



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Programa de Posgrado en Ciencias
de la Administración**

T e s i s

**“El Azufre en México: Problemática industrial.
Propuestas de solución estratégicas y estructurales”**

que para optar por el grado de:

Maestro en Administración/Administración Industrial

Presenta: **Álvaro Ernesto Sampedro y Garibay**

Tutor: **Arturo Rubén Valles Terrazas**

Facultad de Química

México, D.F

Febrero, 2013.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Programa de Posgrado en Ciencias
de la Administración**

T e s i s

**“El Azufre en México: Problemática industrial.
Propuestas de solución estratégicas y estructurales”**

que para optar por el grado de:

Maestro en Administración/Administración Industrial

Presenta: **Álvaro Ernesto Sampedro y Garibay**

Tutor: **Arturo Rubén Valles Terrazas**

Facultad de Química

México, D.F

Febrero, 2013.

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedico esta tesis a mi apreciada esposa Lucill Foyo Muñiz, con todo mi amor, cariño y responsabilidad. Mi agradecimiento por ser pilar invaluable en mi vida personal y profesional y por alentarme a la aventura de culminar mi graduación.

A mi hijo Diego, un verdadero campeón de la vida, un ser superior.

A mi apreciada y ejemplar hija Lucill, gran profesionista y excelente hija. Para mi nenina, con todo mi amor, parabienes y mi admiración.

Unidos con el corazón. La meta es llegar, pero todos juntos.

Agradezco a mis sinodales y director de tesis

Un agradecimiento, al Lic. I.B. Héctor López Hernández, Coordinador del Programa de la Maestría en Administración Industrial, FQ-UNAM, y a la Sra. Patricia Vargas Valencia, Jefa del Departamento de Control Escolar, así como a sus respectivos equipos de apoyo, por su invaluable asistencia administrativa.

A todos aquellos amigos y colegas, quienes tal vez sin saberlo, han sido siempre fuente de influencias positivas y de un mutuo afán de superación.

- Carlos Luis Alvarado Chávez
- Ing. Rafael Beverido Lomelí
- Ing. Erwin Adolfo Otto Fritz de la Orta
- Ing. Gonzalo Alberto García Sánchez
- Ing. Sergio Raúl Lara Rosano
- Ing. Jaime Martínez Valdés Mañón
- Ing. José Ramiro Méndez Cisneros
- Dr. José Ramón Montiel López
- Ing. H. Rubén Ocampo Montero
- Ing. Alejandro Villalobos Hiriart

Mi eterno agradecimiento y cariño a mi querida Facultad de Química UNAM.

Te agradezco y te glorifico Señor por bendecirme. Amén.

INDICE

INTRODUCCIÓN	3
Capitulo. I HECHOS HISTÓRICOS DEL AZUFRE EN MÉXICO	8
Capitulo. II DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA	12
Capitulo. III FLUCTUACIONES EN EL MERCADO INTERNACIONAL Y ACCIONES ESTABILIZADORAS DE LOS EXPORTADORES	25
Capitulo. IV EL QUÉ, EL CÓMO Y EL QUIÉN DEL ARTE DE LA ESTRATEGIA	29
Capitulo. V RUMBO ESTRATÉGICO Y VENTAJA COMPETITIVA PARA LA EXPORTACIÓN DE AZUFRE	40
Capitulo. VI SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES: CRECIMIENTO	45
Capitulo. VII SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES: EFICIENCIA OPERATIVA	55
Capitulo. VIII SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES: RESPONSABILIDAD CORPORATIVA.-	59
Capitulo. IX SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES: MODERNIZACIÓN ADMINISTRATIVA	67

Capitulo. X OPERACIÓN DE PRIMERA CLASE MUNDIAL	72
Capitulo. XI ADMINISTRANDO LO INESPERADO	86
BIBLIOGRAFÍA	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
ANEXOS	100

INTRODUCCION

El azufre es el elemento químico de número atómico 16 y símbolo S. Su actual nombre latino proviene del sánscrito "*sulvere*" que indica que el cobre pierde su valor cuando se une con el azufre. Esto representa un indicio de su antigüedad y presupone el haber sido utilizado por los primeros pobladores de Asia, sobre todo de la India, de donde pasó a China.

Es un no metal, o metaloide, sólido, cristalino y quebradizo, de color amarillo canario. Es muy abundante en la naturaleza y de gran actividad química. Con un olor característico. Se encuentra en forma nativa en regiones volcánicas y en sus formas reducidas formando sulfuros y sulfosales o bien en sus formas oxidadas como sulfatos.

Es un elemento químico esencial para todos los organismos y en particular básico para el crecimiento de las plantas del reino vegetal, necesario para muchos aminoácidos y, por consiguiente, también para las proteínas.

Por sus propiedades de quemarse fácilmente y porque producía quemaduras dolorosas y atormentadoras, el azufre se ligó con la concepción que las pasadas generaciones tuvieron del infierno, el demonio y sus tormentos; muchos de los pueblos de la antigüedad creyeron que el azufre era el principio del fuego, seguramente al observarlo en los fenómenos posteriores a los paroxismos volcánicos que para ellos, por lo mismo extraordinarios, eran manifestaciones divinas del dios del fuego. Los germanos antiguos dieron al azufre el nombre de "brennestone", o piedra que se quema, de donde los pueblos de habla inglesa derivaron al de "brimstone", que hasta la fecha se usa.

En el siglo XII, los chinos inventaron la pólvora, mezcla explosiva de nitrato de potasio (KNO_3), carbón y azufre. Tras usarse por siglos en muy primitivos menesteres, a fines del siglo XVIII y ya a principios del XIX Lavoisier, iniciador de la química moderna, estableció la naturaleza elemental del azufre, dando a entender con ello su

indivisibilidad en otras sustancias elementales y su capacidad para formar compuestos en combinación con otros elementos.

Del uso empírico de aguas termales sulfurosas con fines terapéuticos en tiempos del Imperio Azteca, pasamos al día en que se atribuyó a Hernán Cortés el primer uso industrial --- más bien guerrero --- del azufre en el siglo XVI. Es él quien, sin duda alguna, fue el primer industrial del azufre en América. Lo obtuvo de las solfataras y del cráter del Popocatepetl para proveerse de materia prima para fabricar la pólvora de sus cañones¹ .

Sin embargo, la verdadera importancia del azufre fue hasta 1823, año en que se tienen mayores conocimientos de su uso y producción permanente. Sus usos se multiplican luego y su creciente demanda justifica, por primera vez en la historia, una explotación en grande escala.

El azufre de origen volcánico es bastante impuro y se obtiene a elevado costo. En 1903, gracias a un ingenioso sistema de extracción ideado por Herman Frasch, fue posible iniciar la comercialización del azufre puro obteniéndolo industrialmente de yacimientos profundos del subsuelo, método Frasch, el cual desde un punto de vista técnico – económico, primeramente realiza diversos sondeos de exploración. Consiste básicamente en perforar pozos similares a los del petróleo, introduciendo agua sobrecalentada al domo para fundir el azufre y bombearlo al exterior, evitando la gran contaminación ambiental que producían esas aguas cargadas de ácido sulfhídrico, en las corrientes fluviales de la región.

En los tiempos modernos, el azufre se obtiene a nivel mundial principalmente como sub-producto en las refinerías del petróleo en la conversión química del contenido de dióxido de azufre y del ácido sulfhídrico. Las principales fuentes de ácido sulfhídrico son, el gas natural amargo y, los procesos para la producción de combustibles ecológicos de bajo y ultra-bajo contenidos de azufre (proceso Claus).

¹ ACEVEDO ESCOBEDO, Antonio, El Azufre en México. Una historia documentada, México, D.F., EDITORIAL CVLTVRA, T.G.S.A., 1956.

El azufre y sus derivados son hoy indispensables y representan la columna vertebral de muchos países desarrollados.

"Podemos juzgar con bastante certidumbre la prosperidad industrial y comercial de un país basándonos sobre su consumo de ácido sulfúrico".... Justus von Liebig (1803 – 1873). Químico alemán, pionero y estudioso de la química agrícola.

“Los Químicos celebran con alegría por la bandera y por el ácido sulfúrico “.... Aldous Huxley (1803 – 1873), Escritor e intelectual inglés. Bien conocido por sus novelas (Mundo Feliz, ...).

Todos los países agricultores reclaman en forma crucial el suministro de un fertilizante potente, eficaz a un precio bajo, para su bienestar. La producción y el suministro responsable, económico, amplio y continuo de azufre son y serán una mira importante para la satisfacción de esta necesidad vital para las naciones².

El azufre tiene cientos de usos diversos, siendo utilizado para la manufactura de:

- Fertilizantes
- Fabricación de ácido sulfúrico (el producto químico más importante de la industria química de cualquier país). Este ácido se emplea para: producción de abonos minerales (superfosfatos), explosivos, seda artificial, colorantes, vidrios, en acumuladores, como desecante y reactivo químico.
- Fabricación de pólvora negra, junto a carbono y nitrato de potasio.
- Productos químicos primarios y secundarios. Es uno de los elementos básicos de la industria química.
- Productos farmacéuticos.
- Pinturas y pigmentos.
- Hierro y acero.
- Petróleo (refinación).

² GONZÁLEZ REYNA, Jenaro, El Azufre, México, D.F., DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS Y PETRÓLEO DE LA S.E.N. Y DEL INSTITUTO DE GEOLÓGÍA DE LA UNAM. Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales en México., 1945.

- Papel. Las sales del ácido sulfuroso tienen aplicaciones en la industria papelera, como fumigantes, blanqueadores de frutos secos.
- Insecticidas y también como fungicida (vid).
- Vulcanización de hule.
- Fibras sintéticas.
- Esencial para proteínas en humanos, animales y plantas (nutriente).
- Componente valioso en materiales de construcción (carreteras de concreto y asfalto).
- Varios.

No es posible poner los cimientos de la economía de una nación, si ésta depende para sus industrias de materias primas extranjeras, que teniendo que ser importadas, pagándose altos impuestos, hacen que la economía de dicho pueblo sea totalmente insegura, exponiéndose a limitaciones y falta de crecimiento, empobreciendo a un pueblo que innecesariamente es importador, cuando sobradamente pudiera tornarse en exportador no solamente de materias primas, que no es la mejor de las soluciones, sino en un productor de materias elaboradas y con un fuerte desarrollo industrial, que es siempre, en la vida moderna de las naciones, una de sus mejores fuentes de comodidades, proporcionando, a la vez, más elevados niveles de calidad de vida para sus ciudadanos.

Un elemento en extinción.- En 1938, hace poco más de 70 años, la compañía de Azufre Jefferson Lake en EUA en su reporte anual escribió el artículo siguiente: "Recordemos que el azufre es un material básico. Su volumen de consumo en cualquier país, o en el mundo, depende de la actividad industrial... Esta situación significa que nuestros esfuerzos de venta deben estar en competencia contra otros productores para el soporte financiero de productores de productos y bienes quienes necesitan azufre para sus procesos. No estamos en capacidad de estimular el consumo de azufre por medio de alguna promoción masiva para provocar el interés, sólo podemos luchar por nuestra participación en el consumo total sobre la que no podemos ejercer control alguno, y que en estos tiempos de economías difíciles los

compradores de azufre como materia prima buscan su material a los menores precios posibles”.

Hoy sabemos, que no es así, por el contrario existen reservas de azufre más allá de la imaginación humana. Cientos de millones de toneladas en formaciones sedimentarias y domos salinos, campos de gas amargo, depósitos volcánicos y piritas.

Actualmente en nuestro país, en vías de desarrollo, existen varios obstáculos en la cadena de suministro logístico (manufactura, transporte, almacenamiento y distribución), los cuales afectan en forma negativa su efectiva comercialización y exportación, representando un problema real.

Sobre esta base, se presenta en esta obra un análisis y, se proponen soluciones estratégicas y estructurales, sustentables, definidas y comprometidas en los Planes de Petróleos Mexicanos (PEMEX), para lograr operaciones y negocios rentables que contribuyan a la creación de valor económico en beneficio de la sociedad mexicana y a mejorar el nivel de calidad de vida en México.

CAPITULO I

HECHOS HISTÓRICOS DEL AZUFRE EN MÉXICO

El presente capítulo describe la historia de lucha para que no se monopolizaran las reservas de azufre en México. Pone especial énfasis en la índole de obstáculos que tuvieron que atravesar los pioneros del azufre mexicano. Asimismo, muestra la trascendencia de este recurso natural en el mundo contemporáneo y algunas repercusiones económicas que se derivarán de su explotación en el país.

En 1884 se obtuvo una cantidad considerable de azufre muy puro, obtenido en los alrededores de la Sierra de Banderas, S.L.P.

Los yacimientos de Huascamán se descubrieron a mediados del siglo XVIII; por su importancia, entonces desconocida y en 1956 plenamente estimada, han vuelto a ser objeto de la mayor atención.

A principios del siglo XX y debido a las exploraciones geológico– petroleras en el Istmo de Tehuantepec se descubrieron numerosos domos salinos, algunos conteniendo simultáneamente petróleo y cloruro de sodio y potasio en cantidades inmensas, además de su posible significación en azufre, similar a la de los más famosos de Louisiana. Hay quien asegura que alcanzan cifras parecidas a las del Domo Salino de Calcasieu Parishen, Louisiana.

Hacia 1960, se estimaba que podría corresponder a México el primer o cuando menos el segundo lugar como productor mundial de azufre, puesto que son conocidos, aparte de los 13 domos salinos descubiertos a partir de 1902, siete más debidos a las últimas exploraciones.

Para hacer resaltar la extraordinaria importancia de este elemento en la economía nacional del porvenir, puede recordarse que, debido al contenido de azufre en forma de ácido sulfhídrico (H_2S) y dióxido de azufre (SO_2) en los hidrocarburos en México, a principios de 1951 inició su producción una planta desulfuradora de gas natural, propiedad de Petróleos Mexicanos situada en la región de Poza Rica.

Tanto el estudio económico como el propósito industrial de la empresa petrolera se encaminaban a obtener en dicha planta un gas combustible de aprovechamiento industrial, una vez suprimido el sulfhídrico con el cual se presenta mezclado; pero la situación mundial del azufre vino a dar su verdadero valor a esta fuente de abastecimiento creada con designios fundamentales distintos.

Es éste el preciso instante en que la mente industrial mexicana captó en todo su significado el valor del producto que propios y extraños desdeñaban inexplicablemente.

Por un lado, los Estados Unidos, a pesar de lo agudo de su problema, no habían vislumbrado el día, ya cercano por cierto en aquel entonces, en que se cruzaran la curva descendente de sus reservas con la ascendente del consumo mundial y entonces, a más de perder el control del mercado mundial en este renglón, se vieran sin azufre propio y tuvieran que importarlo como en los comienzos de la edad industrial.

Por otro lado, los intereses de productores y exportadores en México sólo veían la utilidad inmediata de liberar una mercancía de gran demanda y pagada en el mercado libre a precios dos o tres veces mayores que las cotizaciones para exportación fijadas en Nueva York.

Es muy difícil entender cómo este dato más pasó inadvertido a los especialistas en la materia.

Lo único que se percibió fue que una fuente más de azufre como la instalada por Petróleos Mexicanos, además de su novedad técnica, entrañaba un fuerte resorte económico.

El control de la exportación nacional vino a proporcionar un arma para evitar que, cuando los Estados Unidos prohibieran --- conforme lo hicieron --- la salida de azufre de sus fronteras, la industria nacional se viera privada de esa materia prima por haberse explotado ciegamente sin establecer reserva alguna.

Es de gran interés el estudio de los domos salinos porque esta clase de formaciones, tanto desde el punto de vista geológico, estructural, como también por el económico y técnico derivados de sus sustanciales contenidos en azufre, petróleo y sales potásicas,

han sido objeto de investigación y debate tan intensos que sólo se justifican por ser estupendas fuentes de riqueza. Aun cuando se pretende haberlos identificado en diversos países del mundo, sólo se tiene noticia cierta de su presencia y contenido aproximado en unos pocos estados de la Unión Americana y en el Istmo de Tehuantepec, de México.

Desde 1865, en que se descubrió el primero y más famoso de ellos (el de Calcasieu Parish) en Louisiana, hasta bastantes años más tarde, no pudo ser explotada esa nueva fuente de azufre, por las dificultades técnicas que ofrecía.

Con la construcción del Puerto de Coatzacoalcos y del Ferrocarril Transístmico, se fomentaron intensos programas de exploración, perforando pozos en busca de petróleo. Las primeras exploraciones realizadas a principios del siglo XX fueron por las empresa S. Pearson & Son, propiedad de Weetman Dickinson Pearson, que al perforar pozos de exploración buscando petróleo entre 1903 – 1905, involuntariamente descubrió los grandes yacimientos de azufre alojados en el casquete rocoso de los domos salinos de Jáltipan y San Cristóbal en el entonces Cantón de Minatitlán.

Cabe mencionar que la planta desulfurizadora de gas natural más moderna en 1960 es la instalada por Petróleos Mexicanos en la zona de Poza Rica. Ejecuta dos procesos: eliminación del ácido sulfhídrico del gas natural --- transformándolo en combustible útil -- y obtención de azufre del sulfhídrico extraído.

Desde su iniciación de operaciones a principios de 1951, constituía el principal proveedor de azufre en el país, con cerca de 100 toneladas diarias.

El descubrimiento y desarrollo de los yacimientos de azufre en la zona Sur del Estado de Veracruz, trajo gran actividad socio-económica al Puerto de Coatzacoalcos y región circunvecina, a partir de 1945, hasta el cierre de la industria productora de azufre Frasch en 1993. PEMEX aún continúa produciendo, cerca de un millón de toneladas de azufre al año y parte de su producción la exporta a través de la Terminal de Embarque en los Muelles 5 y 6 del Puerto de Coatzacoalcos que Azufrera Panamericana vendió a PEMEX a un alto precio.

En el año 1962 se inicia el proceso de mexicanización de las compañías mineras extranjeras que estaban operando, por el Gobierno del Presidente Adolfo López Mateos, y se organizan las compañías azufreras en México: Azufrera Mexicana, Azufrera Panamericana, Azufrera Veracruz y Exportadora del Istmo.

En el año 1964, México llegó a ser el segundo productor mundial de azufre con el descubrimiento de los grandes yacimientos del casquete rocoso de los domos de sal en la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec.

Entre 1965 y 1970, a iniciativa del Presidente Gustavo Díaz Ordaz, se fomenta el descubrimiento de nuevos yacimientos de azufre en el Istmo de Tehuantepec.

Entre 1972 y 1980 se constituyen las Empresas Azufreras del Estado, formadas por la unión de las dos principales azufreras: Azufrera Panamericana, S.A. y Compañía Exploradora del Istmo, S.A.

Entre 1989 y 1993 cierran finalmente sus operaciones todas las azufreras por incosteabilidad en la producción debido al bajo precio del azufre.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA

1.- Objetivo de la tesis

El objetivo de la tesis es alentar el actual proyecto de solidificación de azufre líquido de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para que su desarrollo se lleve a cabo de una manera segura que garantice la preservación de la calidad del producto así como dar una guía de procedimientos útiles que aseguren su buen funcionamiento.

2.- Hipótesis

Identificar, desarrollar y plantear procedimientos en la actual línea de producción y exportación de azufre que, de adoptarse, propiciarán el logro de un nivel administrable vanguardista del desempeño tanto de la operación como de la cadena logística integral.

Para obtener lo anterior, se propondrá la implementación de mejoras que incidan en la mitigación de riesgos de seguridad, higiene industrial, impacto ambiental, posicionar la calidad del producto terminado a estándares internacionales y, beneficiar los dividendos mediante una considerable reducción de costos.

El alcance del desarrollo considera las etapas de transportación, conversión, almacenamiento, embarque y distribución del material.

3.- Apoyos para la investigación

Los principales recursos a emplear, serán:

a).- Los conocimientos adquiridos en la Maestría de Administración Industrial, en asignaturas tales como:

- * Administración de la Producción
- * Temas Selectos de Producción
- * Micro-economía y Macro-economía
- * Mercadotecnia

- b).- La aplicación de la experiencia profesional personal (“expertise”),
- c).- El análisis comparativo contra operaciones líderes (*“Benchmarking”*)
- d).- La red pública internet
- e).- Visitas a plantas de empresas líderes en este mercado, y
- f).- Contactos y consultas con especialistas reconocidos a nivel mundial en esta área

4.- Antecedentes

PEMEX es responsable de la comercialización del azufre que se obtiene³ en sus Centros Procesadores de Gas y en las Refinerías del país. Dado que el azufre es un producto residual, es indispensable su desplazamiento para no afectar la eficiencia y calidad de los hidrocarburos que produce y distribuye como gasolinas, gas natural y gas LP.

Una vez satisfecha la demanda nacional, actualmente PEMEX transporta el azufre de manera terrestre para hacer llegar el producto desde las instalaciones productivas (Unidades de Recuperación de Azufre) hasta la Terminal Marítima de Almacenamiento y Distribución de Azufre (TMADA) ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz, para que, vía marítima se exporte principalmente hacia el mercado de Tampa, Florida, EUA.

La exportación de azufre puede realizarse en estado líquido sólo a clientes muy específicos, como la realiza hoy en día PEMEX, para lo cual solamente se requiere de una infraestructura que permita mantener el producto a una temperatura promedio de 130 –140° C en toda la cadena logística: tanques de almacenamiento térmicos tanto en los centros de producción como en las instalaciones de la TMADA, así como el transporte especializado necesario (auto-tanques, carro-tanques y buque-tanques).

³ El azufre se obtiene cuando el ácido sulfhídrico, que es un componente “ácido” del gas natural y del petróleo crudo, se recupera y se procesa para obtener azufre líquido.

