva y que trata de lograr un consenso de opiniones expresadas individualmente por un grupo de personas seleccionadas cuidadosamente como expertos calificados en torno al tema, por medio de la iteración sucesiva de un cuestionario retroalimentado de los resultados promedio de la ronda anterior, aplicando cálculos estadísticos.

### ***3.1.1.2. Fases del Método Delphi***

Para Konow y Pérez [1990], cualquiera que sean los tipos Delphi, se pueden distinguir cuatro fases:

- i. La primera fase se caracteriza por la exploración del tema en discusión. Cada individuo contribuye con la información adicional que considera pertinente.
- ii. La segunda fase comprende el proceso en el cual el grupo logra una comprensión del tema. Salen a la luz los acuerdos y desacuerdos que existen entre los participantes con respecto al tema.
- iii. La tercera fase explora los desacuerdos, se extraen las razones de las diferencias y se hace una evaluación de ellas.
- iv. La cuarta fase es la evaluación final. Esto ocurre cuando toda la información previamente reunida ha sido analizada y los resultados obtenidos han sido enviados como retroalimentación para nuevas consideraciones.

Como una forma de superar los problemas que surgen en los encuentros cara a cara, una de las características del método Delphi es el *anonimato* (actualmente es habitual realizarla haciendo uso del correo electrónico o mediante cuestionarios web establecidos al efecto) para evitar los efectos de “líderes” de los distintos miembros del grupo y la absoluta reserva sobre las respuestas individuales; esto está garantizado por la forma que se evalúan los cuestionarios, ya que se considera el conjunto de las respuestas de los participantes (incluyendo las minorías) en los resultados del ejercicio.

La evaluación de los cuestionarios se realiza de modo tal, que sus resultados puedan incorporarse como información, adicional a las preguntas de los cuestionarios siguientes (feedback). Esto les permite a los participantes del ejercicio Delphi poder revisar sus planteamientos, a la luz de la nueva información que se les está entregando. El objetivo de los cuestionarios sucesivos, es “disminuir el espacio intercuartil precisando la mediana”.

Las preguntas se refieren, por ejemplo, a las probabilidades de realización de hipótesis o de acontecimientos con relación al tema de estudio. La calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la elaboración del cuestionario y en la elección de los expertos consultados.

Aunque la formulación teórica del método Delphi propiamente dicho comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, de vaciado y de explotación, en buena parte de los casos puede limitarse a dos etapas, lo que sin embargo, no afecta a la calidad de los resultados tal y como lo demuestra la experiencia acumulada en estudios similares.

Como es sabido, el objetivo de los cuestionarios sucesivos, es “disminuir el espacio intercuartil, esto es cuando se desvía la opinión del experto de la opinión del conjunto, precisando la mediana” de las respuestas obtenidas. El objetivo del primer cuestionario es calcular el espacio intercuartil. El segundo suministra a cada experto las opiniones de sus colegas, y abre un debate transdisciplinario, para obtener un consenso en los resultados y una generación de conocimiento sobre el tema. Cada experto argumentará los pro y los contra de las opiniones de los demás y de la suya propia. Con la tercera consulta, se espera un todavía mayor acercamiento a un consenso.

En un ejercicio Delphi participan dos grupos diferentes. Uno es el grupo monitor, que es el encargado del diseño del ejercicio en todas sus fases, y el otro son los panelistas, los cuales responden las preguntas confeccionadas por el grupo monitor. Si bien, las respuestas y parte de la información son obtenidas del panel, el uso que de ella se haga, ya sea en proyecciones o diseño de política, es de exclusiva responsabilidad del grupo monitor.

Este método es apropiado para el estudio de temas en los cuales la información, tanto del pasado como del futuro no se encuentra disponible en forma sistemática y refinada; cuando esto ocurre, el método Delphi permite obtener dicha información y hacer uso de ella en forma más rápida y eficiente que los métodos tradicionales.

En nuestro caso, el Método Delphi será aplicado para desarrollar una estrategia con respecto a un mejor uso del inventario de diésel que no es usado para su fin en las centrales: la generación eléctrica. Para tal efecto, se tomará la opinión de expertos de distintas áreas

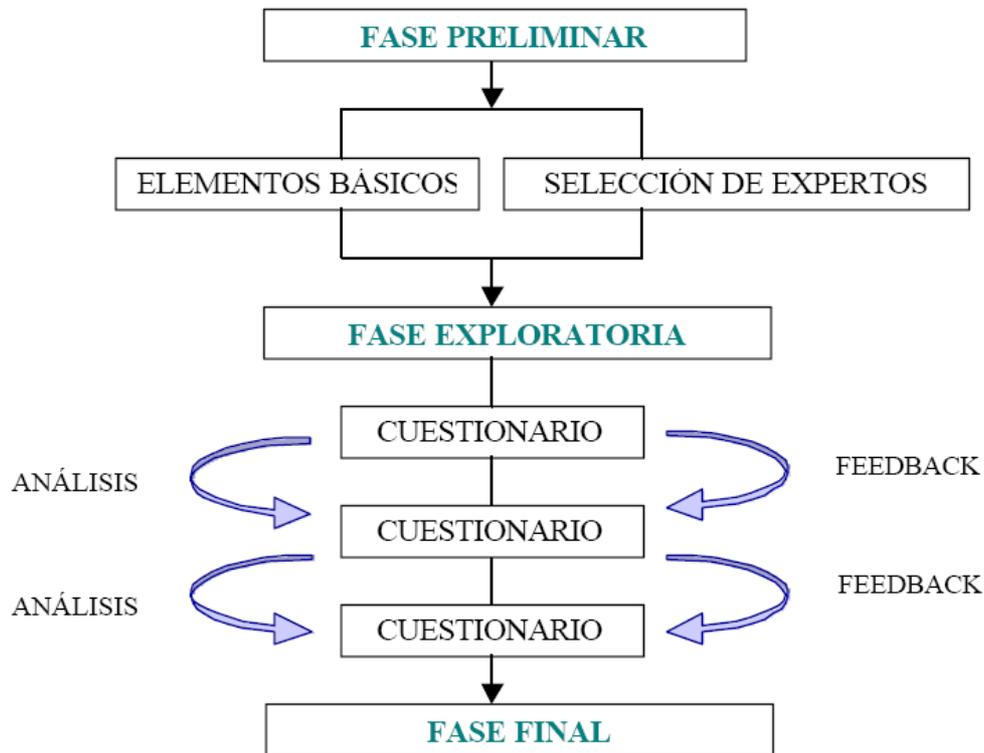
operativas y de soporte que, por su experiencia, podrán proporcionar una visión integral para un mejor uso del inventario.

En resumen, las principales características del método están dadas por el anonimato de los participantes (excepto el investigador), iteración (manejar tantas rondas como sean necesarias), retroalimentación (feedback) controlada, sin presiones para la conformidad, respuesta de grupo en forma estadística (el grado de consenso se procesó por medio de técnicas estadísticas) y justificación de respuestas (discrepancias/consenso).

Suelen distinguirse tres etapas o fases fundamentales en la aplicación del método:

1. Fase preliminar. Se delimita el contexto, los objetivos, el diseño, los elementos básicos del trabajo y la selección de los expertos.
2. Fase exploratoria. Elaboración y aplicación de los cuestionarios según sucesivas iteraciones, de tal forma que con las respuestas más comunes de la primera, se confecciona la siguiente.
3. Fase final. Análisis estadísticos y presentación de la información.

A continuación, se presenta el esquema de las tres fases mencionadas (Ver **Figura 8**).



**Figura 8. Desarrollo del Método Delphi.**

Fuente: Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653)

Además de las fases señaladas por Konow y Pérez [e] y Eneko [4], otros autores señalan también cuatro fases del Método Delphi, en el cual se describe de manera más detallada cada una:

**Fase 1: formulación del problema.** Se trata de una etapa fundamental en la realización de un delphi. En un método de expertos, la importancia de definir con precisión el campo de investigación es muy grande por cuanto que es preciso estar muy seguros de que los expertos reclutados y consultados, poseen todos la misma noción de este campo.

La elaboración del cuestionario debe ser llevada a cabo según ciertas reglas: las preguntas deben ser precisas, cuantificables (versan por ejemplo sobre probabilidades de realización de hipótesis y/o acontecimientos, la mayoría de las veces sobre datos de realización de acontecimientos) e independientes (la supuesta realización de una de las cuestiones en una fecha determinada no influye sobre la realización de alguna otra cuestión).

**Fase 2: elección de expertos.** La etapa es importante en cuanto a que el término “experto” es ambiguo. Con independencia de sus títulos, su función o su nivel jerárquico, el experto será elegido por su capacidad de encarar el futuro y posea conocimientos sobre el tema consultado.

La falta de independencia de los expertos puede constituir un inconveniente; por esta razón los expertos son aislados y sus opiniones son recogidas por vía postal o electrónica y de forma anónima; así pues se obtiene la opinión real de cada experto y no la opinión más o menos falseada por un proceso de grupo (se trata de eliminar el efecto de los líderes).

**Fase 3: elaboración y lanzamiento de los cuestionarios (en paralelo con la fase 2).** Los cuestionarios se elaborarán de manera que faciliten, en la medida en que una investigación de estas características lo permite, la respuesta por parte de los consultados.

Preferentemente las respuestas habrán de poder ser cuantificadas y ponderadas (p. ej.: año de realización de un evento, probabilidad de realización de una hipótesis, valor que alcanzará una variable o evento en el futuro,...etc.)

Se formularán cuestiones relativas al grado de ocurrencia (probabilidad) y de importancia (prioridad), la fecha de realización de determinados eventos relacionados con el objeto de estudio: necesidades de información del entorno, gestión de la información del entorno, evolución de los sistemas, evolución de los costos, transformaciones en tareas, necesidad de formación, etc.

En ocasiones se recurre a respuestas categorizadas (Sí/No; Mucho/Medio/Poco; Muy de acuerdo/De acuerdo/Indiferente/En desacuerdo/Muy en desacuerdo) y después se tratan las respuestas en términos porcentuales tratando de ubicar a la mayoría de los consultados en una categoría.

**Fase 4: desarrollo práctico y explotación de resultados.** El cuestionario es enviado a cierto número de expertos, hay que tener en cuenta las no-respuestas y abandonos. Se recomienda

que el grupo final no sea inferior a 25; sin embargo, para algunos investigadores este número de participantes resulta poco práctico desde los puntos de vista teórico y práctico.

Naturalmente, el cuestionario va acompañado por una nota de presentación que precisa las finalidades, el espíritu del Delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta (plazo de respuesta, garantía de anonimato). Además, en cada cuestión, puede plantearse que el experto deba evaluar su propio nivel de competencia.

El objetivo de los cuestionarios sucesivos es disminuir la dispersión de las opiniones y precisar la opinión media consensuada. En el curso de la 2ª consulta, los expertos son informados de los resultados de la primera consulta de preguntas y deben dar una nueva respuesta y sobre todo deben justificarla en el caso de que sea fuertemente divergente con respecto al grupo. Si resulta necesaria, en el curso de la 3ª consulta, se pide a cada experto comentar a cada experto los argumentos de los que disienten de la mayoría. Un cuarto turno de preguntas, permite la respuesta definitiva: opinión consensuada media y dispersión de opiniones (intervalos intercuartiles).

#### ***3.1.1.3. Número óptimo de expertos.***

Como lo encontraron Rosas, Sánchez y Chávez [2012], estudios realizados por investigadores de la Rand Corporation, señalan:

[...] si bien parece necesario un mínimo de siete expertos, contemplando que el error disminuye notablemente por cada experto añadido hasta llegar a los siete expertos, no es aconsejable recurrir a más de 30 expertos, pues la mejora en la previsión es muy pequeña y normalmente el incremento en costo y trabajo de investigación no compensa la mejora[1970].

En contraste, existen otras investigaciones que sostienen que el panel de expertos debe estar compuesto por no menos de quince miembros. No obstante, Sommers y colaboradores sugieren que limitar el tamaño del panel de expertos facilita el control del trabajo generado, ya que podría haber la posibilidad de que demasiadas opiniones enterrarán buena información.

#### ***3.1.1.4. Utilidad y límites del Método Delphi.***

Una de las ventajas del Delphi es la cuasi-certeza de obtener un consenso en el desarrollo de los cuestionarios sucesivos (pero ¡atención! convergencia o consenso no significa coherencia). Por lo demás, la información recogida en el curso de la consulta acerca de acontecimientos, tendencias, rupturas determinantes en la evolución futura del problema estudiado, es generalmente rica y abundante. Finalmente, este método puede utilizarse indistintamente tanto en el campo de la tecnología, de la gestión y de la economía como en el de las ciencias sociales.

Varios son los problemas que limitan el alcance del método que se revela largo, costoso, fastidioso e intuitivo más que racional. Si bien es cierto que las nuevas tecnologías han permitido el relanzamiento del método Delphi, que ciertamente había caído en cierto

desuso. La tramitación presionante (encuestar varias veces) es además discutible, puesto que sólo los expertos que se salen de la norma deben justificar su posición. Sin embargo, podemos considerar también que la opinión de los divergentes es, en términos de prospectiva, más interesante que aquélla de los que entran en el rango. Por otra parte, no se toman en consideración las posibles interacciones entre las hipótesis consideradas y son incluso evitados en la propia construcción de la encuesta, esto es lo que ha conducido a los promotores del método Delphi a desarrollar los métodos de impactos cruzados probabilistas.

Finalmente, el método tiene el mérito de poder ajustarse o modificarse dependiendo, entre otros aspectos, del tema que se trate o de la información requerida. Cada investigador que ha decidido utilizarla, ha incorporado, alterado o eliminado ciertos aspectos que, a su juicio, no son aplicables al propósito de su trabajo o a las metas que se habían trazado. Por ejemplo, algunos investigadores modificaron la técnica utilizando medidas de tendencia central distintas a las utilizadas originalmente para realizar el análisis. Otros alteraron el tamaño de la muestra, diseñándola más grande o más pequeña, dependiendo de los expertos disponibles para participar. O bien, cambiaron el total de rondas utilizadas para llevar a cabo el estudio.

#### ***3.1.1.5. Procesamiento estadístico sucesivo.***

Al final de cada ronda se procesan reiteradamente las respuestas a los cuestionarios, los principales análisis estadísticos que se emplean son las medidas de tendencia central y de dispersión: media, mediana, moda, máximo, mínimo y desviación estándar. Habitualmente (si las desviaciones estándar no son excesivas) se utiliza la media.

En correspondencia al tipo de preguntas que se realicen, en el procesamiento de las respuestas pueden utilizarse otros análisis, por ejemplo: coeficiente de concordancia *Kendall W* si se piden respuestas de ponderaciones ascendentes o descendentes. Aisladamente se notifica el uso de la prueba de *Wilcoxon* y el *coeficiente alfa de Cronbach*.

### ***3.2. Exploración de futuros alternativos***

Como se ha mencionado en la introducción de este capítulo, el método Delphi será complementado con el método de exploración de futuros con la intención de generar un escenario más amplio de efectos de causalidad de eventos sucesivos, con el objetivo de detectar los factores de riesgo que imposibilitarían que la estrategia/escenario resultante no se cumpliera en el futuro.

El Método de Exploración de Futuros consiste en explorar y evaluar posibilidades futuras probables o futuros alternativos. Básicamente consiste en analizar las tendencias actuales para llegar a predecir o pronosticar los futuros escenarios. Tanto los analistas de mercado como los corredores de bolsa y los meteorólogos emplean esta ciencia cuando realizan predicciones. Las técnicas de futurología que se describirán más adelante, se usan más a escala global y son semejantes a las estrategias que usan los gobiernos y muchos grupos de expertos para realizar pronósticos y valoraciones sobre el futuro. La creación de un escenario y el análisis de tendencia y retrospección son los factores clave en este método.

Como lo describe Hammon, Allen [17], los escenarios son situaciones hipotéticas o hipótesis de cómo una tendencia o tendencias, estrategias o acontecimientos originan diferentes situaciones futuras. La creación de situaciones hipotéticas constituye una forma eficaz de estudiar el futuro, ya que no podemos saber cómo éste se desarrollará exactamente. Los objetivos a la hora de describir los escenarios o situaciones hipotéticas son “ayudar a concebir nuevas posibilidades para explorar diferentes alternativas, así como integrar muchos factores distintos en nuestro modo de pensar sobre el futuro”.

### **3.2.1. Pasos del método**

**Primer paso.** Plantear tendencias principales que conformarían el futuro. El ejercicio de puede llevar a cabo con una lluvia de ideas; o bien, se puede incorporar análisis que se hayan publicado relativos a tendencias importantes. Se pueden encontrar algunos análisis y publicaciones de tendencias útiles para los temas medioambientales en el libro *OECD Environmental Outlook to 2030 (Perspectivas Medioambientales de la OECD para 2030)*, por ejemplo. O bien, el WorldWatchInstitute publica de forma anual un práctico panorama de las tendencias futuras llamado *Vital Signs (Signos Vitales)*.

