



# Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, A. C.

Publicación Oficial: ISSN 0188 — 7319

2024 No. 1

## Propuestas del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos para las candidatas y candidato presidenciables.

La experiencia colegiada en la evaluación, prevención y control de la contaminación atmosférica.

Análisis Socioeconómico de la Viabilidad del uso de Baterías de Litio para el Suministro de Energía Eléctrica a Redes de Iluminación en Edificaciones No Residenciales.

Gestión para la Sustentabilidad

**ENTREVISTA A LOS GRANDES**  
Ing. Sergio Gómez Tostado



# INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS, A. C.

"La Ingeniería Química y su contribución a la Transición Energética"

# LXIII Convención Nacional 2024

del 25 al 29 noviembre, Ciudad de México.

- Cursos y Talleres Preconvención
- Reunión de Directores de Universidades de I.Q.
- Conferencias Magistrales
- Conferencias Simultaneas
- Programa de Acompañantes
- Comidas- Eventos Sociales
- Expo Talentos - Visitas Industriales
- Cena de Gala



Precio Convencionista

Socios **\$ 4,500.00** I.V.A Incluido.

No Socios **\$ 6,500.00** I.V.A. Incluido.  
El costo Incluye Comidas y Cena de Gala

Sede: Instalaciones de CANACINTRA



# Comité Ejecutivo Nacional 2024

**Ing. José Luis Mayorga Delgado**  
Presidente

Ing. Víctor Hugo Martínez Moreno  
Ing. Dieter Femfert Mateos  
Ing. Lourdes Rocío Benítez Godínez  
**Vicepresidentes**

M.A. Fernando Gutiérrez Delgado  
**Secretario**

Ing. Antonio Ruiz González  
**Prosecretario**

Ing. Enrique Pareja Humanes  
**Tesorero**

Ing. Juan Sabino Díaz Rivera  
Dr. José Ramón Montiel López  
Ing. Alejandrina Verde González  
Ing. Carlos González Vicencio  
Dr. Víctor G. Ortiz Gallardo  
**Directores**



---

## Comité Editorial

**Ing. José Luis Mayorga Delgado**  
Presidente Nacional

**Dr. José Ramon Montiel López**  
Director de la Revista IMIQ

## Colaboradores:

Ing. Juan Sabino Díaz Rivera  
Dr. Felipe de Jesús Ortega García  
Ing. Rodolfo Torres Barrera

La Revista del IMIQ, es el Foro de difusión de los avances, investigaciones, desarrollo y aplicaciones en las diversas ramas de la Ingeniería Química a través del cual , el Instituto mantiene estrecha comunicación con sus afiliados y proyecta su imagen institucional a la comunidad científica, académica e industrial, a las autoridades y a la sociedad, al dar a conocer y fomentar actividades, postura y opinión respecto a la situación de la Ingeniería Química en el país y en el mundo.

Los Artículos Técnicos publicados son responsabilidad de los autores.

---

## CONTENIDO:

---

<b>Mensaje del Presidente</b> Ing. José Luis Mayorga Delgado	5
<b>Mensaje Director de la Revista</b> Dr. José Ramón Montiel López	6
<b>Propuestas del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos para las candidatas y candidato presidenciables</b>	7
<b>Breve historia y actividades del Comité Técnico de Protección Ambiental</b> Rodolfo Torres Barrera	13
<b>ARTICULO TÉCNICO</b> <b>La experiencia colegiada en la evaluación, prevención y control de la contaminación atmosférica</b> Rodolfo Sosa Echeverría Rodolfo Torres Barrera	16
<b>ARTICULO TÉCNICO</b> <b>Análisis Socioeconómico de la Viabilidad del Uso de Baterías de Litio para el Suministro de Energía Eléctrica a Redes de Iluminación en Edificaciones No Residenciales</b> Graciela Muñoz Alpizar	27
<b>ARTICULO TÉCNICO</b> <b>Gestión para la Sustentabilidad</b> Miguel Ángel Valenzuela Piña	35
<b>ENTREVISTA A LOS GRANDES</b> Ing. Sergio Gómez Tostado	
<b>Indicadores Operativos de la Industria Química</b>	42

---

## **Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, A. C.**

### **Propósito del IMIQ**

Participar e influir en las decisiones nacionales relacionadas con la Ingeniería Química, para lograrlo debemos contribuir al desarrollo de la profesión y mantener un alto nivel entre nuestros agremiados.

### **Misión de Servicio**

Consolidar al Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos como la plataforma de expresión y acción de sus socios.

## MENSAJE DEL PRESIDENTE



El Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, A. C., (IMIQ) tiene como objetivo prioritario el de contribuir al desarrollo de la Industria Química, propugnar por mantener un alto nivel de conocimiento entre sus agremiados y promover el estudio de la Ingeniería Química, sus tendencias, retos y crecimiento. Esta revista es uno de los medios a través de los cuales presentamos trabajos y desarrollos técnicos propositivos para la solución de los problemas de la industria. Con este número, enfocado a la sustentabilidad, continuamos con la reactivación de esta plataforma de comunicación.

Ante los grandes retos del desarrollo tecnológico y el crecimiento industrial de nuestro país, la sustentabilidad en la generación de energía y en la actividad industrial, es una alta prioridad y un reclamo de la sociedad global y de la naturaleza. El desarrollo sustentable es hacer un uso correcto de los recursos actuales sin comprometer los de las generaciones futuras. Esto significa que los procesos sustentables preservan, protegen y conservan los recursos naturales actuales y futuros.

La sustentabilidad es tal vez el mayor desafío que enfrentarán los futuros líderes empresariales, gubernamentales, académicos y de la sociedad civil en el mundo. La forma en que aborden la sustentabilidad determinará si las generaciones futuras podrán vivir en sociedades inclusivas, que florezcan haciendo pleno uso de las capacidades humanas y se beneficien de instituciones justas y democráticas, o si vivirán en sociedades fallidas que favorezcan solo a unos pocos privilegiados y destruyen los recursos naturales de los que todos dependemos.

Este año tendremos nuestra LXIII Convención Nacional en la Ciudad de México, así como el Foro de Refinación IMIQ-IMP y el Congreso de la Ingeniería Química en Mazatlán, Sinaloa. Los convocamos a continuar participando con sus trabajos y ponencias para lograr el éxito que todos deseamos.

Reciban un afectuoso abrazo y nuestros mejores deseos de salud, prosperidad y muchos éxitos para ustedes y sus familias.

**Ing. José Luis Mayorga Delgado**

## EDITORIAL



El IMIQ es una Asociación Civil que agrupa a los profesionales de la Ingeniería Química para lograr el desarrollo de esta rama de la ciencia, así como para mantener el más alto nivel profesional entre sus agremiados.

La revista IMIQ representa una importante contribución y participación de los especialistas de la Ingeniería Química que apoyan con sus conocimientos a difundir estos entre la membresía, generando un valor agregado. Los Comités técnicos del IMIQ son las redes de expertos que trabajan en temas comunes y de alto nivel tecnológico, para aportar el conocimiento y generar las sinergias con los miembros del IMIQ, hoy más que nunca la necesidad de transferir conocimiento e intercambiarlo es clave para el desarrollo.

Ante los grandes retos y cambios que el desarrollo tecnológico y el crecimiento industrial del sector Químico de nuestro país, tenemos la Misión de influir en las decisiones nacionales relacionadas con la industria química, actuando como la plataforma de expresión y acción de sus socios. Esta revista es uno de los medios a través de los cuales presentamos trabajos y desarrollos técnicos propositivos para solución de los problemas de la industria química.

Los temas actuales que como gremio nos son de relevancia importante son: la Sustentabilidad de nuestro planeta, sus efectos, consecuencia y alternativas para mitigarlos, sin duda los esfuerzos mundiales por disminuir la huella de carbono, gas metano son el tema para una transición energética, que tendrá que ser muy estudiada por sus causas y efectos sobre los recursos naturales como el agua y los minerales estratégicos.

La educación sin lugar a dudas representa el mayor desafío para las generaciones actuales y venideras, el papel de la tecnología, la inteligencia artificial, las comunicaciones son las herramientas con las que contaremos y será nuestra responsabilidad el mejor uso de ellas.

Todos estos temas y más serán parte de nuestro contenido para análisis y discusión, así como nuestro más importante evento anual, la LXIII Convención Nacional IMIQ 2024 en el marco de nuestros LXV años de vida.

**Dr. José Ramón Montiel López**

# Propuestas del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ) para las candidatas y candidato presidenciables.

A fin de cumplir con la misión del IMIQ de participar e influir en las decisiones nacionales relacionadas con la Ingeniería Química, nuestro Instituto preparó para las Candidatas y Candidato presidenciables un documento con las propuestas que los diferentes sectores del IMIQ prepararon para ellos. De esta forma, el Consejo Ejecutivo Nacional, el Consejo Consultivo, las Secciones Locales, los Comités Técnicos y el Consejo Nacional Estudiantil, conformaron diversos Comités de trabajo en diferentes etapas de un proceso que desde febrero a junio se efectuó con gran éxito.

De esta forma, durante el mes de mayo se entregaron ya sea en forma personal o través de los equipos de campaña de las candidatas y candidato, las propuestas emanadas de este esfuerzo.

Cabe señalar que este trabajo no termina aquí. Una vez concluido el período electoral, el IMIQ buscará a la presidenta electa, a los secretarios designados y a las Instituciones correspondientes, para refrendarles nuestro compromiso de coadyuvar al impulso de la Industria Química en todos los aspectos posibles.

A continuación, les presentamos el documento referido.



Entrega de Documento al Lic. Lorenzo Meyer Falcon, Integrante del equipo de campaña de la Dra. Claudia Shembaum Pardo; Ing. Alejandro Sosa, Quim. María Luisa Arias, Ing. José Luis Mayorga, Ing. Juan Díaz y el Ing. Julio Rentería.

## INTRODUCCIÓN

El Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C. (IMIQ) es el organismo gremial más importante y con mayor representatividad de la Ingeniería Química en México, en el cual colaboran empresarios, profesionistas, académicos y estudiantes. Fundado en 1959 para promover el estudio de la Ingeniería Química, contribuir al desarrollo de la Industria Química y propugnar por mantener un alto nivel entre sus agremiados, ha apoyado de manera continua a los gobiernos federales y estatales a fijar estrategias y acciones de solución a problemas en distintos campos.

## OBJETIVO DEL DOCUMENTO

Fiel a su misión, nuestro Instituto tiene el firme propósito de seguir participando en la planeación, desarrollo y definición de acuerdos para la recuperación y crecimiento de la industria nacional; para ello, el IMIQ presenta a las candidatas y candidato presidenciales, las propuestas basadas en nuestro conocimiento y experiencia para potenciar la capacidad de desarrollo que existe en el país dentro de la Industria Química y en aquellos sectores económicos en los que tiene impacto y juega un papel importante.

## ANTECEDENTES

Uno de los principales problemas que la Industria Química presenta desde hace varios años, es el creciente déficit en la balanza comercial, que al 2022 alcanzó un nivel cercano a los US\$ 28 mil millones de dólares, integrados principalmente por materias primas y productos asociados o derivados de la petroquímica. Gran parte de esta problemática proviene de la Industria Petrolera, en donde existen, una baja utilización de la capacidad de refinación por falta de mantenimiento, tecnología obsoleta en especial por el tipo de catalizadores, alta producción de combustóleo, elevados niveles de contaminación y una situación delicada de inseguridad. Adicionalmente, la escasa inversión para la eliminación de nitrógeno en el gas utilizado en la producción del crudo, así como la dedicada a la búsqueda de reservas y campos para la extracción de gas natural han causado un rezago en la producción de etano y por ende afecta fuertemente al sector petroquímico en la producción de etileno, polietileno y derivados.

Además de la situación señalada en la industria derivada del Petróleo, sin duda la generación de energía que demanda le economía mundial, satisfecha por el empleo masivo de combustibles fósiles, ha dado lugar al calentamiento global y al deterioro de la calidad del aire atmosférico con el consecuente fenómeno denominado cambio climático. México no ha sido la excepción y por ello el 89% de la energía que consumimos proviene de fuentes no renovables, desaprovechando las privilegiadas condiciones naturales que el país posee. Por tal razón, la Protección Ambiental y la Energía en todos sus aspectos, merecen nuestra mayor atención.

Por su parte, la Minería representa el 2.3% del PIB nacional y el 8.1% del PIB industrial. Solo el 30% de nuestro territorio ha sido explorado. Sin duda, esta actividad es esencial en la reactivación económica de México.

A partir de lo enunciado, mostramos las propuestas más importantes de nuestro Instituto y ponemos a su disposición un análisis más detallado de las iniciativas aquí planteadas.

### PROPUESTAS DEL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS (IMIQ)

Han sido agrupadas en cuatro grandes temas, a saber:

#### 1.- PETRÓLEO, GAS Y PETROQUÍMICA

Realizar una Planeación Estratégica de largo plazo con el objetivo de fortalecer la totalidad de la cadena de valor de la Industria Petrolera, Petroquímica y del Gas para obtener de ellas los mayores beneficios para el país. Esta Planeación deberá contemplar elementos como:

Visión:

- Evaluar la participación de la Iniciativa Privada en las áreas del Petróleo, del Gas y de la Petroquímica.
- Aprovechar el potencial del Nearshoring para alentar la reactivación de la Industria Química y sectores relacionados en general.
- Incorporar en este esfuerzo de planeación la amplia experiencia del personal profesional especializado y reconocido en esta Industria.

### **Materias Primas:**

- Considerar la importación de crudos ligeros que permita conformar una mezcla de petróleo adecuada a cada refinería con la calidad apropiada para mantener márgenes adecuados de refinación.
- Flexibilizar cargas para las plantas de etileno (craqueo de mezcla de etano - propano - naftas).
- Incrementar la importación de gas natural por medio del gasoducto Tuxpan - Coatzacoalcos - Dos Bocas.
- Interconectar las redes de transporte existentes, extenderlas a los estados y regiones que aún no cuentan con gas e instalar sistemas de almacenamiento táctico (en cavernas de sal) y estratégico (en yacimientos agotados) para estar mejor preparados ante posibles contingencias
- Invertir en la búsqueda de nuevas reservas y aplicación de nuevas tecnologías para reducir la alta dependencia de materias primas, especialmente en el Gas Natural.
- Realizar un análisis exhaustivo de tecnologías y su aplicación para el empleo del fracking con sustentabilidad y obtener así mayores recursos de petróleo y gas.

### **Producción y Capacidad Instalada:**

- Lograr una producción que satisfaga la demanda nacional de gasolina, diesel y turbosina de alta calidad.
- Rehabilitar y modernizar las plantas de craqueo catalítico (FCC) a fin de recuperar la mayor cantidad posible de propileno y butenos.
- Aumentar la capacidad instalada de las plantas de etileno: Morelos a 550 miles de toneladas por año (kta) y La Cangrejera a 600 kta.
- Incrementar la producción de amoníaco, producto base en la obtención de fertilizantes.
- Impulsar los siguientes clústeres de productos petroquímicos:
  - Etileno, polietilenos y otros derivados.
  - Amoníaco, urea y otros fertilizantes.
  - Aromáticos/metanol.
- Rehabilitar el complejo de aromáticos de La Cangrejera.
- Instalar nuevas plantas petroquímicas, aprovechando terrenos disponibles e infraestructura existente en complejos petroquímicos.
- Transformar Refinerías en Refinerías Petroquímicas.

### **Logística:**

- Gestionar por parte del Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENEGAS), tanto la operación del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural (SISTRANGAS), como de los gasoductos a cargo de la CFE y de las futuras instalaciones de almacenamiento.
- Disponer de una distribución más eficiente y al menor costo para atender las demandas regionales de los combustibles producidos.
- Mejorar la infraestructura para optimizar la cadena de almacenamiento, transporte y comercialización de los energéticos estratégicos del país.
- Eliminar desperdicios y fugas en venteos del GN y atender su contaminación con nitrógeno (N<sub>2</sub>)
- Disminuir las tomas clandestinas de petrolíferos, considerando las implicaciones legales y técnicas que esto conlleva.

### **Medio ambiente y Energía:**

- Asegurar la operación estable de las plantas de azufre e invertir en tecnología para reducir emisión de contaminantes (SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>).
- Rehabilitar y modernizar plantas recuperadoras de azufre en refinación y centros de procesamiento de gas, para la elaboración de derivados petroquímicos de azufre.
- Implementar programas para aumentar la eficiencia energética en la operación de las instalaciones actuales.
- Aprovechar las oportunidades de cogeneración eficiente en las principales instalaciones de refinación, procesamiento de gas y producción de petroquímicos
- Intensificar el estudio del proceso de gasificación de carbón y coque para generar energía eléctrica, gas de síntesis, amoníaco y metanol.
- Impulsar la ruta hacia la transición energética con criterios de seguridad y sustentabilidad.
- Implantar un programa para la obtención de hidrógeno verde como base para una petroquímica sustentable.

### **Mantenimiento y modernización:**

- Modernizar instalaciones productivas dotándolas de instrumentación y sistemas de control adecuados para incrementar la eficiencia y operación segura.
- Fortalecer el programa intensivo de mantenimiento preventivo integral en las diferentes plantas de proceso e instalaciones auxiliares.

### **Seguridad e Higiene:**

- Operar con estándares mundiales de seguridad y llevar a cabo acciones de administración de riesgos, realizando reuniones de las Comisiones Mixtas de Higiene y Seguridad (Pemex - IMP - STP).

### **Capital Humano:**

- Implementar un programa integral de capacitación a todo el personal en sus diferentes niveles y especialidades.
- Impulsar el desarrollo de cuadros de personal de Pemex y del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) con un alto grado de capacitación técnica - administrativa.

### **Finanzas:**

- Desarrollar una estrategia de manejo de deuda y recursos financieros, partiendo de inversiones y acciones que hagan de PEMEX una compañía orientada a ser exitosa en términos de rentabilidad.

## **2.- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ENERGÍA**

- Fortalecimiento de las Instituciones Ambientales. Por medio de: implementación de un sistema de gestión ambiental; digitalización de trámites y servicios ambientales; capacitación del personal; fortalecimiento de la coordinación institucional e incremento de la inversión en materia ambiental.
- Adecuación de la legislación ambiental. A través de: revisión y actualización de dicha legislación; instrumentación económica y fiscal; incremento del número de inspectores ambientales; sanciones más estrictas y mayor participación ciudadana.