En gran parte del mundo la comercialización del azufre es en su estado sólido por las ventajas que esto representa, para lo cual es necesario modernizar la actual infraestructura, que permita la solidificación del producto en una forma controlada y administrable, infraestructura con la que hoy en día no cuenta PEMEX.

Si bien la cercanía de México con el mercado de azufre líquido de los Estados Unidos representa beneficios logísticos, también representa un riesgo severo de mercado al estar la exportación del azufre concentrada únicamente en este punto geográfico.

La presente iniciativa de investigación consiste en la identificación, definición y planteamiento de oportunidades de efectividad y eficiencia en la actual cadena de producción, almacenamiento y distribución de azufre, permitiendo que PEMEX logre altos niveles competitivos, y de participación internacional en la comercialización del azufre de exportación, para lo anterior se considera proponer:

- a).- La construcción de una planta de solidificación controlada de azufre ubicada en la TMADA con una capacidad de producción de al menos 360 mil toneladas anuales;
- b).- La infraestructura necesaria para el recibo, guarda y almacenamiento de azufre sólido de una capacidad de al menos 180 mil toneladas
- c).- La infraestructura necesaria para transportar el azufre sólido a los barcos para su exportación (bandas transportadoras desde las instalaciones de solidificación controlada y almacenamiento hacia los muelles).

5.- Situación actual del mercado

En condiciones normales, la exportación de azufre líquido se realiza vía marítima desde la TMADA hacia el mayor mercado de azufre líquido en los Estados Unidos en Tampa, Florida.

En enero de 2009 el mercado de azufre líquido nacional e internacional se contrajo, limitando a PEMEX su colocación y venta. El nivel de inventarios de azufre líquido superó su capacidad de almacenamiento disponible tanto en los Centros de Proceso de

PEMEX como en las Refinerías, por lo que se tuvo la necesidad de “tirar a patios” todo el volumen excedente con el objetivo de no parar operaciones.

Esta acción conllevó una serie de problemas ambientales y de manejo del producto dado que el azufre es un producto que penetra y contamina la tierra y el agua y no puede ser eliminado fácilmente. Al ser arrojado a los patios se solidifica sin control y se contamina con polvo y residuos que se encuentran en la zona afectando la calidad del mismo, lo que dificulta su comercialización teniendo que recogerlo y llevarlo a confinación.

Para fines del mes de enero de 2009, la capacidad de los patios también había alcanzado su límite máximo en los Complejos Procesadores de Gas y Refinerías, por lo que el riesgo de parar la producción era muy alto. El impacto económico de parar la operación⁴ en un centro de trabajo se estimó en 142 millones de pesos diarios para PEMEX y en 252 millones de pesos diarios para PEMEX Refinación.

Debido a la magnitud de los daños potenciales que esto podría provocar, se intentó sin éxito, incrementar la colocación de producto en Estados Unidos, sin embargo, la contracción del mercado también afectó esta región.

La única forma de solucionar la situación fue contratar de emergencia con un tercero las instalaciones para que se pudiera depositar el azufre en un terreno adecuado sin que afectara en gran medida su calidad, el problema sería después su comercialización ya que la mayoría de los consumidores nacionales prefieren el azufre líquido con el cual se evitan el costo de fundirlo. El costo total aproximado de las acciones antes realizadas fue de 18 millones de dólares ⁴.

Por lo tanto, dado que las posibilidades actuales de comercialización de azufre líquido para PEMEX son limitadas ante variaciones importantes en el mercado, se propone realizar la presente investigación para proporcionar a PEMEX los medios para la

⁴ Justificación de adjudicación directa de la contratación de los servicios de “Recepción de azufre provenientes de los centros de producción de PEMEX Gas y Petroquímica Básica y PEMEX Refinación, guarda, manejo y reexpedición del mismo”

preservación de la calidad del producto, un óptimo esquema en su cadena logística de suministro de azufre al mercado de exportación, al igual que eliminar los graves riesgos de seguridad, higiene industrial, impacto ambiental y una reducción importante en costos de operación.

Con lo anterior se permite garantizar la continuidad de las operaciones de los Centros Procesadores de Gas y las Refinerías encargados de la producción, recuperación, manejo, transporte y almacenamiento de azufre, y diversificar los esquemas de comercialización de azufre para PEMEX con la incursión en nuevos mercados y aplicaciones tecnológicas de azufre sólido en adición al mercado en líquido.

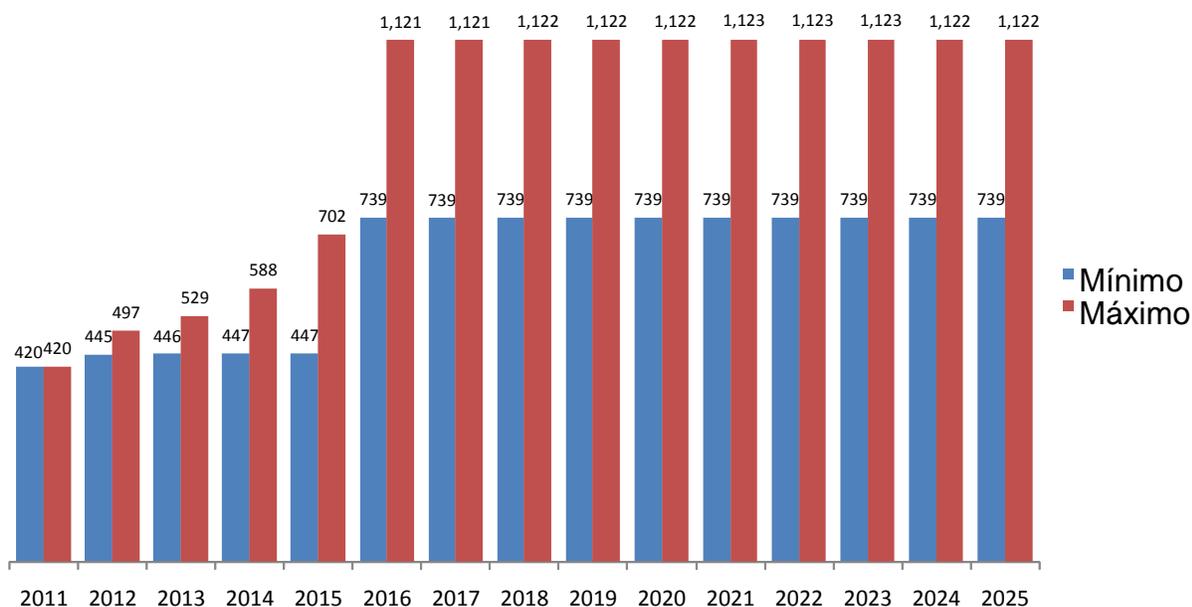
De acuerdo a la proyección⁵ de producción de Azufre 2011-2025 de PEMEX Refinación, la recuperación de azufre se incrementará debida principalmente a la inclusión de los siguientes proyectos:

- a).- Reconfiguración de Minatitlán a partir de agosto de 2011;
- b).- Proyecto de calidad de combustibles. Gasolinas en 2013 y diesel en octubre de 2014;
- c).- Proyectos de coquización y tren de lubricantes en Salamanca en 2015;
- d).- Tren nuevo de 250 MBId con aprovechamientos de residuales en Tula en 2016.

PEMEX Refinación ha definido intervalos mínimos y máximos de producción de azufre en donde la producción en el mínimo pasará de 447 mil toneladas anuales en 2015 a 739 mil toneladas anuales en 2016, mientras que en el máximo la producción pasará de 702 mil toneladas anuales en 2015 a 1,121 mil toneladas anuales en 2016.

⁵ Emitido en el documento PXR-SC-GVM-1448-2010 por PEMEX Refinación el 29 de diciembre de 2010 con a) el programa de Transferencias de Azufre a PEMEX Gas y Petroquímica Básica con base en lo definido en el Programa de Operación Trimestral, POT I 2011 y b) el Programa de Pronóstico de Recuperación de Azufre en PEMEX Refinación 2012-2025.

Gráfica II.1.- Recuperación de azufre en PEMEX Refinación 2011 – 2025 (Miles de toneladas)⁶



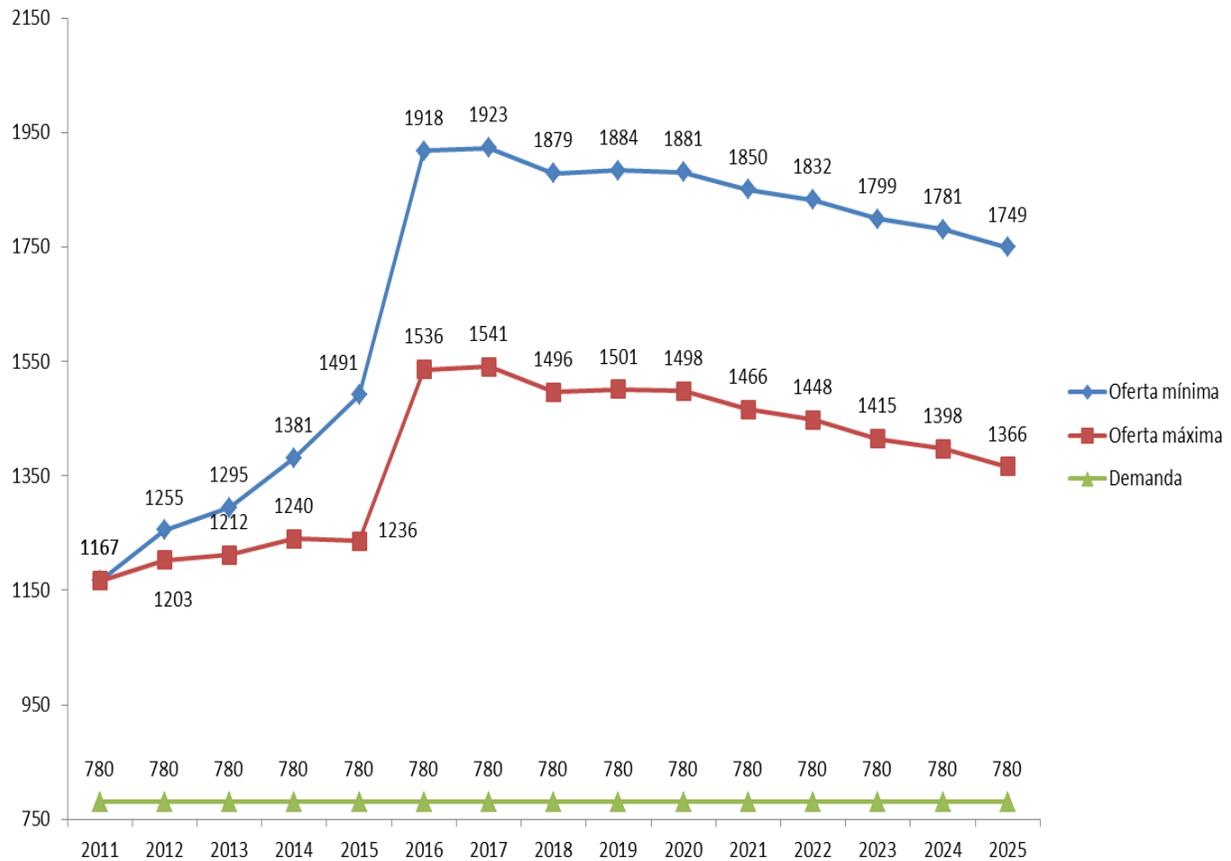
Referencia: ver nota de pie de página

En términos del balance de azufre 2011–2025, se tiene una oferta total de PEMEX promedio de 1,382 miles de toneladas al año en el mínimo y una oferta total promedio de 1,672 miles de toneladas al año en el máximo.

Con base en lo mencionado anteriormente sobre la expectativa en el incremento de la recuperación de azufre por parte PEMEX Refinación; la producción total de azufre en el periodo 2011-2025 en su mínimo y máximo se muestra en la siguiente gráfica:

⁶ Emitido en el documento PXR-SC-GVM-1448-2010 por PEMEX Refinación el 29 de diciembre de 2010 con a) el programa de Transferencias de Azufre a PEMEX Gas y Petroquímica Básica con base en lo definido en el Programa de Operación Trimestral, POT I 2011 y b) el Programa de Pronóstico de Recuperación de Azufre en PEMEX Refinación 2012-2025.

Gráfica II.2.- Intervalo de Producción Total Nacional de Azufre 2011-2025 (Miles de Toneladas)⁷



Por otro lado, se estima que la venta al mercado nacional para periodo 2011-2025 será de 780 mil toneladas al año⁸, es decir, se espera un incremento del 63% con respecto al promedio de venta nacional en el periodo 1995-2010.

⁷ Emitido en el documento PXR-SC-GVM-1448-2010 por PEMEX Refinación el 29 de diciembre de 2010 con a) el Programa de Transparencias de Azufre a PEMEX Gas y PETROQUÍMICA Básica con base en lo definido en el Programa de Operación Trimestral, POT I 2011 y b) el Programa de Pronóstico de Recuperación de Azufre en PEMEX Refinación 2012 – 2025.

⁸ Balance de Azufre, 2011 – 2025. Escenario Cartera v10.308 (50% Aguas Profundas) sin refinerías.

PEMEX debe cumplir con la demanda contractual de azufre de nuestros clientes nacionales, con esto se estima tener una exportación promedio de azufre de 602 mil toneladas al año con el intervalo de oferta mínimo y de 892 mil toneladas al año con el intervalo de oferta máxima.

En particular, con estos intervalos estimados, en 2016 se registra un pico de exportación de 761 y 1,143 miles de toneladas en el intervalo mínimo y máximo respectivamente. Cabe destacar que la exportación anual promedio en el periodo 1995-2010 fue de 494 mil toneladas al año con una exportación máxima registrada de 607 mil toneladas en el 2004. Por lo tanto, el incremento en la exportación de azufre líquido para los próximos 15 años es de al menos el 54% con respecto al promedio de exportación de los últimos 15 años⁹. Cualquier variación a la baja en la demanda nacional aumentaría el volumen de exportación, pudiendo tener como consecuencia que en ciertas ocasiones se dificultara el desplazamiento del azufre líquido y pudiera poner en riesgo la continuidad a las operaciones de toda la cadena productiva de PEMEX.

6.- Impacto en la situación de mercado de azufre en México derivado de cambio en el proceso de manufactura

La gran producción de azufre en México.-

El gran estímulo para incrementar la producción de azufre en México fue ocasionado por la Guerra de Corea (Junio 1950 a Julio 1953), etapa en la que escaseó el azufre en el mercado internacional elevándose el precio, debido a que en abril de 1951, el Gobierno de los Estados Unidos decretó el embargo a la exportación de azufre, para evitar que otros países vendieran armas a Corea del Norte, acortando así las hostilidades en esa zona. La exportación del azufre Frasch producido en los Estados Unidos proveía al 80% del mercado internacional de azufre en esa época, por lo que al dejar de exportar azufre los Estados Unidos, su precio en México subió de 25 dólares

⁹ Balance de Azufre, 2011 – 2025. Escenario Cartera v10.308 (50% Aguas Profundas) sin refinerías.

por tonelada en 1950 a 90 dólares por tonelada a fines de 1951. Esto estimuló la construcción de los dos proyectos iniciales para la producción de azufre Frasch en el Istmo, en los Domos de San Cristóbal y Jáltipan.

Petróleos Mexicanos inició la producción de azufre en 1950, en forma involuntaria, por la necesidad de endulzar el gas amargo producido en el campo de Poza Rica, Veracruz, ya que como se ha mencionado anteriormente, el gas natural venía mezclado con un alto contenido de sulfuro de hidrógeno (también conocido como ácido sulfhídrico), muy venenoso y corrosivo que lo hacía inadecuado para su consumo como combustible, por la alta contaminación que causaba.

PEMEX construyó la primera planta lavadora y endulzadora del gas amargo en Poza Rica, iniciando con una pequeña producción de azufre en 1950, que paulatinamente fue creciendo, hasta que se convirtió en un proyecto trascendental, por la importancia que adquirió a partir de 1977, por el gran volumen de gas amargo que requiere endulzar en los yacimientos de Ciudad PEMEX, Tabasco y en Reforma, Chiapas.

El costo de producción del azufre que produce PEMEX se carga al costo de producción del gas natural o del petróleo, por lo que se tiene un costo mínimo por concepto de manejo, almacenamiento y transporte. Debido a ello la producción de azufre de la industria petrolera en el ámbito mundial provocó una tremenda competencia a la minería de azufre Frasch, que no pudo enfrentar ni en precio ni en calidad del metaloide. El azufre recuperado de la limpieza del gas natural o del petróleo por el proceso Claus, es muy puro y de alta calidad por las reacciones químicas que tienen lugar en las plantas endulzadoras de esos hidrocarburos, produciendo azufre elemental súper brillante, color amarillo canario con una pureza mínima del 99.95% de azufre.

La industria extractiva de azufre Frasch en el Continente Americano quedó completamente muerta a fines del siglo XX, ya que la industria petrolera prácticamente se hizo cargo del suministro del azufre para todas las ramas industriales que lo requieren en sus procesos en el ámbito mundial, demostrando con ello la alianza que existe desde su origen entre el petróleo y el azufre, llegando a ser la industria petrolera la gran productora involuntaria de azufre.

En México únicamente cinco compañías produjeron azufre Frasch entre 1954 y 1993, pero de ellas solo dos azufreras fueron importantes:

Tabla II.1.- Producción de Azufre Frasch en México entre 1954 y 1993.

COMPAÑÍA	INICIÓ PRODUCCIÓN	TERRMINÓ PRODUCCIÓN	TONELADAS PRODUCIDAS
Cía. Azufrera Mexicana	4 de Marzo, 1954	16 de Marzo, 1957	162,307
AzufreraPanamenricana, S.A.	26 de Septiembre, 1954	15 de Octubre, 1992	37,125,934
Compañía de Azufre Veracruz, S.A.	29 de Marzo, 1956	26 de Diciembre, 1969	3,931,651
Compañía Exploradora del Istmo S.A.	8 de Febrero, 1957	15 de Mayo, 1993	14,326,908
Central Minera	12 de Junio, 1959	20 de Noviembre, 1961	12,466
	TOTAL		55,559,266

Referencia: BUSTOS VERA, Guillermo A., *Petróleo y Azufre en México: Desarrollo de estas industrias extractivas en el Siglo XX*, Coatzacoalcos, Ver., CANACINTRA, 2007.

Nuevos barcos para el transporte de azufre.-

En 1975 se había ampliado mucho el mercado de exportación de azufre de las Azufreras del Estado, APSA y CEDI, por lo que se tomó la decisión de adquirir barcos adicionales para el transporte de azufre sólido a granel para el mercado del Mar Mediterráneo, que ofrecía roca fosfórica de Marruecos a buen precio para su importación a México, por ser materia prima de la planta de Fertilizantes Fosfatados, ubicada en la Laguna de Pajaritos, volviendo un negocio redondo, llevar azufre de Coatzacoalcos a Europa y de regreso transportar roca fosfórica a Coatzacoalcos, cobrando ambos fletes de ida y de vuelta, porque el barco siempre viajaba cargado. Azufrera Panamericana, S.A. ya tenía dos barcos para el transporte de azufre líquido, adquiridos en la década de los sesenta por la Pan American Sulphur Company, que había fundado como subsidiaria a una pequeña empresa llamada "Caribbean Sulphur Shipping Company of Liberia, Ltd.", encargada de la operación y administración de esos barcos, que eran manejados con tripulación china en forma muy eficiente. Los barcos termo para el transporte de azufre líquido eran: El Harold H. Jacquet, de 15,000 toneladas de capacidad de carga y el Harry C. Webb, de 20,000 toneladas.

Los nuevos barcos adquiridos se bautizaron con los nombres de “Jáltipan” y “Texistepec”, con capacidad de carga de 20,000 toneladas, cada uno; fueron abanderados con la bandera mexicana, hecho que obligó a APSA a fundar una nueva naviera en México para operar y administrar esos barcos, ya que había un gran auge en el transporte de azufre en 1980. Debido a ello el Gobierno del Presidente José López Portillo tomó la decisión de independizar a la empresa naviera de Azufrera Panamericana, S.A., fundando una nueva empresa paraestatal que denominó Naviera Minera del Golfo, S.A. Esto fue un golpe para el desarrollo de APSA, porque le quitó un buen negocio que estaba bien administrado, y la nueva administración de NAVIM no resultó exitosa.

En el año 2000, PEMEX produjo 855 mil toneladas métricas de azufre de recuperación en las operaciones de limpieza del gas natural y del petróleo, vendiendo 347,600 toneladas al mercado nacional y exportando 507,400 toneladas a Estados Unidos a través de su terminal de almacenamiento y distribución de azufre de Tampa, Florida, que PEMEX le compró a APSA. El precio del azufre de PEMEX para exportación puesto en Tampa, Florida fue de cerca de 55 dólares por tonelada en ese año.

En la siguiente tabla se puede apreciar el gran aumento en la producción de azufre que PEMEX ha tenido en el proceso de desulfurización del gas natural, petróleo y sus derivados como la gasolina sin azufre y el diesel sin azufre. A partir de 1980, el gran aumento de producción de azufre, para evitar daños ecológicos al medio ambiente, empezó a causar una fuerte competencia con el azufre extraído de los domos salinos por el proceso Frasch, que requiere altos volúmenes de combustible, agua y energía eléctrica para producir azufre a un costo mayor a los 50 dólares por tonelada, mientras que PEMEX lo podía vender a menos de 30 dólares por tonelada. Finalmente en 1992 Azufrera Panamericana tuvo que cerrar todas sus operaciones y la Compañía Exploradora del Istmo también cerró en mayo de 1993 su mina en Texistepec por incosteabilidad debido al bajo precio del azufre en el mercado.