Una vez identificadas las tendencias, se organizan las ideas clasificándolas por categorías. El sistema DEGEST (cuyas iniciales, en inglés, se refieren a seis categorías, que son, respectivamente: demografía, medio ambiente, gobierno, economía, sociedad/cultura y tecnología) desarrollado por Philip Kotter, puede resultar muy útil. La mayoría de las tendencias abarcarán más de una sola categoría –por ejemplo, una tendencia encaminada a producir menos descendencia, además de considerarse una tendencia social o cultural; puede derivar de tendencias económicas o gubernamentales y, a su vez, puede tener consecuencias en tendencias medioambientales.

**Segundo paso.** Identificación de las diferentes causas, principios y resultados que se esconden tras estas tendencias. Se empieza por identificar las causas generales, los principios y valores representados en las tendencias que se han identificado. Por ejemplo, una tendencia hacia un crecimiento de la población en disminución, puede reflejar causas económicas tales como la recesión o principios y valores de preservación del ambiente ó principios y valores menos centrados en el núcleo familiar.

Posteriormente, se deben emitir hipótesis sobre cuáles serían los resultados de dichas tendencias. Por ejemplo, algunos resultados de un crecimiento de población en disminución, puede ser una reducción en la contaminación, cambios en los patrones de consumo o estancamiento económico.

**Tercer paso.** Para este paso, habrá que sintetizar las causas, principios y resultados identificados en el segundo paso, dentro de, al menos, tres grandes marcos globales y diferenciados. Estos marcos nos proporcionarán una descripción amplia y detallada de lo que cada escenario futuro podría contener. Se pueden utilizar los escenarios desarrollados por el *Global Scenario Group* y descritos por Allen Hammond en su libro *WhichWorld?* [17]. (El Global Scenario Group fue formado en 1995 por el Tellus Institute y el Stockholm Environment Institute –Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo- y reunía a destacados

académicos medioambientales. Su tarea consistía en usar técnicas de futurología para describir hipótesis sobre las posibles direcciones de desarrollo del planeta bajo la creciente presión medioambiental y muchas otras).

Hammond afirmaba que cada escenario futuro mundial creíble, podría contener:

1. **Mundo mercantil.** Un futuro basado en que la idea de que las fuerzas mercantiles y las nuevas tecnologías nos llevarán a una creciente prosperidad y ofrecerán a la humanidad un futuro brillante, un futuro en el que los mercados dirigen y en el que las sociedades anónimas globales dominan. En este escenario, la reforma tecnológica y la innovación tecnológica alimentan un rápido crecimiento económico. Las regiones en desarrollo se integran en la economía mundial, creando así un mercado global poderoso y llevando técnicas y productos modernos a prácticamente todos los países. El resultado es la expansión de la prosperidad, la paz y la estabilidad. Esta visión de futuro se promueve de forma explícita o implícita por parte de la gran mayoría de los líderes de sociedades anónimas y de teóricos económicos, cuyas voces parecen afianzadas por el fracaso de las economías planificadas.
2. **El mundo de la fortaleza.** Un futuro más crudo en el que las islas de la prosperidad están rodeadas de océanos de pobreza y desesperación; un futuro de conflictos, violencia, inestabilidad, caos social y degradación medioambiental creciente. Este escenario es una visión pesimista basada en el fracaso del crecimiento encabezado por los mercados para reparar los males sociales y prevenir los desastres medioambientales, al menos en muchas partes del mundo. En este escenario, estos fallos acaban por destruir los recursos naturales y el marco social de los que de mercados y crecimiento económico dependen. Se extiende el estancamiento económico ya que muchos recursos se desvían para mantener la seguridad y la estabilidad. La fragmentación económica ocurre donde los conflictos dominan o donde el orden social se viene abajo. Los enclaves de la riqueza y prosperidad existen y contrastan con la miseria general y con la creciente desesperación.
3. **Un mundo transformado.** Un futuro en el que unos cambios fundamentales a nivel social y político ofrezcan la esperanza de satisfacer las aspiraciones humanas. Se trata de un escenario pronosticado en el que un importante cambio político y social y, probablemente, incluso unos valores cambiados y unas normas culturales, dan lugar a unas políticas ilustradas y a acciones voluntarias que dirigen o suplementan las fuerzas mercantiles. Este escenario concibe una sociedad en la que el poder está más repartido y en la que nuevas coaliciones sociales trabajan desde la base para dar forma a lo que las instituciones y los gobiernos llevan a cabo. Aunque los mercados se convierten en herramientas eficaces para el progreso económico, no sustituyen a las elecciones sociales deliberadas. En este escenario existe la competencia económica, pero no a un nivel más importante que las grandes necesidades de cooperación y solidaridad entre la población mundial y la satisfacción de las necesidades humanas esenciales. Esta visión ofrece la posibilidad de un cambio fundamental para mejorar en la política, en las instituciones sociales y en el medio ambiente.

**Cuarto paso.** Realizar el propio escenario con detalle. Para realizar este ejercicio, se debe describir de forma creativa cómo se inician las diferentes tendencias según las causas, los principios y los resultados que cada marco contiene. Cada visión debería contener unas imágenes claramente contrastadas. Estas imágenes deberían aclarar las consecuencias que acarrearán nuestras elecciones y la incertidumbre de lo que ocurrirá en el futuro. El pensamiento creativo resulta importante para la realización de este ejercicio, pues ayudará a imaginar un gran abanico de posibilidades.

### ***3.3. Enfoque de Sistemas para crear una estrategia***

Para efectos del presente trabajo, resulta de vital importancia adquirir el conocimiento de investigadores experimentados en el área sobre la elaboración de un Plan Estratégico exitoso, el cual aporte efectivamente los cambios requeridos a un sistema u organización, basado precisamente en un enfoque sistémico.

Lo anterior será de gran importancia, pues se revelan una serie de recomendaciones para tal efecto, que serán tomados en cuenta para elaborar la estrategia propuesta mediante las herramientas que se usarán para lograrlo, tales como el método Delphi y exploración de futuros.

En la propia experiencia e investigación de Haines [9], en una amplia variedad de organizaciones públicas y privadas, se ha convencido de que sólo el camino para garantizar el futuro que tú deseas, es diseñar y perseguir una ***“Visión Ideal” Enfocada al Cliente, usando el Enfoque de Sistemas***, en base a las tres metas del Sistema de Administración de Estrategias (Strategic Management System):

**Meta #1: Desarrollar un Plan/Documento Estratégico.**

**Meta #2: Asegurar el éxito de la implementación.**

**Meta #3: Construir y sostener un alto desempeño a largo plazo.**

Por el alcance del presente trabajo, el entregable comprenderá únicamente la Meta #1; sin embargo, es importante tener en cuenta lo que falta por hacer, por lo que se mencionarán las metas #2 y #3.

Haines [1999] asegura que la necesidad de reinventar la planeación y cambiar la administración, y hacerlo sabia y efectivamente, los tres simples elementos descritos a continuación, ayudarán en el esfuerzo del cambio.

El *Enfoque de Sistemas* proporciona muy claramente RESPUESTAS ESTRATÉGICAS a las preguntas hechas de organizaciones, las cuales quieren ser exitosas en el largo plazo.

***3.3.1. Elemento #1 aparentemente simple: planear y cambiar son una parte de la administración y el liderazgo.***

Una organización o equipo embarcado en una estrategia o planeación de negocio en proceso de cambio, debe primero preguntarse asimismo: si la estrategia de planeación es:

- (1) ¿un evento?
- (2) ¿un proceso?
- (3) ¿un cambio en nuestros roles?
- (4) ¿un cambio en la forma en que debemos ejecutar nuestro negocio día a día?

Si la respuesta es “todo lo anterior”, la planeación y estrategia del negocio debe ser transformada dentro de una administración estratégica y culminar en un cambio significativo en la forma en que se lleva a cabo el negocio. Esta es una diferencia clave entre nuestro modelo y muchos otros, los cuales sufren muy a menudo el fatal síndrome “SPOTS” (StrategicPlansOn Top Shelves – Planes Estratégicos en lo Alto de los Estantes, acumulando polvo).

Nuestro modelo se enfoca en una implementación ardua de un cambio real –un cambio en el que todos los diversos comportamientos humanos que colectivamente maquillan la cultura de una organización. Un cambio en el comportamiento humano en una firma entera o unidad de negocio a uno en el cual el cliente es el que requiere primordialmente el esfuerzo continuo de nuevos comportamientos. Se debe contener la tendencia humana natural de volver atrás a los comportamientos familiares y hábitos del pasado.

Para alcanzar esto, se debe completamente renovar el actual sistema de renovación. Nuestro reinventado Modelo Estratégico y Planeación de Negocios implementa conceptos claves no encontrados en ningún otro modelo de cambio estratégico.

### ***3.3.1.1. Las metas.***

#### **1. DESARROLLAR TU ESTRATEGIA Y/O PLAN DE NEGOCIOS.**

##### **Empieza con un Plan-to-Plan (Planear-para-planear) (Paso 1)**

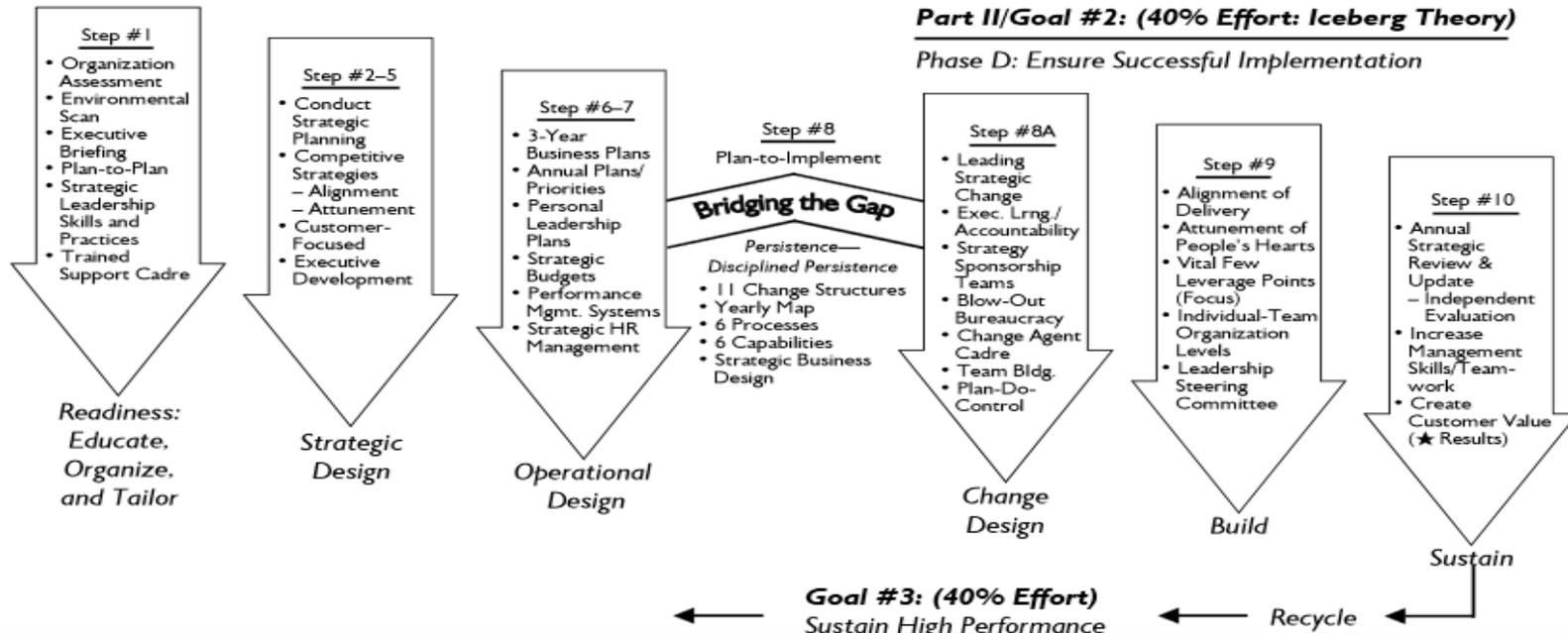
Nuestro concepto “plan-to-plan” (planear-para-planear), educa, organiza y viste la estrategia o proceso de plan de negocios a las necesidades específicas de la organización. Esto involucra a las partes interesadas (stakeholders) claves en el “Proceso Paralelo” y determina los roles en cuanto al liderazgo y desarrollo a los altos mandos.

# CREATING CUSTOMER VALUE

## A three-part “Strategic Management Systems” Solution

### Part I/Goal #1: (20% Effort: Cascade of Planning)

Phases A-B-C: Develop a Strategic Plan/Document



**Figura 9. Creando la cadena de valor. Las tres partes de la solución de los “Sistemas de Administración Estratégica”.**

Fuente: *The Manager's Pocket Guide to Strategic and Business Planning: The Systems Thinking Approach*

Author: Haines, Stephen G. Date: 1999. Pág. 7.

[http://eds.a.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEzNTk3OV9fQU41?sid=a24b7e7e-475a-45a4-bb5e-b78fdad971ae@sessionmgr4001&vid=0&format=EB&lpid=lp\\_v&rid=](http://eds.a.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEzNTk3OV9fQU41?sid=a24b7e7e-475a-45a4-bb5e-b78fdad971ae@sessionmgr4001&vid=0&format=EB&lpid=lp_v&rid=)

## **Dirigir la Planeación Estratégica Actual (Pasos 2-5)**

El concepto de una “Visión Ideal del Futuro” es el primer punto para un Proceso de Administración de Enfoque de Sistemas, el cual ayuda a establecer e implementar cambios radicales. Éste enfoca a la organización y sus estrategias centrales a la satisfacción del cliente –sus únicos resultados o razones de existencia.

Estos pasos son el anteproyecto del diseño de la estrategia. Ellos cubren el desarrollo de los valores organizacionales o “cultura”, la medición de resultados cuantificables y metas de Factores Claves de Éxito.

Por último, ellos incluyen el desarrollo de una Evaluación del Estado Actual. Las estrategias básicas son entonces el desarrollo y la disminución de la brecha entre la Visión del Futuro y las cosas que se observan el día de hoy.

## **Llevar a cabo la planeación operacional (Pasos 6-7)**

Una vez que la planeación estratégica fue completada, una organización debe convertirlo a un cambio permanente a largo plazo, decisiones estratégicas dentro de la operación. En grandes organizaciones, esto usualmente significa primero el desarrollo de un Plan de Negocios a tres años (paso #6) por cada *unidad de negocio estratégica* o *áreas importantes de la organización*. Cada departamento principal de soporte (público o privado) también debería tener uno. Esto incluye Finanzas, Recursos Humanos, Ventas, departamentos Legales y Administrativos. Este proceso de Planeación de Negocios observa notablemente cómo el proceso de planeación estratégica ya descrito, Plan-to-Plan, y el diseño estratégico para la unidad de negocio. La diferencia principal es que la Unidad de Negocio Estratégica o los Departamentos Principales de Soporte (éste último en el Sector Público) deben planear dentro del contexto de plan estratégico general ya desarrollado.

Una vez que el Plan de Negocios a tres años está desarrollado, se deben fijar planes anuales y presupuestos estratégicos que relacionen las prioridades y acciones anuales (paso #7). Los planes y presupuestos anuales deben fijarse dentro del contexto de las estrategias principales ya desarrolladas. (Fijar objetivos distintos a los departamentos, es una gran error; el objetivo de cada departamento en cada organización debe ser para apoyar las estrategias principales de la organización en general.

## **2. ASEGURAR UNA IMPLEMENTACIÓN EXITOSA.**

### **Reducir la diferencia: Planear para implementar (Plan-to-Implement).**

Se refiere al paso #8 y es diseñado para reducir la diferencia entre el plan o estrategia de negocio y el proceso complicado de implementación. Es un esfuerzo diario de educación, transformación y organización para el cambio. En esta etapa se debe planear lo siguiente: Comité de Dirección de Liderazgo, un Mapa Comprensivo anual del proceso de implementación y el uso de un Equipo Estratégico de Patrocinadores multifuncional.

La Meta #2 también incluye el **paso #9, Estrategia de Implementación y Cambio**, donde las tareas y trabajo actuales se han logrado. Esto incluye el modelo “la Organización como un Sistema”. En orden para hacer este complejo proceso fácil, se tiene que desarrollar una Rueda de Detalle comprendida por ocho áreas claves de implementación y varias acciones específicas detalladas usadas a largo plazo, importantes esfuerzos de cambio cultural.

Esto también incluye la necesidad de (1) crear Valor al Cliente en el sistema de entregas, (2) construir el necesario Sistema de Desarrollo de Liderazgo y (3) instituir prácticas estratégicas de Administración de Recursos Humanos para crear la cultura deseada para soportar esta entrega.

