



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE CALIDAD
EN LA INGENIERÍA QUÍMICA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
I N G E N I E R O Q U Í M I C O
P R E S E N T A
CARLOS GUTIÉRREZ GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:
REYNALDO SANDOVAL GONZÁLEZ
SINODALES:
EDUARDO ROJO Y DE REGIL
LEÓN CARLOS CORONADO MENDOZA





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Edmundo Gutiérrez Juárez y Gloria García García por los valores que me enseñaron para integrarme de manera responsable en la sociedad permitiéndome saber que lo que se requiere para lograr algo es a base de trabajo.

A mi esposa Martha Reyna Peña Calzada. Quien fue clave y motor desde el inicio y nunca dejo de creer en que este momento podía culminarse, por su infinita paciencia y comprensión, porque ha sido amiga, guía y compañera que ha estado conmigo en todo momento.

A mis Hermanos Miguel Ángel, Patricia y Verónica Gutiérrez García

A mis amigos y compañeros con quienes compartí momentos inolvidables dentro de la Universidad y juntos logramos un objetivo común, finalizar lo que empezamos como un proyecto. Daniel Hernández, Ricardo Cárdenas, Ernesto Fuentes, Ricardo Zaragoza (Chow), Alonso, Raúl, Beto, Edgar, Emmauel, Héctor López, Josué Paris, Guillermo†, El palomo†, Eduardo, Isaac, Antonio, Gabriel Ponce, Moy, Carlos Ferreira, Rene, Bernardino y todos aquellos con quienes compartí de alguna manera mi vida en la facultad.

Agradezco especialmente a los maestros Reynaldo Sandoval y Eduardo Rojo, por su orientación, paciencia y aporte de sus conocimientos en la realización de este trabajo.

*“Vosotros miráis hacia arriba cuando
Ansiáis elevaros; yo miro hacia abajo, pues estoy elevado.
¿Cuál de vosotros puede reír y estar elevado a un tiempo?
Quien escala las más altas cimas se ríe de todas
Las tragedias reales o ficticias”*

Así hablaba Zaratustra
(Del leer y escribir)
Federico Nietzsche.

ÍNDICE

Introducción.	3
Capítulo I. HISTORIA DE LA INGENIERÍA QUÍMICA	9
Capítulo II. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD.	15
Capítulo III. ACTIVIDADES DEL INGENIERO QUÍMICO.	34
Capítulo VI. RELACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD CON LA INGENIERIA QUÍMICA.	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	67
BIBLIOGRAFÍA.	72

INTRODUCCIÓN

Actualmente el concepto de calidad es usado en cualquier sector de una sociedad, en ámbitos tanto productivos como de servicios ya que toda empresa se rige hoy en día por un Sistema de Gestión de Calidad, dentro del cual existen herramientas propias de una administración tales como su filosofía, política y estándares, hasta el uso de herramientas estadísticas y disciplinas que permiten evaluar el desempeño de una organización en todos sus niveles.

Nuestro caso de estudio está enfocado principalmente a la relación existente entre la ingeniería química y sus diferentes áreas de aplicación con el Control de Calidad pues como se verá, la formación del Ingeniero Químico es tal que le permite desempeñarse en diferentes sectores laborales, ya sea en primer plano o como soporte técnico.

Dado que la necesidad de obtener productos útiles para la vida diaria impulsó notablemente al desarrollo industrial, la obtención de dichos productos a gran escala se debió a la creciente demanda de éstos, que permitió la evolución de diferentes disciplinas que con el desarrollo de nuevas técnicas modificaron los procesos de fabricación, dando lugar a la producción a gran escala y a las grandes industrias de transformación.

La industria química entre las más demandadas por su extensa gama de productos de uso intermedio como de uso final, crece de forma acelerada, dando lugar

a la formación de los nuevos técnicos que tuvieran la capacidad de diseñar, construir y operar y que a la vez tuvieran los conocimientos necesarios de química que les permitieran comprender la transformación a gran escala. Es así que por necesidad de la misma industria química nace el concepto de Ingeniero Químico.

En general dicho problema demandaba a personal capaz de asociar un fenómeno estudiado en laboratorio (sea una reacción química, alguna separación o purificación, etc.), con la producción en masa.

Pero ¿Qué es en sí un ingeniero químico?, es acaso una disciplina mutada consecuencia de otras, ¿Cuándo se consideró esta como disciplina independiente, pero multidisciplinaria?, hasta hoy en día la ingeniería química como tal ha evolucionado de forma conjunta con los avances tecnológicos e industriales y por si misma enfrenta la incertidumbre de una definición global, sin embargo como se verá, más que una simple definición la ingeniería química puede ser analizada como disciplina desde diferentes enfoque debido a su versatilidad de aplicaciones, producto de sus propios logros y avances dentro de los diferentes logros que ha alcanzado.

Existen varios conceptos de Ingeniería Química, algunos datan de fines del siglo XIX, sin embargo todos ellos hasta el más actual son el reflejo del avance de la misma, que evoluciona de acuerdo a las diferentes necesidades de la propia industria; podemos decir que la Ingeniería química evoluciona en su esencia y aplicación de acuerdo a las necesidades contemporáneas.

En 1880 surge en Inglaterra el concepto de Ingeniería Química pero es hasta 1957 que es reconocido oficialmente como rama de la ingeniería con bases ordenadas y coordinadas de carácter multidisciplinario, esta se definió como:

“En 1951 el profesor J. Cathalá, dice: La Ingeniería Química es el arte de concebir, calcular, proyectar, hacer construir y hacer funcionar las instalaciones donde poder efectuar a escala industrial una transformación química cualquiera”.