#### Mitigación de:

- La Contaminación atmosférica: Programas de control de emisiones; fomento del uso de transporte sustentable; promoción del uso de energías limpias y rigurosos programas de monitoreo de la calidad del aire.
- La Contaminación del Agua: Programas de tratamiento de aguas residuales; fomento del uso eficiente del agua; promoción de la agricultura e industria sustentables y monitoreo de la calidad del agua.
- La Contaminación por Residuos: Implementación de la política de las 3R's; fomento de la separación de residuos en la fuente; impulso en la creación de empresas y empleos verdes, y mejoramiento de programas de educación ambiental.
- Los gases de efecto invernadero y del cambio climático: Desarrollo de planes de eficiencia energética; Adopción de energías renovables y Promoción de la resiliencia climática.

- Uso de materias primas sustentables en los procesos industriales: Promoción de la sustitución de materias primas no renovables; fomento del uso de materiales reciclados y reutilizables; implementación de programas de eco-etiquetado y desarrollo e implementación de tecnologías limpias.
- Impulso y uso de Fuentes de Energía Renovables como la Solar, Eólica, Hidráulica, Hidrógeno verde, Geotérmica, Biomasa entre otras; Implementar programas de incentivos; promover la generación - distribución de energía; fomentar el uso eficiente de la energía y optimizar programas de educación ambiental.

### **3.- MINERÍA**

- Apoyar y fomentar una política pública promotora de la inversión nacional y extranjera para la obtención-recuperación de minerales y metales de interés, bajo un marco de sustentabilidad ambiental y beneficio para las comunidades cercanas.
- Impulsar la investigación metalúrgica mediante convenios y colaboraciones gobierno-empresas-instituciones educativas para la recuperación de metales y minerales esenciales para la transición energética.
- Priorizar el tratamiento y uso de aguas residuales por parte de la industria minera, para reducir el consumo de agua en los procesos productivos, reutilizándola apropiadamente y así evitar que estas aguas se conviertan en focos de infección y enfermedades para la población.
- Difundir la importancia del uso de los metales y minerales en el desarrollo de la vida diaria y su papel esencial en otras cadenas productivas, como lo son la automotriz, energética, alimenticia, etc.
- Generar sinergia con otros países, donde la minería es parte fundamental de su economía, para compartir buenas prácticas, operaciones sustentables y colaboración con las comunidades.

### **4.- PROPUESTAS VARIAS**

- Desarrollar, apoyar y fortalecer el ecosistema emprendedor, bajo el esquema de integración y articulación de la cuádruple hélice (Gobierno, Empresas, Instituciones de Educación Superior y Sociedad).
- Optimizar políticas nacionales de articulación, vinculación y cooperación para promover, incentivar y poner en marcha proyectos que conduzcan al emprendimiento, innovación y generación de nuevos negocios y empresas.
- Lograr un compromiso sostenido en el impulso al desarrollo científico y tecnológico que provoque un impacto transformador en la Economía, Medio Ambiente, Energías Sustentables y Calidad de vida, dentro del país.
- Lograr y mantener un nivel adecuado de inversión en Ciencia y Tecnología, privilegiando su aplicación en asuntos estratégicos del país.
- Ampliar la colaboración entre Universidades y Centros Públicos de investigación con los sectores productivos.
- Generar una cultura de prevención de ilícitos en las instalaciones industriales y hacia los empleados y funcionarios de las diferentes empresas, a través de las asociaciones de industriales locales, estatales y nacionales.
- Establecer un canal de comunicación continuo con los tres niveles de gobierno para atender de manera coordinada la problemática limitativa de nuestro desarrollo industrial.

# Breve historia y actividades del Comité Técnico de Protección Ambiental

Rodolfo Torres Barrera.  
Presidente del Comité Técnico de Protección Ambiental 2023-2025.

El 5 de junio celebramos el “Día Mundial del Medio Ambiente” que fue una propuesta de una primera Reunión que se realizó en Estocolmo, Suecia en 1972.

Como preámbulo a aquella reunión, México empezó a trabajar en la elaboración y propuesta de una Ley que contemplara el cuidado ambiental.

## **Antecedentes**

En agosto 1965 un grupo de profesionistas, principalmente miembros del IMIQ, formaron la Asociación Mexicana contra la Contaminación del Agua y del Aire, A. C. (AMCCAA, A. C.), entre ellos el Ing. Miguel Ángel García Lara, la Dra. Matilde Eva Espinosa Rubio, el Ing. Adalberto Tirado Arróyave, el Dr. Humberto Bravo Álvarez, el Maestro Armando Báez Pedrajo, entre otros. Fueron ellos los que participaron en un grupo de trabajo interinstitucional gubernamental con participación de la Academia y diversas organizaciones gremiales, al inicio de la década de los 70's, en plantear y detallar una primera ley ambiental. Se iniciaba la preocupación política por la prevención y control de la contaminación ambiental.

En 1971 se publica en México la primera ley ambiental: Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, así como su primer Reglamento: Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica.

En el período 1981-1982 se forman los Comités Técnicos Permanentes del IMIQ con objeto de dar el sustento técnico y permanencia a sus opiniones colegiadas de cada uno de los temas relacionados con la Ingeniería y la Industria Química. Se establece que un Comité Técnico “Es una estructura estable, representativa de los intereses comunes a nivel nacional, con autoridad y para formular y emitir opinión y postura del IMIQ en su área de competencia”.

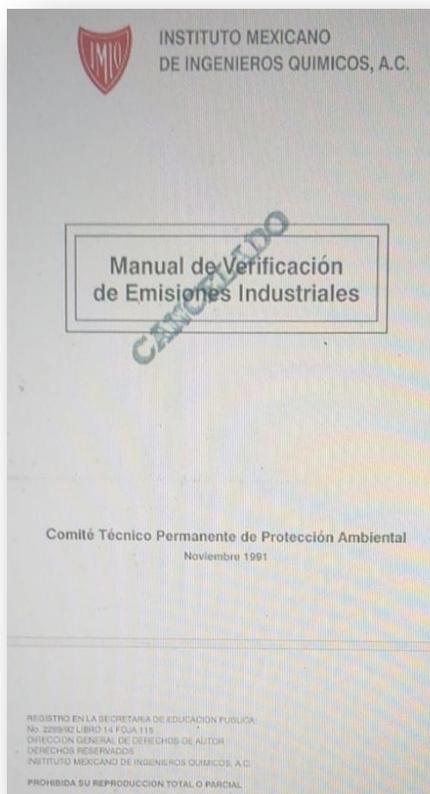
Así, en ese 1981 se forma el Comité Técnico “Permanente” de Protección Ambiental presidido por el Ing. Miguel Ángel García Lara.

En 1982 aparece la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, siendo la Subsecretaria la Biól. Alicia Bárcenas Ibarra quien nombra como Director General de Contaminación Atmosférica al Dr. Humberto Bravo Álvarez y Director General de Contaminación del Agua al Ing. Miguel Ángel García Lara.

En 1988 participamos en la elaboración de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente promovida por la nueva Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) a cargo de la Maestra Julia Carabias Lillo.

El IMIQ trabaja fuertemente para definir un Propósito, que sigue siendo vigente: “Participar e Influir en las Grandes Decisiones Nacionales”.

El IMIQ trabaja con el Subsecretario de Ecología, Físico Sergio Reyes Luján, en la posibilidad de coadyuvar con la industria y realiza el Manual de Verificación de Emisiones Industriales y crea un personaje denominado “Profesional Autorizado por el IMIQ para la aplicación del Manual de Verificación de Emisiones Industriales”.



En 1992 en el seno de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) aparece la PROFEPA y la Auditoría Ambiental. Hay una fuerte participación de los Expertos del IMIQ y los Peritos Colegiados para la formación de Auditores Ambientales.

En el período 1997-1998 la Directiva Nacional decide quitar la denominación de Permanentes a los Comités, por lo que quedan como actualmente se manejan: Comités Técnicos, por área de especialidad.

En el año 2002, el CONIQ y el IMIQ encabezan los esfuerzos de Colegios y Asociaciones para exigir a las autoridades la creación de nuevas Entidades de Acreditación. Incluso propusimos la creación de la Entidad Colegiada de Acreditación, ECA. Desafortunadamente siempre nos enfrentamos a negativas tras negativas.

Hemos seguido colaborando con nuestras autoridades en la revisión y elaboración de Normas Oficiales Mexicanas. Actualmente participamos en varios Comités.

Han sido 43 años de trabajos de nuestro Comité Técnico de Protección Ambiental.

La verdad es que los avances que hemos tenido en Legislación Ambiental han permitido disminuir la contaminación ambiental.

Pero... hemos retrocedido en materia ambiental, aún cuando estamos comprometidos a nivel mundial con la sustentabilidad de nuestro planeta.

Tenemos que redoblar esfuerzos para dejar un mundo mejor a las futuras generaciones.

### **El Comité Técnico de Protección Ambiental el día de hoy (2023-2025)**

Está constituido:

Consejo de EXPRESIDENTES:

Ing. Miguel Ángel García Lara.

Ing. Rodolfo Torres Barrera.

Ing. Héctor Eduardo Ochoa López

Ing. José Luis Vázquez Vite

### **Consejo Directivo Período 2023-2025:**

Presidente:

Ing. Rodolfo Torres Barrera

Secretario:

Ing. Javier Villegas Galeana

Integrantes 2023-2025

Ing. Alma Leticia Carrera Sánchez

Ing. Elodia Tadeo Vadillo

Ing. Erika González Becerril

Ing. Irma Gloria González Guzmán

Ing. Agustín Ramírez Escalona

Ing. Alfonso Flores Ramírez

Ing. Carlos Enrique Hernández Díaz

Ing. Fernando Carranco Palomares

Ing. Gustavo Ángel Robelo Grajales

Ing. José Sámano Castillo

Ing. Martín Vázquez Morales

Ing. Miguel Ángel Valenzuela Piña

Ing. Rodolfo Sosa Echeverría

Ing. Rolando Javier Bernal Pérez

Dr. Víctor Hugo Páramo Figueroa

Miembros No Socios:

Dr. Marco Alfredo Murillo Ruiz

Ing. Juan Manuel Muñoz Meza

**Objetivo del Comité:** apoyar con sus diferentes especialidades en Ingeniería Ambiental a los sectores gubernamentales, académicos, de investigación y en el social fortaleciendo la Visión del IMIQ de “Participar e Influir en las Decisiones Nacionales” considerando específicamente los temas de Protección Ambiental.

Mecanismo: participar en la ELABORACIÓN DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL, REGLAMENTOS Y NORMAS, dando CAPACITACION A DISTINTAS INSTANCIAS GUBERNAMENTALES e INDUSTRIALES, realizando eventos conjuntos con participación de funcionarios gubernamentales, industriales, empresariales, académicos, y sociedad en general, a nivel nacional e internacional, en convenciones, congresos, sesiones plenarias, paneles, sesiones técnicas y mesas de trabajo además de tener convenios de colaboración con entidades gubernamentales, del sector educativo y del sector paraestatal.

**MISIÓN:**

Contribuir a la excelencia del IMIQ y de sus miembros.

**VISIÓN:**

Participar activamente en el fortalecimiento profesional de sus miembros y de la industria química.

Plan de Trabajo del Comité Técnico de Protección Ambiental, 2024.

- 1.- Concretar la participación de Ingenieros Químicos miembros de las diferentes Secciones Locales del IMIQ con lo que se fortalecerá el Comité.
- 2.- Realización de FOROS en diferentes Estados de la República Mexicana, con objeto de obtener los trabajos que se presentarán en futuros Congresos Ambientales y nuestra Convención Nacional.
- 3.- Organización de diversos cursos, conferencias y symposia.
- 4.- Colaboración con artículos para la Revista del IMIQ
- 5.- Participación en la Convención anual del IMIQ, coordinando mesas de trabajo.
- 6.- Participación en los diversos Comités de Normalización en el tema ambiental.



# La experiencia colegiada en la evaluación, prevención y control de la contaminación atmosférica.

Rodolfo Sosa Echeverría.

Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Rodolfo Torres Barrera. Corporativo Grupo SPECCSA, S. A. de C. V.

## Introducción

La Química y la Ingeniería Química, así como otras carreras afines, han mostrado a lo largo del tiempo una importante contribución para el beneficio de la humanidad, brindándole bienes y servicios que han venido sirviendo para mejorar la calidad de vida de la población.

En esta serie de procesos y operaciones con el fin de generar bienes y servicios es posible que se dé como efecto colateral negativo la contaminación ambiental a través de la generación de residuos y emisiones y que estos puedan tener un impacto hacia el suelo, el agua o la atmósfera. Ya una vez presente el impacto hacia los distintos compartimentos ambientales los receptores que pueden ser afectados son con primordial importancia la salud de la población, pero además se pueden afectar ecosistemas, cuerpos de agua, materiales ya sea con un fin comercial o como patrimonio cultural, entre otros.

En el presente artículo se tratarán conceptos generales, la situación de diferentes casos en materia de contaminación atmosférica y la experiencia que se ha venido dando por partes de asociaciones técnicas científicas para mejorar la calidad del aire con especial atención en las recomendaciones por parte del Comité Técnico de Protección Ambiental del IMIQ y del Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y de Químicos A.C. (CONIQQ) a través de sus Peritos en Protección Ambiental.

## Interacción de la contaminación atmosférica.

Los distintos aspectos ambientales siempre van a estar interrelacionados, por lo tanto, un problema ambiental deberá tratarse de manera integral. Además, existen interrelaciones con el clima y la meteorología. En el caso específico de la contaminación atmosférica ésta puede manifestarse en el aire ambiente, así como en el depósito atmosférico, ya sea húmedo o seco y estar influenciada por la meteorología y las reacciones de química atmosférica. La contaminación atmosférica y su interrelación con diversos aspectos como los climatológicos, son una excelente oportunidad para unir esfuerzos para el entendimiento y la solución de problemas ambientales (Fiore et al., 2015a y 2015b).

Las interacciones entre la calidad del aire y el clima ocurren en múltiples escalas de espacio y tiempo, a través de varios mecanismos que son presentados en la Figura 1. El ozono troposférico, que es un contaminante secundario, se forma a partir de reacciones fotoquímicas que involucran a sus precursores óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles no metano (COVNM), metano (CH<sub>4</sub>) o monóxido de carbono (CO).

Partículas finas con un diámetro aerodinámico menor a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>) pueden ser emitidas directamente de sus fuentes (partículas primarias), así como formarse en la atmósfera a través de reacciones químicas en fase gas y fase acuosa (partículas secundarias). Las emisiones directas son las principales fuentes de sal marina, polvo mineral, carbono negro (BC) y carbono orgánico (OC) de la combustión. Los componentes secundarios incluyen sulfato (a través de la oxidación de sus precursores como el SO<sub>2</sub> y sulfuro de dimetilo [DMS]), el nitrato de amonio (a través de reacciones con NOx y NH<sub>3</sub>), y aerosoles orgánicos secundarios (SOA); a través de la oxidación de algunos COVNM.

La abundancia de los aerosoles secundarios, cuyo estudio ha ido cobrando mayor importancia, también depende de las fuentes antropogénicas que afectan su formación a partir de sus precursores emitidos (Unger et al., 2006; Carlton et al., 2010; Shindell et al., 2009; Leibensperger et al., 2011).

Las especies antropogénicas y naturales emitidas incluyen CH<sub>4</sub>, CO, COVNM, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, BC y OC, DMS, de la biota oceánica, polvo mineral y sal marina (Isaksen et al., 2009; Jacob y Winner 2009 y Fiore et al., 2012).

En la Figura 1, el texto en naranja describe los procesos atmosféricos de: formación, eliminación y transporte de los contaminantes atmosféricos. El texto negro con flechas gruesas indica la sensibilidad de estos procesos al calentamiento climático; las flechas más finas denotan una menor confianza o variabilidad regional en el signo del cambio (el aumento es hacia arriba, mientras que la disminución es hacia abajo, la flecha de doble sentido implica que no hay claridad en el sentido de cambio) en respuesta a un calentamiento climático. Los símbolos negros dobles entre paréntesis indican cómo responden (O<sub>3</sub> y partículas) al cambio indicado en cada proceso (para las flechas de doble sentido, la respuesta (O<sub>3</sub> y PM<sub>2.5</sub>) denota que hay un incremento en el proceso indicado un aumento en el proceso: (++) consistentemente positivo, (+) generalmente positivo, (=) débil o variable; (-) generalmente negativo, (--) consistentemente negativo, (?) incertidumbre en el signo de la respuesta y (\*) la respuesta depende de los cambios de los niveles de los oxidantes. Otro aspecto a considerar son los contaminantes atmosféricos como aerosoles biológicos primarios, por ejemplo, polen, hongos, bacterias, algas y virus (Després et al., 2012).

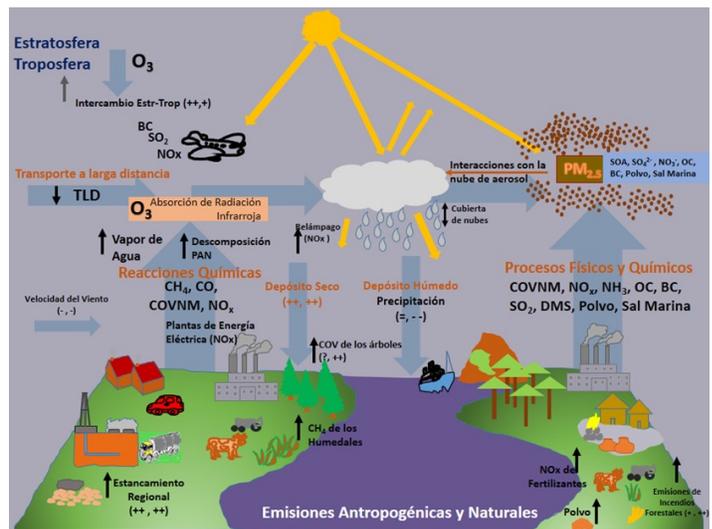


Figura 1. La calidad del aire y las conexiones climáticas (Fiore et al. 2015).

La producción, distribución y utilización de combustibles fósiles (por ejemplo, en centrales termoeléctricas, calefacción de tipo residencial, carreteras, vehículos, barcos y aeronaves) son las principales fuentes de precursores de partículas, O<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El CH<sub>4</sub> antropogénico se emite a partir de actividades agrícolas, crianza de ganado, vertederos y plantas de tratamiento de aguas residuales. La emisión durante la producción de gas natural, particularmente a través de las operaciones de fracturación hidráulica, es un tema que actualmente está recibiendo atención (Brandt et al., 2014).

Muchos contaminantes atmosféricos y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) tienen fuentes naturales: los incendios forestales producen todas las especies que se muestran en la Figura 1, la biósfera terrestre emite COVNM y NO<sub>x</sub>; la biósfera oceánica es una fuente de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>, vía la oxidación de DMS) y posiblemente carbón orgánico (Quinn y Bates, 2011). El aerosol de sal marina se considera natural, mientras que la fuente de polvo mineral puede ser influenciada por las actividades humanas (Ginoux et al., 2012).