Así, todas estas necesidades son cruciales para el trabajo de la organización. Mientras no lo llevemos a cabo en todas las áreas de desarrollo de la organización, no nos enfocaremos en los puntos clave de influencia.

### **3. CREAR Y SOSTENER UN ALTO DESEMPEÑO A LARGO PLAZO.**

#### **Revisión de la Estrategia Anual (y actualización)**

El paso #10 incluye una Revisión Anual de la Estrategia y su Actualización, la cual es usualmente parte de una auditoría financiera independiente. Los Planes de Negocio y Estratégicos a menudo son hechos para tres a siete años o más a la vez, pero se deben revisar formalmente y actualizar anualmente para mantener el ritmo del cambio. Es de suma importancia que existan los documentos necesarios que comprueben que el plan de negocio y estratégico está revisándose y actualizándose. Éste es el único camino para poder lograr un alto desempeño a largo plazo.

En resumen, estas tres partes/metast del Enfoque de Sistemas, incluya todos los elementos necesarios para diseñar y construir un enfoque al cliente y un alto desempeño en el aprendizaje de la organización.

En la **Figura 9** (pág. 58), se puede observar gráficamente el proceso que se recomienda para llevar a cabo una estrategia exitosa que cambie el rumbo de una organización, partiendo del presente hacia una Visión Ideal del Futuro.

Los elementos que hay que considerar de este apartado, son los implícitos en los pasos del 1 al 5 para la elaboración de la estrategia que se plantea en este trabajo que se resume de la siguiente manera: concientizar a quienes toman decisiones para que sean ellos quienes comiencen la inercia del cambio hacia el interior de la organización de acuerdo a las necesidades de ésta, evaluando el escenario de mantener a la organización en la situación actual o cambiar el rumbo de ésta.

## CAPÍTULO 4

### **4. PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS DE DIESEL: UN ESTUDIO DE CASO.**

En este capítulo, se elabora la estrategia para mejorar la administración de los inventarios de diésel en las centrales termoeléctricas (subtipos: turbo gas y ciclo combinado) que tienen almacenado el combustible sin ocuparse, con base en el método Delphi y Exploración de Futuros Alternativos. Éste último estará implícito en la mayoría de las preguntas, ya que están enfocadas a llevar la situación actual al futuro y a analizar algunas tendencias relacionadas y crear un escenario que tenga consecuencias en eventos sucesivos, los cuales se convertirán en los factores de riesgo o éxito de la estrategia.

Según el método Delphi, son necesarios los siguientes aspectos: la selección del grupo de expertos y la elaboración del cuestionario.

#### ***4.1. Selección del panel de expertos.***

Por el alcance de este trabajo y, según lo recomendado por diversos autores; el número de expertos elegidos para el panel está en el rango requerido, el cual fue de 12. Se eligió un representante por cada área, a excepción de las Zonas Norte, Noroeste y Sureste, en las cuales se escogieron a dos expertos por cada zona Norte y Noroeste y tres expertos totales de la zona del Sureste. Todos ellos son ingenieros especializados que cuentan con la experiencia y el conocimiento operativo; ya que tienen una trayectoria de por lo menos 10 años y otros tantos hasta 42 años de experiencia. Sólo algunos cuentan con algún nivel de posgrado.

Dentro de los 12 panelistas, están tres representantes centrales, quienes gestionan el suministro de combustibles a nivel nacional y son ejecutivos de alto rango, quienes conocen las tendencias y escenarios relacionados a este tema, uno de ellos tiene posgrado de Maestría en Ingeniería Nuclear. En ambos casos, por las características mencionadas, se garantiza la confiabilidad de los resultados.

A continuación, se muestra un resumen de las principales características de los expertos elegidos en la **Tabla 9**:

<b>Experto</b>	<b>Zona</b>	<b>Grado</b>	<b>Años de experiencia</b>
<b>1</b>	Central	Ingeniero	11
<b>2</b>	Sureste	M.G.B.I	10
<b>3</b>	Sureste	Ingeniero	16
<b>4</b>	Sureste	Ingeniero	19
<b>5</b>	<i>Occidente</i>	<i>Ingeniero</i>	<i>17</i>
<b>6</b>	Norte	Ingeniero	25
<b>7</b>	Norte	Ingeniero	11
<b>8</b>	Noroeste	Ingeniero	9
<b>9</b>	Noroeste (Baja California)	Licenciado	11
<b>10</b>	<i>Ejecutivo Central</i>	<i>Ingeniero</i>	<i>42</i>

<b>11</b>	Ejecutivo Central	M. en I.	33
<b>12</b>	Ejecutivo Central	Ingeniero	13

**Tabla 9. Perfil de los expertos elegidos y los que no participaron (en rojo).**

*Fuente: Elaboración propia.*

Cabe señalar, que hubo dos expertos del panel que no respondieron las encuestas, a quienes a pesar de que se les insistió, no hubo una respuesta favorable. El primero corresponde al representante de la Zona Occidente y, el segundo, al Ejecutivo Central con mayor número de años de experiencia. Aun así, el número de expertos restantes queda dentro del rango sugerido por los diversos autores consultados: **10**.

#### **4.2. Elaboración de los cuestionarios.**

Es usual la combinación de varios tipos de preguntas en un cuestionario<sup>1</sup> y la solicitud de aportar nuevas si lo considera necesario, en ocasiones señalando un límite de propuestas. Los investigadores pueden decidir convertir las valoraciones de los expertos en nuevas cuestiones a evaluar en la próxima ronda.

Para todos los cuestionarios se elaboraron preguntas concretas, claras, fáciles de responder e independientes, lo anterior como mecanismos que agilicen y mejoren la comunicación.

Las preguntas tienen un enfoque futurista; es decir, se busca que los expertos analicen la situación y tendencias actuales para verificar si es conveniente continuar operando como hasta ahora en el futuro.

*En la primera ronda*, se introduce al experto en la problemática, dando una breve explicación de la misma y el objetivo de la encuesta; a continuación, se inicia el cuestionario, en el cual se encuentran preguntas de tipo abiertas (se emiten valoraciones comentadas), que podrán responderse en base a una escala de valoración del 1 al 5, donde 1 equivale a nada, 2 escaso, 3 término medio, 4 con posibilidades y 5 estrictamente necesario; adecuando para cada pregunta, la respuesta necesaria sin perder la esencia del valor.

Asimismo, se les abre un espacio en donde se les pide expongan sus comentarios adicionales, en caso de que la opción de respuesta no sea suficiente y tengan otros argumentos para no responder, o bien, si desean reforzar o justificar su respuesta.

---

<sup>1</sup>Se han encontrado cuatro formas de elaboración de cuestionario atendiendo al tipo de respuesta solicitada: dicotómica o excluyente (sí-no; acuerdo-desacuerdo), de ponderación (asignar un lugar de forma ascendente o descendente), continuas o tipo likert (evaluar en un intervalo) y abiertas (emitir valoraciones comentadas).

En la segunda ronda, se les muestra a los participantes los resultados estadísticos de la primera ronda y, se les pide que vuelvan a valorar con un *Sí o No* estoy de acuerdo en las nuevas afirmaciones (según el valor medio), con la finalidad de disminuir el sesgo y lograr un mayor consenso. En caso de que no estén de acuerdo, se les sugiere los niveles aproximados a la media; si aun así escogen la opción “ninguno de los anteriores”, se les pide expliquen la razón de su diferencia con los demás y se tomará en cuenta para el análisis de resultados.

La mayoría de los autores señalan que para que se llegue a un consenso, se deben realizar más de dos rondas y que, a partir de la cuarta, se mantienen los mismos resultados; sin embargo, se optó por realizar dos rondas del método Delphi por razones de tiempo; las cuales para muchos otros autores es un buen número para lograr en lo posible un consenso, proceso al que se le denomina “Delphi modificado”.

Existe una tercera ronda o fase de exploración de futuros, en la que una vez finalizado el método Delphi en la segunda ronda, se analizan los nuevos resultados y se describe un escenario surgido del consenso de la encuesta, se identifican las principales variables y se les pide a los expertos que piensen en los eventos sucesivos que este nuevo escenario generaría y de esta manera, identificar los factores de riesgo y de éxito de la estrategia. Se les presentan algunas opciones en la que pueden marcar más de una opción, incluso todas y, si requieren especificar otro evento, lo podrán hacer. También se les pide que, si lo desean, expliquen por qué opinan que ese factor es de riesgo o éxito para el escenario surgido.

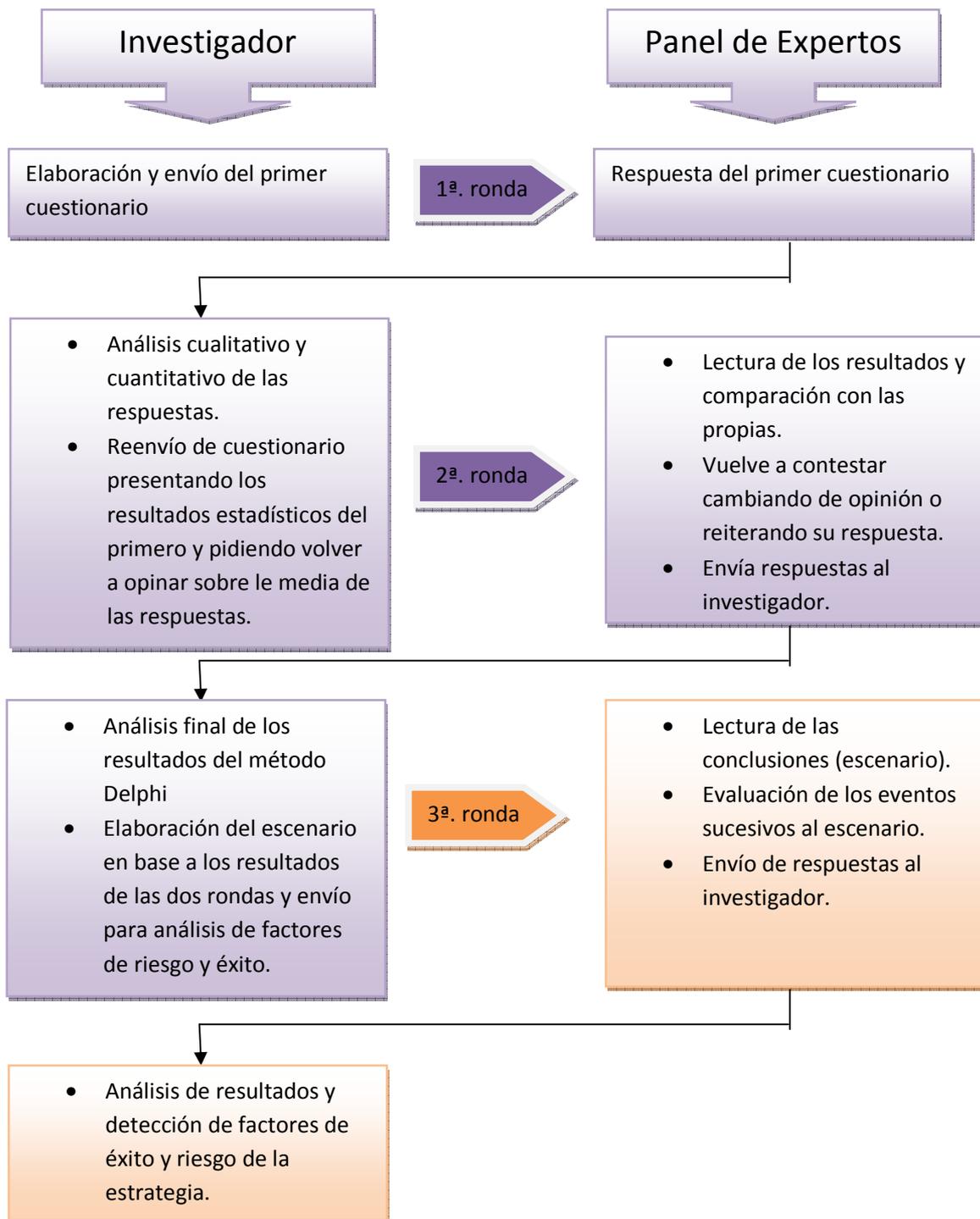
De esta manera, en el siguiente cuadro se pueden observar las fases y los objetivos a cumplir en cada una:

Fase	Tipo de preguntas	Objetivos
<b>Método Delphi</b>		
<b>Primera ronda (cuantitativa)</b>	Abiertas (valoraciones comentadas)	Encontrar los elementos comunes y las divergencias de los expertos; así como otros elementos que sirvan para la siguiente ronda.
<b>Segunda ronda (cuantitativa)</b>	Cerradas (con un sí o no, valor 0 ó 1)	Realizar un debate reiterando las preguntas a los expertos que se alejaron de la media.
<b>Método de Exploración de Futuros</b>		
<b>Exploración de futuros (cualitativa)</b>	Abiertas (valoraciones comentadas)	Analizar los eventos sucesivos al escenario resultante del método Delphi para determinar los factores de éxito y riesgo de la estrategia.

**Tabla 10. Fases y objetivos del método Delphi y Exploración de futuros para la elaboración de la estrategia.**

*Fuente: Elaboración propia.*

De manera gráfica, el proceso se muestra en la siguiente **Figura 10**, en los que en color azul corresponde al método Delphi y, la parte en color rojo, corresponde al método de Exploración de Futuros Alternativos.



**Figura 10. Aplicación del método Delphi (en azul) complementado con el método de Exploración de Futuros (rojo).**  
Fuente: Elaboración propia.

Para agilizar la comunicación se usaron herramientas On-line y Tecnologías de la Información como internet y el correo electrónico; los cuestionarios fueron creados mediante un software gratuito en su versión libre, **Free versión QuestionPro<sup>1</sup>**, y enviados mediante un link vía correo electrónico. Para tener congruencia con el método Delphi, se les envió a todos sin conocer la identidad entre ellos con la opción *Anonymous Survey Link* (liga de encuesta anónima). En el cuerpo del correo se les explicó la problemática, el objetivo y las fases del método y se les incentiva a participar<sup>2</sup>.

Al dar clic en la liga del correo, se despliegan todas las preguntas hacia abajo; por lo que pueden ser re-evaluadas y cambiar la respuesta de cualquier pregunta si el panelista así lo desea en cualquier momento. Se contesta con un sencillo clic en la respuesta deseada en un ambiente amigable. En todas las respuestas existe la parte opcional para justificar la respuesta.

Al final de la encuesta, hay un botón de finalización de encuesta (“continue”) en la que se agradece la participación y automáticamente, las respuestas son remitidas al correo electrónico origen (investigador). Este mecanismo agilizó de manera importante la comunicación y el tiempo de respuesta; así como se cree que disminuyó la abstención de los panelistas, pues sólo dos de ellos no contestaron las encuestas.

Es importante mencionar que la versión libre del software sólo admite la elaboración de 10 preguntas; dada esta limitante, se elaboraron dos encuestas, se guardaron y se enviaron una seguida de la otra, casi inmediatamente, con las notas correspondientes que informaban de esta situación. Aun así, se tuvo una gran participación, con 10 encuestas respondidas en todas las fases.

#### ***4.3. Resultados de la primera fase (método Delphi).***

Los resultados de la primera fase se caracterizaron por tener en una mediana dispersión en los rangos de las respuestas.

A continuación, se presenta una tabla de las valoraciones que los expertos dieron a las respuestas de esta primera ronda. El orden de los expertos corresponde al mostrado en la **Tabla 9**, recorriendo los espacios de aquellos que no participaron. Recordemos que las valoraciones van de menor a mayor en una escala de 5, en donde el 1 representa el menor valor (equivalente a una respuesta negativa) y 5 el mayor (equivalente a una respuesta positiva).

---

<sup>1</sup><http://www.questionpro.com/es/>

<sup>2</sup>En el **Anexo 1** se encuentra el contenido del cuestionario y la forma en que se elaboró en el software indicado.

<i>Pregunta j/Experto i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>Sj</i>
1	1	2	2	2	1	2	2	1	4	4	21
2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	3	26
3	2	2	2	2	2	3	1	3	2	3	22
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	18
5	4	4	4	4	4	3	3	2	3	2	33
6	4	4	5	4	3	4	5	5	4	3	41
7	4	4	5	4	4	5	5	4	5	3	43
8	2	2	2	3	2	1	2	2	3	3	22
9	4	4	4	3	3	3	3	4	2	2	32
10	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	43
11	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	47
12	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	47
13	4	3	3	3	5	5	5	4	5	5	42
14											0
15	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	27
16	2	1	2	2	2	1	3	2	4	4	23
17	2	2	1	2	3	3	4	4	4	4	29
$\Sigma$	51	50	53	51	47	50	54	52	55	52	516

**Tabla 11. Valoración que los expertos dieron a cada respuesta en la primera ronda.**

*Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.*

Los espacios en la pregunta No. 14 están en blanco debido a que se trata de que los expertos propongan los niveles de existencia de diésel que deberían tener la(s) central(es) de su injerencia, en una matriz.