“En 1961 H.F Rase define: La Ingeniería Química comprende aquellas actividades que aplican ciencia a los problemas relacionados con la producción económica de cosas útiles, mediante procesos que involucran fenómenos químicos y/o físico-químicos en una o mas etapas”¹

Hasta las definiciones actuales como la que cita el American Institute of Chemical Engineers, la cual dice: “La Ingeniería Química es una profesión en la que los conocimientos de matemáticas, química y otras ciencias naturales, obtenidos mediante el estudio, la experiencia y la práctica, son aplicados con juicio para desarrollar caminos económicos para utilizar la materia y la energía en beneficio de la humanidad”²

Por su parte el Instituto Mexicano de Ingenieros químicos establece: “La Ingeniería Química es una profesión en la que los conocimientos de las ciencias básicas y de ingeniería junto con los principios de la economía y las relaciones humanas obtenidas mediante el estudio, la experiencia y la práctica son aplicadas mediante habilidades y actitudes en la creación de procesos y generación de

¹ Bravo, V. (1999). “*Fundamentos de la Ingeniería Química*”. España: Universidad de Granada España, p.16.

² Definición establecida en 1985 por el American Institute of Chemical Engineers. En: M. Beltrán, M. Delgado y M. Quintana (1997) “*Introducción a la Ingeniería Química*”. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, p. 13.

productos y servicios, fundamentalmente en el ámbito de la industria química en beneficio de la humanidad”³

Como se puede ver, sea la definición que sea la ingeniería química se ve involucrada en aspectos de transformación de materiales, en bienes de uso intermedio o final, en el uso de la energía y en los avances de la industria y los mercados, hoy tiene que ver con reproceso de materiales, medio ambiente, mercadotecnia, asesoría, docencia y administración todos y cada uno de ellos con el impacto económico en el mercado.

No se puede dar una definición única de la ingeniería química, ya que por la misma dinámica que ha ido tomando como disciplina, hoy en día es tan versátil que la ingeniería química puede aplicar desde sus bases fundamentales en el diseño y en la puesta en marcha de plantas industriales; así como, la parte económica, administrativa, medio-ambiental, en áreas de ventas y mercadotecnia, docencia, investigación y asesoría. Ahora bien, los avances tecnológicos e industriales no son propios de la Ingeniería Química, ejemplo claro de ello han sido los avances en la industria energética, de transporte, medicina, marítima etc.; dichos avances surgen durante las guerras y posterior a éstas, es cuando se dispara de forma acelerada el estudio para mejorar los productos y abatir costos al mismo tiempo, obligados así a buscar nuevas tecnologías que permitieran a la vez optimizar el tiempo de fabricación o construcción los insumos para la guerra; el estudio de las metodologías para mejorar los productos y su fabricación es lo que fundamentalmente dio origen al llamado *control de calidad* o *control total de calidad* como será llamado en el Japón

³ Definición por el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Beltrán. *Idem*.

en la posguerra. Siendo éste aplicable a cualquier industria sea de extracción, transformación o de servicio.

Es aquí donde se ve que tal concepto aplicable a la industria química surge por la necesidad de la revolución tecnológica y de competencia, en particular se analizará como el Control Total de Calidad aplica en las actividades de la industria química, ya que, los alcances de la propia Ingeniería Química aunados a un sistema de control de calidad han evolucionado en un ambiente de constante crecimiento y competencia, el cual por su dinámica y evolución demanda la adecuada coordinación del manejo de las actividades que definen el buen funcionamiento de una empresa y evalúan su desempeño dentro de un mercado cada vez mas exigente que demanda productos de calidad y a costos accesibles. Se está en la era de la competitividad en la cual tendrá éxito aquella industria que logre abatir sus costos de producción sin minimizar la calidad de sus productos.

Como se estudiará, la calidad tiene un amplio significado ya que no es sólo un concepto, si no una corriente ideológica que basa sus principios en diferentes enfoques de correlación “producto-cliente”, “producción-tiempo” y “Costos-calidad”

Una aproximación global de la calidad nos la da el profesor Kaoru Ishikawa: “Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, fabricar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor”.⁴

⁴ Ishikawa, K. (1986). “¿Qué es el control total de calidda? La Modalidad Japonesa” México: Ed. Norma, p.40.

“En sentido general, el término aseguramiento de calidad se refiere a cualquier actividad planeada y sistemática que tiene por fin ofrecer a los clientes productos (Bienes y/o servicios) con una calidad apropiada, además de la confianza de que se cumple con requisitos del cliente”⁵

⁵ Evans, J. y Lindsay, W. (2005). “*Administración y Control de Calidad*”. Mexico: Ed. Thomsom Learning, p.4-8

CAPÍTULO I.

HISTORIA DE LA INGENIERIA QUÍMICA.

El desarrollo tecnológico que vino con la revolución industrial trajo grandes avances en todas las disciplinas, todos estos adelantos surgen por una necesidad debida a las crecientes demandas por el crecimiento poblacional que requiere de productos en mayor escala para satisfacer necesidades, con lo que se desarrolla un ritmo de trabajo más rápido y eficaz dando lugar al diseño de maquinaria y equipo para producir en mayor cantidad y en menos tiempo, de la misma manera se ha desarrollado la industria del transporte, construcción, comunicación etc. La necesidad de adquirir una dinámica de trabajo que permitiera la obtención de productos tanto de uso final como de uso intermedio a costos que permitieran su producción y venta a precios estándar, da la pauta para estudiar las técnicas de producción con el fin de poder optimizar dichos procesos.