Tabla II.2.- Producción de azufre de PEMEX obtenido en la limpieza de hidrocarburos, en el periodo de 1950 al año 2001 (toneladas métricas)

AÑO	TONELADAS	AÑO	TONELADAS	AÑO	TONELADAS	AÑO	TONELADAS
1950	3,764	1963	44,003	1976	96,039	1989	555,039
1951	3,920	1964	36,866	1977	145,712	1990	701,113
1952	4,085	1965	46,722	1978	168,145	1991	767,125
1953	4,290	1966	34,526	1979	248,694	1992	733,700
1954	4,460	1967	48,430	1980	401,910	1993	710,643
1955	5,210	1968	53,042	1981	426,226	1994	920,742
1956	8,735	1969	57,909	1982	425,430	1995	955,820
1957	14,672	1970	60,282	1983	377,386	1996	900,815
1958	21,890	1971	64,534	1984	460,937	1997	908,350
1959	27,356	1972	62,033	1985	475,181	1998	913,265
1960	34,024	1973	63,933	1986	456,202	1999	860,381
1961	51,908	1974	64,255	1987	500,878	2000	854,817
1962	47,292	1975	90,837	1988	510,086	2001	872,824

Referencia: Bases de datos de PEMEX DE SU Línea de Negocio de Azufre.

7.- Opciones de solución o mejoras

Las opciones de solución, o mejoras, mencionadas en los Objetivos de este trabajo de investigación, responden primeramente a la realización de un diagnóstico operativo – administrativo a fin de identificar y jerarquizar oportunidades de mejora.

Dichas mejoras se clasifican en dos grandes categorías:

a).- Sistemas de trabajo:

- Implementar las Mejores Prácticas de Manufactura a nivel mundial
- Eficiencia energética
- Sistemas de aseguramiento de calidad (registros, auditorías, etc.)
- Cultura de prevención y detección de errores y riesgos (perspectiva “front end”)
- Documentar sistemáticamente el conocimiento como una medida estratégica de mejora (“Knowledge Management”)
- Aplicación de controles y filtros de validación por etapa a los procesos de manufactura y de negocio

- Enfatizar y soportar las funciones de la Supervisión: capacitación del personal, comunicación efectiva y promover las iniciativas de mejora.
- Recorridos del personal ejecutivo a las instalaciones y áreas de trabajo (parar, observar, registrar, mejorar)
- Trabajo en equipo
- Evaluación y retro – alimentación al personal técnico y manual en las competencias de impacto en la línea de negocio.

b).- Programas de inversión de capital:

- “Des-embotellamiento” gradual, priorizado y sistemático de las instalaciones (sinergia entre sistemas).- Debottlenecking: Uncover Low-Cost Debottlenecking Opportunities. Dave B. Litzen. Chemical Engineering Progress. March, 1999.
- Actualización de tecnologías de la información
- Actualización de procesos de transporte de materiales, manufactura, almacenamiento, distribución.

CAPITULO III

FLUCTUACIONES EN EL MERCADO INTERNACIONAL Y ACCIONES ESTABILIZADORAS DE LOS EXPORTADORES.

A principios de la década de los 90's, el fuerte incremento en el énfasis por la recuperación de azufre debido a las cada vez más estrictas regulaciones ambientales, condujo a un enorme aumento en la oferta que abatió considerablemente los precios (referirse a las tablas del Anexo 1).

En estas condiciones de bajos precios, muchos de los fabricantes mundiales suspendieron su producción de azufre, viéndose forzadas las empresas líderes y de mayor responsabilidad sobre este mercado, a incrementar su participación como proveedores.

En los años 2002 y 2003 China incrementó significativamente sus importaciones, por lo que en un escenario de disminuciones en la producción y crecientes demandas globales por el azufre para la fabricación de fertilizantes, los precios repuntaron desde 16 dólares la tonelada en 2001 hasta aproximadamente 60 dólares en 2005.

China en la actualidad es el mayor importador de azufre, consumiendo un estimado de 35% del mercado marítimo total. China es el mayor mercado para azufre, los embarques canadienses de azufre a China han disminuido de 4 millones de toneladas en 2005 a dos millones de toneladas en 2008. Canadá tiene una desventaja logística significativa para comercializar su azufre comparado con la creciente disponibilidad del azufre de Medio Oriente. Los analistas canadienses han calculado que los productores de azufre en Canadá tienen un punto de equilibrio de su costo, de 60 dólares americanos por tonelada contra 40 dólares de los productores del Oriente Medio.

A principios de la primera década de los 2000, los fabricantes de la provincia de Alberta en Canadá exportaban el 97% de su producción principalmente hacia EUA, Asia Pacífico y Norte de África. Aproximadamente, sólo el 14% de esta producción, equivalente a un millón de toneladas, se comercializaba como azufre en estado líquido para el mercado norteamericano.

Durante esos años, el azufre se acumulaba formando grandes bloques y se almacenaba en patios por periodos largos sobre el nivel del piso.

Debido a las enormes desventajas asociadas a esta práctica de almacenamiento en bloques en cuanto a impacto ambiental, seguridad e higiene industrial, en Europa se iniciaron los desarrollos de plantas para proponer otras maneras para formar el azufre que pudieran competir contra, o desplazar, a las empresas exportadoras del azufre tanto en plaquetas (trozos) o en estado líquido.

Las principales empresas de la provincia de Alberta en Canadá estaban localizadas sin consideraciones logísticas, muy alejadas de las principales vías ferroviarias, por lo que eran ineficientes. Adicionalmente, estas empresas utilizaban tecnologías de formado a granel muy primitivas, no avanzadas en cuanto a la protección y conservación del medio ambiente, seguridad y salud.

La constante demanda global del azufre como un insumo para la producción de fertilizantes empujó significativamente más los precios y la producción. Más recientemente el colapso en los precios de las cosechas de la agricultura ocasionó una significativa caída en los precios del azufre, por lo que crecieron los inventarios mundiales de azufre.

En estas condiciones de exceso de disponibilidad y oferta se abatieron los precios de azufre cerca del fondo del intervalo histórico hasta 40 dólares la tonelada. La sobreoferta es parcialmente debida a la reducción de la demanda resultante de la caída económica. Sin embargo, a pesar de esa situación de la demanda, reconocidos analistas predijeron un crecimiento a largo plazo de los mercados de azufre, y definieron que:

- La oferta de azufre, como sub-producto de la producción y refinación del petróleo amargo, no está influenciada por la relación de oferta / demanda en el mercado de azufre, sino que está influenciada por la economía asociada a la producción y refinación del petróleo. Dicho de otra forma, el incremento en la producción del petróleo pudiera resultar en incrementos en la producción de azufre.

- La economía de la producción del petróleo está virtualmente no-afectada por la economía del procesamiento y / o almacenamiento del azufre. El retorno neto de ventas de azufre es sólo una de las varias consideraciones del productor cuando se decide a almacenar a granel o a comercializar el azufre.
- No todos los productores de azufre pueden confiar en el almacenamiento a granel como una opción en relación con la producción de azufre como sub-producto. Los fabricantes que utilizan almacenamiento a granel reconocen que esta es una solución meramente temporal con consecuencias económicas crecientes. La viabilidad de todo proyecto de formado de azufre depende de lo atractivo que sea para los productores de azufre como un medio confiable, eficiente y convenientemente ubicado para tratar con el azufre sub-producto.

En este tipo de mercado durante los periodos de precios bajos es conveniente, almacenar el azufre en vez de exportarlo, hasta que los precios se recuperen a los niveles que cubran los costos de producción, manejo y embarque. Sin embargo, se debe reconocer que este medio de almacenamiento a granel para tratar con la producción creciente de azufre no puede mantenerse indefinidamente.

De estas observaciones se aprecia que la exportación de azufre tiene valor económico sólo hasta que se tenga considerado el costo total por almacenamiento a granel y otros costos asociados con la conservación del medio ambiente.

Se aprecia también que el mercado mundial de azufre está conducido tanto por el sector de refinación de petróleo y gas, como por la demanda de los fertilizantes basados sobre azufre. Dadas las fluctuaciones en la demanda y la viabilidad resultante para estas industrias basadas en el recurso, el azufre continuará mostrando tanto retos como oportunidades para la industria.

La operación de exportación del azufre en México se realiza todavía embarcando el material en su estado líquido, lo cual representa una diversidad de desventajas competitivas. Se visualiza que con los niveles de inventarios actuales y las proyecciones de crecimiento futuras de nuevo azufre, existe una gran necesidad en México para invertir en el formado o conversión del azufre.

El azufre formado en pastillas o gránulos ofrece un producto Premium que representa mayores conveniencias y atractivos para el mercado internacional. Adicionalmente, se logra cumplir con las estrictas regulaciones en cuanto a conservación del medio ambiente, seguridad e higiene.

En periodos cuando el mercado de exportación de azufre se encuentre deprimido, el azufre formado, o convertido a gránulos, tendría un mayor acceso a la exportación comparado con el azufre en su estado líquido, de menor calidad.

CAPITULO IV

EL QUÉ, EL CÓMO Y EL QUIÉN DEL ARTE DE LA ESTRATEGIA

Considerando que en el presente trabajo se hará mención de aspectos relacionados con la competitividad, tales como estrategia y estructura, se describen en este capítulo dichos conceptos con la finalidad de ofrecer una mayor claridad al presentar los siguientes capítulos.

El gran atractivo de la palabra estrategia ha estimulado su uso entre los profesionales de la administración. Lamentablemente, su extensa utilización ha dañado la comprensión que se tiene del concepto hasta ocultarlo detrás de su gran atractivo.

La palabra estrategia deriva del latín *strategia*, que a su vez procede de dos términos griegos: *stratos* (“ejercito”) y *agein* (“conductor”, “guía”).

El Arte de la Guerra: Sun Tzu.- Si tomamos en cuenta que la dinastía *Chin* – de la cual deriva el nombre de China– se remonta al año 247 a.C., y que al nacimiento del autor de *El Arte de la Guerra* se lo emplaza alrededor del año 500 a.C., es evidente que estamos refiriéndonos a un personaje de características míticas. Hay que destacar que su verdadero nombre era *Sun Wu*, siendo *Tzu* un término honorífico como en el caso de *Lao Tzu* el autor del *Tao Te Ching* la biblia taoísta.

Con sabiduría y prudencia Sun Tzu explicita en su obra el arte de coordinar las acciones de un combate (táctica), sin perder de vista las estrategias que permiten alcanzar los objetivos finales de una guerra. Su mensaje es claro: si conocemos exactamente las “armas” con que contamos y la forma de utilizarlas, podremos dirigir nuestro destino.

Dentro de sus diversas reflexiones, Sun Tzu considera, entre otras, las siguientes, en las cuales vale la pena pensar al referirse a un negocio empresarial:

- La rapidez es la savia de la guerra.
- Nunca aniquiles o extermines a tu competencia.

- Si uno se enfrenta con un enemigo superior, con el cual la lucha no tendría perspectiva alguna de éxito, una retirada en orden será lo único adecuado, pues así el ejército se preservará de la derrota y la disolución. No es de ninguna manera señal de coraje o fuerza empeñarse en librar, cueste lo que cueste, un combate sin esperanza de éxito.
- Conócete a ti mismo.
- Nada se puede lograr sin una firme disciplina. Mas esta disciplina no es posible obtenerla de la fuerza y con medios violentos, sino que reclama a un hombre fuerte al cual se vuelquen los corazones y que despierte entusiasmo.
- El buen guerrero jamás cae en la ira.
- Recto pero flexible.
- Nueve virtudes: la afabilidad combinada con la dignidad; la suavidad combinada con la firmeza; la aspereza combinada con la respetuosidad: la actitud para el gobierno combinada con la cautela reverente: la docilidad combinada con la audacia; la rectitud combinada con la urbanidad; condescendencia combinada con la discriminación; la audacia combinada con la sinceridad y el valor combinado con la rectitud¹⁰.

La palabra estrategia ha sido siempre muy atractiva, tanto para pronunciarla como para escribirla. Pero, ¿sabemos de qué hablamos cuando hablamos de estrategia? ¿Qué es estrategia? ¿Qué no es estrategia? ¿Qué es hacer estrategia? ¿Quiénes hacen estrategia?

El encanto de esta palabra parece ser no sólo cuestión propia, sino que en toda revista o publicación de negocios o administración, la palabra estrategia atrae lectores. Entonces, aparecen “El Marketing Estratégico”, “La Administración Estratégica de los

¹⁰ SUN TZU, *El Arte de la Guerra*, Colombia, EDITORIAL SOLAR, 2001.

Recursos Humanos”, “La Planificación Estratégica”, “La Estrategia de las Pymes”, “La Estrategia Competitiva”.¹¹

¿Qué es estrategia? ¿Qué no es estrategia?

Según el diccionario, es el arte de dirigir un conjunto de disposiciones para alcanzar un objetivo, en la guerra o en los negocios. Pero esta escueta definición no nos dice mucho. Lo primero a señalar, es que la estrategia es cosa de los seres humanos. Sólo un ser inteligente y con voluntad puede hacer estrategia. Por ello, ni la naturaleza ni otros seres vivos hacen estrategia. Para hacer estrategia se necesitan dos, dos seres humanos conviviendo una misma realidad, dos empresas compitiendo y cooperando por el mismo mercado, un gobierno tratando de lograr legitimar un aumento de impuestos, por citar algunos ejemplos. Es decir, voluntades compartiendo una realidad. A esta situación natural de los seres humanos se la llama conflicto, considerando a este no como un estado patológico sino como el estado natural de las relaciones humanas.

La función principal de la estrategia es permitir a esas voluntades, que comparten una realidad, que están inmersas en un mismo conflicto, convivir de la mejor manera posible –cada una de acuerdo a su escala de valores- en una situación de interdependencia recíproca.

Entonces, ¿Qué es estrategia?

La estrategia es el esquema para pensar las situaciones de convivencia cuando hay intereses comunes e intereses contradictorios, es decir, situaciones en parte cooperativas y en parte competitivas, entre seres humanos. En este sentido, la estrategia es como una negociación no explícita, una negociación con palabras y acciones, que implica un intercambio de intereses entre las partes.

Y entonces, ¿Qué es hacer estrategia?

¹¹ MICHAELSON, Gerald, *Sun Tzu for success*, MA, ADAMS MEDIA CORPORATION. AVON, 2003.

Hacer estrategia no es ni más ni menos que conducir estas situaciones de convivencia en función de nuestros valores, ideas, preferencias, teniendo “siempre” muy presente las ajenas. Y conducir no es más que tomar decisiones para pasar de las ideas a la acción.

Pero la conducción a nivel estratégico no es cualquier conducción, es aquella que inmersa en una situación de interdependencia mutua apunta a la voluntad de los otros para conducir el conflicto. Esta diferencia es esencial. La conducción estratégica no está dirigida hacia la materia, hacia los objetos, sino hacia la voluntad que utiliza los objetos. La conducción estratégica busca manejar estas situaciones de convivencia, en parte cooperativas y en parte competitivas, para hacerlas viables.

Luego, la conducción estratégica es comunicación, es envío de mensajes, ya sea por la acción o por la palabra. Hacer estrategia es concebir los mensajes a enviar a los otros; para comunicarles lo que pretendemos y lo que estamos dispuestos a hacer para lograrlo, y averiguar lo que los otros pretenden y lo que están dispuestos a hacer para lograrlo.

¿Quiénes hacen estrategia?

Todo ente con inteligencia y voluntad, es decir todo ser humano, y por agregación toda entidad social, es decir, toda organización. La estrategia es un hacer subjetivo y volitivo dirigido a otros seres humanos en razón de la interdependencia mutua.

Por último, quisiera agregar que en la actual bibliografía de organizaciones existe un sesgo, perjudicial, a mi entender, de la estrategia hacia las relaciones de competencia, poniendo el foco en los intereses contrapuestos. La estrategia es más amplia que ello, siempre implica un conflicto mixto, es decir, una situación competitiva y cooperativa a la vez. Este sesgo tiene como consecuencia más nefasta, la idea de que la finalidad de la estrategia es ganar, vencer al oponente. Siendo que la finalidad de la estrategia es sentar las bases de convivencia para el logro de nuestros fines.

Uno de los padres de la Planeación Estratégica, Alfred D. Chandler (1918-2007); Doctorado en Harvard en 1952, después de hacer un estudio entre grandes corporaciones americanas como DuPont, General Motors y Sears Roebuck¹² entre 1850 y 1920, donde definió que había cuatro estrategias básicas de crecimiento que normalmente son utilizadas en forma secuencial por las organizaciones para asegurar su supervivencia y sugirió la estructura apropiada para cada etapa de desarrollo y por tanto, sugirió también, que es la estructura la que sigue a la estrategia y no al contrario.

Las cuatro estrategias de Chandler son:

- 1) Expansión en volumen,
- 2) Dispersión geográfica,
- 3) Integración vertical y
- 4) Diversificación de productos/servicios.

Fue el primero en argumentar y probar que es indispensable que exista una correspondencia entre la estrategia y la estructura organizacional, para asegurar que la estrategia tenga un resultado exitoso.

El Dr. Chandler tiene un buen punto, por ejemplo, en la milicia, si tengo una estrategia terrestre ofensiva, la estructura de ataque probablemente sería los tanques adelante, después la artillería y al final la infantería. Por el contrario, si voy a defender militarmente, probablemente lo lógico sea que tenga los tanques atrás, la infantería y la artillería enfrente. Tiene cierta lógica, que la estrategia preceda a la estructura, si lo pensamos, ¿cómo puede definirse una estructura si no se ha definido la estrategia...?

¹² CHANDLER, Alfred D., Jr., *Strategy and Structure*, Washington, D.C., USA, BEARD BOOKS, 2003.

Sin embargo, la respuesta no es tan simple como parece, porque la estrategia y la estructura, están íntimamente ligadas y no es posible separarlas en la realidad, como en la academia se hace:

Primero estrategia, luego estructura.

Con experiencia de más de 40 años en miles de empresas, ubicadas en muchos países, se ha demostrado que esto no funciona bien en la vida real y la principal causa, es que las organizaciones son estructuras de poder, donde existen muchos intereses y expectativas tanto personales como de grupos, que hacen que las dos partes de esta ecuación se conviertan en factores interdependientes.

Un consultor externo típico, analiza los factores de manera simplificada y es común que llegue a una conclusión lógica causal. Si la estrategia actual no es la correcta, debemos de cambiar hacia esta nueva dirección estratégica, “Preparen, apunten, fuego”.

La corporación toma la determinación de qué cambiar en su estrategia y se reorganiza, al ver que su organización no está haciendo lo necesario para alcanzar la nueva estrategia, llega a la conclusión de que no es funcional y se deshace de las personas que “bloquean” la nueva estrategia y contrata nuevo personal, esto es un daño colateral de ver el problema linealmente, primero estrategia y después estructura, termina en una cirugía mayor que es altamente costosa para la organización.

Lo que sucede es que el consultor externo tradicional, no está inmerso en la organización y no sufrirá el proceso de cambio, por lo que no prevé que esta fórmula es extremadamente desgastante y costosa. Si se lleva a cabo, la organización puede tardar años en volver a integrarse, o bien, optará por otra opción, que es la de felicitar al consultor, “Bravo qué gran idea” y poner la propuesta elegantemente en un cajón y que no se implemente.

La consultoría tradicional normalmente genera ideas extraordinarias y muy inteligentes. Es como alguien que ofrece las mejores semillas, enriquecidas y mejoradas, listas para plantarse y obtener los mejores frutos. Pero finalmente, si la tierra está congelada, o no preparada para las semillas, éstas serán infértiles.

La Metodología del Instituto Adizes no empieza por las semillas, que son muy importantes, pero no es la primera etapa del cambio. Primero es necesario preparar la tierra, ararla, ponerle fertilizante, oxigenarla, adicionarle agua y después, podemos sembrar las semillas que queramos y la probabilidad de éxito es mucho mayor. Qué quiero decir con esto, que la estructura no puede olvidarse y dejarse para después de la estrategia, la estructura debe de considerarse desde el inicio de la concepción de la estrategia e irse preparando para que la implementación sea exitosa, su diseño es prácticamente simultáneo.

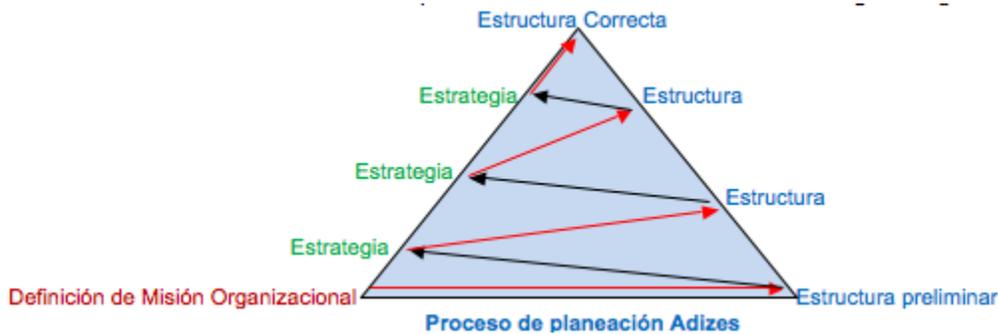
Cuando se está diseñando una nueva estrategia o su implementación, cada persona en esa mesa representa un cúmulo de intereses y expectativas, tanto personales como de sus departamentos o áreas de negocio, sus ideas van a afectar la estrategia y las van a adaptar a la estrategia; los intereses personales son grandes motivadores que no podemos minimizar y menos ignorarlos, se deben de capitalizar y aprovechar para el logro de la estrategia.