Los resultados a la pregunta No. 14 para los expertos 1 al 8, se muestran a continuación en la siguiente matriz, llenada de acuerdo a sus zonas de influencia (**Tabla 12**).

Asimismo, en la **Tabla 13**, se observan los resultados a la pregunta 14 de los expertos 9 y 10; evaluaron a todas las centrales, pues son responsables de todas las áreas del SEN.

Experto	Central	Existencia útil actual			Rango sugerido de existencia útil				
		Capacidad Útil [m³]	Día [m³]	lleno [%]	1) 0-20%	2) 21-40%	3) 41-60%	4) 61%-80%	5) 81-100%
Zona: Central									
1	C.C. El Bajío	23,000	18,382	80			X		
	C.C. El Sauz	16,494	15,746	95	X				
Zona Sureste									
2						X			
3	C.C. Tuxpan	20,000	18,000	90	X				
4						X			
Zona Norte									
5							X		
6	C.C. Samalayuca II	15,000	10,884	73		X			
5					X				
6	T.G. Chihuahua	4,692	340	7	X				
5					X				
6	C.C. Chihuahua II	9,750	915	9	X				
5						X			
6	C.T. Francisco Villa	428	287	67		X			
5						X			
6	C.C. Gómez Palacio	12,300	0	0	X				
5					X				
6	T.G. La Laguna	2,286	118	5	X				
5					X				
6	T.G. Chávez	1,006	204	20	X				
5					X				
6	T.G. Monclova	3,458	35	1	X				
5					X				
6	T.G. Esperanzas	1,764	9	1	X				
5							X		
6	C.C. Saltillo	11,220	11,220	100		X			
5							X		
6	C.C. Río Bravo	24,158	22,500	93		X			
Zona Noroeste									
7	T.G. Pueblo Nuevo	293	275	94		X			
	T.G. Yécora	3,175	49	2	X				
	T.G. Nuevo Nogales	128	124	97		X			
	T.G. Mexicali	6,723	3,760	56			X		
	T.G. Tijuana	7,898	256	3	X				
	C.T. Pte. Juárez	394	230	58		X			
Zona Noroeste (Baja California)									
8	T.J. Cabo Bello	465	371	80			X		

**Tabla 12. Rangos sugeridos de existencia útil de las centrales con inventarios inmóviles de los expertos 1 al 8.**

Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.

Experto	Central	Existencia útil actual			Rango sugerido de existencia útil				
		Capacidad Útil [m³]	Día [m³]	lleno [%]	1) 0-20%	2) 21-40%	3) 41-60%	4) 61%-80%	5) 81-100%
Zona: Central									
9								X	
10	C.C. El Bajío	23,000	18,382	80				X	
9					X				
10	C.C. El Sauz	16,494	15,746	95		X			
Zona Sureste									
9							X		
10	C.C. Tuxpan	20,000	18,000	90				X	
Zona Norte									
9							X		
10	C.C. Samalayuca II	15,000	10,884	73			X		
9					X				
10	T.G. Chihuahua	4,692	340	7	X				
9					X				
10	C.C. Chihuahua II	9,750	915	9	X				
9						X			
10	C.T. Francisco Villa	428	287	67			X		
9					X				
10	C.C. Gómez Palacio	12,300	0	0	X				
9					X				
10	T.G. La Laguna	2,286	118	5	X				
9					X				
10	T.G. Chávez	1,006	204	20	X				
9					X				
10	T.G. Monclova	3,458	35	1	X				
9					X				
10	T.G. Esperanzas	1,764	9	1	X				
9							X		
10	C.C. Saltillo	11,220	11,220	100			X		
9							X		
10	C.C. Río Bravo	24,158	22,500	93				X	
Zona Noroeste									
9						X			
10	T.G. Pueblo Nuevo	293	275	94			X		
9					X				
10	T.G. Yécora	3,175	49	2	X				
9					X				
10	T.G. Nuevo Nogales	128	124	97		X			
9							X		
10	T.G. Mexicali	6,723	3,760	56				X	
9					X				
10	T.G. Tijuana	7,898	256	3	X				
9						X			
10	C.T. Pte. Juárez	394	230	58			X		
Zona Noroeste (Baja California)									
9						X			
10	T.J. Cabo Bello	465	371	80			X		

**Tabla 13. Rangos sugeridos de existencia útil de las centrales con inventarios inmóviles de los expertos 9 y 10.**

*Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.*

Continuando con los resultados de esta primera encuesta y, para facilitar su lectura, a continuación, se muestra una tabla en la que se muestran las siguientes medidas de tendencia central por cada pregunta: la media,  $\bar{x}$ ; la desviación estándar,  $\sigma$  y la suma de los

rangos obtenidos a partir de los valores definidos para cada pregunta,  $S_j$ ; que corresponden a técnicas de diseño experimental no paramétrico, propuestos por Oñate, Ramos y Díaz[1990], que más adelante servirán para el análisis estadístico. Además, en un recuadro abajo por cada pregunta, se anotarán las principales observaciones que los panelistas realizaron para cada pregunta.

La suma de los rangos que se obtienen a partir de los valores ya definidos para cada pregunta se denota por  $S_j$  y se representa por:

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (R_{ij} \text{ es el rango asociado a la evaluación del experto "i" a la pregunta "j"}) \quad (1)$$

Habrà un valor  $S_j$  por cada pregunta. Este valor es utilizado para comparar la importancia de diferentes respuestas, en este caso la negatividad o el positivismo de las respuestas; de modo que, para nuestro caso (según la escala empleada), un menor valor significará una menor importancia o negatividad dada a la pregunta. Más adelante se utilizará para obtener el coeficiente de concordancia de Kendall.

Pregunta	$\bar{x}$	$\sigma$	$S_j$
<b>1. <i>Evalúe si la organización debe continuar resguardando el inventario de diésel en los tanques de almacenamiento de las centrales mostradas, sabiendo por experiencia que su tendencia de uso para la generación de energía eléctrica es poco factible o nula.</i></b>	<b>2.1</b>	<b>1.101</b>	<b>21</b>
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las C.C.C.'s El Sauz, Saltillo, Anáhuac, Río Bravo y Tuxpan son el claro ejemplo del excesivo acumulación de inventario.</li> <li>2. Dos panelistas opinan que en la mayoría de los casos deben mantenerse los inventarios.</li> <li>3. No se puede guardar tanto tiempo el diesel, porque pierde su poder calorífico y la central suma ineficiencia; además de haber grandes posibilidades de dañar el equipo de arranque de las centrales. Esto significa pérdidas en el costo de generación.</li> <li>4. Habrá una transición de tecnología que llevará a reconvertir centrales turbo gases o ciclo combinado a tecnologías más eficientes para que respondan rápidamente y con costos eficientes a los rápidos cambios en la demanda de carga; lo cual implica que el combustible tenga que estar en las mejores condiciones, pues la transición debe ser integral y la central sea optimizada en todos los aspectos, incluyendo al combustible en las mejores condiciones desde que se introduce al sistema. Si está almacenado por mucho tiempo, pierde sus propiedades energéticas y caloríficas.</li> <li>5. La transición de tecnología incluye la eficiencia energética, que se refiere a</li> </ol>			

sistemas que permiten reducir el consumo de combustibles; por lo que cada vez será menos necesario resguardar altos niveles de diesel.			
<b>2. <i>¿Debe continuar la política de máximos inventarios y los contratos celebrados con los Productores Externos de Energía (PEE) con la DACPEE, que obliga a las centrales a mantener altos niveles de inventarios?</i></b>	<b>2.6</b>	<b>0.516</b>	<b>26</b>
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los contratos celebrados entre los PEE con la DACPEE deben continuar por cuestiones administrativas, pero modificar su nivel de existencia.</li> <li>2. Los que se mostraron indecisos, valorando con 3, no conocen el nivel de existencia indicado en la Política de Inventarios.</li> <li>3. Llenan las centrales porque así se piensa que es seguro para la generación de energía eléctrica.</li> <li>4. La Política debe re-evaluar los niveles de existencia en la mayoría de los casos.</li> </ol>			
<b>3. <i>Señale el grado de confiabilidad que las centrales mostradas proporcionan al Sistema Eléctrico Nacional</i></b>	<b>2.2</b>	<b>0.632</b>	<b>22</b>
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La mayoría de los panelistas volvieron a hacer referencia a las C.C.C.'s El Sauz, Saltillo, Anáhuac, Río Bravo y Tuxpan, al creer que los altos niveles de estas centrales no proporcionan una mayor confiabilidad al Sistema Eléctrico Nacional.</li> </ol>			
<b>4. <i>Evalúe en la siguiente escala el grado de beneficio que proporciona a la organización mantener almacenado el diésel en los tanques de almacenamiento en centrales que no se han ocupado en más de 6 años o en centrales que es sabido que ya no serán ocupados como el caso de la C.C.C. El Sauz, por ejemplo</i></b>	<b>1.8</b>	<b>0.632</b>	<b>18</b>
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No hay beneficio porque el diésel pierde su capacidad calorífica, el almacenamiento genera costo y pérdidas.</li> <li>2. No hay sincronía entre el producto almacenado y su objetivo, pues no hay demanda del energético; por lo tanto, es considerado una pérdida y, sobre todo, por el tiempo tan prolongado de almacenamiento.</li> <li>3. El dinero ocupado para comprar el producto, pudo haberse ocupado en otras necesidades.</li> <li>4. El beneficio consistiría en que entraran a generar, respetando el precio al que fue adquirido el combustible.</li> </ol>			
<b>5. <i>¿Cree que el diesel almacenado en las centrales mencionadas, pueda ser aprovechado en un nuevo nicho de mercado?</i></b>	<b>3.3</b>	<b>0.823</b>	<b>33</b>
Observaciones:			

<ol style="list-style-type: none"> <li>Es difícil establecer convenios con otras empresas. Nunca se ha hecho en esta área.</li> <li>Oportunidad ahora que la CFE es una empresa de energía.</li> </ol>			
<b>6. ¿Cree que el diesel almacenado en las centrales mencionadas, pueda ser aprovechado dentro de la organización?</b>	4.1	0.738	41
Observaciones: <ol style="list-style-type: none"> <li>Es más fácil convenir entre las diferentes áreas internas de CFE, el trasiego del combustible.</li> <li>No se requiere de una gran gestión administrativa, salvo la facturación.</li> <li>El costo del transporte no es significativo, pero es un costo adicional al que originalmente se había planeado.</li> </ol>			
<b>7. ¿Cree usted que la infraestructura asociada al almacenamiento del combustible (tanques de almacenamiento y demás) pueda ser también aprovechado de alguna manera?</b>	4.3	0.675	43
Observaciones: <ol style="list-style-type: none"> <li>Se pueden aprovechar los tanques de almacenamiento a las centrales con mayor demanda.</li> <li>Se ha explorado la posibilidad de rentar a PEMEX los tanques para almacenamiento de sus combustibles.</li> <li>Mientras no se cuente con un sistema integral de monitoreo, no será posible determinar exactamente el nivel que deba tener cada central; pero sí es factible ir vaciando tanques grandes de almacenamiento y ocuparlos dentro de la organización para que generen alguna ganancia en un corto plazo.</li> </ol>			
<b>8. Evalúe la posibilidad de que estas centrales (principalmente las que llevan más de 4 años sin generar) ante alguna contingencia (falta de combustibles, alta demanda, condiciones climatológicas adversas, falta de transporte de suministro, etc.), sean despachadas, sustituyendo a centrales que comúnmente generan.</b>	2.2	0.632	22
Observaciones: <ol style="list-style-type: none"> <li>El CENACE tiene estrategias para no despachar estas centrales, dando preferencia a otras.</li> <li>Es muy difícil que se presente un esquema diferente en la demanda; por lo que es poco probable que despachen estas centrales. Para el resto de las variables, sería el caso que una central que genera normalmente, sea destruida completamente o sabotada afectando su funcionalidad que afecte sus objetivos.</li> <li>En el caso del transporte, es lejana la probabilidad que no pueda darse el suministro por el medio de transporte que normalmente se hace.</li> <li>La C.C.C. El Bajío es la que más posibilidades tiene de entrar a generar, por tratarse de una zona de alta concentración poblacional (centro).</li> </ol>			

<p><b>9. Señale el grado de confiabilidad que proporcionarían estas centrales al Sistema Eléctrico Nacional, si se redujeran sus niveles de existencia a cero.</b></p>	<p><b>3.2</b></p>	<p><b>0.789</b></p>	<p><b>32</b></p>
<p>Observaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La C.C.C. El Bajío tiene medianas probabilidades de generar en un futuro por la zona geográfica en la que se encuentra (centro).</li> <li>2. En general, el inventario con el que cuentan las centrales es suficiente ante una demanda mayor (si se diera); sin embargo, no se está justificando el almacenamiento.</li> <li>3. Reducir el nivel de existencia útil es suficiente, no se puede reducir a cero.</li> </ol>			
<p><b>10. ¿Cree usted que la tendencia sobre el uso de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica al año 2040, que indica que su uso se reducirá gradualmente hasta llegar al 2% al año mencionado, contribuya a que se prolongue aún más el tiempo de almacenamiento del diesel almacenado en las centrales mencionadas?</b></p>	<p><b>4.3</b></p>	<p><b>0.483</b></p>	<p><b>43</b></p>
<p>Observaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es un hecho que el diésel va en desuso.</li> <li>2. El CENACE evitará despachar en lo posible con diésel en un futuro.</li> <li>3. Es necesario llevar a cabo una estrategia para que no se prolongue aún más el tiempo en algunas de las centrales mencionadas.</li> <li>4. En todos los casos del uso del diesel en las centrales turbo gas y ciclo combinado, debe ser el diesel el combustible secundario y debe ser su existencia menor en centrales que lo ocupan y reducir a lo más posible en las centrales que muestran la problemática, para que exista una real competencia.</li> </ol>			
<p><b>11. ¿Cree que el precio del diesel es un factor determinante para que cada vez se despache menos con este combustible?</b></p>	<p><b>4.7</b></p>	<p><b>0.483</b></p>	<p><b>47</b></p>
<p>Observaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El precio del diésel contra el precio del gas natural, son cada vez más divergentes.</li> <li>2. Aún que la tendencia del precio del diésel sea estable en un futuro, es mucho más barato generar con gas natural o cualquier otro combustible, que con diésel debido a la gran diferencia de precio.</li> <li>3. El precio del diésel es un factor determinante en el acumulamiento de inventarios.</li> <li>4. Las centrales turbo gas (T.G.) son centrales de emergencia (cuando la demanda es alta), por lo que se justifica su almacenamiento.</li> <li>5. Cada vez se observa menos la participación de las centrales Turbo Gas con diésel.</li> <li>6. El precio por KWh es 80% mayor con diésel que con gas natural, situación que promueve el almacenamiento del diésel.</li> <li>7. En el norte y noroeste no hay combustible secundario; pero la demanda es baja en comparación al número de centrales que existen.</li> </ol>			

<p><b>12. ¿Cree que la expansión del uso del gas por sus diversas características (más barato, menos contaminante y expectativa de mayor producción en el futuro) será un factor determinante para que desplace al despacho de centrales turbo gases o ciclo combinado con diesel en un futuro?</b></p>	4.7	0.483	47
<p>Observaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasará tiempo, pero sus efectos serán inminentes en el acumulamiento de inventario; por lo que se debería emplear una estrategia de eliminación definitiva de inventarios en la mayoría de estas centrales ó suministro justo a tiempo.</li> <li>2. La Ley General de Cambio Climático interferirá directamente en el despacho cada vez menos con combustóleo y gas por el aspecto ambiental. En el aspecto de expansión, existen infinidad de proyectos en los que la CFE, ahora como empresa de energía, podrá construir gasoductos, desplazando evidentemente al despacho particularmente con diesel.</li> </ol>			
<p><b>13. Evalúe la posibilidad de que en su área de injerencia, se esté(n) planeando o se esté(n) llevando a cabo algún(os) proyecto(s) que crea que en un futuro afecte el despacho de las centrales turbo gas y ciclo combinado con diesel</b></p>	4.2	0.919	42
<p>Observaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Existe una iniciativa que forma parte de la Estrategia Integral de Suministro de Gas Natural; es un proyecto que se encuentra en la primera fase y consistirá en un ducto de 48 pulgadas de diámetro y 118 Km. de longitud que abastecerá casi el 20% de la demanda de gas natural en el país. El ducto iniciará en la frontera con EU, en un punto cercano a Camargo, Tamaulipas y finalizará en Los Ramones, Nuevo León, que otorgará el gas a precios competitivos y justo a tiempo.</li> <li>2. Existe un proyecto en el que la CFE con IP, construirá 5 gasoductos en el norte del país con una capacidad de transportar 3,780 MPCD (millones de pies cúbicos por día). Los gasoductos cruzarán Chihuahua, Durango y Sonora. El fin es importar gas natural de EU, pues la producción en México no cubre la demanda.</li> <li>3. Los proyectos en puerta y los iniciados contribuirán a un menor despacho con diesel en definitiva.</li> <li>4. Los proyectos en el sureste consiste en aumentar la capacidad de compresión en el ducto troncal del Sistema Nacional de Gasoductos (SNG) en Zempoala, Veracruz; sin embargo, el deterioro del balance de gas en el sistema de ductos impidió que este ajuste fuera suficiente para superar las restricciones logísticas. Por lo anterior, se optó por importar GNL (gas natural licuado).</li> </ol>			
<p><b>15. ¿Cree que la política de inventarios y los contratos celebrados con los Productores Externos debería modificar el nivel de existencia actual en base a un estudio que tome en cuenta todos los factores involucrados (demanda de energía, disponibilidad de combustibles, estadísticas de uso de combustibles, estadísticas de uso de centrales, etc.) para crear un</b></p>	2.7	1.160	27