En la industria química los procesos se regían por la física, química, ingeniería mecánica y civil; los técnicos que dirigían en ese entonces las plantas de producción eran llamados químicos industriales aunque sin fundamentos que generalizaran tal desarrollo. “Los primeros registros que se tienen de la ingeniería química, fueron los propuestos por George E. Davis en 1880 en Inglaterra que comienza a concebir la disciplina de la ingeniería química como disciplina independiente; Davis establece el primer curso de ingeniería química en 1887 en el Manchester Technical College y en 1901 escribe el primer libro titulado *The Handbook of Chemical Engineering*”.⁶

⁶ Durán, D.M. (2008, Marzo) Evolución. Primer foro Nacional. La Mujer en la Ingeniería Química en México. Ciudad de México. Disponible en <http://www.imiq.org/documentos/LIBRO%20ELECTR%c3%93NICO%20Mar%208%202008.pdf>

Los primeros planes de estudio consistían en una aplicación de la física y la química, fundamentos de ingeniería mecánica y cursos descriptivos de equipos y procesos que estudiaban casos particulares como la evaporación, destilación, secado etc. Fue de esta manera, con estudios de casos particulares que se fueron delineando los principios de lo que más tarde serían las “operaciones unitarias” fundamento epistemológico de la ingeniería química.

Casi simultáneamente en Estados Unidos de América aparecen las primeras manifestaciones de la Ingeniería Química, difundidas en un curso impartido por Lewis M. Norton, en el Massachusetts Institute of Technology, mismo que más tarde modificaría con nuevos estudios William, H. Waker. Conforme se iba difundiendo la ingeniería química también fueron apareciendo las organizaciones como el American Institute of Chemical Engineering en 1908 en Filadelfia o la American Chemical Society, que contribuyeron a difundir esta disciplina con la publicación de artículos relacionados con la materia y que hoy en día se siguen publicando.⁷

Hacia 1915 con la 1ª guerra mundial ya iniciada, surge un concepto que definiría a la ingeniería química como disciplina, dicho concepto fue concebido por Arthur D. Little que la define como una secuencia ordenada de actividades que constituyen un proceso químico llevado a una escala industrial, Little encontró la forma de generalizar los estudios de los diferentes procesos para que fuera posible el entendimiento de un proceso cualquiera que fuera. Little presentó en 1915 al Massachusetts Institute of Technology su concepto de Operaciones Unitarias,

⁷ Duran, D. M. Idem.

aseverando que las demandas de la profesión se podían alcanzar a través del análisis de los procesos en “acciones unitarias”.⁸

Esta filosofía se mantiene por largo tiempo, en 1930 el mismo Little dice: “las operaciones unitarias son en esencia de naturaleza física pero dirigidas a un resultado químico”

La mentalidad inherente que se fue desarrollando en los profesionales de la Ingeniería Química iban a llevar a advertir que entre ciertas operaciones unitarias había importantes similitudes y que el estudio de las mismas podría resumirse en tres operaciones de cambio, es como se encuentra que la fenomenológica de la IQ esta gobernada por los “fenómenos de transporte “ que la masa, el calor y la cantidad de movimiento se transfieren impulsadas por un potencial venciendo una resistencia determinando así un flujo de transferencia, tales ideas se concretaron definitivamente en 1960 con la aparición del libro llamado Transport Phenomena de Robert Bird Bayron y sus colaboradores W, E. Stewart y E, N Lighflood, dicho texto tan importante hasta hoy en día es la parte medular de la IQ ya que permite analizar en detalle cualquier operación unitaria, siendo los fenómenos de transporte el estudio sistemático y unificado de la transferencia de momento, energía y materia, el transporte de estas cantidades guarda fuertes analogías tanto físicas como matemáticas que el análisis empleado es prácticamente el mismo. A partir de ese momento la Ingeniería Química se consolida definitivamente para no dejar de evolucionar en ningún momento.⁹

⁸ Idem, p.12

⁹ Idem , p.13

México no es la excepción, aunque con los problemas sociales, políticos y económicos, también aparece la Ingeniería Química hacia 1917 en Guadalajara se tienen registros de la escuela libre de ingenieros fundada en 1901 por el ingeniero y abogado Ambrosio Ulloa González.¹⁰ Sin embargo los primeros registros que se tienen de la enseñanza de las ciencias data de la época colonial hacia 1768 y 1792 cuando se fundaron la Real Escuela de Cirugía, La Academia de las Nobles Artes de San Carlos, el Real Jardín Botánico y el más importante, el Real Seminario de Minería que promovió la llegada de científicos y técnicos especializados en ramas como: Física, Química, Matemáticas, Mineralogía, Arquitectura y Botánica para que se incorporaran a la docencia en las escuelas mencionadas, además promovieron el envío de estudiantes a refinar su preparación en instituciones reconocidas de Europa.¹¹

La enseñanza de la Química en nuestro país estuvo durante toda esta época estrechamente vinculada a la Botánica, Medicina y Farmacia pero sobretodo a la Minería siendo ésta la más explotada en México y fue por ello que se promovió la enseñanza de la Química. Fue tal el impulso que recibió que casi inmediatamente a su publicación se conocieron y discutieron los estudios de Antoine Lavoisier y se incorporaron por vez primera a los planes del Real Jardín Botánico.¹²

El Real Seminario de Minería fue sin duda la institución de investigación y enseñanza de la ciencia moderna de aquella época, particularmente de algunas aplicaciones de la química y no sólo para la nueva España sino para toda

¹⁰ Idem, p.11

¹¹ Garrido, A.M. (1998). *“Historia de la Enseñanza de la Ingeniería Química en México”*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, México D.F., p5