Los relámpagos son una fuente de NO<sub>x</sub>, y los volcanes liberan SO<sub>2</sub>. La fuente individual más grande de CH<sub>4</sub> son los humedales. Muchas de estas especies se eliminan de la atmósfera por reacciones químicas, fotólisis o depósito atmosférico. Las partículas son removidas, tanto por el depósito húmedo como por el depósito seco, con mayores tasas de depósito atmosférico húmedo para las especies solubles y para las mezclas que dominan la fracción fina.

Las variables climáticas representan respuestas termodinámicas locales, así como cambios más amplios en la circulación atmosférica, los cuales pueden sufrir fluctuaciones climatológicas que en respuesta a los cambios en el balance de energía inducida por la perturbación de la abundancia de GEI y partículas. Estos cambios en el clima afectan las fuentes y los sumideros de contaminantes atmosféricos.

También se alteran los procesos químicos y de transporte modulando la formación y acumulación de contaminación desde la superficie cercana a la atmósfera donde son peligrosos para la salud humana, vegetación y las construcciones.

En los Estados Unidos el CH<sub>4</sub> no está actualmente regulado como un precursor de O<sub>3</sub> ya que, por su tiempo de vida, alrededor de una década, no contribuye a nivel local o regional a episodios de contaminación por O<sub>3</sub> (Fiore et al., 2002), cabe mencionar que el metano fue considerado como hidrocarburo no reactivo. Los retos climáticos para la política sobre la contaminación del aire de los Estados Unidos implican la reducción de emisiones de CH<sub>4</sub> para de manera simultánea alcanzar una mejora en la calidad del aire y los objetivos climáticos (US-EPA, 2009). Este panorama de incluir las metas climáticas, implica además cuantificar el calentamiento climático inducido por la reducción de componentes, como el sulfato en las partículas PM<sub>2.5</sub> que originan un enfriamiento (Raes y Seinfeld, 2009). Los vehículos y las unidades de generación de electricidad inicialmente destinadas a reducciones de CO<sub>2</sub> ya han sido reguladas durante décadas bajo la Ley de Aire Limpio, para mejorar la salud, reducir la lluvia ácida y el deterioro de la visibilidad, aunque esos controles no disminuyeron el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Bachmann, 2007; Watson, 2002).

De acuerdo con el último Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI), entre 1990 y 2010 las emisiones nacionales de GEI crecieron al 1.45% anual. De los seis principales GEI, destacan el

bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), cuya fuente principal es el sector energético que incluye el consumo de combustibles fósiles; y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) producido por procesos biológicos, la combustión industrial y los gases de escape de vehículos de combustión interna. Ambos contaminantes, además de contribuir a la perturbación del balance de energía planetaria y al ciclo hidrológico, favorecen a la formación del depósito atmosférico ácido (lluvia ácida).

La reacción del vapor de agua con el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera (≈300 ppm) conlleva a la formación de ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), el cual hace descender el pH de la lluvia hasta 5.6 unidades, siendo éste, su pH de forma natural. Por lo que el incremento en la concentración anual de CO<sub>2</sub> implica una disminución en el pH natural de la lluvia, incrementándose dicha acidez con la presencia de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, originados principalmente por la quema de combustibles fósiles.

La producción excesiva de alimentos y el uso masivo de fertilizantes nitrogenados, incrementa el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y los NO<sub>x</sub> en la atmósfera, donde una cantidad significativa es transformada a N<sub>2</sub>O, aunque su emisión es baja con respecto al CO<sub>2</sub>, contribuye con el 6% al efecto invernadero ya que tiene un potencial global de calentamiento 200-300 veces superior al CO<sub>2</sub>, su conversión a óxido nítrico (NO) además de alterar la capa de ozono al catalizar las reacciones de los compuestos clorados y bromados que abaten el O<sub>3</sub>, incrementa la formación de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) causando la formación de lluvia ácida.

No se ha demostrado que la lluvia ácida ocasione efectos nocivos directos en la salud humana, los riesgos potenciales se relacionan con la exposición continua a sus precursores, (SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>); sin embargo, la lluvia ácida puede provocar efectos indirectos, ya que su constante depósito puede disolver metales y sustancias tóxicas en suelos, rocas, conductos y tuberías, que son transportados hacia los sistemas de agua potable. En zonas afectadas por la lluvia ácida con alto contenido de metales pesados, existe la posibilidad de que dichos metales sean absorbidos por las plantas, líquenes y algas de ecosistemas terrestres o acuáticos y afecten a organismos superiores (peces, aves, mamíferos, etc.), incluyendo al hombre, después de consumir y acumular cantidades considerables.

El estudio de la contaminación atmosférica en México En México, el sitio que más se ha estudiado a lo largo del tiempo en materia de contaminación atmosférica es la Ciudad de México, por ser el centro político, económico y comercial de nuestro país.

Desde su fundación en 1325 la Ciudad de México, en ese entonces Tenochtitlan, hasta nuestros días ha venido sufriendo problemas ambientales, en gran medida por haberse localizado en un islote en medio de un lago que a lo largo del tiempo se fue secando con el propósito de evitar inundaciones. En materia de contaminación atmosférica cabe destacar lo señalado por José Antonio de Alzate y Ramírez en la Gaceta Literaria de México en 1792 (Alzate R. J.A. 1792):

“En México se hallan establecidas más de cuarenta panaderías otras tantas tocinerías, una infinidad de mujeres que fabrican atole, muchísimas nenepileras que de noche cuecen las partes útiles de cabezas de carneros y toros, los pies de estos cuadrúpedos y sus intestinos, etcétera. En las panaderías al amanecer ya tienen finalizada la primera hornada de pan, en las tocinerías hay continuamente fuego para fabricar jabón, purificar la manteca; el humo que resulta de la infinidad de fogones que arden por la noche, necesariamente llenan el aire que nos rodea de infinidad de partículas que se le mezclan y como éste aquí es tan delgado y de noche se enfría, las partículas desprendidas del combustible permanecen en la parte inferior de la atmósfera hasta que el aire enrarecido por el calor del sol, opuesto en movimiento por otras causas, muda de lugar y transporta las emanaciones que desprenden del mucho combustible que se consume diariamente en México. Considérese ¡cuanto humo debe desprenderse de más de treinta y seis mil habitaciones! Agréguese a esto que, al amanecer, las recuas se aproximan a la ciudad para introducir efectos levantando mucho polvo al caminar y así no es mucho formen una polvareda que de lejos presenta un aspecto triste.

Ha habido un día en que han entrado en real aduana cuatro mil mulas, agréguese a estas las que conducen carbón, leña, harina y otros muchísimos útiles, y se vendrá en conocimiento de que tanta mula debe formar un espeso polvo, por lo que a alguna distancia de la ciudad se ve la atmósfera como un torbellino, pero ¡qué al contrario se experimenta esto al interior de la ciudad! No impide ejecutar observaciones delicadas de astronomía; el pecho no se resiente por respirar aire cargado con las exhalaciones referidas, no son corrosivas; y si los cocineros, los oficiales de panadería lo sufren en las inmediaciones del fogón ¿cómo podrán los vecinos padecer cuando las exhalaciones se difunden en una amplitud de aire que tiene por los cuatro vientos una legua?” Es muy interesante observar como desde el siglo XVIII, se dan los primeros argumentos para la interacción entre ciencias ambientales y atmosféricas.

Posteriormente, cabe mencionar los trabajos de Miguel Ángel de Quevedo y Zubieta en 1927 con la Sociedad Forestal Mexicana (Quevedo Z.M.A. 1927), en donde se trabajó en el tema de las polvaredas de los terrenos tequezquitosos del antiguo Lago de Texcoco y los procedimientos de enyerbe para remediarlas, para lo cual se señalaba que la forestación con árboles, arbustos, hierbas y pastos resistentes a la sal era la mejor vía económica y técnicamente posible para restablecer la salubridad, regularizar el clima, evitar la erosión, y también contribuir a la belleza del paisaje.

Los primeros estudios sobre contaminación atmosférica en México datan de finales de la década de los 50s y consistieron en el estudio del depósito de polvos por gravedad en la Ciudad de México ocasionado por la presencia de tolveneras (Bravo et al. 1960).

Haciendo un poco de historia, la presencia de tolveneras se debió al haber secado el Lago de Texcoco con el propósito de evitar inundaciones y de ahí con los terrenos ganados al Lago se fue ampliando la mancha urbana. Posteriormente los ríos fueron entubados también para evitar inundaciones, los cuales a lo largo del tiempo se transformaron en drenaje transportando aguas residuales confluendo hacia el canal del desagüe. Un problema ambiental actual es el tratamiento incompleto de las aguas residuales en la Ciudad de México y el no separar el drenaje pluvial para aprovechar el recurso hídrico. Además, la sobresaturación del drenaje puede ocasionar inundaciones durante la época de lluvias, magnificado este problema por el vertimiento de residuos sólidos a las alcantarillas. A su vez los venteos de la red de alcantarillado constituyen fuentes de emisión de contaminantes altamente tóxicos como el ácido sulfhídrico y gases de efecto de invernadero como el metano. Con lo anteriormente expuesto se confirma la interacción entre el aire, el agua y el suelo o residuos.

En los años 80s iniciaron las mediciones de calidad del aire en la estación de monitoreo de calidad del aire ubicada en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, detectándose los principales contaminantes atmosféricos como partículas SO<sub>2</sub> y plomo.

En la figura 2 se ilustra la evolución de la calidad del aire en la Ciudad de México



Figura 2. Evolución de la calidad del aire en la Ciudad de México.

Estrategias para mejorar la calidad del aire en la Ciudad de México

Las medidas aplicadas desde finales de los 80s tuvieron éxito en la reducción de plomo, así como SO<sub>2</sub> y partículas, sin embargo hubo un incremento en las concentraciones de ozono (Bravo et al. 1988, 2006), las cuales llegaron a su máximo en 1992 y a partir de ahí con base en la suma de distintas estrategias se fueron reduciendo paulatina-

mente, tal y como es apreciado en la figura 3, realizada por la Secretaria de Medio Ambiente del Gobierno de la CDMX (SEDEMA) en la cual se visualizan las concentraciones de O<sub>3</sub> y su comportamiento al paso de los años. Aun a la fecha no se ha logrado cumplir con la norma de calidad del aire correspondiente por lo cual es necesario continuar trabajando.

En 2003 fue detectado el efecto pistón en las concentraciones de ozono, el cual consiste en la reducción de los niveles máximos de ozono, con el incremento resultante de las concentraciones intermedias, estando desafortunadamente las concentraciones intermedias por arriba de su norma de calidad del aire. Este comportamiento es equiparable al inflado de una llanta o balón con un pistón, al principio es fácil inflarlo, pero conforme avanzamos se hace más difícil, en ingeniería de control de contaminación, al principio es relativamente fácil disminuir las emisiones con las primeras medidas de control, sin embargo, conforme se requiere un mayor control cada vez va a ser más complicado y costoso (Bravo et al. 2003).

Recomendaciones para mejorar la calidad del aire

El sector gobierno en la CDMX ha venido aplicando diversas estrategias para mejorar la calidad del aire, las cuales se ilustran en la figura 3.

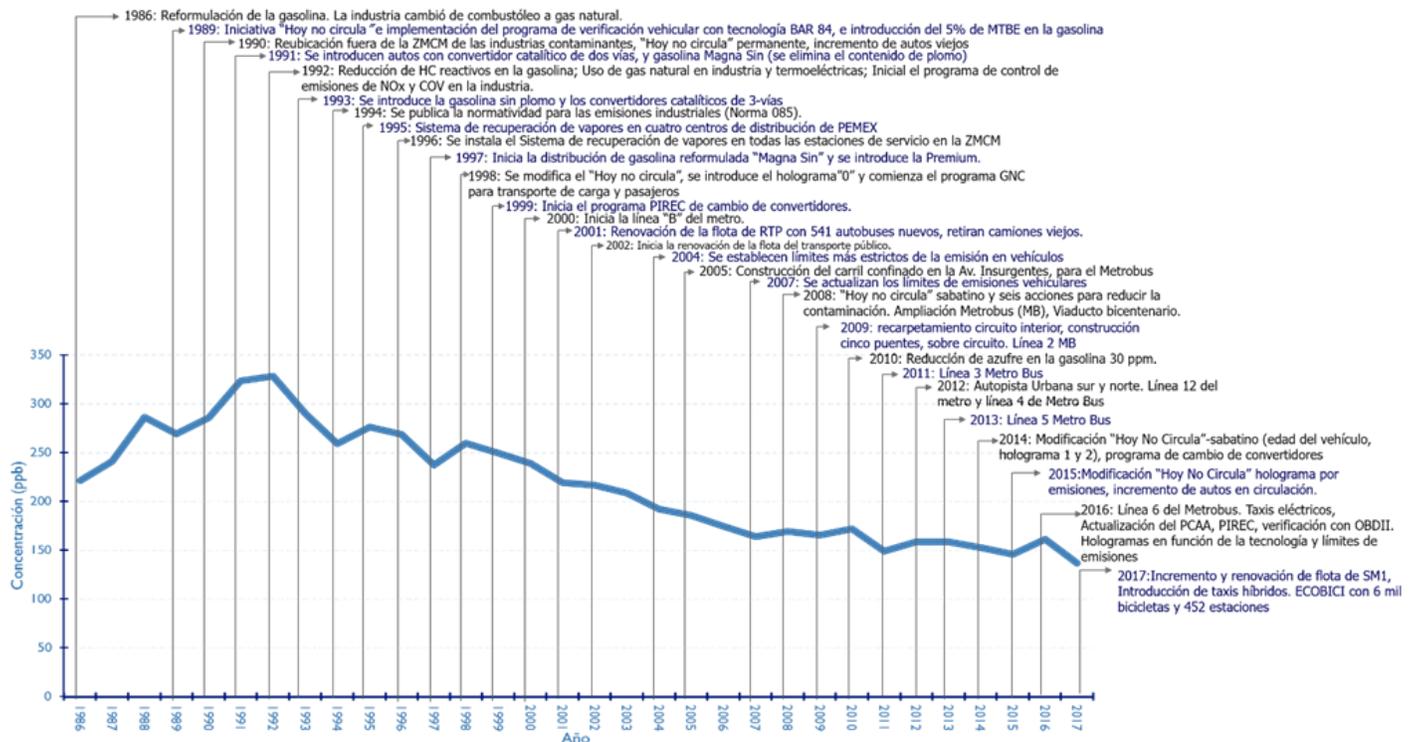


Figura 3.- Evolución de las concentraciones de ozono en la CDMX y estrategias para mejorar la calidad del aire (SEDEMA).

Uno de los problemas ambientales que actualmente persisten en la Ciudad de México es el de la lluvia ácida, el cual, a pesar de los esfuerzos realizados para disminuir la emisión de precursores, sobre todo de SO<sub>2</sub> y de cumplir satisfactoriamente con su norma de calidad del aire, tiene en la composición química del depósito atmosférico húmedo al sulfato como mayor componente, lo cual indica que el azufre sigue siendo un tema importante a controlar (Sosa et al. 2019). Por lo anterior, no basta solamente con reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos al interior de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), si no también hacerlo al exterior, ya que un impacto importante proviene de las fuentes externas viento arriba como puede ser la zona crítica Tula Vito Apasco en donde no se han aplicado medidas estrictas para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos, como si se ha hecho en la ZMCM (Sosa et al. 2020).

### **Recomendaciones de grupos colegiados**

Con el fin de generar una serie de recomendaciones que coadyuven a mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), se ha venido recopilando información por más de tres décadas con el propósito de analizar la evolución del problema, determinar las medidas de control o prevención necesarias y proponer acciones efectivas en función de la experiencia de expertos participantes en órganos colegiados, destacando las reuniones de expertos por parte de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (SMISA 1990 y 1991) y del Comité Técnico Permanente de Protección Ambiental del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ 1996).

Como punto de partida, se reconoce que la contaminación atmosférica en la ZMCM es un problema complejo y de alto riesgo para la salud humana. Asimismo, se establece que no existen soluciones mágicas, ni medidas correctivas únicas, que todas las acciones son aditivas, ninguna sustituye a otras y aunque en apariencia su eficiencia sea baja, la suma de todas ellas podrá mejorar paulatinamente la calidad del aire.

Se deben adoptar políticas agresivas y de largo plazo que permitan verificar separadamente y en conjunto la eficiencia de cada medida o acción y darles continuidad a los programas existentes que así lo ameriten o a los nuevos que se definan.

En las acciones recomendadas a lo largo del tiempo participaron profesionales por parte del Comité Técnico de Protección Ambiental del IMIQ (Aldana et al. 1998 a y b)

y del Consejo Certificador de Peritos del CONIQQ. Las recomendaciones de manera resumida se presentarán a continuación considerando: fuentes fijas, fuentes móviles y acciones coadyuvantes.

### **Fuentes fijas.**

Considerando que desde los años 90s se había logrado una mejora importante en la calidad de los combustibles industriales consumidos en la ZMCM con respecto a su contenido de azufre alcanzándose niveles aceptables en las concentraciones de bióxido de azufre en la atmósfera, los nuevos esfuerzos de control deberán enfocarse a la reducción de partículas, así como de los precursores del ozono. Al respecto se propone lo siguiente:

Establecer normas de límites de emisión de hidrocarburos reactivos y óxidos de nitrógeno en establecimientos industriales y de servicio.

Dar atribuciones a las autoridades locales para la aplicación de la normatividad correspondiente, para evitar el centralismo ambiental.

Es necesario que las autoridades hacendarias del país establezcan mecanismos crediticios directos para la adquisición de equipos de medición de emisiones de la atmósfera o modernización de sus procesos, tomando en cuenta que la situación económica actual impide a la mediana y pequeña industria contar con estos recursos financieros.

Establecer un esquema de incentivos fiscales a la fabricación y adquisición de equipos y sistemas de control de la contaminación del aire, a fin de dar estímulos a la producción nacional de tales equipos. Esta acción servirá para activar un sector económico que, en nuestro país no ha tenido el despegue que se ha presentado en otros, donde ocupan un lugar importante como generador de empleos y participante del producto interno bruto.

Es esencial promover entre los industriales el autocontrol y cuidado del ambiente, como forma de reducir los costos de producción y en el caso de la industria de exportación, como medidas de promoción comercial, tal y como lo establecen mecanismos de gestión ambiental moderna.

Se propone que grupos colegiados evalúen los resultados y operación de los instrumentos de gestión ambiental como son: manifestaciones de impacto ambiental, estudios de análisis de riesgo, auditorías ambientales, etc.