<b><i>modelo matemático que indique el nivel de existencia por cada central?</i></b>			
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resulta complicado tener certidumbre de todas las variables.</li> <li>2. Sería posible mediante sistemas de control, con información enviada por el CENACE en tiempo real sobre la demanda a corto, mediano y largo plazo; información en tiempo real del transportista, de la disponibilidad de inventarios en las Terminales de Almacenamiento y Reparto de PEMEX, así como de las condiciones climatológicas. Sin embargo, en algunas áreas no existe la integración de estos sistemas y en la mayoría no existen.</li> </ol>			
<b><i>16. Evalúe el nivel de competitividad que otorga a la organización tener el diésel resguardado aunque no se ocupe para su fin primordial: generación de energía eléctrica.</i></b>	<b>2.3</b>	<b>1.059</b>	<b>23</b>
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No es competitivo, pues es una inversión detenida que no está retornando la inversión, por el contrario, está causando pérdidas. Debería buscarse una alternativa de uso de este combustible.</li> <li>2. El diésel está perdiendo sus propiedades caloríficas y energéticas, que afectarán a la eficiencia de la central en caso de que fuera despachada. Debe reciclarse el diesel sólo en las centrales que se sabe que van a generar, o bien, aplicar algún método químico que mejore la calidad del diesel.</li> <li>3. Es competitivo, pues en caso de generar, el diesel está disponible.</li> </ol>			
<b><i>17. Evalúe el nivel de eficiencia en la forma en que se está administrando el inventario de diesel en estas centrales, en base a las siguientes dos premisas sobre el manejo de los inventarios: 1) reducir al mínimo "posible" los niveles de existencias y 2) asegurar la disponibilidad de existencias en el momento justo.</i></b>	<b>2.9</b>	<b>1.101</b>	<b>29</b>
Observaciones:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es ineficiente por el acumulamiento en zonas donde hay centrales en las que no es ocupado desde años atrás.</li> <li>2. Ineficiente porque se generan pérdidas y no ganancias.</li> <li>3. Con la expansión de la producción e importación de gas natural que se prevé, debe cambiarse radicalmente el esquema de inventarios de diesel, pues es claro su desuso.</li> <li>4. La inyección de gas natural no genera inventarios, por lo que se cumplen ambas premisas.</li> </ol>			

***Tabla 14. Resultados obtenidos del primer cuestionario, en donde se muestra el valor medio, la desviación estándar y la suma de los rangos, para cada pregunta.***

*Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.*

#### 4.3.1. Determinación del coeficiente de concordancia de Kendall.

El coeficiente de concordancia de Kendall se puede aplicar para evaluar si existe acuerdo entre los panelistas. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{12 \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{12 \sum_{j=1}^n S_j^2 - n\bar{S}^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \quad (2)$$

$\bar{S}$  se define como la media de la suma de los rangos de cada pregunta  $j$  y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n} \quad (3),$$

donde:

$m$  = número de expertos y,  
 $n$  = número de preguntas

En la fórmula (2),  $T_i$  representa el resultado de los rangos iguales (llamados también ligas), que ofreció el experto  $i$  para las preguntas y se calcula como sigue:

$$T_i = \frac{\sum_{l=1}^l (t^3 - t)}{12} \quad (4), \text{ donde } l \text{ y } t \text{ representan lo siguiente:}$$

$l$  -> número de grupos con rangos iguales para el experto  $i$ .

$t$  -> número de observaciones dentro de cada uno de los grupos para el experto  $i$ .

Los valores del coeficiente  $K$  deben oscilar entre 0 y 1, si  $K$  alcanza un valor igual a 1, entonces existe una total concordancia de criterios entre los expertos. Cuanto más se acerque el valor a 1, mayor es la concordancia entre expertos.

Luego se aplica la Prueba de Significación de Hipótesis, planteándose la hipótesis nula y la alternativa de la siguiente forma:

$H_0$  =no existe comunidad de preferencia entre los expertos,  $K=0$ .

$H_1$ =existe comunidad de preferencia entre los expertos,  $K \neq 0$ .

Se determina Chi-cuadrado tabulado en la tabla de percentil de la distribución Chi-cuadrado con un nivel de significación  $\alpha$  y  $n-1$  grados de libertad, representado por  $X_{tab}^2 = X_{\alpha, n-1}^2$

Se compara  $X_{cal}^2$  y  $X_{tab}^2$ , si se obtiene que  $X_{cal}^2 > X_{tab}^2$ , entonces se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existe concordancia de criterios preferenciales entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa.

Llevando a cabo el procedimiento anterior, con los datos obtenidos de la encuesta y considerando que para nuestro estudio se introducen únicamente 16 preguntas, se procede a calcular la media de la suma de los rangos  $\bar{S}$  de cada pregunta  $j$  dada por la fórmula (3):

$$\begin{aligned} \bar{S} &= \frac{\sum_{j=1}^{16} (21 + 26 + 22 + 18 + 33 + 41 + 43 + 22 + 32 + 43 + 47 + 47 + 42 + 27 + 23 + 29)}{16} \\ &= 32.25 \end{aligned}$$

Como se dio el caso en que los expertos valoraron con el mismo rango varias preguntas, entonces deben calcularse las ligas, mediante la ecuación (4): (ejemplo para el experto 1)

$$T_1 = \frac{\sum_{i=1}^4 (2^3 - 2) + (5^3 - 5) + (6^3 - 6) + (3^3 - 3)}{12} = 30$$

Llevando a cabo el mismo cálculo para el resto de los expertos, encontramos los siguientes resultados:

Experto	Ti
1	30
2	24
3	18
4	32.5
5	29.5
6	16
7	20.5
8	22.5
9	30
10	28.5
<b>Suma</b>	<b>251.5</b>

**Tabla 15. Resultados de los rangos iguales (o ligas) para cada experto.**

*Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.*

Realizando el resto de los cálculos:

$$\begin{aligned} K &= \frac{12 \sum_{j=1}^n S_j^2 - n\bar{S}^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{12 \sum_{j=1}^{16} S_j^2 - 16\bar{S}^2}{10^2(16^3 - 16) - 10 \sum_{i=1}^{10} T_i} \\ &= \frac{12[(441 + 676 + 484 + 324 + 1681 + 1089 + 1849 + 484 + 1024 + 1849 + 2209 + 2209 + 1764 + 729 + 529 + 841) - 16(32.25^2)]}{10^2(16^3 - 16) - 10(251.5)} \\ &= \frac{12[(18,182) - 16(1040.0625)]}{100(4096 - 16) - 2,515} = \frac{12(18,182 - 16,641)}{100(4080) - 2,515} = \frac{12(1541)}{408,000 - 2,515} = \frac{18,492}{405,485} = 0.046 \end{aligned}$$

Se observa que en esta primera ronda no existe mucha concordancia entre los expertos, pues el coeficiente de Kendall está muy cercano al cero.

#### 4.4. Segunda ronda

En esta segunda ronda, se re-enviaron las preguntas a los expertos informándoles los resultados anteriores y la metodología consiste en opinar sobre su acuerdo o desacuerdo con dicho valor. Se les pide justifiquen su respuesta.

Las preguntas 10, 11 y 12 tuvieron una desviación estándar menor a 0.5; por lo que fueron eliminadas en el segundo cuestionario, pues en los comentarios expuestos y en las valoraciones que dieron los expertos, es posible observar que están de acuerdo la mayor parte de ellos<sup>1</sup>.

##### 4.4.1. Resultados de la segunda ronda

En esta segunda ronda, se observa, de acuerdo a la siguiente tabla, un mayor consenso entre los panelistas. La suma ideal para cada pregunta es 10, pues indica que están de acuerdo con la nueva afirmación; sin embargo, cuando ésta no se consiguió, el siguiente criterio a analizar es la respuesta alternativa que ofrecieron y, en la mayoría de los casos, observamos que la respuesta alternativa corresponde a un consenso también. El *cero* indica *desacuerdo* y, el siguiente número, la respuesta alternativa; es decir: *1 ó 0/respuesta alternativa*.

<i>Pregunta j/Experto i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<i>Sj</i>	<i>% acuerdo</i>	<i>% desacuerdo</i>
1	1	1	1	1	1	1	0/3	0/3	0/3	0/3	6	60	40
2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	1	1	10	90
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/3	9	90	10
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0/3	9	90	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0/3	0/3	8	80	20
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0
11	0/2	1	1	1	1	1	1	1	0/2	0/2	7	70	30
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0
13	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	1	0/2	1	1	1	4	40	60

**Tabla 16. Valoración que los expertos dieron a cada respuesta en la segunda ronda.**

*Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.*

La desviación estándar es nula en el 46% de los casos y muy cercana a cero en el resto de los casos.

<sup>1</sup>En el Anexo 2 se encuentra el contenido del segundo cuestionario.

Por lo que, si es cierto que en esta segunda ronda no se obtuvo un consenso total, las respuestas alternas demostraron que hay coincidencias en todas.

Hasta este momento, con estas dos rondas se muestra de manera gráfica (**Figura 11**), el consenso al que se llegó, en la que se observa la diversidad de opiniones en la primera ronda con los círculos aislados y se logra en la segunda ronda un mayor consenso, obteniendo las principales conclusiones que harán posible la estrategia.



**Figura 11. Principales conclusiones obtenidas de las primeras dos rondas.**

*Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.*

#### **4.5. Aplicación del método de exploración de futuros (tercera ronda)**

No es posible concluir el presente trabajo con las dos rondas anteriores, ya que es importante evaluar las conclusiones obtenidas de éstas, mediante la determinación de los riesgos.

Para el presente trabajo, sólo será posible describir los riesgos de la estrategia mediante exploración de futuros, sin abundar en su administración, el tipo de estrategia a realizarse para mitigarse, reducirse o eliminarse, así como las acciones propuestas para esto.

Para lo anterior, se analizarán los riesgos descritos por los panelistas y se escogerán para el presente análisis los que resulten coincidentes. Un trabajo a futuro consistiría en analizar los riesgos coincidentes mediante una matriz para medir su probabilidad y el impacto que los expertos consideren para determinar el tipo de estrategia para mitigarlo y las acciones para esto.

En esta fase se les pide a los expertos que evalúen el futuro describiendo el ó los evento(s) sucesivo(s) de las principales conclusiones de las dos fases previas correspondientes al método Delphi, con el objetivo de determinar los factores de riesgo y las oportunidades (factor de éxito) y crear un registro de riesgos.

##### **4.5.1. Registro de riesgos.**

La metodología para lograr un *Registro de Riesgos* consiste en que opinen abierta y detalladamente sobre los eventos sucesivos a las tendencias surgidas (producto del análisis y conclusiones de las dos fases previas) para formular la *situación hipotética* que hemos llamado en todo momento *evento sucesivo*. Posteriormente, se les pide que la califiquen como positiva (factor de éxito) o negativa (factor de riesgo).

Es importante recalcar que en esta etapa, tanto la situación hipotética como los riesgos deben estar lo más detalladamente posible.

Sin embargo, con el fin de estandarizar y procesar más fácilmente la información, una vez que detallaron, se les pidió que redacten o concluyan de acuerdo a las siguientes sintaxis para los siguientes dos casos:

##### **1. La situación hipotética (evento sucesivo):**

Ésta se redacta en oraciones cortas y simples después de cuestionar la afirmación proporcionada, por ejemplo: ¿qué eventos sucederían si **(tendencia proporcionada)** ocurriera?

Ejemplo de posibles respuestas (formulación de la situación hipotética):

- a. Reducción de la contaminación.
- b. Variación en los patrones de consumo.
- c. Estancamiento económico.

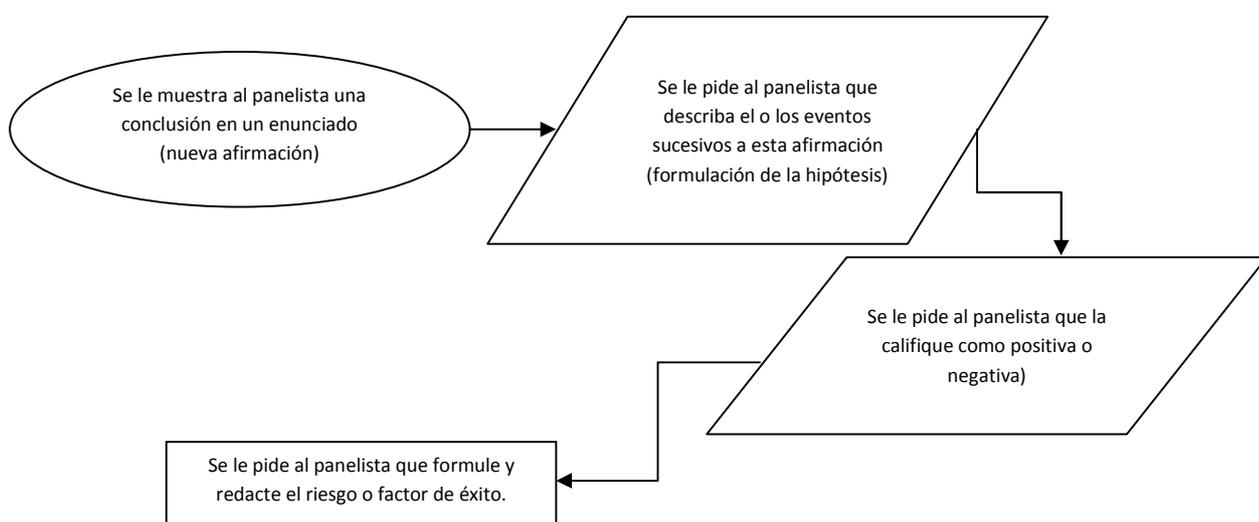
Una vez calificada como positiva o negativa, se formula el factor de riesgo:

## 2. Redacción del factor de riesgo o éxito:

*Si la (situación hipotética) sucede, entonces el(factor de riesgo ó éxito)ocurrirá.*

Con lo anterior, se habrá explorado el futuro mediante la formación de un escenario futuro y su evento o shock (riesgo) que lo afecta como lo describen algunos autores. *El entregable será el Registro de Riesgos.*

La dinámica consiste nuevamente en el envío del cuestionario en línea a cada uno de los panelistas mediante un “link” en el cuerpo del correo, que obedece al siguiente procedimiento:



**Figura 12. Procedimiento para explorar el futuro de la conclusión (tendencia) para determinar riesgos.**

*Fuente: Elaboración propia.*

Para obtener las conclusiones, se crearon y agruparon las siguientes categorías:

1. Inventarios (Política de inventarios y contratos con Productores Externos)
2. Confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional (centrales con la problemática)
3. Aprovechamiento del inventario dentro y fuera de la organización.
4. Factores que afecten el despacho de las centrales con diésel (proyectos, tendencias de uso del diésel para la generación de energía eléctrica y expansión y competitividad del precio del gas)
5. Competitividad (beneficio, diésel resguardado, gestión de inventarios)

Las conclusiones obtenidas de las rondas anteriores, fueron las siguientes:

1. La Política de Inventarios y los contratos celebrados con los PEE's, debe cambiar en la mayoría de las centrales con la problemática sus niveles de inventario y reducirlo a no menos de 60% de una manera cualitativa y no cuantitativa, ya que no se cuenta con todos los elementos para elaborar un modelo matemático.
2. Las centrales que muestran la problemática proporcionan poca confiabilidad al SEN; sin embargo, no es posible arriesgarse a llevarlas a todas a un nivel de cero existencia por el momento, sólo reducirlo. Podrá reducirse a cero en aquéllos casos que tienen una existencia dentro del rango de 1 a 9% previa consulta al CENACE.
3. Existen más posibilidades de que el inventario sobrante se traslade a centrales donde se ocupa con mayor frecuencia dentro de la organización y hay menos posibilidades de que se abra un nuevo nicho de mercado.
  - a. Sin embargo, la CFE podrá incursionar en nuevos nichos de mercado ahora que es una empresa integral de energía.
  - b. La infraestructura que resguarda al diésel, se puede ocupar para adquirir un beneficio, por ejemplo arrendamiento de tanques.
4. Existen proyectos de expansión de gas, una tendencia del uso del diésel para la generación de energía que va a la baja, así como el precio del gas competitivo y menos contaminante; todos ellos factores que desalentarán la generación de energía eléctrica con este combustible y contribuirán al acumulamiento de inventarios en estas centrales.
5. El beneficio de mantener los inventarios inmóviles es poco, incluso en muchos casos considerado como pérdidas a la organización, debido a la poca efectividad en la gestión de los inventarios y a las nulas acciones para aprovechar el combustible de formas alternativas.