¹² Idem

Centroamérica, inaugurado en 1792 fomentó la enseñanza y contó con colaboradores científicos de gran reconocimiento.¹³ Se recorrió un largo camino desde la creación del Real Seminario de Minería hasta el surgimiento de la Universidad Nacional de México hacia 1910 y posteriormente gracias a los esfuerzos del Químico Juan Salvador Agraz que iniciara el proyecto y culminara con la fundación de la Escuela Nacional de Química Industrial en 1916 ubicada en ese entonces en el antiguo pueblo de Tacuba y que contaba con las carreras de Químico Industrial y Perito en Industrias o Práctico en Industrias.¹⁴ En 1917 se incorpora la carrera de Ingeniero Químico, sin embargo el plan de estudios de la carrera aprobado en 1918 no tenía nada que ver con la ingeniería química. Para su incorporación a la escuela de ciencias químicas y su verdadera comprensión mediaron una buena cantidad de desaciertos hasta que en 1927 “El plan de estudios obra del Ingeniero Estanislao Ramírez quien fue becado para estudiar en París donde fue asistente del químico e ingeniero Henry Louis Le Chatelier y quien a su vez fuera discípulo del no menos conocido Antoine Lavoisier. Y trabajó en industrias Alemanas, trasladándose a Estados Unidos de América al iniciarse la 1ª Guerra Mundial ahí colaboro en la industria bélica donde conoció a los ingenieros del Massachusetts Institute of Technology como William H. Walter. Warren K. Lewis y Arthur D. Little que desarrollaban la ingeniería química en ese tiempo.”¹⁵

El plan de estudios de 1927 del ingeniero Estanislao Ramírez aunque con importantes carencias gracias a Estanislao Ramírez tenía ya bien definida la carrera de Ingeniero Químico, lo novedoso del plan fue que diferenciaba ya las Operaciones Unitarias que se cursaban con el nombre de Física Industrial, estas asignaturas características en la formación de los ingenieros químicos. Siendo así como la

¹³ Idem, p.6.

¹⁴ Idem, pp.31-37.

¹⁵ Idem, pp. 41-43

Ingeniería Química comenzó a impartirse realmente en México, y no ha dejado de evolucionar ahora a la par de los países más avanzados.¹⁶

Uno de los primeros en tomar el curso con el plan integrado fue el también celebre ingeniero químico y profesor de la Facultad de Química de la UNAM por más de 40 años, Alberto Urbina del Raso, quien también contribuyera con el mismo ahínco en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, además de su brillante trayectoria por el campo industrial.

La Ingeniería Química ha contribuido con el desarrollo industrial, tecnológico y educativo por largo tiempo, ha realizado aportaciones importantes en muchos campos a pesar de ser una disciplina relativamente joven y es una de las carreras con un plan de estudios suficientemente vasto par incursionar y aplicar en cualquiera que sea el campo laboral desde su esencia en diseño y operación de equipo industrial hasta la aplicación en medioambiente, en diferentes puestos claves en las industrias tanto químicas como de fabricación, educación y mercadeo. Como se vera posteriormente.

¹⁶ Idem, pp. 54 -55

CAPITULO II.

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD.

La historia no sólo nos permite conocer el pasado, es más bien, una herramienta que nos sirve para comprender el presente dando sentido al porqué de los hechos actuales ya que aporta datos con los que se puede realizar una trayectoria de los acontecimientos que rigen en la actualidad y su evolución mediante argumentos basados en observaciones veraces. Incluso la historia puede ser de utilidad para predecir eventos futuros aunque no se pueda afirmar que se trata de algo recurrente.

El control de calidad como disciplina y tarea fundamental en el desarrollo cotidiano hasta nuestros días no queda fuera del contexto histórico, pues es natural que como cualquier corriente ideológica o evento natural, ésta debió tener un inicio en algún instante del tiempo.

“Algunos autores señalan que la calidad es un hecho relativamente nuevo que tuvo sus inicios en la primera mitad del siglo XX; Otros afirman que es un fenómeno que ha estado presente por siglos” sin embargo hay quienes sugieren que ésta ha estado presente desde tiempos en que los primeros hombres forjaban su futuro y que la calidad evolucionó junto con el hombre de forma paralela, talvez no bajo el nombre de calidad o control de la calidad, pero el móvil que dio vida al concepto, el fundamento y raíz estuvo presente desde siempre.”¹⁷

¹⁷ Mounaudon, T. C. (2004). *“Historia de la calidad mundial”*. México-Puebla. Lupus Inquisidor, p.18

Por lo tanto podemos afirmar que la calidad no apareció en un momento preciso de la historia, sino que se trata de un elemento fundamental del desarrollo humano que surgió y evolucionó según las necesidades y circunstancias que se presentaban a cada paso que el hombre daba por la vida. La calidad es por tanto resultado de la evolución natural de la especie humana y de su afán por conseguir mejores condiciones de vida.