## Fuentes móviles

Considerando que una de las acciones que tienen mayor incidencia en una reducción real en la emisión de contaminantes por vehículos automotores es su mantenimiento y uso de combustibles adecuados, así como tomando en cuenta la evaluación del Programa de Verificación Vehicular en la ZMCM, se considera fundamental para terminar con la corrupción, que es como la opinión pública y algunos estudios califican a este programa, las siguientes acciones:

Devolver al programa la filosofía que le dio origen a nivel internacional, la inspección-mantenimiento, ya que la sola verificación no reduce la emisión de los contaminantes, sino el mantenimiento adecuado, del cual la verificación debería ser una simple comprobación.

Para ello, la verificación se debería llevar a cabo en coordinación con talleres automotrices cuya calidad ética de servicio, fundamentada en equipo electrónico adecuado y en la capacitación correspondiente de su personal, asegure un buen mantenimiento automotriz que reduzca la emisión de contaminantes y sea corroborado por la verificación posterior.

En breve, debería de modificarse el mecanismo de verificación para poder medir emisiones reales por kilometraje, con base en ciclos de manejo que sean adecuados para la zona.

Adicionalmente, se propone utilizar sistemas de monitoreo remoto de emisiones contaminantes, para detectar en circulación a los vehículos que rebasan las normas establecidas.

Considerando que actualmente existen tecnologías cuya emisión, es prácticamente, cero, tales como el uso de gas natural comprimido en vehículos equipados con convertidor catalítico de tres vías, el cual, adicionalmente presenta condiciones muy altas de seguridad en su manejo, se propone el establecer un programa de promoción intensiva del uso de este combustible en vehículos de flota, incluyendo el transporte público. Lo anterior previo a los estudios de factibilidad técnica, evaluación de impacto ambiental y análisis de riesgo necesarios.

Además, deberán de promoverse otras tecnologías de bajas emisiones a la atmósfera como son los vehículos híbridos, eléctricos, solares, y de gas, así como los que utilizan hidrógeno como combustible, estos últimos en condiciones apropiadas.

La falta de mantenimiento, aunada a la antigüedad de los vehículos y uso de combustibles inadecuados son las causas más importantes del problema de contaminación atmosférica en la ZMCM. Al respecto, considerando la situación económica del país, se propone al incentivar el mantenimiento vehicular y la situación de los mismos mediante acciones tendientes a:

Vigilar el funcionamiento de convertidores catalíticos, incentivar la actualización del parque vehicular adecuando la relación de costos de la tenencia vehicular correspondiente.

Por otro lado, tomando en cuenta que el Programa Hoy No Circula, ha sido objeto de críticas severas por los efectos secundarios que ha conllevado además del disgusto de la ciudadanía, se proponen las siguientes acciones:

Establecer mecanismos para hacer cumplir los Reglamentos de Tránsito en la ZMCM, estableciendo sanciones económicas altas, mismas que se apliquen efectivamente a cualquier infractor, sea particular, del servicio público o vehículo oficial. Esta medida tendrá como efecto el logro de un cambio de conducta real ya que los mecanismos típicos de corrupción se volverán también muy onerosos, con lo cual el responsable buscará el evitar su sanción.

Siendo el transporte público ejemplo del incumplimiento de la legislación vigente, es necesario que al nivel requerido se establezcan los mecanismos eficientes y efectivos para que toda la flota vehicular de transporte público cumpla con los niveles de emisiones de contaminantes establecidos. Igual política deberá observarse con los vehículos de las dependencias del Sector Público.

En un programa serio de reestructuración del transporte de la Zona Metropolitana deberá de ser prioritario considerar las siguientes recomendaciones:

Cambio del actual transporte de baja capacidad (Combis y Microbuses), por vehículos de mayor capacidad, a fin de reducir sustancialmente el número de vehículos en circulación. El uso de vehículos de baja capacidad sólo debe de autorizarse para zonas cuya topografía o vialidad no permita el uso de autobuses de gran capacidad.

La vialidad de la ZMCM debe de considerarse como un todo en su conjunto, eliminando "los cuellos de botella" que se presentan en los límites territoriales de la Ciudad de México.

Deberá mejorarse la vialidad de la zona respetando topes establecidos para protección de los peatones; de igual forma deberán establecerse claramente las zonas de paso peatonal. Al estar comprobado el impacto en la calidad del aire que los topes pudieran generar, deberán evaluarse ya sea para su sustitución o adecuación sin dejar de entender que la presencia es un aspecto de seguridad tanto para los peatones como para los conductores.

Deberán de establecerse bases para el uso de taxis en la Ciudad de México, estas bases no deberán de crear problemas de vialidad y buscarán el evitar la circulación de taxis en busca de usuarios, se propone bases de no más de cinco vehículos a la vez.

De igual forma deberán establecerse paradas fijas para el transporte público, estableciendo campañas educativas a sus usuarios para que las respeten, y una estricta sanción a su incumplimiento.

#### **Acciones coadyuvantes.**

Hacer obligatorio los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental de medidas que afecten el ambiente, tales como la introducción de nuevos combustibles, de programas restrictivos del tránsito vehicular, cambios de horarios como el de verano; todo ello con el fin de reducir o eliminar efectos ya existentes sobre la calidad del ambiente o daños a salud.

Se debe establecer un mecanismo para hacer efectivo el derecho a la información sobre datos técnicos de contaminación ambiental, especificaciones de combustibles, estudios sobre reactividad de los mismos, datos toxicológicos de subproductos y residuos, etc.

Se propone que las NOM de especificaciones de los combustibles sean revisadas por grupos colegiados de expertos y responsables de toma de decisiones, a fin de establecer parámetros más estrictos o nuevos para garantizar no sólo la buena calidad de estos, sino tener combustibles adecuados a las condiciones de esta zona crítica.

La razón se sustenta en la reducción de tránsito vehicular en periodos de vacaciones escolares, lo cual tendrá como consecuencia reducir la emisión de contaminantes en épocas críticas.

Promover, mediante incentivos fiscales efectivos, la transportación masiva de trabajadores, así como la generalización del uso del transporte escolar.

En la actualidad además de buscar la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos criterio y tóxicos se deberá buscar la reducción de gases de efecto de invernadero. Como ejemplo podemos mencionar la experiencia internacional en el tratamiento de emisiones con carácter ácido, básicamente conteniendo SO<sub>2</sub> y HCl, consistente en el tratamiento alcalino para su neutralización.

Esta medida es exitosa en la reducción de las emisiones de ambos contaminantes, no obstante, debe ponerse atención en seguir tratando el efluente líquido para no contaminar el cuerpo de agua receptor y/o dar seguimiento al residuo sólido generado por el tratamiento, es decir todos los aspectos ambientales están interrelacionados y las estrategias deben ser integrales. Algunas Investigaciones indican que es posible tratar las emisiones de CO<sub>2</sub> por esta vía, pero lo más interesante es que el residuo generado en el control de las emisiones puede llevar a cabo una carbonatación capturando de esta manera el CO<sub>2</sub> de la atmosfera (Pan et al. 2012, Grosso et al. 2020).

#### **Metas de calidad del aire**

La prevención, minimización y control de la contaminación atmosférica requiere de un trabajo continuo y permanente en donde se aplicarán medidas a corto, mediano y largo plazo. Por ejemplo, en la primera etapa se pueden optimizar procesos, posteriormente en caso de ser necesario emplear equipo de control. Los profesionales de la Química jugamos un papel determinante en la revisión de procesos y operaciones para disminuir el impacto ambiental, como pueden ser modificación de condiciones de operación, cambio de materias primas, adecuación de equipos, mantenimiento, buenas prácticas de ingeniería, etc.

La idea es no solamente dar una solución al final del tubo sino atender el problema con una revisión a detalle de los procesos.

El ir avanzando hacia una mejora en la calidad del aire y lograr cumplir con los límites permisibles para la protección de la salud puede llevar bastante tiempo, pero lo importante es siempre ir avanzando en la mejora tal y como se presenta en la figura 4, para en un futuro dar una calidad del aire satisfactoria para la población, esto es que las concentraciones de los contaminantes atmosféricos no representen un riesgo para la población.

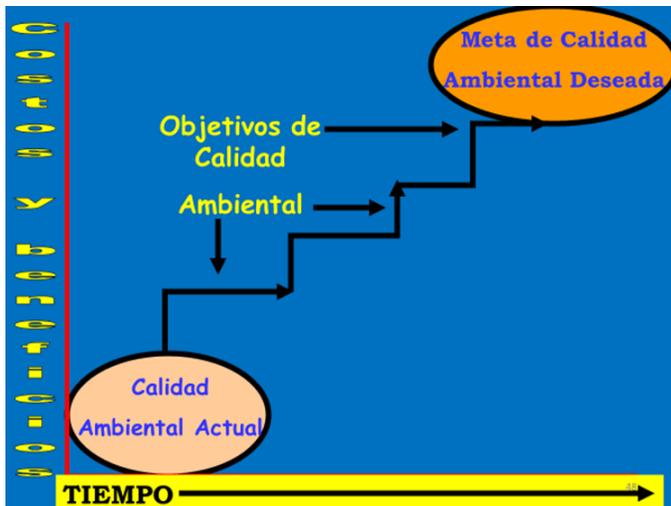


Figura 4.- Objetivos para llegar a la meta de calidad ambiental

En las regiones en donde no se cumpla con una calidad del aire adecuada se irá trabajando de una manera paulatina a través de objetivos de calidad ambiental para al final lograr la meta que es el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

En las regiones en donde se cumpla con las normas de calidad del aire se podrán proponer niveles de concentración menores a no rebasarse como medida preventiva y proponer un programa para la prevención del deterioro significativo (PDS) (Sosa et al. 2009). La aplicación del PDS es una propuesta para regiones turísticas, parques nacionales, reserva de la biosfera, patrimonio natural o cultural por parte de la UNESCO, entre otros, Para poder identificar regiones en donde se cumplan o no las normas de calidad del aire deberá existir todo un sistema de redes de monitoreo que operen correcta y oportunamente, sin embargo, este sigue siendo un gran reto en México.

### Colaboración multisectorial

Para la solución de los problemas ambientales es indispensable trabajar de una manera inter, multi y transdisciplinaria, por lo cual es fundamental involucrar a todos los sectores.

La aportación técnica-científica, tanto a nivel nacional como internacional, por parte del sector académico es requerida para la toma de decisiones, no obstante, el sector industrial contribuirá en la aplicación de las medidas y el sector gubernamental dar la legalidad y la voluntad política. La participación de la sociedad también es muy importante en un ambiente propositivo con el mismo fin

de mejorar la calidad del aire que a todos nos afecta y a todos nos involucra en su mejora (Figura 5). El trabajo realizado por organismos colegiados es de suma importancia ya que estos están conformados por especialistas reconocidos por su alto nivel ético y técnico de los diferentes sectores involucrados, cabe mencionar al IMIQ, a la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (SMISA), el CONIQQ, así como a la Air & Waste Management Association (A&WMA), entre otros.

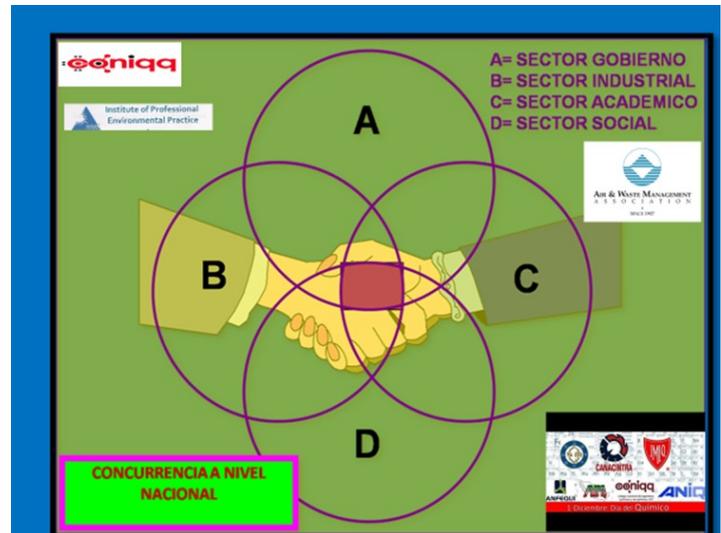


Figura 5. Concurrencia a nivel nacional para la solución de problemas ambientales.

### Conclusiones y Recomendaciones

Dado que el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía se va a seguir dando en el corto y mediano plazo es necesario utilizar las mejores tecnologías de control existentes, que contemplen la reducción de contaminantes atmosféricos criterio, tóxicos y gases de efecto de invernadero.

Las tecnologías a utilizar procurarán resolver el problema de contaminación atmosférica y no llevarlo a otro medio, dando un seguimiento integral para no contaminar el agua o el suelo.

Hacer obligatorio los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental en toda actividad o proyecto que pueda afectar el ambiente, esto permitirá detectar con anticipación efectos colaterales negativos y mitigarlos antes de la implementación del proyecto en cuestión.

Considerar en las estrategias para la prevención, minimización y control de la contaminación atmosférica el mejorar la calidad del aire para contaminantes criterio, contaminantes tóxicos y reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Debido a que la exposición de la mayor parte de la población se da en ambientes interiores, poner atención a la evaluación de la calidad del aire en este tipo de ambientes, con mayor razón porque las mediciones llevadas a cabo por las redes de monitoreo son representativas de la calidad del aire en el exterior.

Las estrategias para mejorar la calidad del aire deberán considerar como prioridad la salud de la población y tomar en cuenta la participación de los sectores académico, industrial, gubernamental y social, entre otros, para que éstas sean realistas y aplicables.

Es prioritaria la participación de expertos en los distintos aspectos ambientales, trabajando de una manera inter, multi y transdisciplinaria con otros especialistas, en salud, derecho, procesos, políticas públicas, etc., para dar solución a los problemas ambientales con un beneficio directo para la sociedad.

### Reconocimientos

Esta obra está dedicada a la memoria de tres destacados miembros del IMIQ, Peritos en Protección Ambiental del CONIQQ y a nivel internacional como "Qualified Environmental Professional" (QEP) por el "Institute of Professional Environmental Practice", quienes desafortunadamente ya fallecieron después de una brillante trayectoria por varias décadas al servicio de México en materia de protección ambiental: Dra. Matilde Espinosa Rubio, Dr. Humberto Bravo Álvarez y M. en C. Porfirio Aldana Torres.

Reconocemos el invaluable trabajo del ingeniero Enrique Tolivia Meléndez (QEP), miembro del IMIQ y Perito del CONIQQ, quien a lo largo de varias décadas participó en las recomendaciones para prevenir y controlar la contaminación atmosférica en México y que parte de éstas son plasmadas en este artículo considerando los trabajos realizados a través del Comité Técnico de Protección Ambiental del IMIQ, del Consejo de Certificación de Peritos del CONIQQ, la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y la Sección México de la "Air & Waste Management Association".

Agradecemos el apoyo de la M. en I. Ana Luisa Alarcón Jiménez y del Biólogo Pablo Sánchez Álvarez, Técnicos Académicos del Grupo de Contaminación Ambiental del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la UNAM, así como a la Dra. Mónica Jaimes Palomera de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, su invaluable apoyo para la realización de este artículo.

### Referencias

Aldana T.P., Bravo A.H., Espinosa R.M., Sosa E.R., Tolivia M.E., Torres B.R. (1999a). "Problemática de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México" Comité Técnico de Protección Ambiental. Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Año XL, Vol. 5-6, Mayo-Junio, pp. 33-37. ISSN 0188-7319.

Aldana T.P., Bravo A.H., Espinosa R.M., Sosa E.R., Tolivia M.E., Torres B.R., (1999b). "Recomendaciones para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México". Comité Técnico de Protección Ambiental. Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Año XL, Vol. 7-9, Julio-Septiembre; pp. 39-41. ISSN 0188-7319.

Álzate R.J.A. (1792). Gaceta Literaria de México.

Bachmann, J. (2007). Will the circle be unbroken: A history of the U.S. National Ambient Air Quality Standards. *J. Air Waste Manage.* 57(6): 652–97. doi:10.3155/1047-3289.57.6.652.

Brandt, A. R., G. A. Heath, E. A. Kort, et al. (2014). Methane leaks from North American natural gas systems. *Science* 343(6172): 733–35. doi:10.1126/science.1247045.

Bravo A.H., Báez A.P., S. Lares (1960). Estudio del depósito de polvo por gravedad en la Ciudad de México". *Revista Ingeniería Química*. 26-28.

Bravo A.H., Perrin G.F., Sosa E.R., Torres J.R. (1988). "Incremento de la contaminación atmosférica por ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México". *Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. 1-1 pp. 8-14 México, D.F.

Bravo A.H., Sosa E.R., Sánchez A.P., Jaimes P.M., Lefhon A.S. (2003). "The Piston Effect Observed in Ozone Concentrations in México City". *The Urban Environment. Air & Waste Management Association Magazine for Environmental Managers (EM)*. August, pp 18-21. ISSN 1079-7343.

Bravo A.H., Sánchez A.P., Sosa E.R., Keener T., Lu M. (2006). "The Potential Impact of Gasoline Additives on Air Quality in Developing Countries". *Clean Technologies and Environmental Policy*. ISSN: 1618-954X (Paper) 1618-9558 (Online). Published online: 19 November 2005. Vol. 8, 174-181.

Carlton, A. G., R. W. Pinder, P. V. Bhavé, and G. A. Pouliot. (2010). To what extent can biogenic SOA be controlled? *Environ. Sci. Technol.* 44 (9):3376-80. doi:10.1021/es903506b.

Després, V. R., J. A. Huffman, S. M. Burrows, C. Hoose, A. S. Safatov, G. Buryak, J. Fröhlich-Nowoisky, W. Elbert, M. O. Andreae, U. Pöschl, and R. Jaenicke. (2012). Primary biological aerosol particles in the atmosphere: A review. *Tellus B* 64: 1–58. doi:10.3402/tellusb.v64i0.155598.

Fiore, A. M., D. J. Jacob, B. D. Field, D. G. Streets, S. D. Fernandes, and C. Jang. (2002). Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane. *Geophys. Res. Lett.* 29(19): 1919. doi:10.1029/2002GL015601.