Posteriormente, la labor consistió en diseñar las principales tendencias de cada conclusión y escribirlas de forma clara y concisa para que el panelista pueda hacer el procedimiento explicado en la sección **4.5.1**.

De las siguientes conclusiones, las tendencias son las siguientes:

Conclusión 1:

- 1.1. Las centrales con altos inventarios disminuirán sus niveles hasta el 60% impulsado por la nueva Política de Inventarios y los contratos celebrados con los PEE's.

Conclusión 2:

- 2.1. Se reducirá a cero el nivel de existencia útil en los casos de las centrales en las que actualmente están en un rango de 1 a 9%.
- 2.2. La competitividad de la empresa se medirá en función de la reducción de los niveles de existencia útil de las centrales que actualmente tienen niveles excesivos y no son ocupados para generar energía.

Conclusión 3:

- 3.1. El combustible sobrante se trasegará a centrales donde es necesario.

3.2.El combustible sobrante se venderá en nuevos mercados (otros clientes) ahora que es una empresa integral de energía.

3.3.La infraestructura de almacenamiento se rentará a otras empresas.

Conclusión 4:

4.1.La generación de energía eléctrica será escasa con diésel debido a la expansión del gas como combustible primario y a precio más competitivo.

Conclusión 5:

5.1.Una efectiva gestión de los inventarios de diésel beneficiará económicamente a la organización.

5.2.La inyección de gas natural a las centrales turbo gas y ciclo combinado será la estrategia indicada para cumplir la premisa de “inventario justo a tiempo” y “reducir al mínimo posible las existencias”.

Dadas las tendencias surgidas de las conclusiones, se les pidió, mediante la metodología explicada en la sección 4.5.1. (Figura 11), completar la siguiente tabla:

Tendencia	Evento(s) Sucesivo(s)	Calificación		Riesgo o factor de éxito
		+	-	

**Tabla 17. Ejemplo de la tabla que se le envió a los panelistas para Registrar Riesgos.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2. Resultados de la tercera fase: Exploración de Futuros

Los resultados correspondientes a esta tercera fase se detallan a continuación en la siguiente tabla, en base a la recopilación de la información de los panelistas. Los riesgos o factores de éxito que han coincidido entre los expertos se colocarán una sola ocasión y serán señalados en un color diferente. En este caso, a diferencia de las dos fases previas, no se hará especificar el panelista de que trata.

Tendencia	Evento(s) Sucesivo(s)	Calificación		Riesgo o factor de éxito
		+	-	
1.1.	1. Mayor libertad de gestión de inventarios/Inventarios variables de acuerdo a las circunstancias temporales.	X		Si se tiene mayor libertad de gestión de inventarios, entonces se <b>tendrá el inventario justo en todo momento de acuerdo a las circunstancias puntuales; tomando en cuenta que la probabilidad de que generen energía se reduce con el tiempo en el caso de las</b>

				<i>centrales sin rotación y poca rotación de inventarios, situación que proporciona confianza al tomador de decisión.</i>
		X		Si se tiene mayor libertad de gestión de inventarios, entonces <i>se perderá el control en un momento de contingencia.</i>
	2. Aprovechamiento (o envío) del diésel en zonas donde su uso es frecuente como la Región Peninsular (Sureste) y Baja California.	X		Si se aprovecha el diésel en otras zonas, entonces <i>el costo de generar será más barato con el combustible trasegado, ya que conserva el precio de adquisición.</i>
		X		Si se envía el diésel a otras zonas, entonces <i>se mitigan las pérdidas que ha provocado su desuso.</i>
		X		Si se envía el diésel a otras zonas, entonces <i>se estará haciendo un correcto balance de inventarios (gestión de inventarios).</i>
2.1	1. Oportunidad de reconversión de las centrales con tecnologías más eficientes	X		Si se reconvierten las centrales, entonces <i>la organización estará preparada para competir*</i> .  Si se reconvierten las centrales, entonces <i>la organización generará a menor costo y será más competitiva*</i> .
	2. Acondicionamiento de toda la infraestructura para fines educativos o de investigación dentro de la organización.	X		Si se acondiciona la infraestructura para fines educativos o de investigación, entonces <i>la organización no requerirá del uso de laboratorios externos para realizar pruebas.</i>  Si se acondiciona la infraestructura para fines educativos o de investigación,

			entonces <b>las instalaciones serán un laboratorio abierto para llevar a cabo pruebas de diversos tipos con objeto de eficientar el proceso de generación.</b>
3. Acondicionamiento de toda la infraestructura para fines educativos o de investigación fuera de la organización.	X		Si se acondiciona la infraestructura para fines educativos o de investigación fuera de la organización, entonces <b>la organización podrá rentar sus instalaciones para el uso de otras instituciones.</b>
4. Venta o renta de los tanques de almacenamiento.	X		Si se venden o rentan los tanques de almacenamiento, entonces <b>la organización obtendrá un beneficio económico de esta acción.</b>
5. Traslado de unidades generadoras a zonas donde son requeridas.	X		Si se trasladan las unidades generadoras a otras zonas, entonces <b>la organización se fortalecerá en el ámbito de generación.</b>
6. Reubicación de la gente que laboraba ahí/cierre de centrales.		X	Si la gente es reubicada, entonces <b>habrá molestia por parte de ellos (para la minoría será una oportunidad).</b>
		X	Si se cierran las centrales, entonces <b>habrá movimiento de personal a otras áreas ó posibles despidos en algunos casos.</b>
7. Re-estructuración de actividades (cambio de tareas)		X	Si a la gente se le asignan nuevas tareas, entonces <b>al principio habrá resistencia al cambio, por lo que habrá que concientizarlos antes para mitigar este aspecto.</b>
	X		Si a la gente se le asignan nuevas tareas, entonces <b>se potenciarán las habilidades y conocimientos del personal. Oportunidad de desarrollo humano.</b>

3.1	1. Beneficio de las centrales suministradas por no haber costo de adquisición.	X		Si las centrales se benefician por la recepción del combustible sin costo, entonces <b><i>el costo por kilowatt-hora generado habrá sido menor y más competitivo a la venta.</i></b>
3.2	1. Afianzamiento a nuevos mercados, fortaleza de relaciones con nuevos clientes, más flexibilidad y apertura comercial de la empresa.	X		Si estas acciones suceden, entonces <b><i>se cumple el aspecto de empresa integral y comercial de energía con los recursos humanos y materiales que ya existen en la organización.</i></b>
	2. Afianzamiento a nuevos mercados, fortaleza de relaciones con nuevos clientes, más flexibilidad y apertura comercial de la empresa.		X	Si estas acciones suceden, entonces <b><i>la organización se distraerá en sus actividades primordiales de generación.</i></b>  Si estas acciones suceden, <b><i>se ocuparán más recursos humanos para gestionar este aspecto.</i></b>
3.3	1. Fortalecimiento de lazos con otras empresas, fortalecimiento de la organización.	X		Si se fortalecen los lazos con otras empresas, entonces <b><i>habrá un crecimiento y maduración de la empresa, útiles para la competitividad.</i></b>
4.1	1. Estancamiento de la productividad de refinados como el diesel para uso de la generación de energía eléctrica.		X	Si se estanca la producción del diesel, entonces <b><i>la economía será afectada por este aspecto.</i></b>  Si se estanca la producción del diesel, entonces <b><i>las refinerías deberán llenar estos vacíos de actividades con otras para justificar su existencia.</i></b>
		X		Si se estanca la producción del diesel, entonces <b><i>la economía se adaptará rápidamente a la no producción de diesel con la expansión de la producción de gas natural.</i></b>
	2. Reconversión de centrales a tecnología más eficientes.	X		<b><i>*Fila 2.1, sección 1.</i></b>

	3.Reconversión de centrales a tecnologías limpias/alternas.			Si se reconvierten las centrales a tecnologías limpias, entonces <b>habrá menos emisiones de efecto invernadero.</b>
5.1	1. Exactitud en niveles de inventarios, según las necesidades de cada área.	X		Si hay exactitud en los niveles de inventarios, <b>entonces no habrá acumulación de éstos y serán usados para su fin.</b>  Si hay exactitud en los niveles de inventarios, <b>entonces habrá un retorno de la inversión positivo (TIR+), que se refleja en un beneficio y competitividad.</b>
5.2	1. Generación únicamente con gas natural en las centrales turbo gas y ciclo combinado.		X	Si se genera únicamente con gas natural, entonces <b>se dependerá fuertemente de este energético y hay que considerar que habrá restricciones de gas, lo cual restaría competitividad a la organización y se pondría en riesgo al SEN.</b>
	2.Reconversión de las centrales a tecnologías que soporten al gas natural como combustible primario.	X		Si se reconvierten las centrales a tecnologías que soporten al gas natural como combustible primario, entonces <b>la organización habrá madurado para competir fuertemente con otras empresas y hará frente a las tendencias mundiales.</b>

**Tabla 18. Resultados de la tercera fase. Registro de Riesgos.**

Fuente: Elaboración propia mediante consulta a expertos.

Así, las conclusiones de las dos primeras rondas se convierten en los planes de acción de la estrategia, acompañados de los factores de éxito o riesgos asociados a cada conclusión, que son importantes, pues evalúan a los planes de acción como un beneficio o un posible riesgo para la organización. El ajuste de los niveles en las centrales se sugirió en la **Tabla 13**, por lo que se tiene una estrategia completa en la que se pueden tomar acciones concretas, afinando detalles entre las áreas que se involucrarían. Por supuesto, que para algunos planes será necesario hacer una investigación aparte, por ejemplo para encontrar un nuevo nicho

de mercado habría que investigar las empresas interesadas y hacer un estudio de mercado, o bien, acordar qué centrales requieren el trasiego del combustible. A continuación, en la **Figura 13**, se muestra gráficamente la estrategia acompañado de los factores de éxito y riesgos asociados. Los enunciados en rojo son los riesgos.



**Figura 13. Estrategia: planes de acción y factores de éxito y riesgos asociados.**  
Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 5

### **5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

#### ***5.1. Conclusiones generales***

La administración de inventarios de un producto que es destinado para un fin prácticamente social, no puede tratarse a la ligera como si se tratase de un inventario de calzado. Es una situación con un peso social y político muy fuerte; pues una falla que provoque el corte del suministro de energía eléctrica, podría acarrear grandes consecuencias de esta índole.

Debido a que no existe una regla o fórmula que solucione los problemas en el marco de la generación de energía eléctrica, sí existen acciones para mejorar los procesos en los que se han observado problemas o deficiencias. La operación que se lleva a cabo para la generación de energía eléctrica y lo que antecede a este proceso –el suministro de combustibles en el caso de las centrales termoeléctricas- no obedece a un modelo que se comporte igual todo el tiempo; es cambiante y depende de agentes externos que están llenos de incertidumbre por la falta de sistemas de información eficientes. Sin embargo, muchos de esos factores se pueden “*controlar*” de forma intuitiva en base a la experiencia propia y a la mejora de la comunicación entre los subprocesos con los medios existentes.

Ese fue el objetivo al aplicar el método Delphi: aprovechar ese conocimiento, intuición y experiencia de quienes han observado a lo largo del tiempo cómo las tendencias cambian al mundo y los estilos de operar. No se puede pensar que las condiciones siempre serán las mismas, el mundo cambia y nosotros debemos cambiar con él.

Llevar a la organización a un futuro deseado en un mundo cambiante y cada vez más competitivo es un reto que, bajo las condiciones actuales, no podría soportar la organización a un mediano plazo y por eso se recurrió a métodos cualitativos, de intuición y opinión.

Aunque es cierto que con el método Delphi se logró concordancia entre la mayoría de los panelistas, es cierto también que hubo sesgos y opiniones diferentes a las demás que no se deben dejar de lado. Es importante mencionar que existen muchos factores que puede afectar una respuesta sincera del panelista; sin embargo, es necesario dar el voto de confianza y creer en las opiniones obtenidas.

Es un primer acercamiento a este tema y hay mucho por hacer todavía; sin embargo, es de suma importancia empezar conociendo la opinión de nuestros expertos y con ello formando una conciencia sobre la existencia de un problema, pues a opinión de otros no existe tal.

La dinámica para explorar el futuro fue una experiencia enriquecedora, pues no sólo es intuir, sino pensar con método sobre las causas de una decisión tomada. Todos los panelistas son tomadores de decisiones, todos los días y a cada momento toman una decisión; ahora pensarán más en la causalidad de sus decisiones y harán el análisis para calificarla y sabrán si existe un riesgo en su decisión.

## ***5.2. Conclusiones particulares***

En la primera ronda de la aplicación del método Delphi se observó poca concordancia entre las opiniones de los panelistas; encontramos una divergencia de opiniones. La concordancia medida mediante el coeficiente de concordancia de Kendall, resultó de 0.046 dentro de un rango de cero a uno ( $0 < k \leq 1$ ), donde a mayor acercamiento a 1, mayor concordancia.

Sin embargo, a pesar de dicho resultado, se observaron grupos de opiniones semejantes, que dejaron asomar desde el principio acuerdos importantes sin conocerse entre ellos.

Hubo desde opiniones radicales y futuristas (la mayoría) hasta unas conservadoras. Desde un principio se observó que la mayoría de los expertos no están de acuerdo con la situación y forma de operar actuales que originaron la problemática actual. Respondieron de la manera en que se esperaba lo hicieran. Las preguntas se plantearon de manera que se reflexionara sobre la situación llevada al futuro.

Con las respuestas obtenidas en la primera ronda, se concluyó que para los casos de las centrales con la problemática, la confiabilidad de generación del Sistema Eléctrico Nacional, no está en función de los niveles de existencia útil; por lo que para estos casos, la Política de Inventarios y los Contratos celebrados con los Productores Externos de Energía debe aplicarse de diferente forma para estas centrales, a diferencia de las centrales que tienen una rotación de inventarios dinámica; es decir, disminuir sus altos niveles a no más del 60%.

Opinaron que la tendencia es que las centrales con la problemática continuarán almacenando aún por más tiempo su inventario si no se toma alguna medida precautoria, dadas las tendencias del desuso del diésel para la generación de energía eléctrica; lo cual generará un costo y ningún beneficio a la organización; razón por la cual la confiabilidad del SEN no está en función de sus niveles de existencia, lo que da libertad a la reducción de los mismos. Todos opinaron que no se debe reducir a cero el nivel de existencia, salvo aquéllas centrales en las que sus niveles están en un rango de 0 a 9%.

En la segunda ronda, se logra un consenso aún mayor y los panelistas llegan a un acuerdo en casi todas las preguntas, incluso en las respuestas que marcaron –desacuerdo-, la alterna fue la misma en todos los casos; es decir, aún en la primera ronda, con un mayor consenso, continúan existiendo dos posturas: la radical e innovadora que desea cambios (son la mayoría) y la conservadora que prefiere que los cambios sean los menores posibles. Sin embargo, el principal acuerdo al que todos llegaron fue únicamente la reducción de niveles de existencia útil.

Aunque no es muy significativo, es un avance que dará oportunidad a continuar disminuyendo los niveles de diésel gradualmente, continuando en los niveles sugeridos tal vez por otro período de tiempo hasta que la tendencia del uso del diésel para la generación de energía eléctrica sea inminente por la producción de gas natural y no sea posible justificar por más tiempo su almacenamiento.

En la Exploración de Futuros, se crearon escenarios mediante las tendencias surgidas de las conclusiones anteriores y los panelistas pusieron a prueba su conocimiento con su creatividad y expusieron su futuro deseado. Se encontraron más factores de éxito que riesgos; en general, la mayoría de los panelistas se mostraron optimistas ante el futuro que les espera a la organización en este sentido. Es importante considerar los riesgos surgidos de las calificaciones negativas de algunas tendencias descritas, pues el futuro siempre será incierto.

Se encontró que la gran oportunidad y el gran reto es la reconversión de centrales con tecnologías limpias o más eficientes y que se puede abrir un nicho de mercado de energía arrendando tanques de almacenamiento, trasegando el diésel dentro o fuera de la organización y el traslado de unidades generadoras a zonas donde puedan usarse, evolucionando de esta manera a una empresa integral de energía e incluso aprovechar los espacios y convertirlos en centros de investigación para beneficio de la organización.