Analizando lo anterior se puede sugerir que desde sus primeros pasos el hombre ha tenido la necesidad de idear la forma de subsistir; por ejemplo podemos citar que existen vestigios de que el hombre prehistórico fabricó diferentes utensilios que le servían como herramientas de caza, luego surge la necesidad del vestido y posteriormente el calzado y la construcción. El simple hecho de conseguir sus alimentos tuvo gran influencia en el desarrollo del pensamiento ya que su desventaja física ante los animales que consumía le permitieron idear tanto instrumentos de punta y corte así como estrategias de caza, es decir, en este sentido comenzó la calidad con selección de materiales y la división del trabajo, es evidente que para forjar una punta de flecha o un cuchillo de pedernal se requirió de la selección de un material resistente, abundante y que se pudiera moldear, el organizarse para la caza tuvo que haber sido una idea que culmina en estrategias y no una acción fortuita. De esta forma comienza el desarrollo evolutivo del pensamiento humano y se puede suponer que “La imaginación debió surgir cuando nuestros ancestros desarrollaron la habilidad de pensar en una herramienta o una acción coordinada y lo llevaron a cabo.”¹⁸

¹⁸ Schick, K. (1997:98). Idem, p.20

Posteriormente surge la necesidad del vestido que culmina con el aprovechamiento de pieles, mismas que, aunque de forma primitiva tuvieron que confeccionar para su comodidad, y a su vez desarrollar agujas y hebras para coser las prendas de vestir. Con el paso del tiempo surgieron nuevas ideas que permitieron madurar el pensamiento y creatividad, logrando así, mejores resultados, no obstante siempre que surgía una nueva idea también aumentaba el grado de complejidad ya que en ese deseo de tener mejores cosas el hombre debió empezar a notar que era posible modificar ciertas características de las herramientas que utilizaba. Posiblemente la primera etapa del desarrollo del pensamiento culmina con la necesidad de cultivar y la construcción, es decir cuando el hombre se vuelve sedentario y se ve obligado a generar su vivienda y alimento a partir de la tierra. Pero, ¿Qué tiene que ver todo esto con la calidad?, si hacemos hincapié en lo que significa la calidad tendremos que está se refiere a la producción de bienes y servicios duraderos y que satisfagan la necesidad de los consumidores. Y ¿Cómo se hace la calidad? Pues bien, si se produce un artículo o servicio de calidad éste estará pensado de manera que sus elementos tengan características que le permitan cumplir su función de manera eficaz y duradera. Es así como se mencionó anteriormente, la selección de materiales por ejemplo, o la organización, que se interrelacionan con el concepto de calidad de manera directa.

Con el desarrollo de estos sucesos se llega finalmente a la organización social que dio paso a las antiguas civilizaciones, de las cuales se tiene evidencia de la calidad con que trabajaban, ya sea en la arquitectura, vestido, elaboración de armas, alfarería, joyería, artesanía, talabartería y astrología por nombrar algunas actividades. Culturas tales como los egipcios, babilonios, griegos, romanos, mayas, aztecas, incas

entre otras, incluso ya estudiaban la medicina, existían estrategias militares, campesinos, cazadores, escritores o poetas, en fin eran sociedades complejas pero perfectamente bien organizadas que hasta se contaba ya con una división social.

Es evidente que en cada una de estas actividades se requería cierta destreza ya que cada producto fabricado, cada edificación debía de cumplir con características muy exigentes, ya que su aprobación la daban los miembros de más alta jerarquía y por ende no aceptaban errores, así es como se controló la calidad hasta la edad media época en que los artesanos se especializaban en la fabricación de productos y posteriormente contrataban trabajadores y quienes revisaban la producción eran los maestros especializados, en ese tiempo la inspección de los productos se llevaba a cabo pieza por pieza en los pequeños talleres ya que los consumidores de los mejores productos eran las clases altas, los reyes, el clero y los ricos comerciantes. Todos los productos fabricados en esa época por el destino final al que se dirigían exigía que fueran del agrado y satisfacción de éstos; de alguna manera esto también contribuyó al desarrollo de mejores técnicas de fabricación y selección de materiales, por ejemplo en la producción de vinos se requería de las mejores cosechas y una técnica de añejamiento tales que el producto final fuera el mejor, otro ejemplo se puede ver en la fabricación y confección de telas donde se desarrollaron diferentes formas de hilar y diferentes diseños, en la joyería surgen métodos de separación de los metales. Todos estos factores propiciaron que los artesanos y trabajadores se especializaran cada vez más cada uno en su rama, por ejemplo en la fundición y tratamiento de metales. “Los bienes terminados eran el resultado de una combinación de factores diversos: la calidad de la materia prima, técnicas de fabricación, motivación de los trabajadores, nivel de cada artesano y uno de los más antiguos

elementos y el más importante hasta hoy, el compromiso de los artesanos y sus aprendices para realizar trabajos de alta calidad”¹⁹

Se puede decir de todo lo anterior que la calidad se vislumbraba no como concepto pero si ya como un hecho que se vivía a diario en los talleres artesanales, tal vez en éstos se empieza a documentar todo lo relacionado a la selección de materiales y a la producción de artículos y no sólo aquellos que servían directamente a las clases altas, sino que en áreas más rudas tales como la construcción, la herrería, la forja de materiales de hierro, se debió contar con técnicas especializadas que también fueron evolucionando. En la parte química existieron los primeros químicos (alquimistas) que comenzaron con técnicas de separación al obtener aceites y perfumes para la realeza, esta área de nuestro interés debió también empezar a documentar formulas, procesos de trabajo para la separación y obtención de los diferentes productos demandados. Esta empezó a incursionar en estudios cada vez más complejos que dieron pauta al desarrollo de nuevas disciplinas. Sin embargo los primeros vestigios de la calidad ya como una necesidad nace y se desarrolla en la industria militar incluso antes de la revolución industrial que es donde muchos autores dicen que es el punto de partida de el control de calidad, de acuerdo a las necesidades de contar con armamento en gran número se comienza a fabricar por medio de dimensiones fijas integrando sistemas de medición, soportes y dispositivos para realizar las mediciones y además de que surgen los limites de tolerancia y las especificaciones. “La revolución industrial inició sus primeras fases entre 1710 y 1825 en Inglaterra extendiéndose por todo Europa hacia 1815, se cambió de manera radical la industria, el comercio, la política y la vida en general. Básicamente consistió