- Fiore, A. M., V. Naik, D. V. Spracklen, et al. (2012). Global air quality and climate. *Chem. Soc. Rev.* 41: 6663–83. doi:10.1039/c2cs35095e.
- Fiore M. A., Vaishali N. and Leibensperger M.E. (2015a). A summary of the 45th A&WMA Critical Review: Air quality and climate connections. *em Magazine for environmental managers*, june, pp. 31-35.
- Fiore M. A., Vaishali N. and Leibensperger M.E. (2015b). Air quality and climatic connections. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(6):645-685. DOI. 10.1080/10962247.2015.1040526.
- Ginoux, P. A., J. M. Prospero, T. E. Gill, C. Hsu, and M. Zhao. (2012). Globalscale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. *Rev. Geophys.* 50: RG3005. doi:10.1029/2012RG000388.
- Grosso M., Biganzoli L., Campo F. P., Pantini S., Tua C. 2020. Literature review on the assessment of the carbonation potential of lime in different markets and beyond. Report prepared by Assessment on Waste and Resources (AWARE) Research Group at Politecnico di Milano (PoliMI), for the European Lime Association (EuLA). Pp. 333
- IMIQ. "Recomendaciones para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México". (1996). Comité Permanente de Protección Ambiental. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Edición Especial, 5 de Junio.
- Isaksen, I. S. A., C. Granier, G. Myhre, et al. (2009). Atmospheric composition change: Climate–chemistry interactions, *Atmos. Environ.* 43: 5138–92. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.08.003.
- Jacob, D. J., and D. A. Winner. (2009). Effect of climate change on air quality. *Atmos. Environ.* 43(1): 51–63. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.051.
- Leibensperger, E. M., L. J. Mickley, D. J. Jacob, and S. R. H. Barrett. (2011). Intercontinental influence of NOx and CO emissions on particulate matter air quality. *Atmos. Environ.* 45(19): 3318–24. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.02.023.
- Pan, S.-Y., Chang, E. E., Chiang, P.-C., (2012). CO2 Capture by Accelerated Carbonation of Alkaline Wastes: A Review on Its Principles and Applications. *Aerosol and Air Quality Research*, 12, 770–791. DOI: 10.4209/aaqr.2012.06.0149
- Quevedo Z.M.A. (1927). "Las polvaredas de los terrenos tequezquitosos del antiguo Lago de Texcoco y los procedimientos de enyerbe para remediarlas". México Forestal.
- Quinn, P. K., and T. S. Bates. (2011). The case against climate regulation via oceanic phytoplankton sulphur emissions. *Nature* 480(7375): 51–56. doi:10.1038/nature10580.
- Raes, F., and J. H. Seinfeld. (2009). New directions: Climate change and air pollution abatement: A bumpy road. *Atmos. Environ.* 43(32): 5132–33. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.06.001.
- Shindell, D. T., G. Faluvegi, D. M. Koch, G. A. Schmidt, N. Unger, and S. E. Bauer. (2009). Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science* 326(5953): 716–18. doi:10.1126/science.1174760.
- SMISA. "Recomendaciones de la Segunda Reunión de Expertos". (1990). Comisión Técnica de Control de Contaminación del Aire. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C. La Noria, Xochimilco, México, D.F.
- SMISA. "Recomendaciones de la Tercera Reunión de Expertos". (1991). Comisión Técnica de Control de Contaminación del Aire. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C. Colegio de Ingenieros Civiles de México. México, D.F.
- Sosa E.R., Bravo A.H., Sánchez A.P. (2009). "La importancia de la prevención del deterioro ambiental significativo en Latinoamérica". *Revista de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ACODAL)*. 51 (224), 45-52. ISSN-0120-0798.
- Sosa E.R, Alarcón J.A.L., Torres B.M.C., Jaimes P.M., Retama H.A., Sánchez A.P., Granados H.E., Bravo A.H. (2019). "Spatial and temporal variation of acid rain in the Mexico City Metropolitan Zone". *ATMOSFERA*. No. 1. Vol. 32. 55-69. Indizada en JCR. DOI: <https://doi.org/10.20937/ATM.2019.32.01.05>
- Sosa E.R., Vega E., Wellens A., Jaimes M., Fuentes G. G., Granados H. E., Alarcón J.A.L., Torres B. M.C., Sánchez A. P., Rosas A. S., Mateos D.E. (2020). "Reduction of atmospheric emissions due to switching from fuel oil to natural gas at a power plant in a critical area in Central Mexico", *Journal of the Air & Waste Management Association*, 70:10, 1043-1059. Indizada en JCR. DOI: <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1808113>
- Unger, N., D. T. Shindell, D. M. Koch, and D. G. Streets. (2006). Cross influences of ozone and sulfate precursor emissions changes on air quality and climate. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103(12): 4377–80. doi:10.1073/pnas.0508769103.
- US-EPA (2009). Environmental Protection Agency. Endangerment and cause or contribute, findings for greenhouse gases under Section 202 (a) of the Clean Air Act, Final Rule. *Fed. Reg.* 74(239): 66496–546. [http://www.epa.gov/climatechange/Downloads/endangerment/Federal\\_Register-EPA-HQ-OAR-2009-0171-Dec.15-09.pdf](http://www.epa.gov/climatechange/Downloads/endangerment/Federal_Register-EPA-HQ-OAR-2009-0171-Dec.15-09.pdf).
- Watson, J. G. (2002). Visibility: Science and regulation. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 52(6): 628–713. doi:10.1080/10473289.2002.10470813.



TE ESTAMOS  
BUSCANDO  
EGRESADO

**¡ÚNETE AL  
IMIQ!**

Si ya egresaste y fuiste socio estudiantil IMIQ tienes oportunidad de unirte a tu sección local IMIQ como socio profesional IMIQ completamente gratis.

**¡Si estás interesado rellena el forms adjunto!**

EGRESADOS SEIMIQ

The poster features a dark blue background with white and gold text. It includes the IMIQ logo (a shield with a scale and a laurel wreath) and several photographs of groups of people, likely former students and professionals, in various settings. A QR code is located in the bottom right corner.

# Análisis Socioeconómico de la Viabilidad del Uso de Baterías de Litio para el Suministro de Energía Eléctrica a Redes de Iluminación en Edificaciones No Residenciales.

Graciela Muñoz Alpízar  
Instituto Politécnico Nacional gmunoza@ipn.mx  
Javier Villegas Galeana  
Instituto Politécnico Nacional jvillegasga@ipn.com

## RESUMEN

En este trabajo, se realiza un análisis de las implicaciones socioeconómicas y ambientales del uso de baterías de litio para alimentar una red de iluminación en edificaciones no residenciales. Se evalúan los costos y beneficios económicos a largo plazo, incluyendo el ahorro de energía y los costos operativos. Además, se examinan los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de las baterías. El objetivo es proporcionar información clave para la toma de decisiones informadas y promover prácticas sustentables en el suministro de energía eléctrica a sistemas de iluminación no residenciales.

*Palabras clave: litio, batería de litio, Densidad de Potencia Energética para Alumbrado.*

En los últimos años, la necesidad de adoptar prácticas sustentables y eficientes en el suministro de energía eléctrica ha adquirido una gran relevancia. El uso de baterías de litio ha surgido como una opción prometedora para alimentar redes de iluminación en edificaciones no residenciales. Estas baterías ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia energética, almacenamiento de energía y autonomía, además en la disminución de la huella de carbono que una instalación convencional generaría. [Azamar 2022].

Sin embargo, antes de implementar esta tecnología, es fundamental realizar un análisis integral que abarque tanto los aspectos socioeconómicos como los ambientales. En términos socioeconómicos, es necesario evaluar la viabilidad financiera de utilizar baterías de litio en un sistema de iluminación no residencial. Esto implica considerar los costos de adquisición, instalación y mantenimiento de las baterías. [Rotella et al., 2021].

El análisis ambiental juega un papel clave en la evaluación de la implementación de baterías de litio en redes de iluminación. Es fundamental considerar los impactos ambientales asociados con el ciclo de vida completo de las baterías, desde la extracción de materiales hasta la disposición final. Además, se deben evaluar los beneficios ambientales potenciales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la promoción de fuentes de energía más limpias y sustentables.

## **ESTADO ACTUAL DE LAS BATERÍAS DE LITIO Y SU APLICABILIDAD EN REDES DE ILUMINACIÓN.**

El almacenamiento de energía eléctrica en baterías es un factor clave para solucionar el abastecimiento energético mundial. El elemento litio es útil en las baterías ya que libera electrones voluntariamente. En la década de 1970, Stanley Whittingham desarrolló un cátodo innovador en una batería de litio. Este estaba hecho de disulfuro de titanio que, a nivel molecular, tiene espacios que pueden albergar iones de litio. Las contribuciones de Whittingham fueron cruciales para el desarrollo de baterías de iones de litio, que se utilizan, por ejemplo, en teléfonos móviles y automóviles eléctricos.

Las baterías de iones de litio presentan características superiores comparadas con otras. Es por ello por lo que su uso se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Por ejemplo, el uso de este tipo de baterías ha sido significativo en el mercado de dispositivos electrónicos, específicamente en celulares, tablets y computadoras portátiles. Actualmente se tiene que el 31% de la población mundial utiliza teléfonos inteligentes, por lo que representa un mercado de relevancia para las baterías de iones de litio.

En la actualidad, se está explorando la posibilidad de utilizar baterías de litio para la iluminación de emergencia, como una solución alternativa durante apagones o cortes de energía en hogares, edificios, escuelas, bibliotecas, entre otros lugares. La idea es utilizar baterías de litio con una alta densidad energética, lo que significa que pueden almacenar una gran cantidad de energía en un espacio reducido.

En esta propuesta, varias baterías de litio se conectarían entre sí para formar un sistema de almacenamiento de energía. Estas baterías estarían diseñadas para proporcionar energía a una red de iluminación eléctrica durante un tiempo prolongado. Al conectar las baterías en conjunto, se aumentaría la capacidad total de almacenamiento de energía, permitiendo que la red de iluminación funcione durante un período más largo sin depender de la alimentación de la red eléctrica convencional.

Además, las baterías de litio son compactas y livianas, lo que facilita su instalación y transporte. Esto es especialmente beneficioso en lugares como escuelas, bibliotecas u otros espacios públicos donde se requiere una solución de iluminación de rápida implementación.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación de este tipo de sistema de iluminación requiere una planificación adecuada y consideraciones técnicas específicas. Se debe garantizar un diseño adecuado de las baterías, la gestión de carga y descarga, y la seguridad para evitar riesgos potenciales como el sobrecalentamiento o la sobrecarga de las baterías.

Otra de las aplicaciones donde las baterías de iones de litio juegan un papel relevante son los vehículos eléctricos. Esta industria ha tenido un incremento significativo en los últimos años gracias a las diferentes políticas implementadas por los gobiernos para disminuir la emisión de gases. Debido a esta demandante industria en crecimiento diversos han sido los esfuerzos de la comunidad científica por mejorar el rendimiento y seguridad de las baterías de iones de litio.

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y VENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE LITIO.**

Con una vida útil más prolongada y menores requisitos de mantenimiento, los fallos de las baterías de iones de litio en entornos de misión crítica son extremadamente inusuales. Además, todas las baterías de iones de litio incluyen un sistema de gestión de baterías (BMS) incorporado, el cual proporciona capacidades de monitoreo de fallos, equilibrio de las celdas y optimización de la energía para cada batería individual. El BMS ayuda a maximizar la vida útil de la batería y minimizar los periodos de inactividad. Por lo general, las baterías de iones de litio tienen una vida útil de 8 a 10 años. Cuando una batería ácido-plomo tiene una capacidad del 80% o alcanza el final de su vida útil, la batería de iones de litio todavía tiene una capacidad del 93%. Además, las baterías de iones de litio pueden cargarse y almacenarse completamente durante más tiempo, con un impacto mínimo en su vida útil.

Una mayor densidad de energía y densidad de potencia: Las baterías de iones de litio tienen una mayor densidad de energía (Wh/kg) y densidad de potencia (W/kg). Ofrecen la misma cantidad de energía que las baterías de plomo ácido, pero con un tamaño y un peso menores.

Adaptación a temperaturas mayores: Las baterías de iones de litio han sido diseñadas con el fin de operar a temperaturas más altas que las baterías de plomo ácido; como resultado, las temperaturas más cálidas tendrán un menor impacto. Usted puede operar la mayoría de las baterías de iones de litio a temperaturas de 86 °F (30 °C) — casi 10 grados más que las baterías de plomo ácido — sin degradación ni reducción de la vida natural.

Esto le permitirá aumentar la temperatura ambiente en las salas de servidores o centros de datos remotos.

Por lo general, las baterías de iones de litio pueden recargarse al 90% de su capacidad en menos de 2 horas para sistemas basados en rack, mientras que las baterías ácido- plomo pueden tardar más de 4 horas en alcanzar el mismo nivel y hasta 24 horas para recargarse completamente.

Las baterías de iones de litio tienen muchos usos, pero no todas son iguales. La siguiente tabla indica los diferentes tipos de sustancias químicas utilizados en las baterías de iones de litio y las aplicaciones para cada tipo de batería.

**Tabla 1. Comparativa de tipos de baterías de litio.**

<b>Sustancia química</b>	Óxido de cobalto	Óxido de manganeso y litio	Óxido del litio, níquel, manganeso y cobalto.
<b>Forma corta</b>	Li-cobalto	Li-manganeso	NMC
<b>Abreviatura</b>	LiCoC <sub>2</sub> (LCO)	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (LMO)	LiNiMNC <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Observaciones</b>	Alta energía, potencia. Cuota de mercado en declive.	Alta energía, menor capacidad, más segura que Li-cobalto; a menudo mezclada con NMC para mejorar el rendimiento.	Alta capacidad y potencia
<b>Usos comunes</b>	Dispositivos móviles destinados al consumidor, como laptops, teléfonos inteligentes y cámaras digitales.	Dispositivos médicos, herramientas eléctricas, dispositivos destinados al consumidor, vehículos eléctricos.	Trenes motrices eléctricos para vehículos, herramientas eléctricas inalámbricas, almacenamiento de la red eléctrica.

**Tabla 2. Comparativa de tipos de baterías de litio. Continuación.**

<b>Sustancia química</b>	Fosfato de hierro y litio	Óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio	Titanio de litio
<b>Forma corta</b>	Li-fosfato	Li-aluminio	Li-titanio
<b>Abreviatura</b>	LiPO <sub>4</sub> (LFP)	LiNiCoAlO <sub>2</sub> (NCA)	Li <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> (LTO)
<b>Observaciones</b>	Baja tensión de descarga, alta energía, baja capacidad y segura; autodescarga elevada.	Máxima capacidad con energía moderada. Similar al Li-cobalto	Larga duración, carga rápida, amplio rango de temperatura y muy segura. Baja capacidad, costosa.
<b>Usos comunes</b>	Energía almacenada para sistemas de misión crítica. También se utiliza en vehículos eléctricos.	Vehículos eléctricos	Almacenamiento de red eléctrica.

## DESARROLLO NORMATIVO Y ESTÁNDARES RELACIONADOS.

Es de vital importancia que los fabricantes consideren detenidamente los requisitos de seguridad establecidos en las normas ONU ST/SG/AC.10/27/add.2. y ST/SG/AC.10/11 'Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas' al diseñar baterías o productos que dependen de ellas. Estas normas proporcionan directrices y estándares reconocidos internacionalmente para garantizar la seguridad durante el transporte y el manejo de mercancías peligrosas, incluidas las baterías. Cumplir con estas normas contribuye a prevenir accidentes, minimizar riesgos y proteger la salud pública y el medio ambiente.

Las últimas actualizaciones de las normas IEC 60950 (equipos de Tecnología de la Información) y IEC 60601 (equipos electromédicos) resaltan la importancia de las baterías utilizadas en estos dispositivos. Estas normas reconocen que las baterías no representan un peligro debido a su voltaje, sino más bien por la energía que pueden almacenar y los riesgos asociados, como el riesgo térmico o de explosión. En las nuevas versiones de ambas normas armonizadas, se exige que las baterías cumplan con las normas de seguridad eléctrica específicas para estos productos. La norma IEC 62133 establece los ensayos necesarios tanto para las celdas individuales como para los packs de baterías, con el fin de identificar qué elementos de la batería están certificados. En ocasiones, los proveedores de baterías suministran packs en los que solo las celdas individuales han sido evaluadas y no el pack completo.

En cuanto a la norma ONU ST/SG/AC.10/27/add.2.; ST/SG/AC.10/11, en el apartado 38.3 se describen las pruebas que las pilas y baterías de litio deben someterse antes de su transporte. Estas pruebas son similares a las especificadas en la normativa internacional EN 62133, aunque pueden variar en su rigor.

Además, en México, existen otras normas relevantes aplicables a este tipo de tecnologías, como la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, que establece requisitos de eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Esta norma fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE).

### **BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS DE LAS BATERÍAS DE LITIO EN REDES DE ILUMINACIÓN.**

En el contexto de la transición energética y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, el litio ha ganado un nuevo protagonismo con grandes expectativas. Este hecho ha generado debates e iniciativas en los ámbitos público, privado y académico.

El uso del litio en la fabricación de baterías permite el almacenamiento de energía proveniente de fuentes renovables, las cuales presentan la desventaja de no poder ser almacenadas a largo plazo. Esto significa que, una vez que se desarrolle la infraestructura adecuada para recargar las baterías de litio de vehículos con energías renovables en lugar de energías fósiles, se podría lograr una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero.

De esta manera, el uso de estas baterías contribuiría adicionalmente a la reducción de emisiones, convirtiéndose en una alternativa para abordar la crisis climática, que representa uno de los mayores desafíos globales del siglo XXI.

Las baterías de litio no generan emisiones de gases de efecto invernadero durante su funcionamiento normal debido a su proceso de carga y descarga basado en reacciones electroquímicas. A diferencia de los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural, que se queman para producir energía y emiten dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero, las baterías de litio no implican reacciones de combustión.

En una batería de litio, los iones de litio se desplazan entre un electrodo positivo (cátodo) y un electrodo negativo (ánodo) a través de un electrolito. Durante la descarga, los iones de litio se mueven del ánodo al cátodo, generando corriente eléctrica y liberando energía. Durante la carga, los iones de litio se desplazan del cátodo al ánodo para almacenar energía.

Este proceso de carga y descarga no involucra la combustión de combustibles y, por lo tanto, no produce emisiones de gases de efecto invernadero.

Según Yépez [Banco Interamericano del Desarrollo], las baterías de litio ofrecen beneficios significativos en términos de eficiencia energética, mayor adopción de energías renovables y un menor impacto ambiental. Estas baterías permiten almacenar el excedente de energía generado por paneles solares fotovoltaicos, lo cual es especialmente útil en sistemas aislados o para utilizar durante la noche o períodos de poca radiación solar. En comparación con las baterías de plomo-ácido, las baterías de litio pueden almacenar hasta un 95-99% de la energía generada, mientras que las primeras solo alcanzan hasta un 85%.

El uso de baterías de litio ha posibilitado la electrificación de zonas rurales o islas en países como Bolivia, Panamá y Surinam, aprovechando la energía solar. Un ejemplo destacado es un parque de energía solar en Corn Island, en el Caribe nicaragüense, financiado por el BID, que cuenta con una capacidad de 2.1 MW y almacenamiento de litio de 2.3 MW.