### ***5.3. Trabajo futuro de investigación***

Existe aún mucho por investigar en este tema. Una primera acción sería terminar el análisis de riesgos, proponer una administración de riesgos y las acciones para mitigarlos mediante la clasificación de importancia, probabilidad e impacto.

Una segunda línea de investigación, consiste en la revisión de las conclusiones obtenidas, mediante consulta a expertos de otros países para comparar los resultados. Respecto a esto, se propone realizar un benchmarking con otras empresas y obtener las mejores prácticas para reforzar y complementar en gran medida al presente trabajo.

Finalmente, una tercera línea de investigación consistiría en implementar la estrategia mediante planes de acción y tareas específicas, comenzando por concientizar a los directivos.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

1. Ackoff, Russel. A concept or corporate planning. John Wiley & Sons, 1970.
2. AckoffRussel. "Science in the systems age: Beyond IE, OR, and MS". Operations Research. May-June 1973.
3. Bertalanffy, Ludwig. General System Theory: A new approach to unity of science, human biology, 1951.
4. Apuntes de "Planeación y Control de la Producción". M. I. Silvina Hernández García, M.I. Susana Casy Téllez Ballesteros. UNAM.
5. Revista Iberoamericana de la Educación (ISSN: 1681-5653)  
<http://www.rieoei.org/deloslectores/804Bravo.PDF>
6. Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008). Administración de Operaciones. Procesos y cadena de suministro Décima edición. Editorial Pearson.
7. Eneko Astigarraga. El Método Delphi. Universidad de Deusto. Facultad de CC.EE. y Empresariales, ESTE.
8. Ruíz Olabuénaga, J. e Ispizua, M. A. (1989). La Técnica Delphi. La descodificación de la vida cotidiana. Métodos de InvestigaciónCualitativa. Bilbao, p. 171-179.
9. Linstone, H., Turoff, M (1975). The Delphi Method. Techniques and Applications. Addison-Wesley, p. 3.
10. Parisca, S. (1995). El Método Delphi. Gestión Tecnológica y Competitividad. Estrategia para alcanzar la calidad total y el éxito en la gestión impresional. La Habana: Academia, 129-130.
11. Landeta R., Jon. El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre. Barcelona: Ariel, 1999.
12. Haines, Stephen G. The Manager's Pocket Guide to Strategic and Business Planning: The Systems Thinking Approach 1999.
13. Bravo M. de L. y Arrieta, J. J.: El Método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica.

14. N. Dalkey et al., “The Delphi Method, III: Use of self rating to improve group estimates”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 1, Estados Unidos. Alliant International University, 1970, p. 83
15. Rosas H., A.; Sánchez R., J. y Chávez C., M. La técnica Delphi y el análisis de la capacidad institucional de gobiernos locales que atienden el cambio climático. Encontrado en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n38/n38a10.pdf>
16. J. Gordon Theodore., *Metodología de Investigación de Futuros. Método de Impacto Cruzado.* –traducción al español. Buenos Aires, Argentina 2004.
17. Hammond, Allen. *Which World? Scenarios for the 21<sup>st</sup> century (¿Qué mundo? Escenarios para el siglo XXI)*, Island Press, pág. 9.
18. *Which World? A look at three plausible Trend-based scenarios of the future*, Seminario USGCRP. Encontrado en: <http://www.usgcrp.gov/usgcrp/seminars/981012FO.html>

## MESOGRAFÍA

- a. Primera central eléctrica (<http://www.erroreshistoricos.com/curiosidades-historicas/la-primera-vez-en-la-historia/1775-la-primera-central-electrica-de-la-historia.html>)
- b. Administración de inventarios (<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/>)
- c. Estudio de los inventarios(<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/elinventario.htm>)
- d. Diario Oficial-Reforma Energética ([http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014))
- e. Irene Konow y Gonzalo Pérez (1990) Método Delphi. En “Métodos y Técnicas de Investigación Prospectiva para la toma de Decisiones”. Ed. Fundación de Est. Prospectivos (FUNTURO) U. de Chile 1990. Encontrado en: (<http://www.oocities.org/pentagon/quarters/7578/pros01.html>)

## ANEXO 1

### **ENCUESTA DELPHI (FASE 1)**

*(Cuerpo del correo)*

#### **ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE DIESEL DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS**

**Problemática:** Según la tabla mostrada, existen centrales en todas las zonas del Sistema Eléctrico Nacional, *excepto en la Zona Occidente*, termoeléctricas del subtipo *turbo gas y ciclo combinado* que tienen su inventario de diesel almacenado por años (de 1 a más de 6 años) que no ocupan para su fin elemental: *la generación de energía eléctrica*; por lo que se cree que en lugar de otorgar un beneficio a la organización, por el prolongado tiempo de almacenamiento, se volvió un problema con repercusiones económicas y operativas.

No.	Central	Existencia útil			Monto estimado de la adquisición [\$]
		Capacidad Útil [m³]	Día [m³]	lleno [%]	
<b>Zona: Central</b>					
1	C.C. El Bajío	23,000	18,382	80	\$85,402,100.06
2	C.C. El Sauz	16,494	15,746	95	\$101,006,764.41
<b>Subtotal</b>					<b>\$186,408,864.47</b>
<b>Zona: Sureste</b>					
4	C.C. Tuxpan	20,000	18,000	90	\$79,256,084.14
<b>Subtotal</b>					<b>\$79,256,084.14</b>
<b>Zona: Norte</b>					
19	C.C. Samalayuca II	15,000	10,884	73	\$80,510,580.19
20	T.G. Chihuahua	4,692	340	7	\$1,498,195.37
21	C.C. Chihuahua II	9,750	915	9	\$4,028,296.15
22	C.T. Francisco Villa	428	287	67	\$1,263,033.76
23	C.C. Gómez Palacio	12,300	0	0	\$176.12
25	T.G. La Laguna	2,286	118	5	\$520,316.19
26	T.G. Chávez	1,006	204	20	\$900,159.78
27	T.G. Monclova	3,458	35	1	\$171,317.75
28	T.G. Esperanzas	1,764	9	1	\$40,160.82
29	C.C. Saltillo	11,220	11,220	100	\$58,691,029.74
32	C.C. Río Bravo	24,158	22,500	93	\$119,041,587.32
<b>Subtotal</b>					<b>\$266,664,853.22</b>
<b>Zona: Noroeste</b>					
41	T.G. Pueblo Nuevo	293	275	94	\$1,356,011.35
42	T.G. Yécora	3,175	49	2	\$217,417.05
46	T.G. Nuevo Nogales	128	124	97	\$611,872.39
47	T.G. Mexicali	6,723	3,760	56	\$28,176,455.10
48	T.G. Tijuana	7,898	256	3	\$1,537,941.84
49	C.T. Pte. Juárez	394	230	58	\$1,628,383.37
<b>Subtotal</b>					<b>\$33,528,081.10</b>
<b>Zona Noroeste: Península de Baja California</b>					
57	T.J. Cabo Bello	465	371	80	\$2,425,684.23
<b>Subtotal</b>					<b>\$2,425,684.23</b>
<b>Total</b>					<b>\$568,283,567.16</b>

**Objetivo de la encuesta:** Encontrar una estrategia (escenario alternativo al actual) que indique el posible rumbo de dicho combustible y la forma de suministrar combustibles para prevenir el acumulamiento, que se cree es *innecesario*, así como encontrar los factores de riesgo y de éxito de la estrategia.

**Metodología:** Este cuestionario es la primera de tres rondas o fases para armar la estrategia.

**Fase 1. Cualitativa.** Son preguntas cerradas de evaluación que podrán responderse en base a una escala de valoración del 1 al 5, donde 1 equivale a nada, 2 muy escaso, 3 término medio, 4 con posibilidades y 5 estrictamente necesario; adecuando para cada pregunta, la respuesta necesaria sin perder la esencia del valor. Asimismo, se les pide justificar su respuesta.

**Fase 2. Cuantitativa.** Se les mostrarán los resultados estadísticos de la primera ronda y surgen preguntas del análisis de la primera fase. Esta segunda fase se enfocará a analizar los sesgos (diferencias) entre las respuestas de la primera ronda, en caso de haberlas. Nota: si usted continúa argumentando una opinión diferente a la media, se le solicitará que explique su respuesta.

**Fase 3. Formulación de escenarios alternativos.** Aún que haya diferencias de opiniones, no habrá una tercera ronda para disminuir el sesgo; sino que se obtendrá una conclusión de las dos primeras fases para formar un escenario; el cual se les describirá y se les pedirá que analicen qué eventos sucesivos podría generar esta nueva forma de operar con el fin de detectar los factores de riesgo o éxito de la estrategia.

**¡ GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!**

**Nota:** A todos los participantes, se les asegura la confidencialidad de sus respuestas.

### **Cuestionario Fase 1.**

1. Evalúe si la organización debe continuar resguardando el inventario de diésel en los tanques de almacenamiento de las centrales mostradas, sabiendo por experiencia que su tendencia de uso para la generación de energía eléctrica es poco factible o nula.

**1-No debe; 2-en pocos casos; 3-a veces sí y otras no; 4-en la mayoría de los casos y 5-sí debe.**

**¿Por qué?**

2. ¿Debe continuar la política de máximos inventarios y los contratos celebrados con los Productores Externos de Energía (PEE) con la DACPEE, que obliga a las centrales a mantener altos niveles de inventarios?  
*1-No debe; 2-en pocos casos; 3-a veces sí y otras no; 4-en la mayoría de los casos y 5-sí debe.*  
*¿Por qué?*
3. Señale el grado de confiabilidad que las centrales mostradas proporcionan al Sistema Eléctrico Nacional  
*1-Ninguno; 2-escaso; 3-término medio; 4-demasiado y 5-todo.*  
*¿Por qué?*
4. Evalúe en la siguiente escala el grado de beneficio que proporciona a la organización mantener almacenado el diésel en los tanques de almacenamiento en centrales que no se han ocupado en más de 6 años o en centrales que es sabido que ya no serán ocupados como el caso de la C.C.C. El Sauz, por ejemplo.  
*1-Ninguno; 2-escaso; 3-término medio; 4-demasiado y 5-beneficio.*  
*¿Por qué?*
5. ¿Cree que el diesel almacenado en las centrales mencionadas, pueda ser aprovechado en un nuevo nicho de mercado?  
*1-En ningún caso; 2-en pocos casos; 3-en la mitad de los casos; 4-en la mayoría de los casos y 5-en todos los casos.*  
*¿Por qué?*
6. ¿Cree que el diesel almacenado en las centrales mencionadas, pueda ser aprovechado dentro de la organización?  
*1-En ningún caso; 2-en pocos casos; 3-en la mitad de los casos; 4-en la mayoría de los casos y 5-en todos los casos.*  
*¿Por qué?*
7. ¿Cree usted que la infraestructura asociada al almacenamiento del combustible (tanques de almacenamiento y demás) pueda ser también aprovechado de alguna manera?  
*1-En ningún caso; 2-en pocos casos; 3-en la mitad de los casos; 4-en la mayoría de los casos y 5-en todos los casos.*  
*¿Por qué?*
8. Evalúe la posibilidad de que estas centrales (principalmente las que llevan más de 4 años sin generar) ante alguna contingencia (falta de combustibles, alta demanda,

condiciones climatológicas adversas, falta de transporte de suministro), sean despachadas, sustituyendo a centrales que comúnmente generan.

***1-Definitivamente no; 2-poco probable; 3-medianamente probable; 4-muy probable y 5-definitivamente sí.***

***¿Por qué?***

9. Señale el grado de confiabilidad que proporcionarían estas centrales al Sistema Eléctrico Nacional, si se redujeran sus niveles de existencia a cero.

***1-Ninguno; 2-escaso; 3-término medio; 4-demasiado y 5-todo.***

***¿Por qué?***

10. ¿Cree usted que la tendencia sobre el uso de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica al año 2040, que indica que su uso se reducirá gradualmente hasta llegar al 2% al año mencionado, contribuya a que se prolongue aún más el tiempo de almacenamiento del diesel almacenado en las centrales mencionadas?

***1-Definitivamente no; 2-poco probable; 3-medianamente probable; 4-muy probable y 5-definitivamente sí.***

***¿Por qué?***

11. ¿Cree que el precio del diesel es un factor determinante para que cada vez se despache menos con este combustible?

***1-Definitivamente no; 2-poco probable; 3-medianamente probable; 4-muy probable y 5-definitivamente sí.***

***¿Por qué?***

12. ¿Cree que la expansión del uso del gas por sus diversas características (más barato, menos contaminante y expectativa de mayor producción en el futuro) será un factor determinante para que desplace al despacho de centrales turbo gases o ciclo combinado con diesel en un futuro?

***1-Definitivamente no; 2-poco probable; 3-medianamente probable; 4-muy probable y 5-definitivamente sí.***

***¿Por qué?***

13. Evalúe la posibilidad de que en su área de injerencia, se esté(n) planeando o se esté(n) llevando a cabo algún(os)proyecto(s) que crea que en un futuro afecte el despacho de las centrales turbo gas y ciclo combinado con diesel

***1-Nada probable; 2-poco probable; 3-medianamente probable; 4-muy probable y 5-definitivamente sí.***

***¿Por qué?***

14. Señale los rangos de niveles a los que debería estar el inventario de diesel en las centrales de su zona de injerencia. Forme una matriz, rellenando los espacios que corresponda.

a. 0-20%; b. 21%-40%; c. 41%-60%; d. 61%-80%; e. 81%-100%

No.	Central	Existencia útil actual			Rango sugerido de existencia				
		Capacidad útil [m³]	Día [m³]	lleno [%]	0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
<b>Zona: Central</b>									
1	C.C. El Bajío	23,000	18,382	80					
2	C.C. El Sauz	16,494	15,746	95					
<b>Zona: Sureste</b>									
4	C.C. Tuxpan	20,000	18,000	90					
<b>Zona: Norte</b>									
19	C.C. Samalayuca II	15,000	10,884	73					
20	T.G. Chihuahua	4,692	340	7					
21	C.C. Chihuahua II	9,750	915	9					
22	C.T. Francisco Villa	428	287	67					
23	C.C. Gómez Palacio	12,300	0	0					
25	T.G. La Laguna	2,286	118	5					
26	T.G. Chávez	1,006	204	20					
27	T.G. Monclova	3,458	35	1					
28	T.G. Esperanzas	1,764	9	1					
29	C.C. Saltillo	11,220	11,220	100					
32	C.C. Río Bravo	24,158	22,500	93					
<b>Zona: Noroeste</b>									
41	T.G. Pueblo Nuevo	293	275	94					
42	T.G. Yécora	3,175	49	2					
46	T.G. Nuevo Nogales	128	124	97					
47	T.G. Mexicali	6,723	3,760	56					
48	T.G. Tijuana	7,898	256	3					
49	C.T. Pte. Juárez	394	230	58					
<b>Zona Noroeste: Península de Baja California</b>									
57	T.J. Cabo Bello	465	371	80					

15. ¿Cree que la política de inventarios y los contratos celebrados con los Productores Externos debería modificar el nivel de existencia actual en base a un estudio que tome en cuenta todos los factores involucrados (demanda de energía, disponibilidad de combustibles, estadísticas de uso de combustibles, estadísticas de uso de centrales, etc.) para crear un modelo matemático que indique el nivel de existencia por cada central?

1-En ningún caso; 2-en pocos casos; 3-en la mitad de los casos; 4-en la mayoría de los casos y 5-en todos los casos.

¿Por qué?