La estructura es tan importante, que si por ejemplo, queremos conocer qué va a hacer la competencia, una forma de hacerlo es ver cómo están organizados. El conocer qué estructura organizacional tienen, cuáles son sus centros de utilidades, qué estilo de liderazgo tienen los responsables de cada área, nos permite predecir con bastante claridad hacia dónde van dirigidos.

La secuencia primero estrategia, luego estructura, es demasiado desarticulada, no se puede decir primero función y luego la forma, porque están interconectadas, son interdependientes. Y tampoco necesitamos la estrategia final para poder definir la estructura, es un proceso dinámico y gradual, que ha sido utilizado en miles de empresas exitosamente. Se inicia por definir hacia dónde vamos dirigidos, la Misión, con esta Misión, se define cuál es la estructura genérica adecuada y entonces, definimos una estrategia preliminar, hacemos algunos cambios en la organización y regresamos a detallar más la estrategia, luego, volvemos a modificar la estructura; vamos a la estrategia y la ajustamos, posteriormente adaptando la estructura.

Llegando eventualmente a la estructura correcta. Es un proceso dinámico como se muestra en el diagrama siguiente:

Diagrama IV.1.- Buceo entre la estrategia y la estructura (<==>).



Referencia: ALBARRÁN VALENZUELA, Carlos, *Adizes Institute (Dr. Ichak Adizes)*, México, 2009.

Para mayor claridad, podemos decir que la estrategia es el “Cómo”, y la Misión no es estrategia, porque trata del “Qué” y el “Por qué”; en qué negocio estamos y qué queremos ser y por qué; es una idea general de lo que queremos lograr, pero esta información nos da las bases para una estructura genérica e iniciar el proceso interactivo.

No es posible hacer una sola estructura y listo, realmente es un acuerdo entre varias partes, funciona como cuando se negocia un contrato. Cualquiera que ha tenido la experiencia de firmar un contrato legal, sabe que los contratos no se escriben, se re-escriben. Primero se hace un borrador, se negocia, se prepara un segundo borrador, se ajusta, se prepara un tercero y probablemente el cuarto o quinto será el contrato que se firma por las partes. Es un proceso donde se ve la forma y el contenido. Estos dos factores son interdependientes.

Hay organizaciones que no cambian su estructura por años, y cuando por fin lo hacen, hacen un gran cambio estructural y el trastorno es tremendo. Creemos que en un mundo cambiante y dinámico, cualquier organización exitosa debe de estar también cambiando continuamente y ver el cambio como algo natural y positivo.

Las organizaciones, en las que también hay que considerar dónde se encuentran dentro del ciclo de vida organizacional, normalmente deben de estar modificando la estrategia de acuerdo a su Misión, metas, objetivos y al entorno cambiante, atendiendo a las oportunidades-amenazas (siguiendo la traducción china, en la que oportunidad y amenaza es la misma palabra), por tanto, también deben de estar modificando su estructura constantemente, cada 3 ó 6 meses.

El Dr. Adizes le llama a esto el sistema de buceo organizacional; en la superficie podemos hacer algo y luego nada; pero abajo del agua, cuando buceamos, llevamos peso extra, que necesitamos compensar haciendo pequeños movimientos constantes de las aletas para mantenernos en una posición. Si nos quedamos estáticos, nos iremos al fondo. Esto es lo que las organizaciones necesitan, mantenerse continuamente en movimiento, constantemente adaptándose y cambiando hacia donde quieren ir.

Las organizaciones deben de acostumbrarse al cambio como una forma de vida. Un excelente ejemplo son los árboles, si queremos trasplantar un árbol crecido o una palmera grande a otro lugar, la probabilidad de que muera es alta. Pero hay quienes quieren una palmera grande para ponerla en el centro de un restaurant o para su jardín. Entonces a alguien se le ocurrió una idea brillante, un vivero de árboles crecidos, sembró un árbol y cada año lo cambiaba de lugar. El árbol se acostumbra al cambio y después de 10 ó 15 años, tiene un árbol crecido que puede trasplantar a donde quiera, ya está acostumbrado al cambio. Es algo natural que lo trasplanten.

En una organización se debe hacer lo mismo, hacer los cambios sin crear conmoción, que sean vistos como algo bueno y natural, pero esto no es algo fácil, porque cada quien en la organización tiene intereses y expectativas que tenemos que considerar. ¿Cómo lo hacemos?

La solución está en un juego de niños, todos conocemos el “juego de las sillas musicales”, los niños dan vueltas alrededor de unas sillas y cada vez que se para la música, cada quien tiene que sentarse en una silla y quien no tenga silla, está fuera del juego. Cada ronda se quita una silla y saben que hay probabilidad de quedar fuera, por

lo que se empujan, jalen la silla, se avientan, o lo que sea necesario para competir por la silla y no quedar fuera. El ganador es quien logra estar sentado en la última silla al parar la música.

En la Metodología del Instituto Adizes se hace lo opuesto, al iniciar el juego, en vez de quitar sillas, aumentamos sillas, siempre hay potencialmente más cosas que hacer de lo que podemos hacer hoy, por lo que debería de haber un lugar para todos. Si esto es claro para todos, no hay problema en que cambien sus funciones, saben que tendrán siempre una silla, puede que no les sea tan confortable para ellos como la anterior, pero si saben que es por el bien de la organización y al final, esto les beneficia, adelante.

A esto le llamamos el “Síndrome del pastel creciente”, mientras sepa que el pastel será más grande, no me importa cambiarme de silla, porque al final me tocará un trozo más grande de pastel. Pero si creo que el pastel se va a achicar, entonces si voy a pelear, porque no me quiero quedar sin pastel, éste es el efecto del juego de las sillas musicales.

En el Instituto Adizes se piensa en el rejuvenecimiento organizacional, sus programas están diseñados para hacer a las empresas más efectivas y eficientes en el corto y en largo plazo, se centra a construir, se piensa, nunca en reducir, se busca hacer a la empresa exitosa y no cortar, no se cree en las estrategias de “*downsizing*”. Si un cliente dice que alguna de su gente no es adecuada y no la quiere en la organización, se le pide que por favor los liquide antes de iniciar el programa, lo que interesa es trabajar con el futuro exitoso de la empresa y no con el pasado. Interesa apoyar la construcción de lo nuevo y no destruir lo que no funciona.

Concluyendo, la estrategia no precede realmente a la estructura, lo que se tiene que hacer es definir primero la Misión con un enfoque más amplio, ya que siempre habrá más oportunidades que las que podemos aprovechar, relativamente podemos vernos pequeños con lo que podemos lograr y al hacer esto, se produce el Síndrome del Pastel creciente, el cual nos dará una mayor flexibilidad y todos estarán contentos de reubicarse cuando sea necesario.

Con la nueva Misión, definimos una nueva estructura genérica, la gente con nueva Misión y nueva estructura, estará más abierta a diseñar la nueva estrategia e implementarla, porque hemos creado un nuevo ambiente positivo, como si en un acuario aumentamos más rocas, plantas y colores y los reubicamos, ahora ya tenemos el ambiente necesario para nuevos peces. Es más fácil planear el futuro y que diseñemos los detalles del “Cómo” implementaremos la nueva misión, o sea, iniciar la estrategia, al hacer un ambiente de mayor apertura.

Entonces, empezamos en “Qué queremos hacer y Por qué”– la Misión, luego el “Quién” lo hace –la estructura genérica y después vamos al “Cómo”, los detalles de la estrategia.

La siguiente etapa será la asignación de recursos, después la definición y diseño de los flujos de información y finalmente el sistema de incentivos, así finalizamos con la nueva estructura que refleja la nueva Misión y la nueva estrategia.

La estructura está conformada de varias partes, la estructura de responsabilidades y funciones, la estructura de autoridad, poder e influencia y la estructura de flujos de información e incentivos, todas deben de estar alineadas con la nueva Misión y estrategia. Nadie dijo que la vida era fácil, pero hay que tomarla un escalón cada vez.

CAPITULO V

RUMBO ESTRATÉGICO Y VENTAJA COMPETITIVA PARA LA EXPORTACIÓN DE AZUFRE

En particular, la línea de negocio del azufre presenta lo que se ha denominado la paradoja del azufre, la cual es una realidad que las refinerías enfrentan de forma creciente: “más azufre llega a las refinerías al disminuir la disponibilidad de crudos dulces, pero menos azufre debe salir de la refinería incorporado a los productos terminados o como emisiones perjudiciales”. Por esta razón, son muy importantes las estrategias administrativas hoy más que nunca. El mercado del azufre presenta una demanda cíclica (estacional). Las menores cantidades de azufre establecidas por las cada vez más astringentes normas internacionales de calidad para los combustibles, no significan que disminuyan rápidamente los niveles de almacenamiento de azufre.

El mercado del azufre líquido ha sufrido ocasionalmente bajas muy significativas, conduciendo a severas caídas en precio, y ocasionando que innumerables carros de ferrocarril cargados de cientos de miles de toneladas de material, lentamente solidificado con el paso del tiempo, se queden ociosos, conduciendo a costosas demoras y posteriores costos extras por el consumo de vapor para re-fundirlo.

La solidificación del azufre en los carros de ferrocarril representó un problema pero una preocupación aún mayor fue el impacto que la interrupción en la cadena de suministro de azufre pudiera tener sobre las operaciones de procesamiento de petróleo alrededor del mundo. Como sub-producto de la producción de derivados del petróleo y del gas, el azufre debe verse como un costo obligado a disminuir.

El futuro ofrece mayor imprevisibilidad, pero tiempos interesantes y oportunidades para los que incursionan en el cambio. El presente capítulo contiene los objetivos estratégicos definidos, incorporados y comprometidos por Petróleos Mexicanos y sus Organismos subsidiarios (PEMEX) en su Plan de Negocios de 2013 – 2017, los cuales son el resultado de un análisis que considera:

- el diagnóstico de la situación actual de la organización,
- el impacto de los acontecimientos recientes en el entorno, y la posibilidad de aprovechar oportunidades detectadas.
- la prioridad para la obtención de resultados y la viabilidad de las acciones requeridas, así como la capacidad para ejecutarlas.

Para la elaboración del Plan de Negocios, PEMEX desarrolló un cuidadoso estudio de los cambios en el entorno desde un conjunto de perspectivas: económica, de mercado, tecnológica, regulatoria y ambiental, a fin de asegurar y cumplir con la misión en cuanto a creación de valor y sustentabilidad operativa y financiera en el mediano y largo plazo.

Los objetivos estratégicos definidos en el Plan de Negocios de PEMEX están alineados a los temas prioritarios para encaminar las acciones de la institución como son mantener e incrementar los niveles actuales de producción de hidrocarburos garantizando una operación sustentable; elevar la eficiencia operativa, administrativa y financiera; satisfacer las necesidades energéticas del país manteniendo costos competitivos y fortalecer la responsabilidad social de la institución.

El material del Plan de Negocios de PEMEX que aquí se presenta, es únicamente pertinente a la cadena de suministro del azufre.

Desarrollo del Plan de Negocios.-

Los objetivos y estrategias del Plan de Negocios 2013-2017 se organizaron y se establecieron en cuatro líneas de acción a fin de permitir su entendimiento sintético.

Tabla V.1.- Objetivos y estrategias definidos para azufre.

Objetivos Estratégicos	Estrategias
Crecimiento	
1.- Incrementar la producción de hidrocarburos. Optimizar la capacidad de logística y acondicionamiento de hidrocarburos	1.1 Implementar medidas para acelerar el desplazamiento de la cadena logística de suministro del azufre
2.- Incrementar y adaptar la capacidad de transformación industrial para asegurar el suministro y maximizar el valor económico	1.2 Optimizar la logística de azufre 2.1 Construir la infraestructura para producir gasolina y diesel con ultrabajo contenido de azufre 2.2 Minimizar el impacto de las variaciones en la oferta de azufre a los clientes
Eficiencia Operativa	
3.- Obtener niveles de eficiencia por encima de los estándares internacionales en costos de producción. Alcanzar un desempeño operativo superior al promedio de la industria en las actividades de transformación	3.1 Desarrollar infraestructura necesaria para aumentar la confiabilidad de plantas, rendimientos de producción y sostener los niveles de productividad comprometidos 3.2 Adoptar estándares internacionales y las mejores prácticas de operación
4.- Fortalecer la orientación a los clientes	4.1 Abrir nuevos mercados para el azufre
Responsabilidad Corporativa	
5.- Garantizar la operación segura y confiable	5.1 Consolidar y promover la mejora continua del sistema PEMEX Seguridad, Salud y Protección Ambiental
6.- Mejorar el desempeño ambiental, la sustentabilidad del negocio y la relación con comunidades	6.1 Consolidar la mejora del desempeño ambiental 6.2 Fortalecer la sustentabilidad del negocio 6.3 Fortalecer los mecanismos de vinculación y desarrollo social

Modernización de la Administración	
7.- Desarrollar y proveer recursos humanos especializados y mejorar la productividad laboral	7.1 Desarrollar el capital humano. Valorar y sistematizar la asimilación y la documentación del conocimiento tecnológico como un principio estratégico
	7.2 Transformar la cultura organizacional
	7.3 Incrementar la productividad laboral
8.- Apoyar el crecimiento y mejora del negocio mediante el desarrollo tecnológico, a fin de incorporar la tecnología adecuada para el desplazamiento del azufre.	8.1 Implantar el Programa Estratégico Tecnológico y realizar la incorporación de nuevas tecnologías de proceso y de informática a través de diagnósticos y metodologías <i>Benchmarking</i> .
9.- Fortalecer la administración por procesos y la ejecución de proyectos.	9.1 Mejorar el Sistema de Gestión por Procesos
10.- Maximizar el valor de las oportunidades internacionales.	10.1 Identificar y desarrollar el portafolios de oportunidades internacionales

Referencia: Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios (PEMEX) 2013-2017.

Esta sección de Objetivos y Estrategias busca orientar el análisis de la situación que enfrenta el organismo con la siguiente estructura:

1.- Objetivo

- Metas asociadas para el periodo 2013-2017.
- Situación corriente y acciones en curso.
- Problemática identificada como parte del diagnóstico tecnológico.

2.- Estrategias

- Nombre de la estrategia y propósito.
- Justificación.
- Metas y principales hitos para los siguientes cinco años.

- Descripción del alcance

Para cada objetivo se han seleccionado indicadores y metas que permitan medir el logro de los resultados. Estos indicadores podrán formar parte de cada estrategia, siendo esta la forma de determinar los resultados de las acciones específicas del Plan de Negocios bajo la estructura metodológica propuesta. Cada estrategia incluye un conjunto de hitos que definen las fechas críticas para las actividades y proyectos.

En los capítulos subsiguientes se describen las líneas de acción y estructuras planteadas para dar solución a cada una de las estrategias indicadas. La oportunidad fundamental radica en, revisar y mejorar los procesos de operativos y de negocio de la presente administración, y en convertir la actual comercialización del azufre de su estado líquido hacia la opción del formado en seco, o conversión, en partículas sólidas de forma continua y controlada, para disponer de una actualización de la calidad del producto a niveles internacionales, mayor facilidad en su transportación, manejo y almacenamiento y consecuentemente menores costos operativos.

Continuidad operativa de las líneas de proceso.-

Tanto con el proyecto de inversión de capital como con la implementación de una operación uniforme, sistemática y basada en la prevención, se tendrán condiciones de alta eficiencia, continuidad, de los procesos que integran la cadena de suministro de azufre.

CAPITULO VI

SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES.- CRECIMIENTO

Objetivos Estratégicos	Estrategias
Crecimiento	
1.- Incrementar la producción de hidrocarburos. Optimizar la capacidad de logística y acondicionamiento de hidrocarburos	1.1 Implementar medidas para acelerar el desplazamiento de la cadena logística de suministro del azufre
	1.2 Optimizar la logística de azufre
2.- Incrementar y adaptar la capacidad de transformación industrial para asegurar el suministro y maximizar el valor económico	2.1 Construir la infraestructura para producir gasolina y diesel con ultra-bajo contenido de azufre
	2.2 Minimizar el impacto de las variaciones en la oferta de azufre a los clientes

Esta línea de acción estratégica, debe considerar el aseguramiento de la participación en el suministro de materias primas para fertilizantes. Promover el mercado de fertilizantes nacionales a través del abasto efectivo de azufre, coadyuvando al desarrollo del campo mexicano.

Logística actual del azufre.-

PEMEX produce azufre en su estado líquido, el cual se obtiene del tratamiento del gas húmedo amargo, de los condensados amargos y de la refinación del crudo. Dado que se trata de un producto residual, es fundamental asegurar el desplazamiento del azufre, para dar continuidad a los procesos de endulzamiento de gas y de refinación. PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) es el responsable de la comercialización de azufre.

Una vez satisfecha la demanda nacional, el Organismo transporta el azufre líquido vía terrestre desde las instalaciones productivas (Salina Cruz, Cactus, Nuevo PEMEX, Ciudad PEMEX, Minatitlán) hasta la terminal Marítima de Almacenamiento y

Distribución de Azufre ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz, para que por vía marítima se exporte, en forma líquida, principalmente hacia el mercado de Tampa, Florida.

Puerto de Coatzacoalcos Ubicación y conexión.-

Este puerto tiene una ubicación geográfica privilegiada en el extremo del corredor interoceánico del Istmo de Tehuantepec, la vía terrestre más corta entre el Océano Pacífico y el Golfo de México, con sólo 302 kilómetros de distancia. Este puerto se encuentra en la zona sur del estado de Veracruz, colindado con el Golfo de México y el estado de Tabasco. También colinda con astilleros de la Secretaría de Marina y el complejo petroquímico de Pajaritos.

Posibilidades de comercialización de azufre.-

Son limitadas por la capacidad de los mercados y los medios de transporte y almacenamiento disponibles. Aunado a lo anterior, se espera que su producción se incremente sustancialmente debido a los proyectos de recuperación de azufre, calidad de combustibles y crecimiento en la capacidad de refinación, poniendo en riesgo la continuidad de las operaciones por no disponer de salidas del producto residual, además de que no es económicamente viable su almacenamiento, como líquido, a gran escala.

Tabla VI.1.- Balance proforma y cierre 2011 de Azufre (MTPA)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Producción							
* PGPB	636	629	639	881	970	1004	1009
* PR (Refinacion)	320	491	505	525	603	833	1204
Total	956	1120	1144	1406	1573	1836	2213
Ventas internas	648	742	753	780	780	780	780
Exportaciones	297	375	391	626	793	1056	1433

Referencia: Anuario Estadístico PEMEX, 2012.

En 2009, la producción total de azufre proveniente de los complejos procesadores de gas y refinerías ascendió a 1.12 MMT, lo que significó un incremento de 8 % respecto a 2008. Por su parte la demanda tanto nacional como internacional registró una fuerte contracción, limitando a PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) la colocación y venta del producto.

La circunstancia anterior provocó que se excediera la capacidad de almacenamiento disponible en forma líquida (aproximadamente 3 días de producción) en los centros de proceso y refinerías, incluso fue necesario emplear temporalmente patios de los centros de trabajo. Esto último conlleva una serie de problemas tanto ambientales como de manejo, debido a que el producto se contamina, afectando significativamente su calidad. Esta situación se volvió crítica y aumentó el riesgo de afectar la producción de los centros de trabajo.

Proyecto de inversión de capital, descripción.-

Ante la situación arriba mencionada, se implementa actualmente la iniciativa de solidificación del azufre líquido mediante la aplicación de una tecnología que permita el almacenamiento del producto de una manera segura y que garantice la mayor preservación de la calidad. Para lo anterior se considera:

- la construcción y operación de una planta pastilladora (solidificadora) de azufre ubicada en las cercanías a la TMADA con una capacidad de producción de al menos 360 mil toneladas anuales;
- la infraestructura necesaria para el recibo, guarda y almacenamiento de azufre sólido de una capacidad de al menos 180 mil toneladas
- la infraestructura necesaria para transportar el azufre sólido a los barcos para su exportación (bandas transportadoras de las instalaciones de pastillado y almacenamiento a los muelles).

El principio básico de esta tecnología de pastillado, implica una banda sinfín operando de forma continua, la cual se somete a enfriamiento por su cara inferior mediante agua atomizada a través de boquillas. La solidificación se emplea para formar pastillas a

partir de material en estado líquido, no solamente azufre. Involucra un sistema de alimentación especialmente desarrollado para depositar el azufre en arreglos regulares en la forma de gotas sobre la banda de acero. Las gotas se enfrían por medio del agua a todo lo largo de la longitud de la banda y se descargan las pastillas sólidas semi-esféricas hacia un sistema de transporte. Se debe tener cuidado durante la operación para asegurar el control de las temperaturas del proceso.