Sin embargo, también existen algunas desventajas asociadas al uso de baterías de litio en sistemas de alumbrado. Estas desventajas incluyen un mayor costo inicial en comparación con otras tecnologías de almacenamiento, una capacidad de almacenamiento limitada en comparación con otras opciones, una degradación gradual de la capacidad de almacenamiento con el tiempo, sensibilidad a las fluctuaciones de temperatura y la necesidad de una gestión adecuada de reciclaje y residuos debido a los materiales que contienen.

Es importante considerar que las desventajas pueden variar según el contexto y las condiciones específicas de uso. Cada proyecto o aplicación debe evaluar cuidadosamente las ventajas y desventajas de las baterías de litio para determinar su idoneidad en un sistema de alumbrado particular.

## PERCEPCIÓN PÚBLICA Y ACEPTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.

La tecnología de baterías de litio ha ganado reconocimiento y aceptación debido a su alto rendimiento, mayor densidad de energía, eficiencia y capacidad de almacenamiento. Estas características han llevado a su amplia adopción en una variedad de aplicaciones, desde dispositivos electrónicos portátiles hasta vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía a gran escala. La percepción positiva de las baterías de litio se ha fortalecido aún más con el aumento de la conciencia sobre la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y buscar fuentes de energía más sostenibles. Las baterías de litio se ven como una solución clave para la transición hacia una economía baja en carbono, ya que permiten el almacenamiento eficiente de energía generada por fuentes renovables y la descarga controlada cuando se necesita.

No obstante, también ha habido desafíos y preocupaciones asociados con las baterías de litio. Uno de los principales problemas es la seguridad, ya que en casos raros pero destacados, las baterías de litio han experimentado problemas de sobrecalentamiento, incendios o explosiones. Estos incidentes han generado preocupación en la opinión pública sobre la seguridad de las baterías de litio y han planteado interrogantes sobre la necesidad de regulaciones más estrictas y estándares de fabricación. Existe la preocupación por el impacto ambiental de la extracción y producción de litio, así como el manejo adecuado de los residuos de las baterías. La extracción de litio puede tener impactos ambientales locales, como la alteración de ecosistemas y el uso de grandes cantidades de agua. Asimismo, el reciclaje y la gestión adecuada de las baterías de litio al final de su vida útil son aspectos críticos para minimizar su impacto ambiental.

## FACTORES CULTURALES Y NORMATIVOS.

De acuerdo al Natural Resource Governance Institute, en México, la discusión sobre minerales críticos, el litio en particular, se encuentra en una fase inicial en comparación con el avance que han tenido otros países de la región. Ante la reciente aparición de importantes yacimientos de litio en Sonora, el Gobierno mexicano reformó la Ley Minera para dar un carácter estratégico a este mineral y crear un régimen especial en el que el Estado tenga un mayor control respecto del que existe para el resto de los minerales. Sin embargo, el Gobierno se enfrenta a una serie de desafíos políticos, técnicos, ambientales y sociales que deben considerarse pues podrían poner obstáculos para que México aproveche adecuadamente este recurso.

Las mejoras en la gobernanza del litio pueden ayudar a eliminar o mitigar estos desafíos y encontrar mayores beneficios en su aprovechamiento.

## ESTUDIO DE CASO Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD EN EDIFICACIONES SELECCIONADAS.

A continuación, se realiza el comparativo en los costos de suministrar energía eléctrica a la red de alumbrado para un edificio educativo. Para los cálculos se toman las siguientes consideraciones:

1. Uso de 12 horas al día.
2. No se considera el suministro de energía para la recarga de las baterías de litio, se propone el uso de un sistema fotovoltaico solo como dato general.

### Cálculo de consumo de energía eléctrica promedio para edificios públicos.

Haciendo un cálculo de costo en energía eléctrica, de acuerdo con datos de CFE en el valle de México.

Considerando un área para edificio de cuatro plantas:

$$A_T = 960m^2 \quad (1)$$

De acuerdo con la SENER

Para escuelas se requiere un consumo de  $14 \frac{Wh}{m^2}$ ;

∴ Para el área ya antes mencionada

$$\text{requerimos: } 14 \left( \frac{Wh}{m^2} \right) \times 960 (m^2) \quad (2)$$

W requeridos=13,440 Wh

De acuerdo con la SENER "Consumos de electricidad de edificios no residenciales en México"

Una escuela requiere  $40 \left( \frac{Kwh}{m^2} * \text{año} \right)$

Tomando en consideración este dato y nuestra área.

Necesitamos una potencia total:

$$P_T = \text{Iluminacion} \left( \frac{Kwh}{m^2} * \text{año} \right) \times \text{Area} (m^2) \quad (3)$$

$$P_T = 40 \left( \frac{Kwh}{m^2} * \text{año} \right) \times 960 (m^2) = 38,400 \frac{Kwh}{Año} \quad (4)$$

Suponiendo un uso de 12 horas al día: )

$$P_T = 38400 \frac{Kwh}{Año} \times 12 \frac{hrs}{día} = 460,800 \frac{Kwh}{Año} \quad (5)$$

Valle de México Norte					
Tarifa	Descripción	Int. Horario	Cargo	Unidades	jun-23
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria	-	Fijo	\$/mes	628.21
		Base	Variable (Energía)	\$/kWh	1.1394
		Intermedia	Variable (Energía)	\$/kWh	1.883
		Punta	Variable (Energía)	\$/kWh	2.2037
		-	Distribución	\$/kW	90.51
		-	Capacidad	\$/kW	419.31
Recuperado de CFE					

Costo aproximado de la Energía Eléctrica =  $1.1394 \text{ \$/Kwh}$

$$\therefore \text{Tendríamos un Costo} = 460,800 \left( \text{Kwh/Año} \right) \times 1.1394 \left( \text{\$/Kwh} \right) = 525,035.52 \text{ \$/Año} \quad (6)$$

Cálculo del costo de las pilas de Litio y su comparación con el costo de energía eléctrica para edificios públicos.

Considerando un área para edificio de cuatro plantas:

$$A_T = 960 \text{ m}^2 \quad (7)$$

De acuerdo con la SENER

Para escuelas se requiere un consumo de  $14 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}$ ;

*\therefore Para el area ya antes mencionada*

$$\text{requerimos: } 14 \left( \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \right) \times 960 \text{ (m}^2) \quad (8)$$

W requeridos=13,440 Wh

Para una hora de alumbrado requerimos 13,440 Wh de energía, considerando un uso de 12 horas al día, requerimos

$$\text{Wh} = 13,440 \text{ Wh} \times 12 \text{ hrs} = 161,280 \text{ Wh} \quad (9)$$

Para poder cubrir esta necesidad de energía al día, tenemos una Batería LiFePO4 de 25,600 Wh [1].

Haciendo el cálculo de cuantas pilas necesitamos para cubrir nuestra necesidad al día tenemos:

$$\text{No. Baterías} = \frac{\text{Whr}}{25,600 \text{Wh}} = 6.3 = 7 \quad (10)$$

Para cubrir nuestro requerimiento por día, necesitamos 7 pilas.

Haciendo el cálculo de costo de inversión para estas 7 pilas tenemos:

Costo por pila= \$162,680.51 [2]

Por 7 pilas = \$1,138,763.57

Más 30% costo de instalación: \$1,480,392.64

Para su recarga constante requerimos un panel solar adaptable a las baterías

Panel solar = \$ 196,690 [3]

Obteniendo una inversión total:

$$I_T = (7 \text{ Baterías} + 30\% \text{ instalacion}) + \text{Panel} \quad (11)$$

$$I_T = \$1,480,392.64 + \$196,690 = \$1,677,082.64 \quad (12)$$

Difiriendo esta inversión a 10 años los cuales son de garantía:

Podemos obtener un Costo Anual = \$167,708.264  
Comparando este costo, con el costo anual de energía eléctrica podemos decir que tenemos un ahorro de \$357327.256

Citas:

[1]<https://www.mustsolarsystem.com/product/lp1900-series-51-2v-500ah/>

[2][https://www.alibaba.com/product-detail/MUST-LiFePO4-Household-Battery-Storage-System\\_1600610421447.html](https://www.alibaba.com/product-detail/MUST-LiFePO4-Household-Battery-Storage-System_1600610421447.html)

[3][https://www.solarsmart.com.mx/MLM-1384421418-panel-solar-bateria-litio-autonomo-isla-17-kwh-dia-120240v-\\_JM](https://www.solarsmart.com.mx/MLM-1384421418-panel-solar-bateria-litio-autonomo-isla-17-kwh-dia-120240v-_JM)

## RESULTADOS.

En la comparación de los cálculos entre el costo de suministrar energía eléctrica utilizando baterías de litio y el costo de energía eléctrica convencional, se obtuvo un ahorro significativo al utilizar baterías de litio.

Para el edificio educativo considerado en el estudio de caso, se estimó un consumo de energía eléctrica de 460,800 kWh al año. Según el costo promedio de la energía eléctrica proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el Valle de México (1.1394 \$/kWh), el costo aproximado de la energía eléctrica para el edificio sería de \$525,035.52 al año.

Por otro lado, se calculó la cantidad de baterías de litio necesarias para cubrir la demanda de energía del edificio durante un día (161,280 Wh) considerando un uso de 12 horas al día. Se determinó que se requieren 7 baterías LiFePO4 de 25,600 Wh cada una. El costo total de estas 7 baterías, incluyendo un 30% adicional por instalación, fue de 1,480,392.64 \$.

Además, se consideró la instalación de un panel solar adaptado a las baterías, con un costo de \$196,690. Sumando este costo al de las baterías, se obtuvo una inversión total de \$1,677,082.64.

Si se distribuye esta inversión en un período de 10 años, que coincide con la garantía de las baterías, el costo anual sería de \$167,708.26.

Comparando este costo anual con el costo anual de energía eléctrica convencional (\$525,035.52), se observa un ahorro significativo al utilizar baterías de litio. El ahorro total sería de aproximadamente \$357,327.25 a lo largo de esos 10 años.

Estos resultados indican que, en este caso particular, el uso de baterías de litio para suministrar energía eléctrica a la red de alumbrado del edificio educativo resulta en un ahorro económico considerable en comparación con el uso de energía eléctrica convencional.

## CONCLUSIÓN.

El análisis socioeconómico y ambiental realizado demuestra que el uso de baterías de litio para el suministro de energía eléctrica a redes de iluminación en edificaciones no residenciales tiene beneficios significativos.

Desde el punto de vista ambiental, el uso de baterías de litio ofrece ventajas sustanciales en comparación con las fuentes de energía convencionales. Estas baterías no generan emisiones de gases de efecto invernadero durante su funcionamiento, ya que no involucran reacciones de combustión, a diferencia de los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. Esto contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y ayuda a mitigar el cambio climático, uno de los mayores desafíos globales en la actualidad.

Las baterías de litio permiten almacenar el excedente de energía generada por fuentes renovables, como la energía solar. Esto es particularmente relevante en sistemas aislados o durante la noche, cuando la radiación solar es baja. Al utilizar baterías de litio para almacenar y utilizar eficientemente la energía renovable, se reduce la dependencia de las fuentes de energía convencionales y se fomenta el uso de energía limpia y sostenible.

Otro aspecto ambiental importante es la vida útil prolongada y la capacidad de carga rápida de las baterías de litio en comparación con otras opciones de almacenamiento de energía. Estas características permiten una mayor eficiencia en el consumo de energía, reduciendo así la necesidad de extraer y producir más recursos para satisfacer la demanda energética. Además, las baterías de litio tienen una mayor densidad de energía y potencia en comparación con las alternativas, lo que las hace más eficientes en términos de espacio y peso.

Sin embargo, es necesario abordar los desafíos asociados con el ciclo de vida completo de las baterías de litio. Esto incluye la extracción de litio, que puede tener impactos ambientales locales, como la alteración de ecosistemas y el uso de grandes cantidades de agua. Además, es fundamental garantizar una gestión adecuada del reciclaje y los residuos de las baterías, para minimizar su impacto ambiental y promover una economía circular.

El uso de baterías de litio en el suministro de energía eléctrica a redes de iluminación en edificaciones no residenciales brinda beneficios ambientales al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover el uso de energía renovable. Sin embargo, es importante seguir avanzando en la investigación y el desarrollo de tecnologías sostenibles, así como en la implementación de políticas y regulaciones que fomenten la adopción responsable de las baterías de litio y aborden los desafíos ambientales asociados.

La implementación de baterías de litio en el suministro de energía eléctrica a redes de iluminación en edificaciones no residenciales ofrece una oportunidad para alcanzar un equilibrio óptimo entre los beneficios económicos y ambientales en nuestra búsqueda de un sistema energético más sostenible. Al tomar decisiones informadas y promover prácticas sustentables, podemos lograr un equilibrio adecuado entre estos beneficios.

## REFERENCIAS.

- ASTM D3561-11: Método de prueba estándar para el litio, potasio y los iones de sodio en agua salobre, agua de mar, y salmueras por espectrofotometría de absorción atómica.
- ASTM D7303-12: Método de prueba estándar para la determinación de metales en grasas lubricantes por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica.
- Azamar, Aleida, "El litio en México: verdades y mentiras", Aleida Azamar e Isidro Téllez (coordinadores) Minería en México: panorama social, ambiental y económico, México, Semarnat, -UAM-X, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/708117/Mineria-en-Mexico>
- Ballesteros, F. Perspectivas para el litio en México después de las reformas a la Ley Minera. Documento de análisis. 2022.
- Catálogo Linde. Battery and Charger. Sin fecha.
- Catálogo Zemper. Tarifa técnica. Sin fecha.
- Chacón-Avilés R, Meza C, Braga H a. C, Almeida PS, Casagrande CG. Proceso de diseño de sistemas de iluminación LED energéticamente autónomos. Tecnología En Marcha. 2017.
- Dirección General de Desarrollo Minero. Perfil del Mercado de Litio. Secretaría de Energía. 2021. <https://co.boell.org/es/2020/05/08/litio-los-costos-sociales-y-ambientales-de-la-transicion-energetica-global>  
<https://www.neurtek.com/es/academia/articulos-tecnicos/ensayos-ambientales/normativa-ensayos-celda-baterias-litio-ion>
- <https://zemper.com/la-tecnologia-de-litio-en-las-instalaciones-de-alumbrado-de-emergencia/>
- Naciones Unidas. Manual de Pruebas y Criterios. Enmienda 1: Pilas y baterías litio. Tercera edición revisada. 2002.
- NMX-I-282NYCE2012: Electrónica- Método de prueba para cuantificar el consumo de energía eléctrica de cargadores de baterías para ser utilizados en baterías reemplazables de la química ion de litio.
- Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- Quintero, Vanessa; Che, Osvaldo; Ching2, Eleicer; Auciello, Orlando; de Obaldía, Elida. Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones. Revista de Tecnológico. 2021.
- Revista de I+D Tecnológico: Baterías de Ion Litio: características y aplicaciones., <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/3392002003.pdf>
- Rotela P Junior, Rocha LAO, Morioka SN, et al. Economic Analysis of the investments in battery energy Storage Systems: Review and Current Perspectives. Energies. 2021.
- Vertiv. Las Ventajas de Utilizar las Baterías de Iones de Litio como Fuente de Energía de Respaldo en Aplicaciones de UPS Monofásicos para Centros de Datos Remotos y en el Borde de la Red. Cómo pueden beneficiarse las oficinas regionales, las salas de servidores y los armarios de red con el uso de sistemas de baterías de iones de litio. Sin fecha.

# Gestión para la Sustentabilidad

Miguel Ángel Valenzuela Piña.  
The Lexington Group.

Podría decirse que la sostenibilidad será el mayor desafío que enfrentarán los futuros líderes empresariales, gubernamentales, académicos y de la sociedad civil en América Latina. La forma en que aborden la sostenibilidad determinará si las generaciones futuras viven en sociedades inclusivas que florecen haciendo pleno uso de las capacidades humanas y se benefician de instituciones justas y democráticas, o si viven en sociedades fallidas que benefician solo a unos pocos privilegiados y destruyen los servicios ambientales de los que todos dependen. Transformará, creará o destruirá mercados, negocios e industrias y cambiará todo, desde la energía que usan las empresas hasta los productos y servicios que brindan a sus clientes. El cambio será necesario no sólo por parte de una empresa líder u otra, sino en todas las empresas y en el funcionamiento del propio sistema capitalista de mercado. Debe ser un cambio coordinado, sistémico y transformador. El desempeño del gobierno puede ser desigual. Las empresas deben estar preparadas para actuar incluso cuando el gobierno falla.

Durante los últimos 70 años la empresa pasó de atender un sistema lineal conformado por obligaciones legales y ecosistemas locales a, un sistema complejo con múltiples demandas, en un ecosistema global interconectado. De ese tamaño es el desafío.

Por otro lado, no existe la Estrategia en el ámbito de las empresas que asegure indefinidamente su permanencia en el mercado, es claro que “Business as usual” es insuficiente, tendremos que “hacer cosas radicalmente diferentes”. En tal virtud, cabe preguntarse, el factor de Sustentabilidad ¿suma o resta competitividad a la empresa?, le da ¿mayor o menor viabilidad de permanecer en el mercado?

Hay dos condiciones indispensables, aunque no suficientes, para la gestión sustentable, si la empresa los posee serán sus cimientos básicos, en caso contrario requerirán ser redefinidos o construidos. Nos referimos a la formulación de su Principio, su razón de ser y, al papel del Consejo de Administración, como el órgano responsable del desarrollo de la empresa a largo plazo

La Estrategia Sustentable se basa en descubrir las nuevas oportunidades, requiere una nueva mentalidad y a menudo un ambicioso replanteamiento de la estrategia empresarial que reconozca la oportunidad de ofrecer beneficios sociales, ambientales para impulsar su generación de valor, más allá de lo económico y de la atención a riesgos.

Como Estrategia nos referimos a la elección de la ventaja competitiva, basado en la diferenciación o valor único relevante para el mercado en el que participa la empresa

Para el término Sustentabilidad, nos referirnos al enfoque holístico de los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la ONU al 2030

En el anexo se encuentra la cronología que han seguido los temas de medioambiente/ sustentabilidad y de estrategia de negocio

Como Estrategia nos referimos a la elección de la ventaja competitiva, basado en la diferenciación o valor único relevante para el mercado en el que participa la empresa

1. Para el término Sustentabilidad, nos referirnos al enfoque holístico de los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la ONU al 2030
2. En el anexo se encuentra la cronología que han seguido los temas de medioambiente/ sustentabilidad y de estrategia de negocio

Indispensable porque para competir se requieren fortalezas propias o, al menos la capacidad de adquirirlas del exterior. La regla básica en las empresas es que siempre habrá más necesidades que recursos, sobre todo económicos, los recursos se orientan a las prioridades de producción, mantenimiento, clientes, aun cuando los proyectos sean rentables deben competir con innumerables necesidades y tensiones. En ese escenario, es razonablemente estandarizado la forma de plantear, justificar y gestionar los recursos económicos cuando se trata de aumentos de capacidad de producción, para cumplimiento comercial o legal, para optimizar procesos, pero no necesariamente es el caso de proyectos de innovación, de sustentabilidad, el código de comunicación del grupo de dirección ante el Consejo se vuelve muy fundamental, ¿cómo plantear y justificar proyectos más allá de las métricas financieras, comerciales, operativas tradicionales? Sobre todo, en iniciativas inciertas en sus resultados, con rentabilidad a largo plazo, con impacto a distintas audiencias de la sociedad.