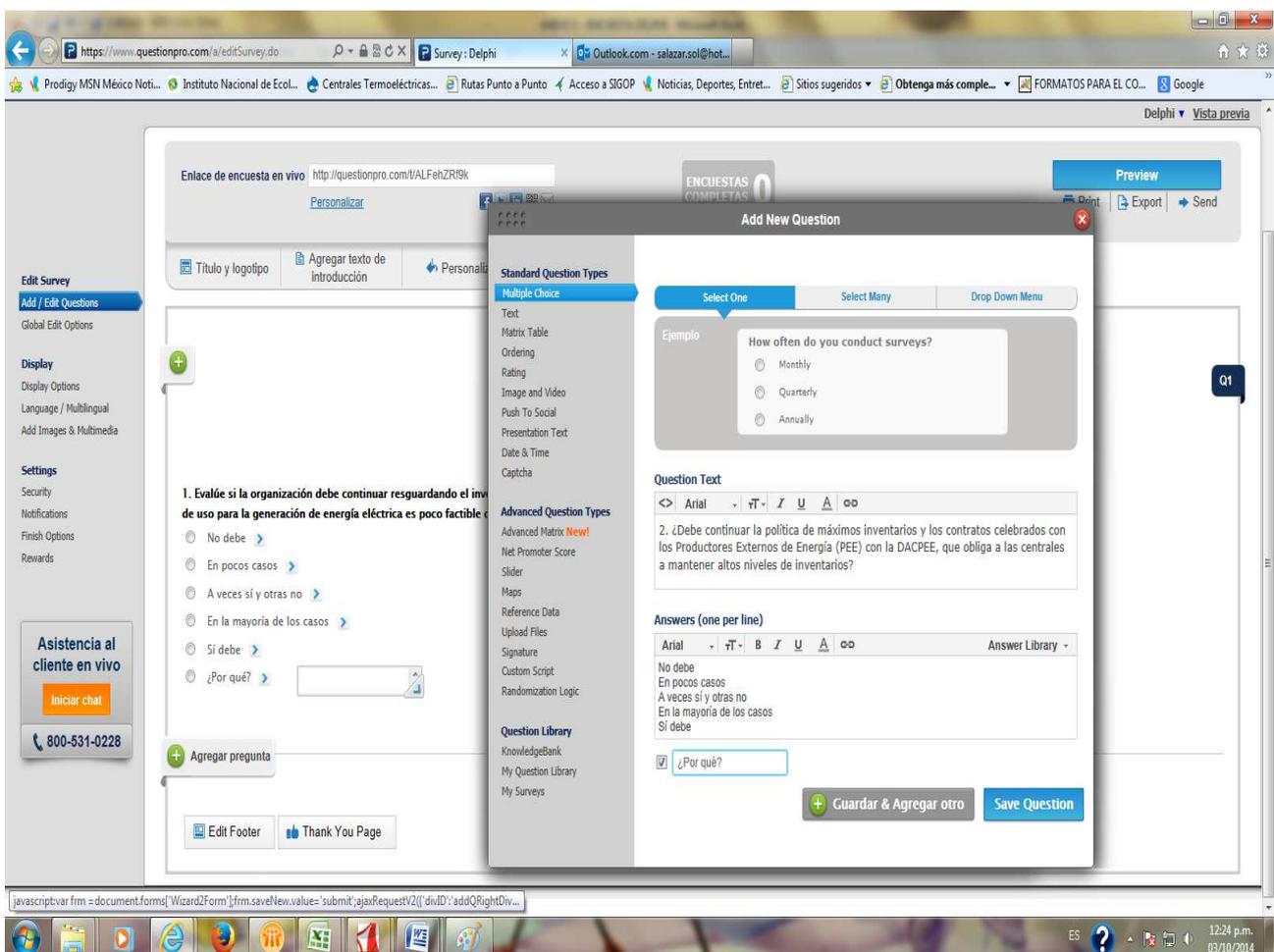
16. Evalúe el nivel de competitividad que otorga a la organización tener el diésel resguardado aunque no se ocupe para su fin primordial: generación de energía eléctrica.

**1-Nada competitivo; 2-poco competitivo; 3-medianamente competitivo; 4-competitivo y 5-muy competitivo**  
**¿Por qué?**

17. Evalúe el nivel de eficiencia en la forma en que se está administrando el inventario de diesel en estas centrales, en base a las siguientes dos premisas sobre el manejo de los inventarios: 1) reducir al mínimo “posible” los niveles de existencias y 2) asegurar la disponibilidad de existencias en el momento justo.

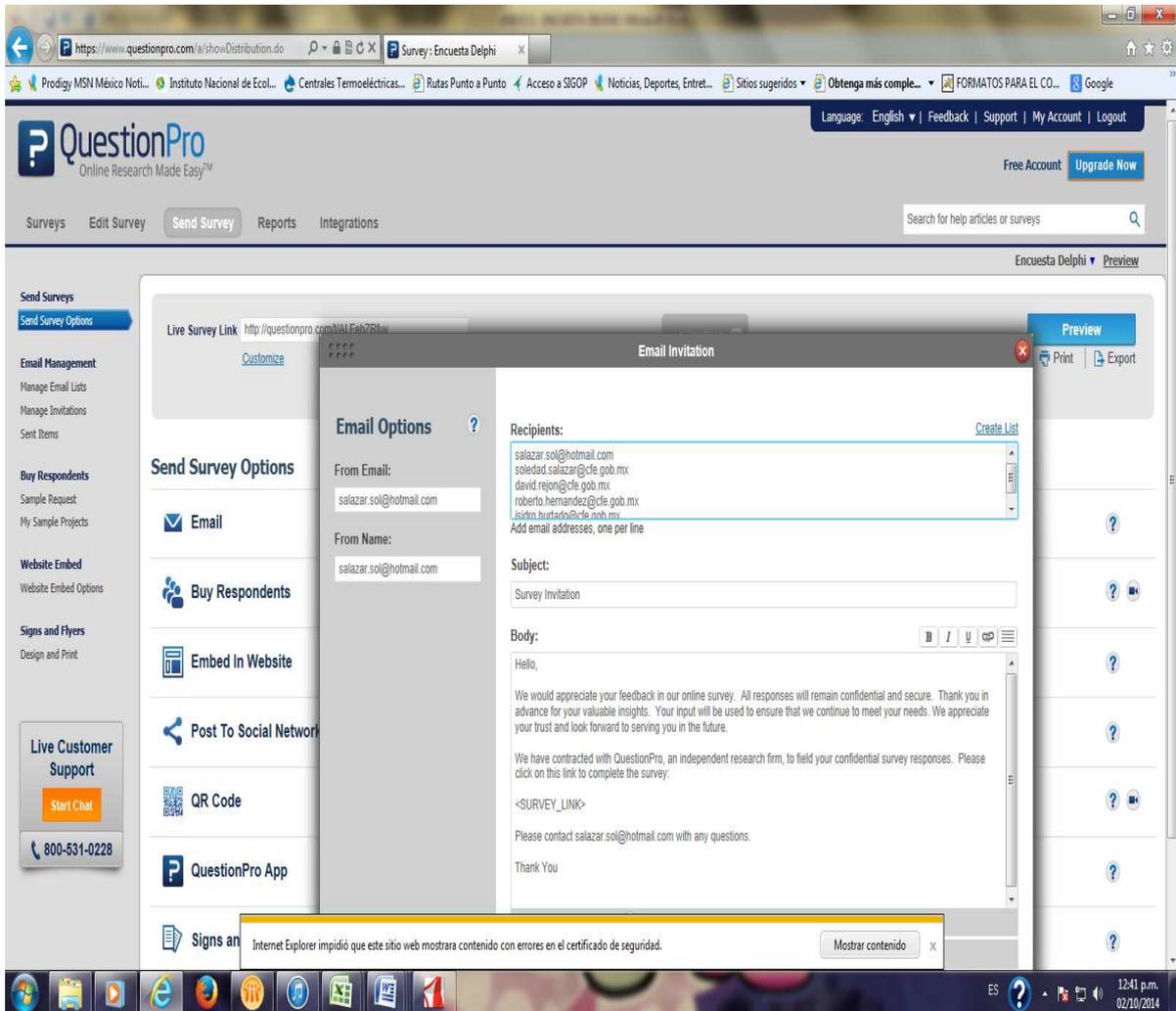
**1-Nada efectivo; 2-poco efectivo; 3-medianamente efectivo; 4-efectivo y 5-muy efectivo**  
**¿Por qué?**

A continuación se presenta la evidencia de la elaboración del primer cuestionario: (introducción de preguntas)



**Figura A-1. Elaboración de cuestionario mediante software QuestionPro versión libre.**

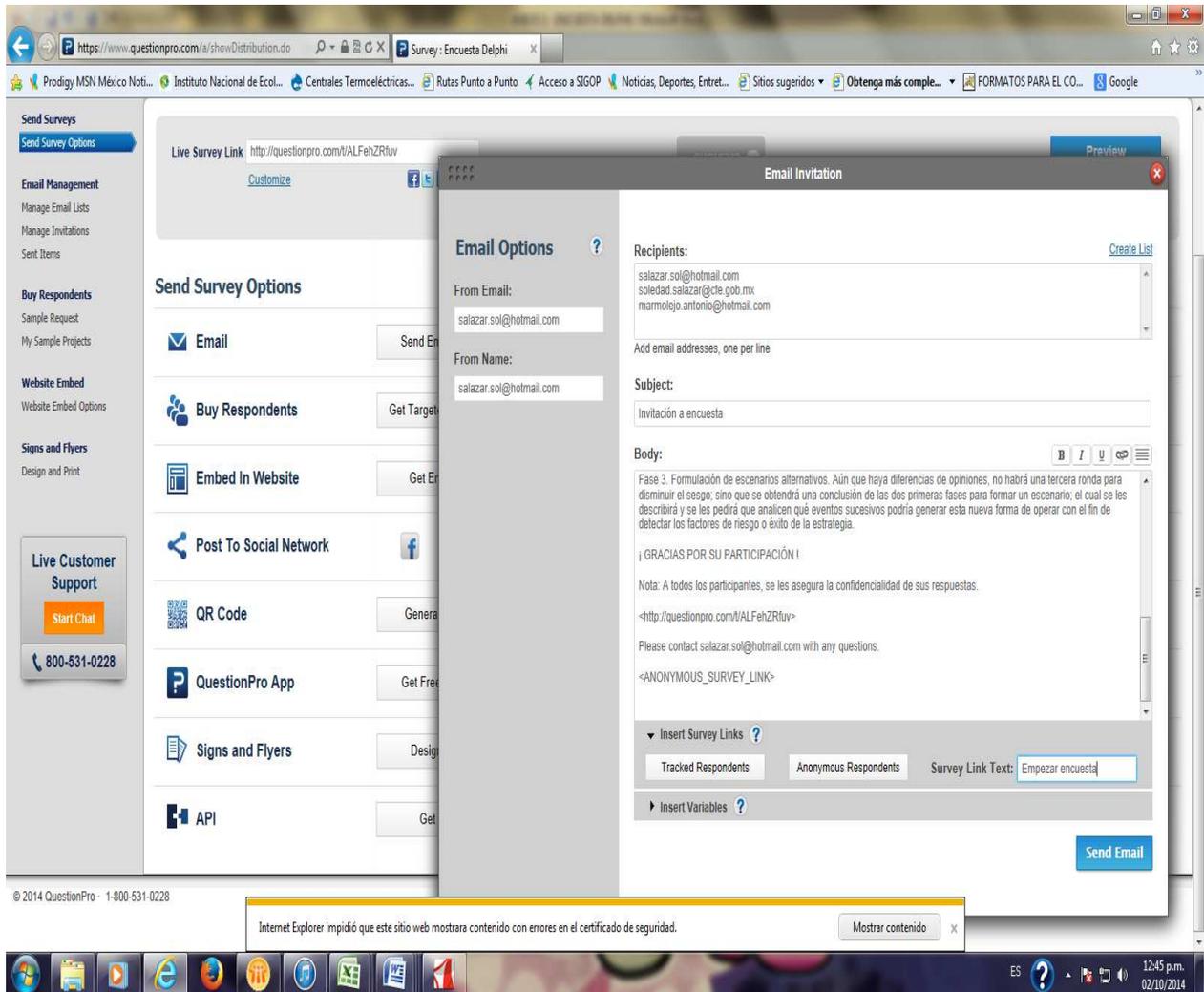
Una vez elaborado el cuestionario, se preparó para su envío enlistando a los panelistas a sus cuentas de correo personales e institucionales. Se optó por la opción de encuesta anónima. Podemos observar este proceso en la siguiente **Figura A-2**:



**Figura A-2. Preparación para envío de encuesta. Introducción de las direcciones de correo de los expertos en forma anónima.**

Finalmente, se redactó el asunto y el contenido del cuerpo del correo, en el cual se les hace la invitación a participar con fines de investigación, explicando brevemente el problema, el objetivo de la encuesta y la metodología (fases) que se llevarán a cabo.

Se introdujo la liga de la encuesta escribiendo “Empezar encuesta” y se envió, tal como se muestra en la siguiente **Figura A-3**:



**Figura A-3.** Creación del correo para envío de la primera encuesta: asunto, cuerpo del correo y link de la encuesta.

Los participantes reciben la encuesta y, una vez contestada, al dar en el botón “continúe”, los resultados se reciben en el correo electrónico de la fuente.

## ANEXO 2

### **ENCUESTA DELPHI (FASE 2)**

*(Cuerpo del correo)*

Buenas tardes panelistas.

De antemano les agradezco su participación en la primera fase. Sus respuestas fueron muy interesantes y de suma importancia en esta investigación.

En esta segunda fase encontrarán los resultados de la encuesta anterior, presentándoles el valor medio de las puntuaciones y la metodología consistirá en volver a opinar si están de acuerdo con el valor medio (mayoría de los panelistas).

Se eliminan las preguntas 10, 11 y 12, pues existe concordancia en las respuestas de todos los panelistas. La pregunta 14 también fue eliminada, pues el objetivo fue conocer el nivel de existencia que a su percepción es el que recomiendan; por lo que para este segundo cuestionario queda un total de 13 preguntas.

**¡ GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN !**

*Nota: A todos los participantes, se les asegura la confidencialidad de sus respuestas.*

### **Cuestionario Fase 2.**

Opine sobre las siguientes afirmaciones:

1. La organización en *pocos casos* debe continuar resguardando el inventario de diésel en los tanques de almacenamiento de las centrales mostradas, sabiendo por experiencia que su tendencia de uso para la generación de energía eléctrica es poco factible o nula.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-No debe**  
**3-A veces sí y otras no**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
2. La política de máximos inventarios y los contratos celebrados con los Productores Externos de Energía (PEE) con la DACPEE, que obliga a las centrales a mantener altos niveles de inventarios debe aplicarse en unas *ocasiones sí y en otras no*.

- 1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-En pocos casos**  
**3-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
3. El grado de confiabilidad que las centrales mostradas proporcionan al Sistema Eléctrico Nacional es *escaso*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-Nada confiable.**  
**3-Término medio**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
4. El grado de beneficio que proporciona a la organización mantener almacenado el diésel en los tanques de almacenamiento en centrales que no se han ocupado en más de 6 años o en centrales que es sabido que ya no serán ocupados como el caso de la C.C.C. El Sauz, por ejemplo, *es escaso*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-Ningún beneficio**  
**3-Término medio**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
5. *En la mitad de los casos*, el diésel almacenado en las centrales mencionadas puede ser aprovechado en un nuevo nicho de mercado.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-En pocos casos**  
**3-En la mayoría de los casos**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
6. El diésel almacenado en las centrales mencionadas puede ser aprovechado dentro de la organización *en la mayoría de los casos*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-En la mitad de los casos**  
**3-En todos los casos**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
7. La infraestructura asociada al almacenamiento del combustible (tanques de almacenamiento y demás) puede ser también aprovechado de alguna manera *en la mayoría de los casos*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-En todos los casos**  
**3-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**

8. La posibilidad de que estas centrales (principalmente las que llevan más de 4 años sin generar) ante alguna contingencia (falta de combustibles, alta demanda, condiciones climatológicas adversas, falta de transporte de suministro), sean despachadas, sustituyendo a centrales que comúnmente generan, *es poco probable*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-Definitivamente no**  
**3-Medianamente probable**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
9. El grado de confiabilidad que proporcionarían estas centrales al Sistema Eléctrico Nacional si se redujeran sus niveles de existencia a cero, *es término medio*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-Escaso**  
**3-Demasiado**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
10. La posibilidad de que en su área de injerencia, se esté(n) planeando o se esté(n) llevando a cabo algún(os) proyecto(s) que crea que en un futuro afecte el despacho de las centrales turbo gas y ciclo combinado con diésel *es muy probable*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-Medianamente probable**  
**3-Definitivamente sí**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
11. *En la mitad de los casos*, la política de inventarios y los contratos celebrados con los Productores Externos debería modificar el nivel de existencia actual en base a un estudio que tome en cuenta todos los factores involucrados (demanda de energía, disponibilidad de combustibles, estadísticas de uso de combustibles, estadísticas de uso de centrales, etc.) para crear un modelo matemático que indique el nivel de existencia por cada central  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-En pocos casos**  
**3-En la mayoría de los casos.**  
**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**
12. El nivel de competitividad que otorga a la organización tener el diésel resguardado que no se ocupa para su fin primordial: *generación de energía eléctrica, es poco*.  
**1-acuerdo; 0-desacuerdo**  
**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**  
**2-Nada competitivo**  
**3-Medianamente competitivo.**

**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**

- 13.** El nivel de eficiencia en la forma en que se está administrando el inventario de diesel en estas centrales, en base a las siguientes dos premisas sobre el manejo de los inventarios: 1) reducir al mínimo “posible” los niveles de existencias y 2) asegurar la disponibilidad de existencias en el momento justo, *es medianamente efectivo*.

**1-acuerdo; 0-desacuerdo**

**Si no está de acuerdo, sugiera alguno de los siguientes niveles próximos:**

**2-Poco efectivo**

**3-Efectivo**

**4-Ninguno de los anteriores, ¿por qué?**