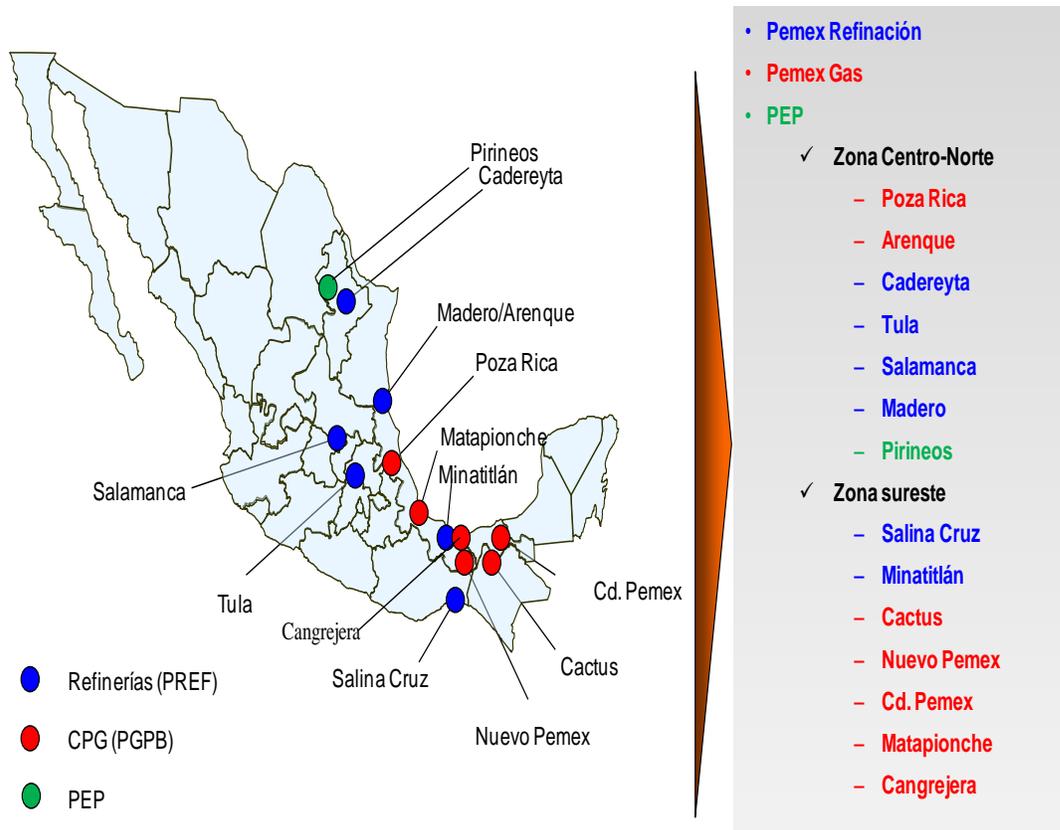
Una vez operando las instalaciones de pastillado y almacenamiento, PEMEX Gas primero cubrirá la demanda nacional y los excedentes del azufre líquido los transportará desde los diferentes centros de producción a la Terminal Marítima de Almacenamiento de Azufre (TMADA) para su exportación, ahí dependiendo de las condiciones de mercado, se determinará qué volumen será solidificado y almacenado. PEMEX Gas recibirá el azufre sólido para ser embarcado y transportado vía marítima hacia los mercados que reciben azufre sólido. En caso de que las condiciones de mercado lo ameritan, el volumen remanente de azufre líquido que no sea pastillado será embarcado y transportado hacia Tampa como actualmente se comercializa.

Diagnostico de la situación actual.-

El objetivo principal de la comercialización del azufre es asegurar el desplazamiento de toda su producción a fin de garantizar la continuidad en las operaciones de la Refinerías y Complejos Procesadores de Gas; ya que este es un subproducto con un almacenamiento limitado y cuya producción es continua. PEMEX Gas es el principal productor de azufre; siendo el responsable de comercializar todo el producto recuperado de PEMEX. En el 2010, el 67%¹³ de la oferta total de PEMEX se obtuvo de PEMEX Gas, principalmente de los Centros Procesadores de Gas (CPG's) Cactus, Nuevo PEMEX y Cd. PEMEX, localizados en la zona sureste del país.

¹³ Fuente BDI Pemex Gas, Balance de Azufre anual para el periodo 1995-2010

Grafica VI.1.- Principalmente de los Centros Procesadores de Gas (CPG´s).



Referencia.- Bases de datos de PEMEX.

En 2010 las ventas nacionales de azufre líquido fueron de 580 mil toneladas¹⁴ a poco más de 10 clientes con una cantidad contractual total de 45,667 toneladas mensuales (equivalentes a 548 mil toneladas anuales). El 70% de dicha demanda se encuentra concentrada por 4 clientes: Agrogen, Univex, Mexichem y Fefermex.

¹⁴ Registros y bases de datos de la Línea de azufre de PEMEX

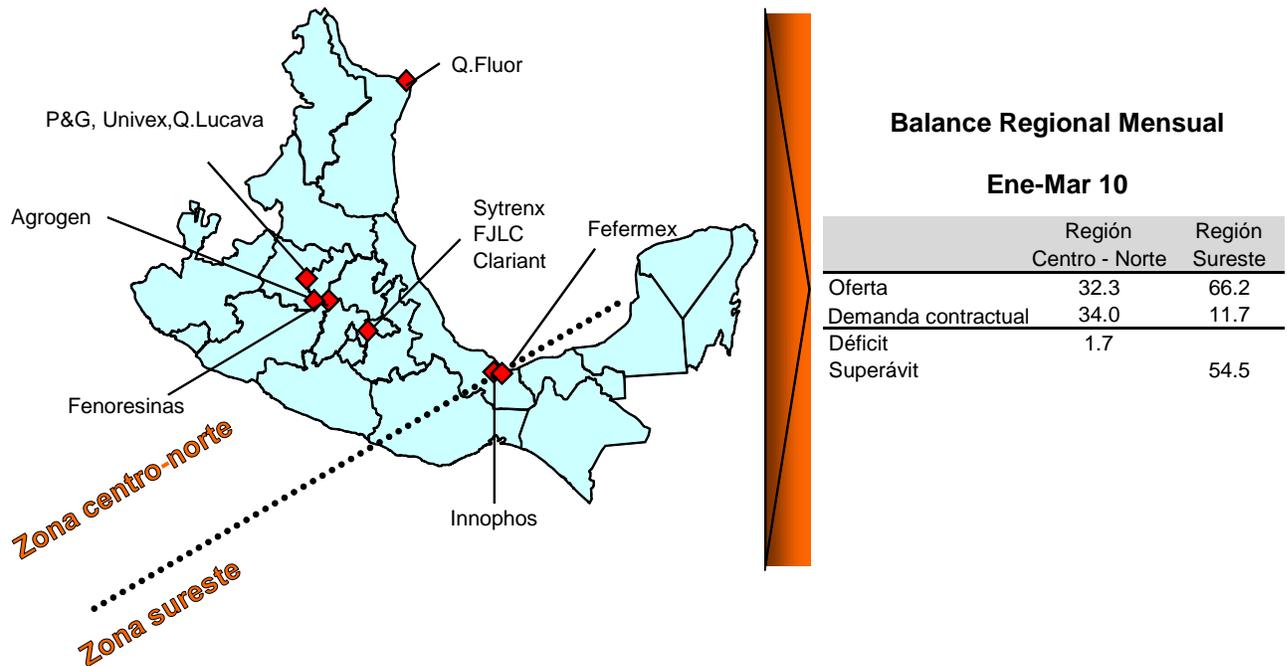
Tabla VI.2.- Ventas nacionales de azufre líquido en 2010¹⁵.

Cliente	Volumen mensual contractual (Tons)	Ubicación	Centro de suministro (regular)	Usos
Agrogen	15,000	Querétaro, Qro.	Cadereyta, Madero, Tula y salamanca	Fertilizantes fosfatados.
Univex	8,000	Salamanca, Gto	Salamanca, Cadereyta, Madero	Caprolactama; subproducto: Sulfato de amonio.
Mexichem Fluor	5,100	Matamoros, Tamps.	Cadereyta, Madero	Ácido fluorhídrico
Fefermex	5,000	Cosoleacaque, Ver	Minatitlán y Cactus	Fertilizantes
Sytrenx	5,000	Xalostoc, Edo Méx	Tula, Poza Rica, Cadereyta, Madero	Molienda, mezclas físicas y comercialización
Innophos Fosfatados	4,657	Coatzacoalcos, Ver	Cactus, Nvo.Pemex, Matapionche.	Fertilizantes fosfatados, tripolifosfato de sodio
Fca. J. La Corona	900	Xalostoc, Edo Méx	Tula	Sulfonación
Procter&Gamble	800	Apaseo, Gto	Salamanca, Tula	Sulfonación
Química Lucava	530	Salamanca, Gto	Salamanca	Fungicidas, insecticidas
Tekchem (*)	400	Salamanca, Gto.	Salamanca	Plagidas
Moliendas Tizayuca	200	Tizayuca, Hgo.	Tula	Mezclas Físicas.
IQM.	40	San Luis Potosí.	Salamanca	Ácido Fluorhídrico
Clariant(**)	40	Xalostoc, Edo. Méx	Cd. Pemex	Sulfonación
Total	45,667			

Para el 2010 la demanda contractual en la zona centro–norte es superior a la oferta en esa región, por lo que es necesario enviar producto del sureste al centro del país.

¹⁵ Registros y bases de datos de la Línea de azufre de PEMEX.

Grafica VI.2.- Demanda contractual de azufre líquido en la zona centro-norte, 2010¹⁶.



Los excedentes de azufre líquido que no se consumen en el mercado nacional se exportan con destino al mercado de Estados Unidos (Florida y Carolina del Norte). Las exportaciones en 2010 representaron cerca del 45%¹⁷ de las ventas totales y fueron de 386 mil toneladas. El azufre líquido se transporta de los CPG's del Sureste y de las Refinerías de Salina Cruz y Minatitlán a la Terminal Marítima de Almacenamiento y Distribución de Azufre en (TMADA) en Coatzacoalcos, Ver., para su exportación vía marítima. Este servicio lo realizan cuatro compañías con las que Pemex Gas tiene un contrato que vence hasta el 31 de diciembre del 2013 con un volumen contractual mínimo de 2, 367,209 toneladas y un máximo de 4, 615,435 toneladas en el periodo.

PEMEX tiene en la TMADA una capacidad de almacenamiento de azufre líquido de 37,500 toneladas. La Subdirección de Producción de PEMEX Gas tiene prevista la rehabilitación del tanque TV-4 con capacidad de 7,500 toneladas del cual ya se cuenta con la ingeniería básica para la remodelación de este tanque con un presupuesto de \$ 30'000,000.00 M.N.

¹⁶ Registros y bases de datos de la Línea de azufre de PEMEX.

De esta forma la capacidad total se incrementaría a 55,000 toneladas de azufre líquido.

La exportación marítima a EUA, se realiza a través de un buque tanque cuya capacidad es de 14,500 toneladas métricas, contratado con el área de comercio internacional de PEMEX bajo el esquema de “Time Charter”; dicho contrato vence en septiembre del 2013.

Pasco Terminals Inc.

Después de satisfecha la demanda nacional, PEMEX Gas transporta el azufre líquido excedente de manera terrestre para hacer llegar el producto desde las instalaciones productivas hasta la Terminal Marítima de Almacenamiento de Azufre (TMADA) ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz para que vía marítima se exporte (de manera líquida) principalmente hacia el mercado de Tampa, Florida, EUA. Las instalaciones de esta la empresa filial Pasco Terminals se encuentran asentadas en predios de la autoridad portuaria de Florida y se cuenta con un Contrato de Arrendamiento. La terminal se integra por 4 tanques de almacenamiento con una capacidad total de 42,000 toneladas, tres se construyeron en 1960 y uno en 1980.

Tabla VI.3.- Tanques de almacenamiento que integran la Terminal de Pasco, Florida, USA.

Tanque	Capacidad (toneladas)
T1	9,000
T2	9,000
T3	9,000 (en operación)
T5	15,000

Referencia.- Alcance de Proyecto para la Solidificación de Azufre, PEMEX, 2012.

Asimismo, se dispone de un muelle, básculas de pesaje de auto-tanques, así como otras instalaciones para carga y descarga de buque tanques.

Figura VI.1.- Ubicación geográfica de la Terminal de Pasco, Florida, USA.



Referencia: Alcance de Proyecto para la Solidificación de Azufre, PEMEX, 2012. (Google Map).

La Terminal de Pasco es una instalación estratégica para PEMEX, ya que en la zona de Tampa se concentra la mayoría de las principales empresas dedicadas a la producción y distribución de fertilizantes en Estados Unidos, lo que da una ventaja competitiva para la comercialización del producto.

Actualmente, Pasco Tampa representa para PGPB una salida logística natural del azufre líquido, ya que de no movilizar los excedentes de este producto en el mercado nacional se tendrían que realizar erogaciones adicionales por almacenamiento y confinamiento del mismo, sin embargo, ante la ocurrencia de un evento de emergencia como el presentado en 2009 en donde el mercado de azufre nacional e internacional se contrajo las posibilidades de comercialización de azufre líquido para PEMEX Gas se ven limitadas ante variaciones importantes en el mercado poniendo en riesgo el óptimo funcionamiento de los centros procesadores de gas (CPG's), así como de las Refinerías.

De ahí la necesidad de contar con un esquema alternativo que permita la continuidad de las operaciones, una opción es mediante el solidificado de azufre ya que si bien la cercanía de México con el mercado de azufre líquido de los Estados Unidos representa beneficios logísticos, también representa un riesgo al estar concentrada la exportación del azufre únicamente de manera líquida en este punto

Actualmente PMI Trading Ltd. Y Pasco Terminals Inc. Tienen celebrado un contrato de servicio para la guarda y manejo del azufre líquido por un mínimo de 400,000 toneladas anuales, costo que se refleja en el precio de exportación del azufre líquido de PEMEX.

Adicionalmente, dado que existe mayor disponibilidad de buques-tanque sin requerimientos de calentamiento, la solidificación del azufre permitirá aumentar la confiabilidad de las redes de transporte y distribución marítima, cumpliendo con los parámetros de continuidad de la operación.

Las tendencias de producción actuales del azufre elemental, han desplazado el azufre de minería y de piritas de bajo grado, lo que ha reducido la necesidad de transportar estos últimos materiales de piritas, incidiendo en un costo logístico más competitivo. Incluso, de esta manera, China ha comenzado la importación en grandes escalas de azufre elemental para sustituir su piritas doméstica.

CAPITULO VII

SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES.- EFICIENCIA OPERATIVA

Objetivos Estratégicos	Estrategias
Eficiencia Operativa	
3.- Obtener niveles de eficiencia por encima de los estándares internacionales en costos de producción. Alcanzar un desempeño operativo superior al promedio de la industria en las actividades de transformación	3.1 Desarrollar infraestructura necesaria para aumentar la confiabilidad de plantas, rendimientos de producción y sostener los niveles de productividad comprometidos
	3.2 Adoptar estándares internacionales y las mejores prácticas de operación
4.- Fortalecer la orientación hacia los clientes	4.1 Abrir nuevos mercados para el azufre

Uno de los principales retos de la organización es mejorar la eficiencia y el desempeño operativo en la línea de azufre. Esto implica reducir el consumo energético y mejorar la utilización de la capacidad instalada, aumentar los niveles de confiabilidad y fortalecer las prácticas operativas y en consecuencia garantizar la rentabilidad de las inversiones e incrementar el margen de operación de las instalaciones.

Se ha establecido buscar revertir las tendencias y lograr los incrementos en los rendimientos, disminuir el índice de intensidad energética a través de la aplicación de un proceso continuo y sistemático que considere la incorporación de tecnologías de proceso, metodologías y prácticas mundiales, que permitan obtener alta certeza en el cumplimiento de los planes y programas operativos, uso de recursos y rendición de cuentas. Implementar un programa que cuente con una metodología que incluya elementos técnicos, de cultura organizacional y administración del desempeño, en el que se incluya un diagnóstico técnico que considere las siguientes áreas base con entregables y resultados predefinidos:

Tabla VII.1.- Áreas de oportunidad de mejora y resultados esperados¹⁸.

ÁREA	RESULTADOS
Rendimiento y energía	* Beneficios en la producción y utilización de plantas
	* Ahorros de energía
Confiabilidad, y eficiencia de mantenimiento	* Mayor disponibilidad de plantas. Reducir el índice de paros no programados mediante el modelo PEMEX Confiabilidad
	* Paros más cortos y seguros
	* Menor costo de mantenimiento de paros y mantenimiento de rutina
Planeación y programación de la producción	* Mejores decisiones de la planeación
Administración	* Reducción de pérdidas reales
	* Mejor contabilidad del rendimiento neto

Confiabilidad Operacional.-

PEMEX se ha visto inmerso en una profunda transformación en todas sus áreas operativas y de soporte para adaptarse a los cambios del entorno, en el que es el principal proveedor de energía del país y juega un papel preponderante para el crecimiento de la economía y la seguridad en el abasto energético.

Las estrategias para hacer frente a estos retos se han orientado a aumentar la eficiencia productiva para minimizar el valor económico y elevar, de manera firme y sistemática, los niveles de rendimiento sobre el capital invertido.

¹⁸ Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios (PEMEX) 2013-2017.

La implantación del sistema de PEMEX-Confiability en los Organismos Subsidiarios inició en 2009; el índice de paros no programados es uno de los principales indicadores de desempeño establecidos para medir el grado de evolución de la confiabilidad operacional, en primera instancia la medición se ha enfocado a las áreas de producción, siendo el siguiente paso, aplicar esta medición a las instalaciones de logística.

Para los próximos años, se ha definido consolidar los resultados positivos mediante la sistematización de las mejores prácticas de confiabilidad, hasta alcanzar estándares de desempeño mundial.

Calidad Premium del producto.-

Las especificaciones SUDIC Premium del producto introducidas a fines de la década de los 70's fueron probablemente el paso más significativo en la larga lucha para mejorar las propiedades del azufre elemental en estado sólido formado, para cumplir con los requerimientos cada día más estrictas por un producto más seguro y amigable ecológicamente. La industria ha progresado en la mejora de los aspectos de almacenamiento, manejo y transportación del azufre elemental sólido, formado, y los retos asociados de las emisiones fugitivas.

La calidad del azufre en el mundo es ahora positiva y claramente diferente, es más amarillo, brillante y cumple con la especificación internacional SUDIC Premium de producto para el azufre formado (mostrada en el Anexo 2).

El proceso de pastillación, en forma controlada, excede la especificación de calidad Premium SUDIC del producto, está diseñado para producciones de 15 a 50 TPH, y permite configuraciones de múltiples unidades.

Confiabilidad como proveedores de azufre.-

La solidificación del azufre hacia pastillas, disponer de un almacenamiento a granel para 6 meses y operar instalaciones seguras, conducirá a asegurar el suministro del material al cliente acorde con los acuerdos de calidad, cantidad, precio, fecha compromiso, y consiguientemente, se mejorará la imagen como proveedor confiable.

Administrabilidad de precios del producto.-

Por las razones del punto anterior, se dispondrá de una reserva estratégica de inventario para:

- el caso de dificultades en el suministro,
- atenuar las fluctuaciones estacionales en la demanda
- se contará con las condiciones de mercado para balancear, o equilibrar, la demanda con la oferta, con el beneficio de poder regular el precio.

Diversificación de cartera de clientes.-

Al disponer de azufre formado en pastillas, y de calidad internacional, se podrá tener acceso a toda una variedad de nuevos clientes para el negocio de exportación, superando la actual situación limitada de sólo poder exportar hacia el mercado de Tampa, Florida, EUA. Esto significa incrementar el volumen de desplazamiento de material.

Adicionalmente, los ahorros en costos por el menor consumo energético, y por operar de forma competitiva, permitirán incidir en el precio del producto con muy favorables beneficios sobre los ingresos por venta.

Hacer las cosas bien, a la primera¹⁹.-

Esta definición tiene un enorme valor, e implica un nivel de conciencia y de madurez tanto de los hombres de negocio a cargo, como del personal técnico y manual. Sin duda es la piedra angular (“*cornerstone*”) de toda empresa y permite operar y administrar con medidores de desempeño de clase mundial, para establecer alianzas con nuestros clientes, administrar los recursos de la empresa de manera eficiente y segura, maximizando la agregación de valor, al tiempo que se satisfacen las necesidades del mercado en forma oportuna y confiable, y con estricto apego a los lineamientos estratégicos.

¹⁹ CROSBY, Philip B., *Quality is Free*, USA, M^cGRAU- HILL, 1984.

CAPITULO VIII

SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES.- RESPONSABILIDAD CORPORATIVA

Objetivos Estratégicos	Estrategias
Responsabilidad Corporativa	
5.- Garantizar la operación segura y confiable	5.1 Consolidar y promover la mejora continua del sistema PEMEX Seguridad, Salud y Protección Ambiental
6.- Mejorar el desempeño ambiental, la sustentabilidad del negocio y la relación con comunidades	6.1 Consolidar la mejora del desempeño ambiental
	6.2 Fortalecer la sustentabilidad del negocio
	6.3 Fortalecer los mecanismos de vinculación y desarrollo social

Efectos del bióxido de azufre en el ser humano.-

Se produce cuando se quema el carbón y el petróleo crudo. Las fuentes más contaminantes son refinerías de petróleo, centrales termoeléctricas y los motores de diesel que queman grandes cantidades de combustibles altos en azufre por lo que liberan grandes cantidades de SO₂ en el aire. Esto se presenta en ciudades grandes y desarrolladas.

Su tiempo medio de permanencia en la atmósfera es de 3 a 5 días (se produce al quemar pólvora: tronar cohetes y prender juegos pirotécnicos).

El dióxido de azufre es altamente soluble comparado con otros contaminantes gaseosos y consecuentemente se absorbe en los pasajes húmedos del sistema respiratorio superior. La exposiciones al SO₂ en niveles del orden de 1 ppm conducen a cerrar las vías aéreas en el tracto respiratorio (la solubilidad del SO₂ a 20°C es 11.3

g/100 ml, comparada con 0.004, 0.006, 0.003, y 0.169 g/100 ml para O₂, NO, CO y CO₂, respectivamente).

El SO₂ causa una significativa bronco-constricción en las personas asmáticas a concentraciones relativamente bajas (0.25 y 0.50 ppm), lo cual dificulta la respiración. No se ha precisado el efecto del ejercicio continuado más allá de 10 minutos, ni el efecto de picos repetidos de exposiciones en el mismo día.

Al reaccionar el SO₂ con el agua contenida en la garganta, forma ácido sulfúrico (ácido muy fuerte) que la irrita e inflama (promotor de la bronquitis, laringitis, etc.), que el cuerpo intenta diluir o contrarrestar con la producción de flemas, las cuales producen la consiguiente tos, que es un reflejo para expulsar materiales extraños. Ingresa al sistema circulatorio a través del sistema respiratorio.