¹⁹ Juran, J.M. (1995); Flood, (1993) y Duncan, (1989) Citados en: Mountaudon T.C. (2005). “*Historia de la Calidad Mundial.*” México-Puebla. Lupus Inquisidor, pp 23-46

en la aplicación de maquinaria a la fabricación, la minería, los transportes, comunicaciones, agricultura, acompañados de importantes impactos económicos. La Revolución Industrial estimuló fuertemente la investigación científica y las técnicas de fabricación se volvieron más complejas, requiriendo de personal especializado que administraran y manejaran estos nuevos modos de producción, dando paso a las diferentes ingenierías que se tornaron una herramienta indispensable en el mundo industrial. En la primera etapa en el desarrollo del campo de la calidad un número reducido de trabajadores tenía la responsabilidad de la fabricación del producto y así el obrero podía controlar la calidad de su trabajo.²⁰

La Revolución industrial transformó la fabricación de productos dando lugar a la producción en masa, la cual se realizó en grandes plantas y por una gran cantidad de hombres estas factorías pronto sobrepasaron los pequeños talleres independientes que se comenzaron a rezagar tecnológicamente por falta de capital. A principios del siglo XIX la complejidad de la manufactura se incrementó y los avances tecnológicos repercutieron en la necesidad de reorganizar la fuerza de trabajo, formando grupos de trabajadores que realizaran tareas específicas y con ello surge la era de la supervisión, las organizaciones comenzaron a darse cuenta de que requerían de individuos que fueran capaces de inspeccionar la calidad de un producto sin estar involucrado en la mano de obra.²¹

Aproximadamente hacia 1840 se introduce el concepto de límite de tolerancia “pasa” y hacia 1870 se complementa con la contraparte de “no pasa” con lo que surgen los primeros avistamientos de control estadístico de proceso, ya que de estos

²⁰ Feigenbaum, (1993). Idem, p51

²¹ Banks, (1989). Idem, p52

conceptos “pasa o no pasa” se derivan los límites de control “superior, central e inferior” que no son otra cosa más que los rangos de calidad o de aceptación de los productos fabricados.

A finales del siglo XIX se reconoce la necesidad de difundir el conocimiento teórico por medio de publicaciones especializadas, una de las primeras ediciones fue la del *journal of the American Statistical Society*, en la cual se divulgaron artículos sobre Calidad y Confiabilidad.²²

Como se ha podido ver, la calidad y la producción de bienes han crecido y evolucionado conjuntamente una como consecuencia de otra, como necesidad de la producción y el trabajo la calidad ha estado presente desde los primeros fabricantes; sin embargo la difusión del concepto de calidad se ha realizado gracias a la Normalización la cual puede incluir: normas, modelos de calidad, publicaciones, en fin, la recopilación de la información generada a través del tiempo y basada en la experiencia y el estudio sistemático del comportamiento de los procesos. Entendiendo por normalización la necesidad de que la calidad o características de un producto sean las mismas si se fabrica en Europa, América o cualquier otra parte del mundo.²³

Los orígenes de la ciencia moderna experimental se ubican en la era del renacimiento, en sus inicios se pueden nombrar a grandes figuras de la ciencia tales como Copérnico, Kepler, Galileo, seguidos por Descartes, Newton, Leibnitz por nombrar algunos; sin embargo la suma de los aportadores a la ciencia desde el renacimiento hasta finales del siglo XIX no va más allá de un centenar y los descubrimientos e inventos de esta época aunque sorprendentes, se reducen a unos

²² Shewart, (1939). Idem, 54

²³ Courthier y Vaucelle, (1992). Idem, p55

cuantos comparándolos con el catálogo de científicos e inventos del siglo XX. Si bien, los primeros fueron fundamentales y base de partida para la revolución tecnológica e industrial del siglo XX, las aportaciones en todas las materias es incomparable y dado que la dinámica de vida comenzó a exigir mucho más; fue el control de calidad una disciplina que se involucró cada vez más hasta hacerse requisito indispensable en la vida cotidiana.

En el siglo XX la medida y el método científico penetraron en la organización y en la gestión por dos vías distintas pero congruentes.

- a) La organización científica del trabajo fundada por el ingeniero Frederic W. Taylor quien en 1911 publicó: *The principles of scientific management* (Principios de la administración científica) que llegó a convertirse en la guía de organización de las empresas industriales en el mundo.
- b) El modelo ideal de burocracia presentado en la misma época por el sociólogo alemán Max Weber, cuyos principios de regulación detallada, de decisión despersonalizada y de personal reglamentado guiaron la organización de las administraciones, y en cierto sentido de toda sociedad.

Este siglo es sin duda el inicio de los verdaderos avances en materia de calidad ya que aunado a la revolución tecnológica se hace necesario implementar en todas las plantas productivas un departamento de control de calidad. A principios de 1900 surge así el capataz de control de calidad y pese a sus carencias es en este

periodo cuando se percibe la responsabilidad por el trabajo, siendo durante esta transición cuando aparece la idea de Frederick Taylor de separar la planeación de la ejecución, surgiendo así el inspector jefe de calidad, que fue el responsable de las líneas de producción.²⁴