Igual de importante es pasar la Estrategia a un nivel operacional, requiere que la empresa tenga un buen acervo de herramientas y capacidades para la formulación y ejecución del Caso de Negocio.

La gestión de la sustentabilidad será estratégica, si:

- En el Consejo existen personas con la capacidad de analizar y opinar sobre los temas estratégicos de sustentabilidad
- El director general tiene indicadores que permitan apreciar su desempeño en aspectos de sustentabilidad ante el Consejo
- En el Plan de Inversiones de la empresa están insertas las iniciativas de proyectos sustentables
- La compensación desde la Dirección General está ligada al desempeño en sustentabilidad
- Una proporción del gasto en innovación se enfoca a la sustentabilidad
- Existe una cultura organizacional motivada y orgullosa por el esfuerzo en sustentabilidad
- El enfoque de Sustentabilidad posibilita incidir en las decisiones para establecer una posición competitiva favorable en el mercado.

Cada caso de negocio, iniciativa o proyecto plantea diversas tensiones, desafíos, contradicciones alrededor o entre las distintas componentes, como:

- Armonizar las variables de generación de valor: económico, social y ambiental, enfrenta a la tentación de, por encima de todo, maximizar las ganancias en una implacable competencia por la asignación del capital
- ¿Cómo hacer visible o tangible al consumidor el beneficio que la iniciativa puede tener a favor de las comunidades, la biodiversidad, la energía o de otros recursos, aunque con mayor precio del producto usual? Sobre todo, en economías con población de bajo poder adquisitivo.
- ¿De qué manera de tener una “cancha pareja” que nadie tome ventaja de forma inapropiada, sin cumplir las reglas del juego o de la legislación?
- Aunque hay muchos ejemplos de proyectos, negocios con ventajas ambientales hay que ser cuidadosos al hacer una valoración integral, para no pretender resolver un problema creando otro.
- La enorme paradoja de impulsar la legítima aspiración de movilidad económica de la sociedad con el consiguiente incremento en el consumo, aunque sea “verde”.

Como Estrategia nos referimos a la elección de la ventaja competitiva, basado en la diferenciación o valor único relevante para el mercado en el que participa la empresa

1. Para el término Sustentabilidad, nos referirnos al enfoque holístico de los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la ONU al 2030
2. En el anexo se encuentra la cronología que han seguido los temas de medioambiente/ sustentabilidad y de estrategia de negocio

Indispensable porque para competir se requieren fortalezas propias o, al menos la capacidad de adquirirlas del exterior. La regla básica en las empresas es que siempre habrá más necesidades que recursos, sobre todo económicos, los recursos se orientan a las prioridades de producción, mantenimiento, clientes, aun cuando los proyectos sean rentables deben competir con innumerables necesidades y tensiones. En ese escenario, es razonablemente estandarizado la forma de plantear, justificar y gestionar los recursos económicos cuando se trata de aumentos de capacidad de producción, para cumplimiento comercial o legal, para optimizar procesos, pero no necesariamente es el caso de proyectos de innovación, de sustentabilidad, el código de comunicación del grupo de dirección ante el Consejo se vuelve muy fundamental, ¿cómo plantear y justificar proyectos más allá de las métricas financieras, comerciales, operativas tradicionales? Sobre todo, en iniciativas inciertas en sus resultados, con rentabilidad a largo plazo, con impacto a distintas audiencias de la sociedad.

Igual de importante es pasar la Estrategia a un nivel operacional, requiere que la empresa tenga un buen acervo de herramientas y capacidades para la formulación y ejecución del Caso de Negocio.

La gestión de la sustentabilidad será estratégica, si:

- En el Consejo existen personas con la capacidad de analizar y opinar sobre los temas estratégicos de sustentabilidad
- El director general tiene indicadores que permitan apreciar su desempeño en aspectos de sustentabilidad ante el Consejo
- En el Plan de Inversiones de la empresa están insertas las iniciativas de proyectos sustentables
- La compensación desde la Dirección General está ligada al desempeño en sustentabilidad
- Una proporción del gasto en innovación se enfoca a la sustentabilidad
- Existe una cultura organizacional motivada y orgullosa por el esfuerzo en sustentabilidad
- El enfoque de Sustentabilidad posibilita incidir en las decisiones para establecer una posición competitiva favorable en el mercado.

Cada caso de negocio, iniciativa o proyecto plantea diversas tensiones, desafíos, contradicciones alrededor o entre las distintas componentes, como:

- Armonizar las variables de generación de valor: económico, social y ambiental, enfrenta a la tentación de, por encima de todo, maximizar las ganancias en una implacable competencia por la asignación del capital
- ¿Cómo hacer visible o tangible al consumidor el beneficio que la iniciativa puede tener a favor de las comunidades, la biodiversidad, la energía o de otros recursos, aunque con mayor precio del producto usual? Sobre todo, en economías con población de bajo poder adquisitivo.
- ¿De qué manera de tener una “cancha pareja” que nadie tome ventaja de forma inapropiada, sin cumplir las reglas del juego o de la legislación?
- Aunque hay muchos ejemplos de proyectos, negocios con ventajas ambientales hay que ser cuidadosos al hacer una valoración integral, para no pretender resolver un problema creando otro.
- La enorme paradoja de impulsar la legítima aspiración de movilidad económica de la sociedad con el consiguiente incremento en el consumo, aunque sea “verde”.

Construcción • Mantenimiento • Remodelación • Reparación



**cognos**



Empresa 100% mexicana;  
con personal altamente  
comprometido y calificado,  
enfocado a la  
comercialización, asesoría  
técnica, aplicación y  
manejo logístico de  
Productos químicos para la  
Construcción, Mantenimiento,  
Remodelación y Reparación,  
de casas habitación, edificios,  
fraccionamientos  
residenciales, centros  
comerciales e instalaciones  
(deportivas, sociales,  
culturales, etc.) de  
edificación.

MERCHANDISING SOLUTIONS

JACINTO PALLARES 37 CIRCUITO JURISTAS  
CIUDAD SATELITE 53100  
NAUCALPAN, ESTADO DE MEXICO  
TEL. 55 5374 1598  
www.grupocognos.com

**INSTITUTO MEXICANO DE  
INGENIEROS QUÍMICOS, A. C.**

**FIESTA  
MEXICANA**

**21 DE SEPTIEMBRE**  
**CLUB DE LEONES URES #13 COL. ROMA SUR**  
**3:00 PM**

**SOCIOS Y ACOMPAÑANTES \$ 600.00 NO SOCIOS \$ 700.00**  
**\*COSTO POR PERSONA**  
**\*IVA INCLUIDO**



®



**PROINGENTA**  
CONSULTORES

Profesionales impulsores del cambio que genera valor

# **DIPLOMADO**

## **INGENIERÍA DE PROYECTOS**

### **A TRAVÉS DEL PROCESO**

#### **METODOLÓGICO FRONT END LOADING**

**Informes e Inscripciones.**

[www.portal.imiq.com.mx](http://www.portal.imiq.com.mx)

[imiqac@imiqac.org](mailto:imiqac@imiqac.org)

Teléfonos: 55 5250 4844, 57

[www.proingenta.com](http://www.proingenta.com)

[contacto@proingenta.com](mailto:contacto@proingenta.com)

Teléfonos: 55 1715 3611

# ENTREVISTA A LOS GRANDES

## Ing. Sergio Gómez Tostado



Nació en México, D.F. el 1 de diciembre de 1937, hijo único del Comerciante Isauro Gómez Torres y Raquel Tostado Gómez. En 1963 contrajo matrimonio con Flor Margarita Rábago Gutiérrez con quien formó una hermosa familia de seis hijos y once nietos.

### Historial Académico

Ingeniería Química en la Facultad de Química de la UNAM (1956-1960).  
Posgrado en Administración de Negocios IPADE (1971-1972 AD-1).  
Curso de continuidad para dirección general, (1972 y 2006 AD-2).  
Curso de continuidad y actualización CICA IPADE (2013-2014 AD-2).  
Cursos de especialización en Polímeros Plásticos.

### Historial Profesional

Profesor de física, química y matemáticas en la UNAM.  
Director Comercial de Polímeros Plásticos en MONSANTO MEXICANA.  
Funda su propia empresa con otros amigos IQ LUGATOM Y GRUPO PRIMEX.  
Con sus compañeros de generación fundó CICLOMEROS S.A. DE C.V.  
Funda ARKIDINAMICA CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V. para casas de lujo.  
Funda INMOBILIARIA ASTROPLAN para casas del nivel medio.  
Funda BIENES RAICES SAN MIGUEL S.A. DE C.V. para desarrollos inmobiliarios o conjuntos habitacionales.  
En concordancia con el NAFTA, constituyó CHARLOTTE CHEMICAL INC. en el estado de Texas USA, para la importación de aditivos de especialidad para polímeros pinturas tintas y barnices.  
Al mismo tiempo establece CHARLOTTE CHEMICAL INTERNACIONAL S.A. DE C.V. para representar en México a la empresa Americana y distribuir Químicos y Petroquímicos.

Ha participado en AITAC, ANIQ ANYPAC ANAFAPYT y otras Asociaciones.

### Trayectoria IMIQ

1978, Tesorero Nacional de IMIQ.  
1979, Fundador de la Sección México-Centro del IMIQ.  
1999, Vicepresidente Nacional del IMIQ.

2000, Presidente Nacional del IMIQ. Firma el convenio del NACHE en Montreal, Atlanta y Ciudad de México. Se efectúa la convención anual en la CDMX con más 1000 participantes y más de 100 stands.

2002, Presidente Comité Postulaciones de IMIQ.

### Otras actividades

2007-2010, Vicepresidente del Patronato de la Facultad de Química UNAM  
2011-2012, Gobernador del Distrito 4170 de Club Rotario Internacional que agrupa a 79 clubes Rotarios en los estados de México, Hidalgo y el D.F.  
Director del proyecto "Desarrollo Económico, Cívico y Social en favor de las Comunidades Agrícolas: Miscanthus Giganteus." En el club rotario Polanco.  
Durante 10 años participó en el "Proyecto Niño" hermanados con el C. R. de Fresno, C. A., Atendiendo cada año a más de 3000 niños.  
Fue pionero en la implantación de las plazas Comunitarias en colaboración con INEA y municipios.

### ¿Cree que siga siendo una buena opción estudiar Ingeniería Química?

Por supuesto. Siento que es la mejor carrera, la más versátil. Porque un ingeniero químico puede estar en varias áreas: producción, control de calidad, laboratorio, seguridad, áreas administrativas o comercialización. De hecho, yo fui vendedor, al principio, en Monsanto Mexicana. Me dio gusto haber estudiado la carrera de Ingeniero Químico. Me sirvió para relacionarme con colegas y amigos, tanto ingenieros químicos como rotarios. Eso me permitió llegar a ser gobernador del distrito 4170 reportando directamente al presidente de Rotary que era Kalyan Banerjee (India). Él, también, era ingeniero químico. Con esta carrera eres tan versátil que puedes hacer lo que quieras y desarrollarte como más te guste.

### ¿Cómo fueron sus inicios dentro de la Industria Química?

Recuerdo que un compañero de la generación, Ricardo Mora Ponce, fue a buscarme al salón de clases y me dijo: "Oye, aquí hay una oportunidad, Monsanto está recibiendo Ingenieros Químicos". Éramos como 200 ingenieros químicos los que queríamos entrar; después de varios exámenes, sólo quedamos ocho. Entre ellos, dos compañeros de la generación: Alfonso Gallardo Kuri y Jaime Castro Grados; ambos, muy buenos ingenieros químicos. Y pudimos, junto con Jorge N. Martínez, que fue mi maestro y que era director técnico de Monsanto, compartir la vida profesional. Eso me dio pauta para lo más importante en mi vida que es relacionarme con los demás. Soy muy bueno para relacionarme. Luego, luego, extendiendo la mano, saco mi tarjeta y me pongo a platicar con quien sea. Soy muy

Comentaba el Ing. Guillermo López Mellado que, a la carrera de Ingeniero Químico el AIChE buscaba darle un enfoque multidisciplinario y globalizado.

Qué bueno que lo mencionas, porque en el año 2000 cuando yo fui Presidente Nacional tuvimos la oportunidad de disfrutar lo que era el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y en su caso, poder trascender con Canadá y Estados Unidos. Hicimos una alianza con el AIChE y el Canadian Society for Chemical Engineering (CSChE). Firmamos un acuerdo en el que los estudiantes que terminaran la carrera en México podrían trascender a cualquiera de los otros dos países y sacar su visa apoyados por el North American Alliance of Chemical Engineering (NACHE). Entonces, éramos tres países unidos para crecer profesionalmente, con una mentalidad globalizada y donde podíamos aplicar nuestra profesión.

### **¿Qué recomendaciones le daría a un Ingeniero Químico recién egresado?**

“Aprender para emprender”. Mi recomendación para los egresados de Ingeniería Química es que continúen preparándose; esto les permitirá incursionar en grandes empresas en donde puedan adquirir la experiencia necesaria para lograr ser los empresarios del futuro.

Quisiera comentar que he sido mentor de varios ingenieros químicos, egresados o recién egresados de la Facultad de Química y de la ESIQIE. Ser mentor es de carácter obligatorio: no te pagan nada, pero tú ayudas; da mucho gusto dar el sí, antes de pensar en sí (que es el slogan rotario). En este caso, es lo mejor. Como maestro muestras a los egresados cuál es el camino para progresar y ser mejores, pensando en lo que ellos piensan y lo que ellos quieren. No vamos a hacerlo contra su voluntad. Debemos apoyarlos para abrirles la brecha, para que ellos sean mejores, más grandes y con mayor productividad y como dije “Aprender para emprender”. Todos debemos ser emprendedores, empresarios, ingenieros químicos. Por otra parte, un recién egresado, así como debe aprender dentro de la empresa, debe aprender en el exterior. Entonces si a un egresado le das la oportunidad de ir a trabajar a otro país, se le abren el universo y los ojos, y pueden hacer muchas más cosas; sobre todo algo muy importante, tener un pensamiento global. Ser ciudadanos del mundo, no nada más de México.

### **¿Como ve la situación de la Industria Química en México?**

La situación de la Ingeniería Química trae un problema que va más allá que una falta de fabricación: Por un lado, Pemex no ha avanzado y por otro tiene una carga de deuda muy grande, laboral y económica, lo que hace estar castrado. Entonces, dadas las circunstancias, Pemex tiene muchas cosas por resolver: con esa carga laboral y ese pasivo contingente tiene que seguir adelante ya que es nuestra Empresa petrolera, una de las más importantes del mundo. Logrando esto tendremos la posibilidad de que cualquier industria orgánica e inorgánica logre tener éxito, apoyando a nosotros como ingenieros químicos y aplicando nuestra carrera. La verdad, creo que la industria, como dice la ANIQ, puede

crecer en forma importante. En México, actualmente, tenemos la posibilidad de duplicar el tamaño de la industria química y pasar de los 19 mil millones de dólares en la producción a los 35 mil mdd en un plazo de 10 a 15 años además de poder desarrollar proyectos rentables por un monto de hasta 65 mil mdd de inversión. Debemos aprovechar la ventaja que nos permite el nearshoring: poder producir en México y enviar a Canadá o Estados Unidos nuestros productos; dejar de ser lo más pronto posible un productor de materias primas y poder ser un fabricante de productos terminados; sobre todo en petroquímica en donde yo he estado siempre. Es la Industria en la que me ha gustado ser pionero. Me permite enseñar a los demás ingenieros químicos y poder tener trascendencia que es mi goal, lo que siempre quiero hacer y lograr toda mi vida. Y aun con 86 años tengo aspiraciones muy grandes para seguir avanzando.

### **¿Qué le haría falta a la Industria Química Nacional para despegar?**

Mira, nuestro gobierno y no quiero hacer politiquería, pero no sabe, no ha sabido, ni sabrá lo que es ser un ingeniero químico. De verdad. Y no tienen en su gabinete ningún ingeniero químico y pues no se sabe asesorar y cree que todo lo sabe y no es así. Entonces eso de que el lito de México quiera hacer una empresa como Pemex pensando que va a ser igual, pues no. Le falta visión de altura, tener un horizonte más amplio, como lo tiene un ingeniero químico. Ojalá algún día tuviera el país un presidente que fuera ingeniero químico: sería lo mejor que nos pudiera pasar.

### **¿Cuál es el reto o los retos más importantes a los que se ha enfrentado a lo largo de su carrera?**

Muchos. La vida es éxitos y fracasos. Y la verdad es que tenemos que aprender para emprender. Todos los ingenieros químicos cuando salimos de la escuela, la verdad no sabemos nada. Conocemos puras teorías de las diferentes materias, pero el verdadero aprendizaje se recibe en la empresa, en donde tú trabajas, en la industria que tú produces. Yo recuerdo que fui a visitar a Ernesto Ríos del Castillo a su fábrica que estaba en Tlalnepantla: a mí me impresionó, porque ahí el maestro (porque era profesor de química inorgánica en la Facultad, con la tabla periódica que siempre presumía muchísimo y aprendí muchísimo), producía ácido sulfúrico, óleum, concentrado sulfúrico y también, lo que yo produce, anhídrido ftálico; nada más que él con otro sistema, el Foster Wheeler y el mío fue por catálisis en un reactor entubado con pentóxido de vanadio. Es una planta muy peligrosa. Con eso pudimos fabricar los plastificantes de PVC o para PVC.

Recuerdo que en Lugatón llegamos a ser la empresa líder en el país, de producción de compuestos de PVC de plastificantes y de anhídrido ftálico. Tiempo después, cuando era director general de esta empresa, tuvimos que hacer un consejo de administración, porque nos unimos a varias empresas importantes: Condux, IUSA de Alejo Peralta (quién participó en el Consejo) y Conductores Monterrey de Jorge L. Garza. Entonces, ya unidos, teníamos más fuerza, más capital y pudimos instalar una planta más grande en Altamira, Tamaulipas.