Es el precursor de la lluvia ácida, que destruye nuestros bosques y aniquila toda vida acuática, al depositarse en la superficie de los lagos. Además corroe monumentos, materiales de construcción, etc.

La contaminación de dióxido de azufre es considerada como la más dañina cuando va asociada a altos niveles de partículas.

Normatividad a cumplir.-

La NOM-148-SEMARNAT-2006, recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación del petróleo establece las especificaciones y requisitos para la recuperación de azufre de las corrientes de gas amargo de las refinerías, con el fin de reducir las emisiones de bióxido de azufre. Esta norma obliga a las refinerías a mantener un cumplimiento de recuperación global de azufre del 90 % como promedio. PEMEX Refinación ha realizado inversiones para rehabilitar sus plantas y modificar sus procesos. Se han rehabilitado las plantas recuperadoras de azufre y se han desarrollado proyectos para aprovechar el gas residual destinado a quemadores y la operación de tratamiento de gas de cola. Adicionalmente, están en proceso de construcción dos plantas de azufre en las refinerías de Minatitlán y Salamanca para asegurar la recuperación requerida de azufre, mejorando la flexibilidad operacional.

La seguridad, higiene industrial y protección ambiental de las operaciones.- Constituye el objetivo primordial para poder alcanzar la confiabilidad de las instalaciones, la rentabilidad del negocio y la sustentabilidad de la actividad de PEMEX.

La implantación del sistema integral de gestión Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA) para la administración y atención de riesgos, así como la preservación y protección del medio ambiente bajo estándares internacionales, ha dado resultados positivos que deben ser consolidados en los próximos años.

Desde la década de los años 2000 PEMEX Gas estructuró un programa de inversiones destinado a la construcción de plantas recuperadoras de azufre; la modernización de las ya existentes y la instalación de sistemas para el monitoreo continuo de las emisiones de SO₂.

Las nuevas plantas incluyen sistemas de desgasificación de azufre y tratamiento de los gases de cola. De esta forma, la eficiencia en la recuperación de azufre se ha elevado del 93% hasta niveles del 98.50%, contribuyendo así al cumplimiento de la normatividad, que establece los límites máximos permisibles de emisiones de compuestos de azufre a la atmósfera.

En los pasados 6 años con la implantación (2005-2011), PEMEX ha logrado transitar hacia un proceso de sistematización con resultados favorables en seguridad, logrando abatir en 48 % el indicador de frecuencia y en 57 % el de gravedad. Sin embargo, se tienen áreas de oportunidad importantes que obligan a instrumentar estrategias y objetivos más agresivos en la organización, que permitan mejorar la cultura y clima de SSPA en PEMEX.

En términos de protección ambiental, con respecto a 2008 los últimos años han mostrado un desempeño con una tendencia favorable. En 2011 se redujeron en 44.2 % las emisiones al aire (SO_x y NO_x).

Como una acción importante para consolidar la tendencia favorable en protección ambiental, se ha dado especial énfasis a la iniciativa para el mejoramiento, tanto operativo en los procesos de conversión, como de la comercialización del negocio de

azufre, lo que permitirá reducir el impacto ambiental en materia de emisiones atmosféricas.

Responsabilidad social y desarrollo sustentable.-

A través de la Agenda Estratégica de Responsabilidad Social, PEMEX busca, además de fortalecer el desarrollo sustentable, incorporar las principales necesidades y expectativas de los accionistas que son importantes para el buen desarrollo del negocio: ciudadanos, inversionistas, comunidades, autoridades locales, estatales y federales, clientes, proveedores, públicos especializados y organizaciones de la sociedad civil, principalmente.

Las menores cantidades de azufre establecidas por las cada vez más astringentes normas internacionales de calidad para los combustibles, no significan que disminuyan rápidamente los niveles de las pilas de almacenamiento de azufre a granel. Esta situación conduce a un significativo incremento en las emisiones de polvos fugitivos, lo que conduce a tomar medidas y acciones de mejora para desarrollar tecnologías de supresión de emisiones y estándares de seguridad.

Adicionalmente, en las unidades de recuperación de azufre (URA), el ácido sulfhídrico y el dióxido de azufre se convierten a azufre elemental en su estado líquido. Esto, a su vez, requiere de procesos de desgasificación del azufre para no afectar los subsiguientes procesos de conversión de la cadena de suministro del azufre.

Para asegurar el mínimo impacto ambiental, se requiere métodos para que el azufre líquido o sólido resultante, se almacene, se convierta y se maneje en forma apropiada, ya que estas etapas de proceso tienen el potencial de liberar emisiones basadas en azufre.

Tanto el azufre caliente en su forma líquida procedente de las URA y las partículas de azufre formadas para su fácil manejo y transporte, pueden ser fuentes de emisiones. En el caso del azufre fundido, los vapores y trazas residuales de ácido sulfhídrico del que se recupera el azufre pueden convertirse en emisiones fugitivas. Cuando el azufre se solidifica en alguna de las varias formas, la friabilidad inherente puede conducir a la

formación de polvos de azufre que pueden llegar a inhalarse. Esas emisiones, además de sus impactos directos en los sistemas biológicos, son especialmente sensibles a la oxidación por bacterias. La oxidación forma subproductos ácidos, que se disuelven en agua y pueden afectar al medio ambiente de forma negativa.

Formación del azufre en partículas.-

Existen muchos procesos diferentes para producir azufre sólido a granel. Los grados de resistencia mecánica y friabilidad (facilidad con la que se forma, degradación hacia, polvo) del azufre formado, depende del proceso empleado para formar el azufre.

El impacto más singular e importante del azufre formado, sobre el medio ambiente, es la cantidad de polvo, o finos, en las partículas y la cantidad adicional de polvos, que resulta del manejo posterior. Generalmente, se consideran como finos las partículas o polvo de azufre que no excedan una dimensión máxima de 0.30 mm.

El azufre es un material quebradizo y puede degradarse fácilmente durante su manejo dando produciendo polvos finos, que pueden ser peligrosos debido a que de una manera fácil forman mezclas con el aire. Las suspensiones de azufre en aire pueden causar fuegos y explosiones, así como también problemas de salud y medio ambiente. Cuando se forma el azufre en partícula, las emisiones de polvo pueden representar un problema en los puntos de transferencia de los transportadores, cuando se carga azufre formado a una pila de almacenamiento o carro de ferrocarril, carro-tolva o barco, simplemente a una línea de ensacado.

La dispersión de polvo de azufre en aire en concentraciones suficientes y la presencia de una fuente de ignición es un peligro potencial de explosión de polvos. Debido a su baja conductividad eléctrica, la electricidad estática producida por el movimiento del mismo material puede provocar una descarga en chispas y explosiones. Los límites explosivos de los polvos de azufre suspendidos en aire, son: inferior, 35 g/m^3 y superior $1,400.35 \text{ g/m}^3$.

El polvo de azufre resultante del almacenamiento y manejo del azufre tiene el potencial de acidificar los suelos en las áreas cercanas a instalaciones de formado y manejo de

azufre. El polvo puede también contaminar el agua superficial y del sub-suelo si entra en contacto con cualquier agua que fluya en la superficie.

Los sistemas de formación de azufre que producen la calidad Premium reducen significativamente la producción de polvos fugitivos, particularmente cuando se comparan contra cualquier otra forma de azufre sólido. Adicionalmente se han implementado medidas de mitigación a lo largo de los años y así la prevención de los posibles problemas por polvos fugitivos durante el manejo y la carga de azufre formado. Dichas medidas incluyen supresores de polvo, apropiado manejo y almacenamiento del material.

- Sistemas de supresión de polvos.-

La formación de partículas de azufre sólido ha resultado muy exitosa en la reducción de emisiones de polvos fugitivos. Sin embargo, en muchos de los sistemas de almacenamiento, manejo y transportación se han instalado sistemas de supresión de polvos fugitivos.

Se debe tener mucho cuidado en la selección y aplicación de supresores de polvos fugitivos, ya que los consumidores finales de azufre requieren un alto estándar de pureza en su azufre elemental (99.90%+). El azufre se aplica en forma creciente como un enriquecedor, o mejorador, de la tierra, por lo que una pérdida en la pureza del producto pudiera ser peligrosa no sólo para la tierra sino pudiera también tener impactos dañinos potenciales sobre las cosechas de todo tipo. Por lo que es esencial la compatibilidad del sistema de supresión de polvos fugitivos.

Se pueden instalar sistemas de supresión de polvos en los puntos de inter-transferencia entre los transportadores y estaciones de carga para embarque. Algunas empresas usan una combinación de agua, aire comprimido y un surfactante mezclados juntos en un generador de espuma. Dado que el azufre es hidrofóbico en forma natural (rechaza al agua similar a la cocoa cuando se coloca una cucharada llena en una taza de leche fría o agua), se hace necesario dosificar un surfactante dentro del rociador. La espuma se aplica al azufre formado en los puntos mencionados arriba. Para asegurar

el cumplimiento con la especificación de calidad Premium del producto, la espuma adiciona un máximo de 0.5% de humedad en peso al producto formado.

Para suprimir la producción de polvo, se le dosifica ocasionalmente agua al producto durante su manejo, por lo que, se consigue una reducción en la generación de polvo, la cual conduce a reducir la aplicación de agua. La reducción en el contenido de humedad en el azufre reducirá el desarrollo de acidez.

- Manejo de materiales.-

Los puntos de transferencia deben diseñarse apropiadamente con una mínima distancia de caída libre para reducir el manejo rudo y el potencial de formación de finos. Los sistemas de manejo deben también diseñarse con bandas antiestáticas y de forma que permitan minimizar la cantidad de transportadores y la cantidad de puntos de inter-transferencia entre transportadores.

Se han desarrollado cuellos telescópicos aterrizados, provistos de sensores de nivel para prevenir daños y asegurar la mínima altura de caída libre, que permiten dirigir el azufre cerca de la superficie de las pilas de patios de almacenamiento, carros de ferrocarril, carros-tovas, barcos o sacos. El cuello minimiza la altura de la caída libre de las partículas de azufre, reduciendo la exposición al viento y a otros elementos, ayudando a reducir la emisión de polvos fugitivos. El aterrizar el cuello minimiza las cargas electrostáticas.

- Almacenamiento.-

El almacenamiento del azufre formado en interiores protege al producto del viento, reduce las emisiones de polvos fugitivos, evita las pérdidas y protege contra la contaminación a las pilas en patios de almacenamiento. Aunque ésta es una forma refinada, es el método moderno preferido para almacenar el producto formado que espera para ser embarcado a los usuarios finales. En el pasado, no era aconsejable el almacenamiento de azufre formado en espacios cerrados debido al riesgo de explosiones de polvo, pero las mejoras en la friabilidad del producto así como también en el equipo de manejo del producto tal como apiladores / reclamadores han reducido

la formación de polvo. En caso de no ser posible el almacenamiento en interiores, deberá seleccionarse una localidad protegida por una barrera para ofrecer una protección contra los vientos predominantes. Se puede considerar el levantamiento de este tipo de barreras si no existiera una formación natural, dando un cuidado especial al efecto indeseable potencial de las corrientes bajas de aire, que pueden levantar las partículas finas y formar así suspensiones de polvo en aire.

Almacenar el azufre a cielo abierto, no es la solución ya que uno de los principales problemas ambientales es la producción de dióxido de azufre al reaccionar el azufre con el aire. El dióxido de azufre es un componente del ácido sulfúrico; una emisión de reto muy significativo. El ácido sulfúrico puede reducir el pH de los suelos y de subsuelo, creando un verdadero problema ambiental.

La práctica administrativa de establecer el flujo de inventarios, es, primeras entradas, primeras salidas.

- **Desgasificación del azufre líquido.-**

Otro problema ambiental en el manejo del azufre es H_2S y SO_2 , que pueden estar presentes en el azufre, enviado de la URA. Cuando el H_2S excede de 30 ppm presenta un problema para las personas que laboran en el área. Estos gases se liberan durante la solidificación y posteriormente se suman a las emisiones. La desgasificación del azufre líquido antes de su solidificación ha reducido sustancialmente la cantidad de estos gases disueltos a menos de 10 ppm. Así, estas emisiones se han reducido en forma efectiva en los procesos de solidificación y posterior re-fusión, este último para su aplicación, en las instalaciones del cliente final.

CAPITULO IX

SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES.- MODERNIZACIÓN ADMINISTRATIVA

Objetivos Estratégicos	Estrategias
Modernización de la Administración	
7.-Desarrollar y proveer recursos humanos especializados y mejorar la productividad laboral	7.1Desarrollar el capital humano
	7.2 Transformar la cultura organizacional
	7.3Incrementar la productividad laboral
8.- Apoyar el crecimiento y mejora del negocio mediante el desarrollo tecnológico, a fin de incorporar la tecnología adecuada para el desplazamiento del azufre.	8.1 Implantar el Programa Estratégico Tecnológico y realizar la incorporación de nuevas tecnologías de proceso y de informática a través de diagnósticos y metodologías “ <i>Benchmarking</i> ”
9.- Fortalecer la administración por procesos y la ejecución de proyectos	9.1 Mejorar el Sistema de Gestión por Procesos
10.-Maximizar el valor de las oportunidades internacionales.	10.1 Identificar y desarrollar el portafolios de oportunidades internacionales

Desarrollar capital humano (capital intelectual).-

Es necesario redoblar esfuerzos para la formación y desarrollo del personal y generar una demanda importante de recursos humanos altamente calificados (capital humano, intelectual).

Por otro lado, prevalece la competencia por recursos humanos calificados debidos principalmente al crecimiento de la actividad petrolera y la complejidad tecnológica. Para ello, es indispensable administrar el talento del personal y además atraer y desarrollar nuevos.

Los resultados que se buscan obtener son el dotar a los trabajadores de los conocimientos, habilidades, actitudes, aptitudes y competencias requeridas para el desempeño adecuado de sus funciones.

Transformar la cultura organizacional.-

La excelencia operativa y administrativa es más que un portafolios de proyectos. Requiere de un cambio cultural por medio del liderazgo y de los trabajadores. Sólo se puede tener éxito con el soporte y compromiso de la administración (supervisión).

Promover el cambio de una cultura orientada al cumplimiento de actividades hacia una orientación al mérito. Recientes investigaciones refieren que los resultados de negocio dependen del microclima organizacional que genere el líder durante su administración. Éste clima es resultado del estilo gerencial y éste a su vez, es consecuencia del comportamiento de cada ejecutivo, motivo por el cual el desarrollo de los mandos medios se convierte en un factor fundamental para el desarrollo de las organizaciones.

Un elemento importante en las organizaciones para lograr un mayor crecimiento, es el relacionado con mecanismos de compensación asociados con el desempeño individual que premian el esfuerzo de los trabajadores que obtienen una mayor aportación en los resultados del negocio y desalientan aquellos con pobres resultados.

El “saber hacer” no garantiza nada si no viene acompañado del “querer hacer” por lo que se busca que cada año exista un incremento en los resultados de PEMEX. Promover la cultura hacia resultados, es un elemento importante para lograr el desempeño individual, la competitividad y la productividad de la organización.

- **Incrementar la productividad laboral.-**

Es necesario orientar las relaciones laborales hacia principios compartidos. En específico es esencial tener los objetivos del negocio como común denominador para fomentar una visión a corto plazo. Dentro de estos objetivos, el más importante es buscar acuerdos sobre la productividad.

Para acercar al Sindicato de Trabajadores en estos temas, se requiere del cumplimiento a los compromisos contractuales.

Por otro lado, la optimización de los costos de la mano de obra implica dotar de estructuras de organización acordes a las necesidades del negocio, con el fin de optimizar los niveles y tramos de control.

La actitud hacia el trabajo.-

- La actitud es uno de nuestro máspreciado tesoro.
- La actitud se refiere a enfatizar lo positivo y no dar tanta importancia a lo negativo, es como utilizar una lente de aumento: puedes colocar la lente sobre las cosas buenas y sentirte mejor, o puedes aumentar lo malo y hacerte la vida imposible.
- Claro que nadie puede ser positivo todo el tiempo. El optimismo excesivo no es real y las personas a nuestro alrededor lo sentirán como algo artificial. Después de todo, una actitud positiva no es un acto, sino una proyección genuina.
- Debido a nuestra condición humana somos vulnerables a cosas que pasan y que ponen en prueba nuestra actitud positiva.
- Los ganadores son aquellas personas que pueden recuperar esa actitud positiva rápidamente.

La actitud positiva es:

- Una manifestación externa de nuestra mente centrada principalmente en cosas positivas.
- Es una actitud mental que favorece la actividad creativa sobre la felicidad, sobre la tristeza, la esperanza sobre el desaliento.
- La actitud positiva es ese estado mental que solamente puede ser sostenido a través de un esfuerzo consiente: cuando algo empuja nuestro enfoque mental en la dirección negativa, aquellos que son positivos saben que para recuperarse, siempre tienen que realizar algunos ajustes.

La educación y su rezago en México.-

Los mexicanos hemos celebrado 200 años de la independencia nacional y 100 años de la revolución social de 1910, y como población estamos muy lejos de haber logrado un

país justo e igualitario. No sólo por los alarmantes niveles de pobreza y marginación en las que se debaten, por lo menos, 60 millones de connacionales, sino porque ni siquiera hemos sido capaces de garantizar un derecho elemental e imprescindible a millones de mexicanos, como es el derecho a la alfabetización y a la educación básica.

Las cifras no mienten: En el año 2005 existían en el país poco más de 75 millones de personas mayores de 15 años, de los cuales 6 millones no sabían leer y escribir, casi 12 millones no habían concluido la educación primaria y 17 millones no habían terminado la educación secundaria. Es decir, ocho de cada 100 mexicanos mayores de 15 años son analfabetas, 15 de cada 100 no terminaron la primaria y 47 de cada 100 la secundaria.

El INEGI establece el índice de grado promedio de escolaridad nacional, el cual define los años de estudio alcanzados a partir de primero de primaria para habitantes con edad de 15 años o más. En el censo del 2005, el INEGI reportó para México un grado promedio de escolaridad nacional de 8.10 años, equivalente a segundo año de secundaria, mientras que en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo, nuestros principales socios comerciales, el promedio fue de 12 años. Ninguna conmemoración bicentenario y centenario podrá estar completa mientras existan en nuestro país tantos millones de analfabetas.

La UNESCO ha determinado que un país, para que pueda impulsar procesos de desarrollo adecuados, no puede tener un porcentaje mayor al 2 por ciento de analfabetas. Nosotros estamos 6 puntos más arriba.

Esa es una condición inaplazable para continuar la anhelada búsqueda de paz y justicia que hemos reclamado los mexicanos de 200 años a la fecha. En el censo del 2010, el mismo índice nacional en México, fue tan solo de 8.63, lo que quiere decir que sólo tendríamos segundo grado de secundaria como promedio nacional, valor que al recorrer la escala de trabajos no nos permitiría absorber o incorporar esa población a trabajos calificados (ver el Anexo 3).

Este bajo nivel educativo de la sociedad mexicana implica el enorme reto de capacitar a personas para una formación técnica.

6.- PERSONAL TÉCNICO y MANUAL.-

El significativo rezago educativo en nuestro país es la CAUSA raíz de los graves riesgos inminentes que enfrentarán las generaciones venideras, por lo que es imperativo revisar y actualizar los planes de estudio de las instituciones de educación y considerar, las necesidades en cuanto a la adquisición de competencias, así como los desafíos que implica a la incorporación de la fuerza de trabajo productiva.

Fortalecer e impulsar iniciativas para formar estructuras triangulares de capacitación, con la participación de las empresas – gobierno – instituciones de educación superior (comunidad académica), tal como se realiza en otros países, para brindar oportunidad sistemática a los estudiantes y trabajadores que les permitan adentrarse en la *praxis*.

La mejora del nivel operativo, se reflejará en un mejor personal en cuanto a motivación, seguridad, salud, proceso de aprendizaje y calidad de vida.

CAPITULO X

OPERACIÓN DE PRIMERA CLASE MUNDIAL



Área visible.- Inversión de capital: Es sólo la punta del témpano de hielo (los costos de capital, no los son todo). Análisis sintomático.

Área oculta.- Costos de operación distribuidos en el tiempo: Es donde existen las verdaderas oportunidades de mejora a través del diagnóstico y la gestión tecnológica.

Imagen que representa el concepto de la punta del témpano de hielo (“The tip of the iceberg”).

En los capítulos anteriores se ha descrito la conveniencia de realizar inversiones de capital como un recurso para la mejora y la competitividad, sin embargo, esto puede ser sólo la punta del témpano de hielo si no se integran análisis y mejoras a los procesos de la operación y la Administración.

Al igual que en muchos proyectos, en este se coincide en la conveniencia de realizar una inversión de capital, básicamente para formar el azufre de sus estado líquido, a pastillas sólidas, definiendo en su alcance todos los beneficios complementarios al establecer como premisa el cumplimiento de las normas nacionales respectivas de seguridad, higiene industrial e impacto ambiental y el estándar internacional de calidad del producto.

El proceso de conversión del azufre a la forma de pastillas, al igual que su transportación marítima, tiene grandes ventajas en ahorro de energéticos por kilogramo de material comparado con el proceso de transporte de líquido actualmente empleado. Sin embargo, la mayor oportunidad y potencial de administrar y reducir costos está en la operación. Esto requiere de definir e implementar verdaderos métodos, cultura de trabajo, prácticas mundiales, medidores y controles para operar en forma excelente y competitiva, y acorde con las estrategias tecnológicas establecidas para el negocio.

Actualmente, con organizaciones planas y presiones competitivas extremas se requiere de la implementación de métodos, herramientas, técnicas y conceptos para operar de forma excelente.