A principios el siglo XX el crecimiento tecnológico-industrial comenzó a demarcar el poderío económico de los países, éstos se dieron cuenta de que la investigación científica y tecnológica era la clave para una vida mejor en estos países se dio también la expansión y mejoramiento de las universidades, entre los países que llevaron acabo estos programas de investigación y por ende fueron los primeros con tecnología de punta están: Estados Unidos de América, Inglaterra, Alemania, Francia y Japón siendo en éstos donde surgen no sólo los grandes avances tecnológicos sino también las primeras doctrinas de calidad, sistemas de producción, diseño y mercadeo. Ejemplo de ello es la producción en masa de automóviles y la introducción de la línea de ensamble hacia 1908 por Henry Ford donde además de asegurar la igualdad del modelo, redujo el tiempo de ensamble de un chasis de 12hrs. realizada por un trabajador a 93min, hecho por una serie de trabajadores en etapas sencillas y específicas en las cuales fueron más eficaces tanto la inspección como el propio trabajo.²⁵

Al iniciarse la 1ª guerra mundial los sistemas de producción se volvieron más complicados debido a la gran demanda y la calidad se convirtió en una presión ya que las fuerzas armadas requerían productos confiables y a tiempo. Durante este periodo

²⁴ Juran, (1990). Idem, pp 56-59

²⁵ Garvin, (1988). Idem, p 60

paradójicamente en esta como en la 2ª guerra mundial, se genera el desarrollo tecnológico-industrial que en la post-guerra se aprecian mejor los beneficios. En 1914 la necesidad de producir armas en gran cantidad originó el uso formal de piezas intercambiables así como el uso de un sistema de medición basado en plantillas y/o dispositivos que permitieron un criterio más objetivo para determinar si un artículo cumplía con los estándares fijados en la especificación del producto.²⁶

La revolución incesante de la tecnología impide que los sistemas de calidad se quede atrás, ya en la post-guerra se analiza minuciosamente la forma de inspeccionar el producto desarrollándose las técnicas estadísticas que serían el inicio del control estadístico de calidad. En los años 20s, Walter A. Shewart combinaba ya la filosofía clásica con las matemáticas para obtener una visión diferente de los procesos y sistemas, estos ya no se tomaron como una cuestión de sentido común ya que era evidente que el entendimiento de esta manera ocasionaba errores y costosos desperdicios. Ese mismo año toman el mando del nuevo departamento de calidad de Western Electric, Edwards Deming y Walter A. Shewart, donde desarrollan métodos estadísticos de calidad. Pese a que algunos autores consideran a Edwards Deming como el padre del control de calidad moderno, sus estudios están fundamentados en las teorías de Shewart, la aportación de Deming fue que separó la función de calidad de la de fabricación haciendo depender la calidad directamente de la dirección asignándole una función específica en los diferentes departamentos de la empresa, específicamente en la investigación y desarrollo creando así la noción del aseguramiento de calidad.²⁷

²⁶ James, (1997). Idem, p 62

²⁷ Volle, (1990), Idem, pp 64-65

Sin embargo el primero en aplicar los métodos estadísticos a la calidad fue Shewart en los laboratorios Bell, donde en 1924 realiza sus primeros esbozos del diagrama de control, simultáneamente Dodge realiza y presenta una serie de conceptos de inspección por metas y atributos. La necesidad de determinar si los productos contenían defectos y el cuestionamiento de cuántas piezas debían de ser revisadas y sometidas a pruebas dio la pauta para generalizar el uso de técnicas estadísticas con el involucramiento de gráficas de control y que junto a las investigaciones de Ronald Fisher que realizó el diseño de experimentos o experiencia estadística se fijan las bases para el control estadístico de calidad, lo que contribuyó en gran medida también a las técnicas de muestreo. Siendo en los años 30_s cuando se da la aplicación de técnicas de muestreo en la industria manufacturera principalmente por la Weatern Electric y se difundieron en todo Estados Unidos de América y en toda Europa, en esa misma década Waldo Vezlau y Joseph V. Talacko desarrollan el principio de clasificación de los defectos según su gravedad conocido hoy en día como los principios de Pareto.²⁸

Antes de la 2^a Guerra Mundial la noción de calidad se fundamentaba en características del producto basadas en el enfoque del fabricante el cual media la calidad del producto en una serie de especificaciones predeterminadas por él mismo. Durante la guerra en Estados Unidos de América se afrontaron grandes carestías y como en toda guerra las repercusiones son en la población civil, se frenaron la producción de numerosos artículos destinados a la población principalmente automóviles, enseres domésticos y ropa entre otros. Se establecieron regulaciones para darle prioridad a los esfuerzos de la guerra, se destinaron espacios y materiales

²⁸ Shewart (1939); Spare (2001); James (1997); Banks (1989); Deming (1896) y Olmtead (1956). Citados en Mountaundon, C. (2005). Idem, pp 66-70

consiguiendo personal capacitado y servicios de todo tipo apareciendo las fuerzas armadas en el mercado como consumidores teniendo fuerte influencia en el establecimiento de normas de calidad y lanzando las normas Z-1 para tiempos de guerra. Desde los años 30^s se reconoce que la inspección al 100% de productos para determinar fallas era ineficiente y costosa y que un número limitado de inspecciones podría ser mejor alternativa para aceptar o rechazar un lote entendiendo que este tiempo de inspecciones sería menor, sin embargo también era posible caer en errores. Para evitar esto Harol F. Dodge y Harry G. Roming desarrollaron planes para la inspección de un número determinado de piezas, basándose en la cantidad de partes defectuosas y de acuerdo a las tablas de muestreo basadas en la teoría de probabilidad se obtuvieron los criterios de aceptar o rechazar dicho lote producido. En estos tiempos se desarrollan en gran medida los métodos estadísticos tanto para asegurar la calidad, el muestreo y el proceso de producción; en Inglaterra se desarrollan las normas británicas-600 basándose en los trabajos de E. S Pearson y posteriormente acogieron las normas norteamericanas Z-1 bajo el nombre de normas británicas BS-1008. Pearson y Dudding se encargan del comité de métodos estadísticos en la estandarización y especificación obteniendo como resultado la norma británica BS-600-1935. "*The application of statistical methods to industrial standarizacion and quality control*" (*La aplicación de los métodos estadísticos en la estandarización industrial y el control de calidad*) que llevó el nombre de Egon Pearson, estas normas fueron traducidas al japonés por Yasushi Ishida y Toshio Kitagawa de la compañía Tokio Shibaura Electric que posteriormente sería Toshiba. Estas normas y métodos estadísticos ya se aplicaban en la producción de: hulla,

coque, hilados, tejidos de lana, cristales para anteojos, lámparas, material para construcción y productos químicos.²⁹