Con eso se abrió el horizonte. Y es el éxito que se va generando por el conocimiento de Química y de Ingeniería Química. Eso es lo más extraordinario de nuestra carrera.

Hace ratos mencionaba que muchos de los productos que comercializa su Compañía, vienen de la importación.

Te digo como pasó: resulta que yo era dueño y director general de Ciclomeros y efectivamente cuando yo estaba fabricando las parafinas cloradas, pudimos lograr la producción con éxito; pero en 1994 se firmó el tratado de libre comercio de América del Norte (NAFTA) y con eso cualquiera podía importar la parafina. Entonces tomé la decisión de formar una nueva empresa, que es hoy por hoy Charlotte Chemical, en México y en Estados Unidos. Con esto tuvimos un horizonte mucho más amplio y hoy en día tenemos no solo parafinas cloradas, vendemos mucho más de 100 productos y estamos en la sección de distribuidores de la ANIQ, y mi hija, Margarita Gómez Rábago, que es mi brazo derecho, es directora general de Charlotte y yo soy presidente del consejo. Hemos podido hacer y lograr cosas muy importantes para México y para nosotros mismos; tenemos un equipo de gente multidisciplinaria trabajando con muchas ganas y nuestras ventas crecen año con año con un porcentaje mayor al 15 – 20 %

#### **¿Diría que, con el NAFTA, México se volvió no competitivo a nivel de costos? ¿Es más barato importarlo que producirlo?**

Pues depende el punto de vista. Lo veo como región. Creo que somos más fuertes estando unidos los tres países que estando solos, porque eso que teníamos antes que era un mercado cerrado, en donde decíamos “todo lo que se fabrica en México, no se puede importar”, pues era bueno, pero también era malo. ¿Por qué? Porque detiene el desarrollo de nuestro país. Con el mercado abierto se abren las puertas a un mejor horizonte, de mayor futuro y mayor crecimiento. Y ahora, aunque estamos un poco estancado por las ideologías nuevas de nuestro gobierno, la verdad es que tenemos toda la oportunidad del mundo para ser mucho más grandes y hacer muchos más productos fabricados en México y en su caso ser competitivos. Eso me gusta mucho.

#### **¿Como podría México ser competitivo en términos de costos?**

Indudablemente que podemos ser competitivos, porque las materias primas las tenemos nosotros. Tenemos a Industrias Peñoles que, en Fresnillo, Zacatecas, cuenta con una producción de plata y oro muy importante en el mundo y también otras cosas, como el conocimiento de los procesos y de las tecnologías para fabricar cualquier producto, químico, petroquímico, inorgánico y orgánico. Repito, la carrera de Ingeniero Químico es la más versátil y con eso podemos lograr lo que queramos. Hay un gran futuro para México.

#### **¿Cómo ve hoy en día al IMIQ?**

La verdad muy bien. Entrando José Luis Mayorga, la verdad nos dio un espaldarazo buenísimo porque estábamos muy “decaidones”. Él vino para levantarnos porque tiene eventos muy buenos, tanto nacionales como de secciones locales. Cuando yo fui presidente recorrí 44 secciones locales en la toma de protesta del Comité Directivo y al tomar la palabra los exhortaba para ser mejores. Un trabajo muy pesado, pero lo hicimos y lo logramos con éxito, creo yo.

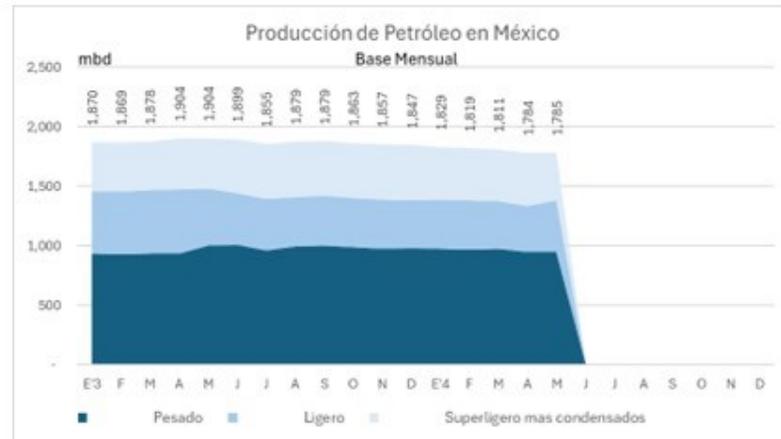
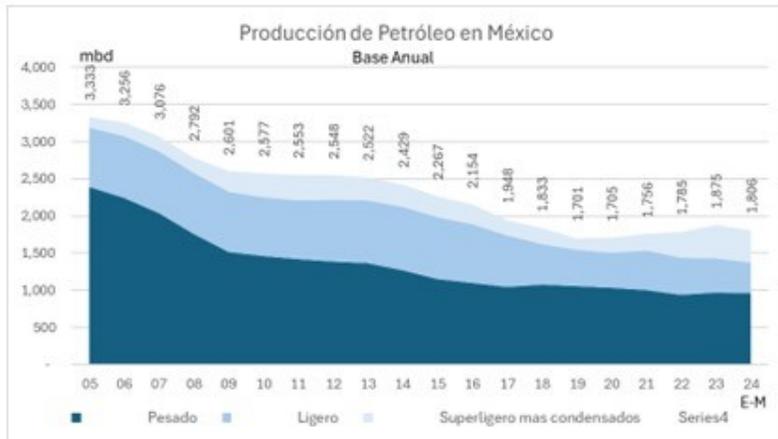


#### **¿Siente que le hace falta apretar en algún lado al IMIQ? ¿En su estructura, en su forma de trabajar?**

Yo creo que nos hace falta un poco la mentalidad de mercadotecnia para que podamos captar muchos más ingenieros químicos y más recursos. En mi tiempo, tuvimos la oportunidad de comprar, con ayuda de otros ingenieros químicos de la mesa directiva, una oficina que creo ya se vendió. Era una oficina, pues, extraordinaria para nosotros y la compramos con un tal señor Roberto Schekaibán que vivía en Horacio 104: eso le sirvió mucho al IMIQ para darle un respaldo y una credibilidad más amplia. Dimos un anticipo y el resto era pagadero a 7 – 8 años y nosotros logramos tanto éxito en la Convención del 2000, que pagamos todo el adeudo. Fue una Convención con una exposición muy fuerte: con más de 100 stands. Tuvimos mucho éxito porque muchas empresas querían estar ahí presentes. También fue extraordinaria porque ya se veía el qué y cómo poder lograr una mejora continua en lo que es la ingeniería química y fue muy bueno, muy bonito, una experiencia valiosísima.

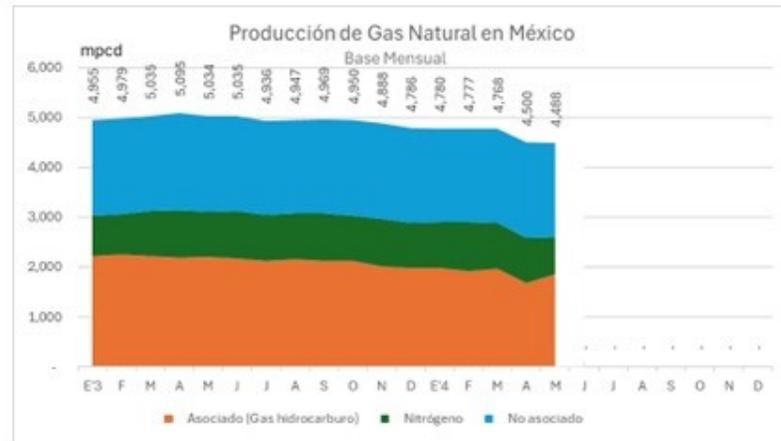
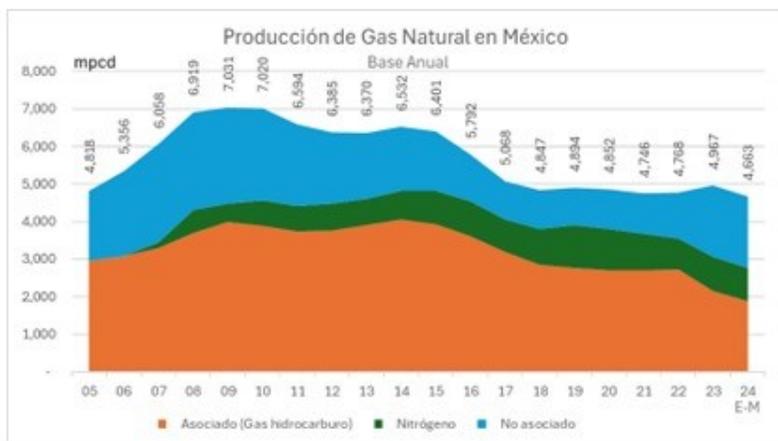
# Indicadores Operativos de la Industria Química

## 1.- Producción de Petróleo en México



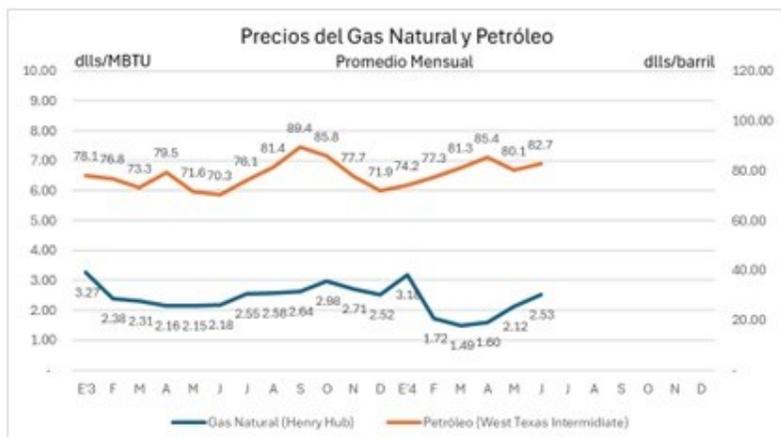
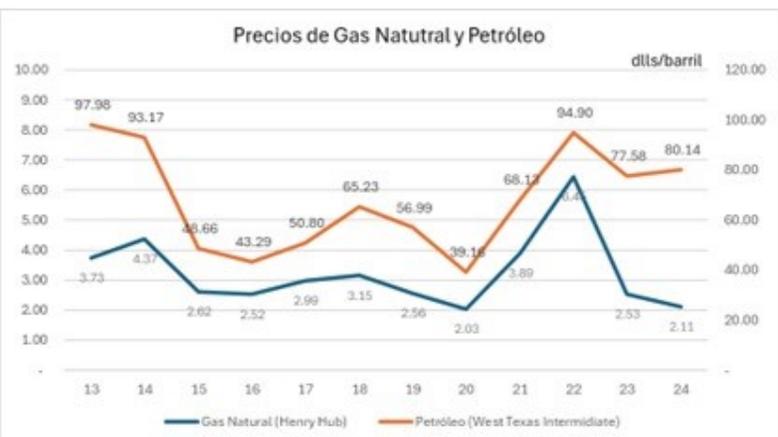
Fuente: BDI Pemex

## 2.- Producción de Gas en México



Fuente: BDI Pemex

## 2.- Precios de Petróleo y Gas en USA



Fuente: EIA US Energy Information Administration / Statista



# INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS, A. C.

## Lineamientos para la Publicación de Artículos Técnicos dentro de la Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, A. C.

El IMIQ, publicará en el idioma español sobre temas de la Ingeniería Química y ramas afines bajo los siguientes lineamientos.

1. El título debe ser breve y conciso, seguido por el nombre completo del (de los) autor (es), Institución(es) del mismo, ciudad y país (en el caso de no provenir de México). Deberán incluirse descriptores clave del tema del artículo.
2. Debe contener lo siguiente: RESUMEN (de una extensión de 100 a 500 palabras), NOMENCLATURA (en caso de requerirse), SECCIONES (capítulos) CONCLUSIONES, AGRADECIMIENTOS (en caso de existir), REFERENCIAS, ANEXOS (en caso de existir).
3. El título de cada sección deberá escribirse con mayúsculas y negritas. Con excepción del Resumen y los Agradecimientos, podrán existir subsecciones dentro de una sección.
4. Se recomienda ampliamente utilizar figuras (gráficas, dibujos, esquemas, fotografías, etc.) y tablas, estas se intercalaran en el texto después de su primera mención; y serán numeradas con números arábigos ej. Figura 1. Tabla 1. Cada figura deberá tener un título breve al pie de la figura y en la parte superior para las tablas.
5. En las notas de pie de página se usará el siguiente símbolo (\*). Para el caso de que exista más de una en la misma hoja, se usaran los siguientes símbolos: t, e, y. No se aceptarán más de cuatro notas de pie de página en una misma hoja.
6. El uso de ecuaciones y expresiones matemáticas complejas deberán ser numeradas al lado derecho de las mismas, de la siguiente manera y entre paréntesis redondos: (1), (2), etc.
7. Se deberá emplear el Sistema Internacional (Métrico) de Unidades (SI), para el texto, figuras y tablas.
8. Los símbolos utilizados deberán presentarse en la sección NOMENCLATURA, en el que se describa su significado enlistándolos por orden alfabético como sigue: los latinos, griegos, los subíndices (latinos, griegos y numéricos) y los superíndices (latinos, griegos y numéricos). Cuando sean menos de 5 símbolos estos podrán ser descritos dentro del texto.
9. Se deberá hacer referencia dentro del texto de todo el material bibliográfico utilizado. Las referencias deberán señalarse mediante números arábigos entre paréntesis cuadrados en el orden en que vayan presentándose en el texto de la siguiente manera:
  - -Para libros: autor(es), "título", edición, ISBN, editorial, ciudad, año
  - -Para artículos de revistas: autor(es), "título", Revista, ISSN, volumen, número, fecha, páginas.
  - Para artículos en obras colectivas (libros): autor(es), "título del artículo", título de la obra, volumen, ISBN, editor(es) de la obra, editorial, ciudad, año, páginas.
  - -Para artículos en congresos: autor(es), "título del artículo", título del congreso, volumen, editor(es) de las memorias en caso de existir, editorial o institución organizadora, ciudad, año, páginas.
  - No se deberá incluir en la lista material bibliográfico adicional que no haya sido señalado.
  - En el caso de citas en otros idiomas, se deberá incluir entre paréntesis la traducción al español.
10. Los anexos deberán ser breves enumerados con números romanos. Éstos deben contener información adicional indispensable. Dentro del texto se escribirá la palabra con mayúscula, sin abreviar. Anexo 1, etc.
11. Se recomienda que el artículo técnico sea de 10 a 20 cuartillas tamaño carta, escritas a doble espacio con caracteres de 10 puntos.
12. Los trabajos propuestos serán sometidos a la revisión de tres árbitros los que podrán aceptarlos, sugerir modificaciones o rechazarlos. El resultado del arbitraje será enviado a los autores.
13. Una vez arbitrado el artículo y con objeto de agilizar su captura para publicación, la versión final corregida, en formato Word, podrá enviarse electrónicamente o bien grabada en disco compacto; en el caso de fotografías, tablas o gráficas, éstas deberán enviarse digitalizadas dentro del texto del artículo en formato jpg o tif.
14. Se publican únicamente artículos inéditos. Podrán ser considerados también, los artículos que hayan sido presentados en congresos, seminarios o convenciones, siempre y cuando cumplan con los lineamientos establecidos.
15. El artículo propuesto deberá estar acompañado por una carta de presentación o por un texto de correo electrónico. Si el artículo fue presentado en un congreso, seminario o convención, éste deberá establecerse en la propuesta (incluyendo el título del evento, la fecha de realización, y la institución organizadora.
16. Las propuestas de artículos técnicos acompañadas por la carta o texto descritos en el punto anterior, podrán enviarse electrónicamente al E-Mail: [publicaciones@imiqac.org](mailto:publicaciones@imiqac.org) o impresas en papel a la atención del Director del Comité de Publicaciones.

Dr. José Ramón Montiel López

Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, A. C.

Horacio 124-1101 Col Polanco, C. P. 11560, Alcaldía Miguel Hidalgo. Ciudad de México.



# INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUÍMICOS, A. C.

## COMITÉS TÉCNICOS

¿Qué son?

¿Como funcionan?

¿Cuáles son sus funciones?

Te invitamos a participar en los **WEBINAR's** que los Presidentes de los Comités Técnicos harán para mostrar:

- Un panorama general del Campo que manejan.
- Cuáles son los retos a los que se enfrenta su campo.
- Que soluciones vislumbran.



*¡Ten un panorama amplio de todos los campos en los que se desenvuelve un Ing. Químico!*

Estas presentaciones se harán de acuerdo con el siguiente calendario

Sin costo

Programa de Webinars mensuales por Comité.

Mes	De 18 a 19 hrs	De 19 a 20 hrs
Mar 20	Protección Ambiental <b>(18:30 hrs)</b> Ing. Rodolfo Torres Barrera	Energía <b>(19:30 hrs)</b> Dr. Felipe de Jesús Ortega García
Abr 17	Gas Natural Ing. Manuel Chávez Guerra	Refinación del Petróleo Ing. Julio Cesar Rentería Sandoval
May 15	Petroquímica Ing. Alejandro Villalobos Hiriart	Catalizadores M en C. Víctor Alejandro Sosa Carrasco
Jun 19	Química D.C. Enrique Vergara Barragán	Metalurgia Dr Luis Manuel Quej Ake
Jul 17	Administración, Economía y Finanzas Ing. Fernando Baéz Ramos	Automatización y Control de Procesos Ing. José Antonio Neri Olvera
Ago 21	Educación Dr. José Fernando Barragán Aroche	Calidad, Productividad y Normalización Dr. Alan García Lira
Sep 23	Ingeniería de Proyectos Ing. Salvador Palos Medina	Simulación de Procesos Ing. Celestino Montiel Maldonado
Oct 16	Gestión de Tecnología Dr. Victor Ortiz Gallardo	Investigación aplicada en IQ. Dr. José Rubén Morones Ramírez
Nov 13	Protección a la Propiedad Intelectual Ing. Fro. Ontiveros Ortiz	Seguridad Industrial Agroind's y Biotecnología Dra. Alicia Román M.

Concluido ➔

Concluido ➔

Concluido ➔

Concluido ➔

Informes Concluido ➔

Tel.- 55 5250 4844

www.portal.imiq.com.mx

**! Afiliate ¡**





**Consultores Asociados en  
Tecnologías Catalíticas**

**SULZER**

**GRACE**



Con más de 30 años en el sector energético y gran éxito en el desarrollo de estrategias innovadoras que han impulsado el crecimiento y la rentabilidad de empresas en México y América Latina.

En CATECO nos distinguimos por ofrecer un enfoque único y diferenciado en la consultoría del sector energético brindando soporte técnico en sitio.