Estos métodos incluyen:

- Administración por objetivos
- Control estadístico de proceso
- Principios de calidad total
- “*Benchmarking*” competitivo
- Administración de la seguridad de los procesos
- Aseguramiento de cumplimiento ambiental
- Mejora continua
- Administración del cambio
- Administración del conocimiento (documentación, asimilación,...)
- Planeación de recursos de la empresa
- Análisis causa raíz (“La causa está oculta, pero los resultados están a la vista”. Ovidio)
- Toma de decisiones basadas sobre hechos
- Mantenimiento basado sobre condiciones
- Balance Scorecard

Primeramente, se debe comenzar por participar y compartir al personal el plan anual del negocio y de la operación, incluyendo los principales hitos. El seguimiento del progreso hacia las metas es una clave en la motivación.

Operar correctamente.-

La industria de la energía y particularmente la de producción y transformación de hidrocarburos, es altamente intensiva en capital, lo que implica que los proyectos deben lograr claras metas de beneficios tangibles en crecimiento y rentabilidad. Como entregable adicional de todo proyecto de inversión, se tiene también toda la información de soporte: evaluación final de cumplimiento de premisas y congruencia estratégica, información técnica, licencias ambientales y de operación, prueba de desempeño,....

El éxito operacional requiere adicionalmente de correr la planta de forma apropiada. Esto depende de tener operadores capacitados, hábiles y diestros, y disponer de buenos materiales y recursos de entrenamiento y evaluación.

Operar dentro de la ventana de diseño.-

Operar fuera de las ventanas de diseño o condiciones normales de operación es la causa de muchos problemas de planta. Los ingenieros de confiabilidad ocasionalmente se refieren a esto como “abuso del equipo”.

Supervisión.-

Los supervisores y administradores de las operaciones han reconocido la importancia del monitoreo y vigilancia periódicos a sus unidades.

Responsabilidades de la operación.-

Darle seguimiento al desempeño es crucial para lograr la alineación y progresar hacia las metas.

Las áreas importantes a monitorear son: seguridad, medio ambiente; desempeño operacional, eficiencia de mantenimiento, y finalmente, desempeño económico comparado con el plan de negocios.

Recursos y sistema de capacitación – operar correctamente.-

Para alcanzar la excelencia en operaciones, es necesario un enfoque de capacitación estructurado.

Los operadores requieren un acceso disponible a los materiales y recursos. Estos incluyen diagramas de flujo de proceso, descripciones de proceso, información sobre equipo, horarios de extracción de muestras,.... Un hecho importante es que los diagramas de ingeniería requieren frecuentemente ser suplementados al material de la capacitación y los diagramas elaborados por el personal de operación para el propósito específico.

Aprendizaje y mejora operativa.-

Regresando al concepto de “operar dentro de la ventana de diseño”, deberán analizarse sobre una base mensual las excepciones para cada unidad. El análisis deberá comenzar con la tendencia de los indicadores clave de desempeño, variables que muestran los resultados de la unidad. Se deberán revisar los factores que afectaron el desempeño.

El análisis deberá también incluir una grafica de tendencia de la cantidad de excepciones críticas y estándar. La cantidad de excepciones deberá disminuir con respecto al tiempo. Se deberá emplear un Análisis Pareto para las excepciones más frecuentes. Este refleja los problemas persistentes que están fuera de la habilidad del operador para controlar. El equipo de operación deberá analizar las acciones que se están realizando para resolver estos problemas. Con esto, el proceso estará automáticamente en la mejora continua.

Breve descripción de métodos, herramientas, técnicas y conceptos para operar de forma excelente.

Todos los conceptos que a continuación se describen, convergen y conducen al mismo punto, el cual se traduce en procesos administrativos y de manufactura de calidad, productividad y costos.

A.- Supervisión.-

Es la piedra angular en todo proceso. Debe ponerse atención a la línea frontal, donde se realiza el trabajo real.

La supervisión conjunta cuatro funciones generales, incluyendo actividades de planeación, organización, liderazgo y coordinación. Dichas funciones se presentan en toda organización y están altamente integradas.

La función de supervisión debe ser facilitadora, participativa, empoderadora, retro-alimentadora en dirección hacia la visión y las metas establecidas.

Típicamente, la supervisión es la actividad llevada a cabo por supervisores para supervisar el progreso de todo programa (pre-visión)

Dentro de las responsabilidades del supervisor del siglo XXI y nuevo milenio, se tienen:

- Apoyar al desarrollo de habilidades gerenciales (toma de decisiones, solución de problemas, delegación y administración)
- Organizar su departamento y construir equipos de trabajo
- Identificar la necesidad de, y diseñar, nuevos roles de trabajo en el equipo
- Seleccionar y contratar nuevo personal para su equipo de trabajo
- Capacitar y motivar a nuevos empleados
- Administración de desempeño del personal (establecimiento de metas, observar y proporcionar retro-alimentación, coaching, apoyar a la solución de problemas de desempeño,)
- Dar seguimiento al cumplimiento de políticas y regulaciones internas

Cada una de estas responsabilidades de la supervisión, contiene metodologías, herramientas y técnicas para su aplicación. Como un ejemplo ilustrativo, se listan guías para la solución de problemas y la toma de decisiones, la cual es una de las más frecuentes actividades del supervisor. Este ejemplo implica una actitud analítica y una perspectiva de oportunidad, no reactiva ante un problema, e involucra un trabajo en equipo:

- 1.- Definir el problema
- 2.- Identificar las causas potenciales del problema
- 3.- Establecer opciones de solución
- 4.- Evaluar las opciones de solución, dando un peso específico a cada una, para seleccionar la más conveniente
- 5.- Planear la implementación de la mejor opción (plan de acción)
- 6.- Monitorear o dar seguimiento a la implementación del plan
- 7.- Verificar si el problema se ha resuelto

B.- Disciplina Operacional.-

Significado:

- ° Es el camino hacia la excelencia del negocio
 - ° Depende de actividades medibles
- 1) Disponer de plantas e instalaciones bien diseñadas
 - 2) Contratar personal calificado (proceso continuo de aprendizaje: “life long process of learning”).
 - 3) Proporcionar la capacitación requerida por el trabajo

4) Proporcionar información precisa

5) Adherirse a necesidades de seguridad e higiene industrial de los procesos

6) Adherirse a necesidades de administración de riesgos

7) Adherirse a estándares ambientales

8) Adherirse a estándares integrales de calidad

- Operación consistente
- Prácticas de operación
- Procedimientos documentados
- Sistemas de verificación de la calidad
- Cultura de PREVENCIÓN
- Colectar y dirigir datos de las actividades diarias
- Estructura:

a).- Los diez más altos (“*top 10’s*”)

b).- Indicadores claves de desempeño (“*Key Performance Indicators*”).

C.- Conceptos de Excelencia en el Negocio:

- Mantener la excelencia en el negocio requiere de consistencia e innovación
- Lograr y mantener niveles de calidad, productividad y dividendos que inspiran respeto
- Las prácticas de la empresa se conciben como un modelo para otros
- Las características de grandes compañías y de su personal sobre la base de la disciplina operacional:
 - a.- Mantener un sentido de responsabilidad personal por las acciones del equipo de trabajo
 - b.- Buscar resultados basados en procesos en vez de resultados basados en actividad
 - c.- Percibir los problemas y los errores como oportunidades para la mejora
 - d.- Utilizar técnicas de administración del tiempo para el logro de metas
 - e.- Respetar y comprender las ideas y perspectivas de otros
 - f.- Compartir el reconocimiento con otros
 - g.- Valorar su vida y salud y la vida y salud de co-trabajadores y de la comunidad.
 - h.- Emplear comunicación activa y en dos vías, de forma tal que la información sea comprendida para todas las partes
 - i.- Buscar la realización de los deberes y tareas requeridas por sus puestos
 - j.- Deseo de usar en forma eficiente los recursos informales, de capital y humanos
 - k.- Asumir un rol de liderazgo cuando se requiera y en forma inversa, siga cuando sea apropiado.

D.- PREVENCIÓN de problemas.-

Todos los problemas tienen un común denominador.....Son indeseables. Para maximizar dividendos y la satisfacción del cliente, deben prevenirse los problemas en vez de desperdiciar los recursos en limpiezas, reprocesos,

A continuación se enlistan siete herramientas poderosas y técnicas para prevenir problemas dentro de la organización:

- a.- Capacitación.- Es crítico en toda la organización para prevenir problemas potenciales
- b.- “¿Qué podría suceder si ...?” .- Esta es un herramienta extremadamente poderosa cuando se emplea apropiadamente
- c.- Escenario del peor caso.- Es un extremo de la pregunta anterior
- d.- Simulación.- Todo nuevo procedimiento, proceso o producto debe primero correrse de una forma aislada
- e.- Revisión de los riesgos de proceso.- Esta es una práctica rutinaria en la industria química de proceso y ha sido adoptada por muchos otros campos
- f.- Análisis causa raíz.- Es una técnica que permite llegar a conocer la verdadera causa raíz y así evitar recurrencias del problema.
- g.- Evitar los héroes.- Ajustar los sistemas de reconocimiento para enfatizar la prevención, en vez de la corrección.

La prevención es una perspectiva diferente a corregir o solucionar problemas. Implica conocer y dominar los factores importantes del desempeño del proceso:

- Identificación
- Entendimiento
- Evaluación
- Predecir
- Control

No sólo es importante el conocimiento de tipo individual, sino también el conocimiento colectivo de todos los involucrados en el proceso.

E.- Ser Libres de Error:

Diez habilidades de la supervisión para reducir errores.-

- Recorridos a planta
- Reforzamiento de normas y estándares
- Responsabilidad en cuanto a sus decisiones y acciones
- Revisión y verificación
- No tolerancia
- Solución a problemas
- Instrucciones claras, seguimiento y control
- Comunicación y control
- Rotación de tripulaciones
- Reuniones antes de trabajo

Las siete oportunidades para evitar errores en el trabajo.-

- Sobre-producción
- Tiempos de espera
- Transportación
- Procesamiento
- Inventarios
- Movimiento
- Producto defectuoso

F.- Las Mejores Prácticas de Operación.-

Se refieren a un conjunto de técnicas y principios de mantenimiento que tienen por objeto mantener altos niveles de confiabilidad o eficiencia operativa sobre una base preventiva, evitando incurrir en paros y costos indeseables e improductivos.

Algunos ejemplo en relación a rutinas preventivas en inter-cambiadores de calor:

- Flujo y ensuciamiento en cambiadores de calor tipo tubo – coraza.- El efecto de la velocidad del fluido sobre el depósito (incrustación, ensuciamiento y la consiguiente corrosión bajo depósito “pitting”), y sobre el estrés sufrido por los tubos por falta de transmisión del calor.
- Evitar paros periódicos de planta mediante el seguimiento de las lecturas de temperatura de los fluidos de los cambiadores de calor, para realizar retro-lavados cortos en línea.

Se citan otros ejemplos como:

- Cambio de elementos filtrantes en filtros
- Calibración de analizadores de proceso
- Actualizar procedimientos de operación
- Juntas de pre-inicio de jornada con el personal (*“Employee Briefing”*)
- Monitorear los cambios de turno en cuanto a su proceso de entrega – recepción

- Investigación de incidentes y hacer referencia a plantas y operaciones similares
- Analizar y seguir los Casos de Éxito a nivel mundial.

Lista de algunas Mejores Prácticas Mundiales de Operación:

- Orden y Limpieza
- Sistema efectivo de iniciativas y reconocimiento dirigido al personal manual, que promueva la mejora continua
- Reducción del tiempo integral de entrega al cliente.- Eliminar pasos que no aportan valor agregado en los procesos de manufactura
- Tableros visibles que muestren las metas de desempeño, así como graficas de progreso (“los Top 10’s”)
- Recorridos sistemáticos a planta por el operador acompañado de sus supervisor para detectar y corregir (programar) observaciones y hallazgos (“surveys”)
- Disciplina (excelencia operativa):

1.- Disponibilidad de procedimientos de operación

2.-Calidad de procedimientos (riesgo de seguridad y equipo de protección personal, descripción de operaciones, matriz de control del proceso, herramientas e instrumentación de monitoreo operativo, listas de cotejo, guía de problemas y soluciones, diagrama)

3.- Líneas y medios de Comunicación

4.- Programa de cumplimiento (operar dentro de las ventanas de diseño

- Documentación sistemática de la tecnología
- Las siete oportunidades
- Logística.- Transportación y almacenamiento de materias primas y producto terminado (representan oportunidades de servicio al cliente y de mejoras en costos).

- Difundir y divulgar el Plan Estratégico del Negocio. Realizar diagnósticos y difundir planes tecnológicos
- Realizar verdaderos diagnósticos de capacitación del personal y traducirlos en programas efectivos con Evaluación por Competencias
- Interpretación y manejo de datos (no sólo referirse al promedio): tablas, graficas de tendencia, KPI's y métricas estratégicas ("Balance Scorecard")
- Escuchar a nuestro personal manual
- Trabajo en equipo y sinergias

Referencia bibliográfica: Sistemas de Mantenimiento Preventivo PEMEX.

G.- Indicadores clave de desempeño operativo. Descripción:

Un indicador es una unidad mediante la cual se mide el desempeño.

Incluye:

- Nombre y código
- Objetivo
- Definición
- La forma de calcularlo
- La frecuencia mínima con la que se debe reportar
- Recomendaciones y criterios de seguimiento

Propósito.- La evolución del indicador muestra el progreso entre una medición inicial y las subsiguientes. Su principal objetivo es proporcionar datos para ciertas decisiones gerenciales en la empresa. Un segundo objetivo, es monitorear o dar seguimiento al desempeño dentro de:

- Límites de control particulares.
- Estructura del conjunto de Indicadores.-
- Enfoque cliente / proveedor
- Régimen de quejas del cliente

- Régimen de entregas a cliente “A tiempo”
- Régimen de envíos del proveedor “A tiempo”
- Desempeño de la manufactura
- Cumplimiento de programas
- Rotación de inventarios
- Efectividad integral de equipo
- Capacidad del proceso
- Eficiencia de los materiales y la energía
- Producción por hora trabajada
- Productividad sobre costos fijos
- Involucración del personal
- Índice de frecuencia de accidentes
- Índice ambiental
- Capacitación
- Ausentismo
- Sugerencias por empleado
- Desempeño individual

CAPITULO XI

ADMINISTRANDO LO INESPERADO

Uno de los grandes retos que todo negocio u organización puede enfrentar, es cómo enfrentarlo inesperado. Mientras las prácticas de los administradores tradicionales tales como la planeación están diseñadas para administrar las amenazas inesperadas, en ocasiones hacen las cosas peor. Cómo organizarse para alto desempeño en un entorno donde el potencial de error y desastre es abrumador²⁰.

Básicamente, la mejor recomendación para administrar lo inesperado, es hacer bien las cosas y a la primera.

Señas de alta confiabilidad.-

Se presentan aquí cinco características de las empresas de alta confiabilidad que suman lo que se ha denominado de plena atención. Ellas son:

- Preocupación por fallar.- Se refiere a considerar que toda falla representa un síntoma de que algo anda mal con el sistema, algo que pudiera tener consecuencias severas si se presentan errores pequeños en una sucesión encadenada de eventos que coincidan en un mal momento (por ejemplo la planta de Union Carbide en Bhopal, India, en 1984).
- Renuncia a aceptar interpretaciones simplificadas.- El éxito en toda actividad coordinada requiere que el personal simplifique con el propósito de concentrarse en un puñado de conceptos clave e indicadores clave. Las empresas de alta confiabilidad toman deliberadamente pasos para crear imágenes más completas y matizadas. Ellas simplifican menos y ven más. Sabiendo que el mundo que enfrentan es complejo, inestable, desconocido, e impredecible, ellos se posicionan de manera tal de ver lo más posible.

²⁰ WEICK, Karl E. y SUTCLIFFE. Kathleen M., *Managing the Unexpected. Assuring High Performance in an Age of Complexity*, JOSSEY-BASS PUBLISHERS, a Wiley Company , 2003.

- Sensibilidad a operaciones.- Esta característica apunta a su preocupación continua con lo inesperado. Los eventos inesperados generalmente se originan en lo que el psicólogo James Reason llama “fallas latentes”. Las fallas latentes son “hoyos en las defensas, barreras y guardas del sistema, cuyo potencial existió por un tiempo antes de la secuencia del accidente, aunque generalmente sin algún efecto malo obvio” (defectos en la supervisión, reportes, procedimientos de seguridad, capacitación en seguridad, identificación de riesgos).
- Compromiso con la resiliencia (resistencia).- No existe un sistema perfecto. Esto lo saben muy bien las empresas de alta confiabilidad. Esta es la razón por la cual ellas complementan sus actividades anticipatorias de aprender de las fallas, complicando sus percepciones y permaneciendo sensibles a operaciones con un compromiso de resiliencia. Las empresas de alta confiabilidad desarrollan capacidades para detectar, contener y rebotar de esos errores inevitables que son parte de un mundo indeterminado. El lema de las empresas de alta confiabilidad, no es que son libres de error, sino que los errores no los debilitan.
- Deferencia por expertise.- El distintivo final de las empresas de alta confiabilidad es su deferencia por expertise. Las empresas de alta confiabilidad cultivan la diversidad, no sólo porque esta les ayuda a percibir más en ambientes complejos, sino también porque esta les ayuda a hacer más con las complejidades que enfrentan. Las jerarquías rígidas tienen su vulnerabilidad especial propia hacia el error. Los errores a altos niveles tienden a tomar y combinarse con errores a bajos niveles, conduciendo a problemas mayores y difíciles de comprender, Para prevenir este escenario mortal, las empresas de alta confiabilidad empujan la toma de decisión hacia abajo. Las decisiones se toman en la línea frontal, y la autoridad migra hacia las personas con más expertise, sin importar su nivel.

Los momentos pequeños de inatención y falta de percepción pueden escalar en eventos adversos serios.

Lo inesperado suele ser la mejor fuente de innovación.

Apoyos de la Investigación y el Desarrollo a la Cadena Logística del Azufre²¹.-

En el caso particular del azufre, en México, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), está conduciendo un programa de desarrollo tecnológico para dar valor agregado al azufre, en la agricultura, construcción e industria energética.

Se cuenta ahora con tecnologías nacionales que podrían darle extraordinaria utilidad a cerca de un millón y medio de toneladas de azufre que se produce en PEMEX al año, derivado de los procesos de producción de gas y en Refinación.

La producción diaria de azufre en las dos subsidiarias asciende a cerca de tres mil 500 toneladas, lo cual hace que este elemento se convierta en un problema de logística, porque el azufre se debe mantener en su fase líquida a una temperatura de 130–140°C en pozas especiales y si tarda su venta, entonces se satura el tren de proceso, por lo que se tendía que disminuir o parar la producción de gas y combustibles, para por otro lado, importarlos.

Adicionalmente, el traslado de azufre en fase líquida, tal y como se realiza actualmente, es muy costoso y riesgoso ya que hasta el momento, según la literatura internacional, se han registrado alrededor de 28 mil accidentes en el mundo que han segado vidas y provocado severos problemas ambientales. Esta suma de costos asociados a la extracción, transporte con calentamiento, operación y riesgos hacen poco rentable su comercialización, especialmente con los precios actuales que oscilan alrededor de 40 USDll's la tonelada.

Hoy el IMP ha definido un árbol de rutas tecnológicas viables, las cuales conducen a que PEMEX disponga de una serie de líneas de negocio para darle mayor valor económico al azufre, además de cumplir con las normas ecológicas.

La aplicación de estas tecnologías podría tener un impacto favorable en el sector agrícola, en donde existe un déficit histórico de micronutrientes basados en el azufre,

²¹ Gerencia de Comunicación Social y Relaciones Públicas, IMP: Tecnología, "Tecnologías del IMP dan Valor Agregado al Azufre". *La Revista de la Industria Petrolera. PetroQuiMex.*, 2005.

ya que es común que al recoger las cosechas se empobrezca el suelo de cultivo de sus nutrientes naturales. Esto no sería ya un problema si se agregaran componentes de azufre a los fertilizantes, pero actualmente en nuestro país estos se basan, por alguna razón, principalmente en el ácido fosfórico y fosfatos de amonio, entre otros, pero ninguno le restituye al suelo su contenido de azufre.

Esto provoca que los cultivos sean menos productivos y que su valor nutritivo disminuya, ya que los seres vivos, incluidas las plantas y vegetales, requerimos aminoácidos esenciales que contienen este elemento para realizar sus funciones básicas y para reforzar el sistema inmunológico humano; un ejemplo de algunos aminoácidos que asimilamos a través de las plantas de hoja verde y de los cereales son la metionina, la cisteína y la cistina.

Se han diseñado también materiales a base de azufre y compuestos orgánicos, que superan en resistencia mecánica al concreto comercial (600 Kgf /cm², contra 792) y del asfalto empleado en la construcción de carreteras. A este compuesto se le ha denominado “concreto ligero”, por ser de menor densidad que el concreto tradicional.

La fabricación a escala industrial de estos compuestos sustitutos del concreto Portland, representan comparativamente ahorros sustanciales en costos, ya que, el concreto tradicional es altamente demandante de energía por basarse en la piedra caliza e igualmente, representa un severo impacto ambiental.

Estos nuevos materiales tienen un enorme potencial de mercado por ser más durables, en términos de vida útil de las carreteras y resistencia química al presentarse derrames de combustibles.

Estos esfuerzos de investigación permitirán abrir un amplio abanico de posibilidades para satisfacer nuevos requerimientos comerciales del azufre. Estos productos, por ser especiales, tendrán un mayor precio que el grado de uso general, lo que conducirá a incrementar sustantivamente los ingresos por ventas y reducir al mínimo el riesgo potencial de afectaciones indeseables en la continuidad de las operaciones, lo que en la actualidad implica daños severos a los resultados de la operación.

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

ACEVEDO ESCOBEDO, Antonio, *El Azufre en México. Una historia documentada*, México, D.F., EDITORIAL CVLTVRA, T.G.S.A., 1956.

HATACH, Lewis F. y MATAR, Sami, *From Hydrocarbons to Petrochemicals*, Houston, TX., GULF PUBLISHING COMPANY, BOOK DIVISION, 1981.

GONZÁLEZ REYNA, Jenaro, *El Azufre*, México, D.F., DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS Y PETRÓLEO DE LA S.E.N. Y DEL INSTITUTO DE GEOLÓGÍA DE LA UNAM. Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales en México., 1945.

MURHY, Paul S., "Sulphur: An Endangered Element?", *Sulphur*, Freeport Company, Alberta, Canada, 1995

Capitulo. I **HECHOS HISTÓRICOS DEL AZUFRE EN MÉXICO**

CROWLEY, José, *El Azufre (Notas sobre su importancia en el desarrollo económico de México)*, México, D.F., CANACINTRA, 1953.

BUSTOS VERA, Guillermo A., *Petróleo y Azufre en México: Desarrollo de estas industrias extractivas en el Siglo XX*, Coatzacoalcos, Ver., CANACINTRA, 2007.

Capitulo. II **DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA**

BUSTOS VERA, Guillermo A., *Petróleo y Azufre en México: Desarrollo de estas industrias extractivas en el Siglo XX*, Coatzacoalcos, Ver., CANACINTRA, 2007.

LITZEN, Dave B., "Debottlenecking: Uncover Low-Cost Debottlenecking Opportunities", *Chemical Engineering Progress*, NYC, 1999.

MEXICO, PEMEX: LÍNEA DE NEGOCIO DE AZUFRE, *Azufre*, Base de datos institucional de PEMEX, 2012.

Capitulo. III **FLUCTUACIONES EN EL MERCADO INTERNACIONAL Y ACCIONES**

CANADA, NATURAL RESOURCES CONSERVATION BOARD, *Board decision NR 2009-01 NRCB Application No. 0702*, Lamont, Provincia de Alberta, 2009.

CANADA, ALBERTA SULPHUR TERMINALS LTD, *Sulphur forming and shipping facility*, Lamont, Provincia de Alberta, 2009.

Capitulo. IV **EL QUÉ, EL CÓMO Y EL QUIÉN DEL ARTE DE LA ESTRATEGIA**

SUN TZU, *El Arte de la Guerra*, Colombia, EDITORIAL SOLAR, 2001.

MICHAELSON, Gerald, *Sun Tzu for success*, MA, ADAMS MEDIA CORPORATION. AVON, 2003.

CHANDLER, Alfred D., Jr., *Strategy and Structure*, Washington, D.C., USA, BEARD BOOKS, 2003.

ALBARRÁN VALENZUELA, Carlos, *Adizes Institute (Dr. Ichak Adizes)*, México, 2009.

TORRES BORDA, Diego, "Qué es Primero Estrategia o Estructura", *Sociedad Bracht*, Argentina, 2009.

Capitulo. V **RUMBO ESTRATÉGICO Y VENTAJA COMPETITIVA PARA LA EXPORTACIÓN DE AZUFRE**

Porter, Michael, *Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance*, NYC, SIMON & SCHUSTER, 1998.

MEXICO, PEMEX, *Plan de negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios (PEMEX) 2013-2017*, Dirección Corporativa, PEMEX, 2012.

Capitulo. VI **SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES:
CRECIMIENTO**

MEXICO, PEMEX: LÍNEA DE NEGOCIO DE AZUFRE, *Azufre*, Base de datos institucional de PEMEX, 2012.

Capitulo. VII **SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES:
EFICIENCIA OPERATIVA**

CROSBY, Philip B., *Quality is Free*, USA, M^cGRAW- HILL, 1984.

MEXICO, PEMEX, *Plan de negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios (PEMEX) 2013-2017*, Dirección Corporativa, PEMEX, 2012.

Capitulo. VIII **SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES:
RESPONSABILIDAD CORPORATIVA**

SEINFELD, John H., *Atmospheric Chemistry of Air Pollution*, Cincinnati, Ohio, JOHN WILLEY & SONS, 1985.

CRAWFORD, Paul, "Are We There Yet?", *Hydrocarbon Engineering*, Canada (Enersul LP,), 2009.

Capitulo. IX **SOLUCIONES ESTRATÉGICAS Y ESTRUCTURALES:
MODERNIZACIÓN ADMINISTRATIVA**

CHAPMAN, Elwood N., *Attitude: your most priceless possession*, 3^a. ed., CRISP PUBLICATIONS, 2001.

MEXICO, INEGI, *Grado promedio de escolaridad nacional de la población Mexicana*, CENSOS, 2010.

Capitulo. X **OPERACIÓN DE PRIMERA CLASE MUNDIAL**

HUMPHREY, Brad, *El Supervisor del Siglo XXI*, Pfeiffer, JOSSEY-BASS PUBLISHERS, a Wiley Company, 2000.

WALTER, Robert J., *Discovering Operational Discipline: Principles, attitudes and values that enhance quality, safety, environmental responsibility, and profitability*, Amherst, Massachusetts, HRD PRESS, 2002.

MASKELL, Brian H., *Performance Measurement for World Class Manufacturing. A Model for American Companies*, Portland, Oregon, PRODUCTIVITY PRESS, 1991.

DIXON, J. Robb, *The New Performance Challenge. Measuring Operations for World-Class Competition*, THE DOW JONES - IRWIN / APICS SERIES IN PRODUCTION MANAGEMENT, 1990.

KIRKPATRICK, Donald L., *Developing supervisors & team leaders*, IMPROVING HUMAN PERFORMANCE SERIES. BUTTERWORTH HEINEMANN, 2000.

RUMMLER, Geary A., *Improving Performance. How to Manage the White Space on the Organization Chart*, 2^a. ed., San Francisco, JOSSEY-BASS PUBLISHERS, a Wiley Company, 1991.

GILLARD, C.F., "Creating Plant Operating Excellence with Measurable Results", *Hydrocarbon Processing (Verticore Technologies)*, Salt Lake City, Utah, 2001.

Capitulo. XI **ADMINISTRANDO LO INESPERADO**

WEICK, Karl E. y SUTCLIFFE. Kathleen M., *Managing the Unexpected. Assuring High Performance in an Age of Complexity*, JOSSEY-BASS PUBLISHERS, a Wiley Company , 2003.

Gerencia de Comunicación Social y Relaciones Públicas, IMP: Tecnología,
"Tecnologías del IMP dan Valor Agregado al Azufre". *La Revista de la Industria Petrolera. PetroQuiMex.*, 2005.

ANEXOS

ANEXO 1.-

IanService, "Sulphur", *Fertecon Research Centre*, United Kingdom, 2010.

ANEXO 2.-

Sulphur Development Institute of Canada (SUDIC).

ANEXO 3.-

MEXICO, INEGI, *Grado promedio de escolaridad nacional de la población Mexicana*, CENSOS, 2010.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Derivado de la realización del presente trabajo se derivan las **conclusiones** siguientes:

1.- El azufre es un elemento químico muy abundante en la naturaleza. Tanto en la antigüedad como en el mundo contemporáneo el azufre y sus derivados, han sido esenciales y de extraordinaria importancia por sus propiedades, y por sus aplicaciones trascendentales en la industrial, la agricultura y la medicina.

2.- Debido a sus enormes reservas, y conciencia comercial, técnica y logística, México figuró en los años 1960 a 1964 entre los dos primeros lugares mundiales como productor de azufre.

3.- En México, la producción de azufre experimentó un significativo y trascendental cambio tecnológico, iniciando en 1951 una sustitución gradual del tradicionalmente empleado proceso Frasch, por la actual recuperación en el proceso de endulzamiento del gas natural amargo y de los derivados del petróleo (como la gasolina sin azufre y el diesel sin azufre). Este hecho condujo a un cierre terminal del proceso Frasch en 1993, debido al sustancial menor costo de producción y a las ventajas significativas en la calidad del azufre.

4.- El azufre recuperado de los procesos de endulzamiento del gas natural amargo y de los derivados del petróleo, es un producto residual. Esto conduce a la indeseable e inseparable vinculación y dependencia de la eficiencia del desempeño operativo correspondiente de dichos procesos (costo, abasto de producto, ingresos por ventas), a la continuidad en el desplazamiento del azufre. Como un sub-producto de la producción del petróleo y del gas natural, el azufre puede verse como un costo que debe minimizarse.

5.- De acuerdo a la proyección de producción de Azufre 2011-2025 de PEMEX Refinación, la recuperación de azufre se incrementará debida principalmente a la inclusión de los siguientes proyectos:

- a).- Reconfiguración de Minatitlán a partir de agosto de 2011;
- b).- Proyecto de calidad de combustibles. Gasolinas en 2013 y diesel en octubre de 2014;
- c).- Proyectos de coquización y tren de lubricantes en Salamanca en 2015;
- d).- Tren nuevo de 250 MBId con aprovechamientos de residuales en Tula en 2016.

6.- PEMEX comercializa en la actualidad el azufre de exportación en su estado físico como líquido, lo cual es ya un atraso tecnológico – comercial, que representa una enorme limitante. La tendencia mundial ha sido negociar y especificar las operaciones mercantiles modernas del azufre, en su estado sólido como partículas. Ésta presentación tiene ventajas sustantivas en cuanto a calidad, seguridad, higiene industrial, impacto ambiental, costos de producción, costos logísticos, precios de venta y valor agregado al cliente.

7.- En este tipo de mercado durante los periodos de precios bajos es conveniente, almacenar el azufre en vez de exportarlo, hasta que los precios se recuperen a los niveles que cubran los costos de producción, manejo y embarque. Sin embargo, se debe reconocer que este medio de almacenamiento a granel para tratar con la producción creciente de azufre no puede mantenerse indefinidamente.

8.- Dadas las fluctuaciones en la demanda, el azufre continuará mostrando tanto retos como oportunidades para la industria.

9.- En el caso del proyecto de solidificación del azufre a pastillas (“pastillado”), así como en cualquier otro proyecto de iniciativa de mejora, los costos de capital representan sólo la “punta del tempano de hielo”. La verdadera oportunidad de mejora, radica en diagnosticar, auditar y sistematizar las operaciones, a fin de lograr y mantener una operación excelente y de primera clase mundial con valor agregado a la organización.

10.- El bajo nivel educativo de la sociedad mexicana implica el enorme reto de capacitar a personas con formación técnica, ya que de otra manera al recorrer la escala de trabajos, no se estaría en condiciones para absorber o incorporar esa población al mercado de trabajos calificados.

Las **recomendaciones** que surgen de las conclusiones identificadas, son:

1.- Es imperativo para PEMEX, como motor del crecimiento, eliminar su actual brecha tecnológica en la operación de exportación de azufre, mediante la realización del proyecto de inversión de capital consistente en la solidificación del azufre a partículas.

2.- Igualmente es indispensable trabajar en lograr y mantener una cultura de gestión tecnológica en la operación para asegurar la mejora continua en todos los factores del desempeño operativo: implementar procesos estructurados de aprendizaje continuo y la evaluación respectiva de los conocimientos adquiridos, lo cual conducirá a un espíritu de excelencia y de integridad. Atender también la administración documental y de información, asimilación y desarrollo del conocimiento. Este esquema conducirá a una operación rentable y sustentable

3.- Una medida básica y estrategia medular de permanencia operativa y competitividad empresarial, es trabajar sistemática y estructuradamente hacia una cultura de innovación, investigación y desarrollo y gestión tecnológica asociada a la creación de productos, aplicaciones y servicios de calidad mundial, que eleven el bienestar de toda comunidad a la que se sirva. Definir e implementar un modelo de investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones y especialidades para el azufre, que permita incrementar los ingresos por ventas, así como asegurar la continuidad en las operaciones de los centros procesadores de gas natural y de las refinerías de derivados del petróleo.

4.- La verdadera oportunidad de reducir los costos de transportación de azufre vía marítima, no está en forzar hacia la baja las tarifas de las empresas transportistas, sino en convertir el azufre de su estado líquido a pastillas sólidas. Esto permitirá sustituir el actual tipo de buque-tanque provisto de calentamiento mediante consumo de vapor para mantener la temperatura del azufre en tránsito entre 130 y 140°C, por buque-

tanques que no requieren de dicho sistema de calentamiento, siendo esta modalidad una opción más económica, más segura y de mayor disponibilidad. Otra oportunidad de reducción de costos logísticos, es considerar el esquema de estar en condiciones de realizar embarques consolidados del azufre solidificado.

5.- Reconocer y darle un especial énfasis a capacitar, empoderizar y adoctrinar al nivel jerárquico de la función de supervisión, el cual es la piedra angular en toda operación. Llevarlo a un régimen de personal de confianza.

6.-Respecto al rezago de la educación en México, es necesario redoblar esfuerzos para la formación y el desarrollo del personal y generar una demanda importante de recursos humanos altamente calificados (capital humano, intelectual). El proceso de aprendizaje continuo es una estrategia y una disciplina fundamental en cualquier tipo de línea de negocio (“life long process of learning”).

Es conveniente ampliar el horizonte para visualizar e impulsar iniciativas de formación de estructuras triangulares de capacitación no formal, con la participación de las empresas – gobierno – instituciones de educación superior (comunidad académica), tal como se realiza en países industriales exitosos. Esto brindará oportunidades a los estudiantes y los trabajadores que les permitan adentrarse en la *praxis* y el aprendizaje de un oficio práctico apegado a la realidad de una industria que necesariamente es reflejo de los estándares establecidos por los fabricantes líderes u organizaciones mundiales cuya inversión en investigación y desarrollo ha fructificado en el establecimiento de dichos estándares, los cuales son seguidos por el resto de los participantes.

Ésta medida se basa sobre una gestión del conocimiento directamente alineada con los objetivos y estrategias de la organización, además de estar acorde con la actual demanda en conocimientos más prácticos y específicos. Tiene también el atractivo de la imagen lograda por una universidad o escuela de prestigio que a su vez ha sido acreditada ante un organismo gubernamental que avala su seriedad (modelo de universidad corporativa).

7.- Para atenuar los efectos indeseables de las fluctuaciones del mercado de exportación, y no afectar negativamente a toda la cadena de suministro del azufre, es conveniente considerar las medidas siguientes:

- Disponer de una reserva estratégica en el caso de dificultades de suministro.- Permitiendo esto equilibrar la oferta y la demanda y ofreciendo una mayor seguridad en el suministro, y consecuentemente ser un proveedor más confiable: seguridad en los suministros y mayor administrabilidad o gestión de los precios de venta.
- Aumentar la confiabilidad de las redes de transporte y distribución e implementar operaciones eficientes en un esquema de asociación y co-responsabilidad (“partnership”)
- Reducir los costos: tener en toda la cadena de suministro, operaciones limpias, efectivas, eficientes y seguras.
- Apoyo financiero a los clientes de azufre en caso de cambios estacionales de precio del azufre en el mercado.
- Alinearse con las políticas energéticas y de control ambiental del país.
- Conocer bien el negocio: factores comerciales, operativos y logísticos.

8.- Es trascendental proseguir planificando y trabajando en la programación de diagnósticos operacionales y de análisis comparativos *Benchmarking*, así como en la actualización periódica e implementación del Plan de Estratégico Tecnológico del Negocio, a fin de asegurar el posicionamiento definido para la línea en condiciones óptimas de competitividad en el mercado, así como de captura y generación de valor para la organización.

México merece un desarrollo óptimo

ANEXO 1

PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL HISTÓRICO DE AZUFRE

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE AZUFRE ELEMENTAL (MMTons)							
	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Minería	17.0	15.3	13.6	5.8	2.2	2.3	2.3
Recuperado	19.2	20.9	25.5	31.0	39.6	48.0	54.6
- Gas	12.7	13.9	14.9	17.9	22.5	26.3	30.9
- Petróleo	5.6	6.1	9.5	11.9	16.0	18.5	20.0
- Otros	0.9	0.9	1.1	1.3	1.2	3.2	3.7
TOTAL	36.2	36.2	39.1	36.8	41.8	50.3	56.9

CONSUMO MUNDIAL DE AZUFRE ELEMENTAL (MMTons)							
	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Ácido sulfúrico	31.8	32.7	35.0	31.5	36.0	42.8	49.3
No ácido	5.7	5.3	4.4	4.1	4.6	5.5	6.3
TOTAL	37.5	38.0	39.4	35.6	40.6	48.3	55.6

BALANCE MUNDIAL DE AZUFRE ELEMENTAL (MMTons)							
	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Oferta	36.2	36.2	39.1	36.8	41.8	50.3	56.9
Demanda	37.5	38.0	39.4	35.6	40.6	48.3	55.6
BALANCE	-1.3	-1.8	-0.3	1.2	1.2	2.0	1.3

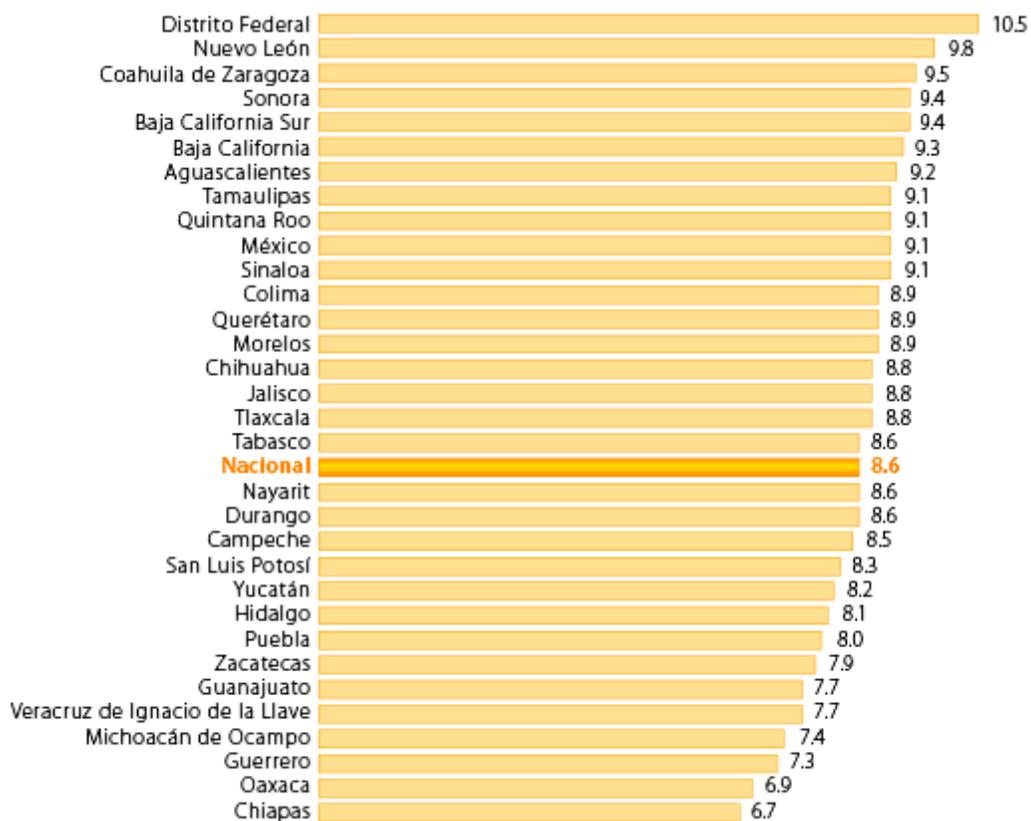
ANEXO 2

ESPECIFICACIÓN DE CALIDAD PRODUCTO PREMIUM SUDIC DE PARA AZUFRE

Sulphur Development Institute of Canada (SUDIC)	
PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN PREMIUM DE PRODUCTO
Forma y tamaño	Generalmente esférica entre 2 y 6 mm
Distribución de tamaño de partícula	<ul style="list-style-type: none"> * Menor de 5% a ser retenido sobre una malla N° 1/4 US (6.3 mm) * Mínimo de 75% a pasar a través de una malla N° 3-1/2 US (5.6 mm) * Mínimo de 75% a ser retenido sobre una malla N° 7 US (2.8 mm) * Menos del 2% a pasar a través de una malla N° 16 US (1.00 mm) * Menos de 0.5% a pasar a través de una malla N° 50 US (0.30 mm)
Contenido de humedad	Menos de 0.5% en peso de humedad (promedio a granel) al ser producido
Desempeño de la friabilidad	<ul style="list-style-type: none"> * Menos de 1% de finos (material malla -50) producido en la prueba estándar de esfuerzo a la friabilidad nivel I * Menos de 2% de finos producidos en él la prueba estándar nivel II
Densidad de bulto	<ul style="list-style-type: none"> * No menos de 1,040 Kg/m³ suelto * 1200 Kg/m³ agitado (vibración)
Compactación	<ul style="list-style-type: none"> * Los finos producidos después de la prueba de esfuerzo al corte directo bajo una carga estática de 165 kPa (aproximadamente 15 m de pila de almacenamiento) no deben exceder 0.5% finos en peso * Los finos producidos después de la prueba de esfuerzo al corte directo bajo una carga dinámica de 165 kPa (aproximadamente 15 m de pila de almacenamiento) no deben exceder de 0.50% de finos en peso
Ángulo de reposo	No menor de 25°

ANEXO 3

GRADO PROMEDIO DE ESCOLARIDAD POR ENTIDAD FEDERATIVA, 2010.



Gráfica que presenta el grado promedio de escolaridad de cada una de las entidades que conforman México, así como el promedio nacional. Referencia: Censo INEGI 2010.