Pese a que ya había algunos conocimientos del control de calidad en Japón antes de la guerra e introducidos por Estados Unidos e Inglaterra, sus productos no tenían la calidad adecuada a los mercados internacionales cosa que les complicaría el desarrollo en el futuro.

Aunque en tiempos de guerra el estado norteamericano exigió la implementación de normas y estándares a la industria para la producción en masa de artículos militares, en la post-guerra la calidad tuvo un receso ya que los industriales le dieron poca importancia y no obstante el triunfo de las fuerzas aliadas no fue una sentencia de rendición para los vencidos, la ocupación a éstos propició una actitud nacionalista y emprendedora pues dichas naciones habían quedado devastadas tanto en infraestructura como en economía pero no en carácter, ejemplo claro de ello es Japón que pese a la ocupación de Estados Unidos de América más allá de ser una acción de sometimiento fue un inicio hacia la reconstrucción apoyada por el mismo vencedor.

Cuando se inicia la ocupación de Japón lo primero que se requería restaurar era la comunicación telefónica, el país estaba totalmente en ruinas por ello el general Douglas MacArthur pidió la restauración inmediata de este sector, comenzando por identificar lo que habían sido las empresas fabricantes de: tubos de vacío, receptores, cables, componentes telegráficos y todo lo relacionado a ésta; para la restauración

²⁹ Juran (1990:1995) y Duncan (1989). Idem, pp71-73

fue preciso llamar gente experta de modo que algunos de los primeros en llegar a Japón fueron Homer Sarasohn, Charles Protzman y Frank Polkinghorn de laboratorios Bell. Comenzando así la reconstrucción y la aplicación del control de calidad en la industria japonesa. Pese a que los grandes consorcios industriales fueron desmembrados pasando a ser pequeñas y medianas industrias, estas trabajaron en conjunto por una cultura laboral nacionalista pero sin establecer vínculos jurídicos o financieros, creando sus propias redes de proveedores, subcontratistas y distribuidores como lo fue el caso de Toyota y Nissan.³⁰

Mientras tanto la demanda de bienes en Estados Unidos de América también se incrementó en la post-guerra, sin embargo los productores norteamericanos tenían problemas para cumplir con los requerimientos del mercado, todo lo aprendido durante la guerra fue ignorado tratando de satisfacer una gran demanda con cantidad y no con calidad. En contraste con las naciones derrotadas donde su mercado era pequeño y aunado a que comenzaron prácticamente de cero diseñaron capacidades de producción nuevas, más eficientes y flexibles con lo que pudieron satisfacer su mercado interno y comenzar con pequeños nichos de otros mercados como el norteamericano; con las nuevas ideas fue fácil incorporar al producto las demandas del cliente lo que constituyó el motor para la revolución económica en países como Japón, Alemania, Corea y Taiwán, mismos que han capturado importantes segmentos del mercado mundial.

Cuando se concluyen los primeros trabajos de reconstrucción en la telecomunicación, Sarashon y Protzman regresan a Estados Unidos de América casi a finales de 1950. Pero alguien tenía que continuar los trabajos, la persona mas

³⁰ Sarasohn (1998) y Tsurumi (1998). Idem, pp 75-77

indicada era Shewart de AT&T cosa que no pudo ser por cuestiones de salud, antes de que finalizara ese año llega a Japón Edwards Deming quien continuó con los trabajos reconstructivos aplicando con destreza el control estadístico de calidad. Los japoneses absorbieron como esponjas los conocimientos occidentales de calidad proporcionados por Deming, Sarashon, Juran y Feigenbaum por nombrar algunos, pero los japoneses no se estancan con esto sino que comienzan a adecuar lo aprendido a sus necesidades y a generar sus propias corrientes y filosofías aplicando técnicas y conceptos a la práctica; las aplicaciones del control de calidad prosperaron y muy pronto fueron difundándose más allá de las telecomunicaciones. El trabajo que enfrentaron los japoneses fue doble, pues además de enfrentar la reconstrucción del país tuvieron que hacer frente a la mala reputación que sus productos de mala calidad se habían ganado incluso antes de la guerra.³¹

Es así como prácticamente a mitad del siglo XX comienza un desenfrenado crecimiento de la cultura de la calidad, creándose conceptos, normas, herramientas y organismos con influencia internacional, en fin, una verdadera cultura de calidad y todo ello consecuencia de los grandes maestros de la calidad cuyas aportaciones en este campo fueron definitivas para que la corriente de calidad actual pueda seguir evolucionando, en un principio las bases fueron las herramientas estadísticas, hoy además de eso, se conceptualiza y distribuye en toda una organización la cultura y conceptos de calidad. Es conveniente citar a algunos de los máximos aportadores de la calidad mundial pues sus trabajos e investigaciones culminan precisamente con las actuales filosofías de calidad que aunque es un campo en constante cambio estos trabajos son base y guía de las corrientes actuales, es posible analizar que después

³¹ Tsurumi (1990) y Robertson (200). Idem, pp77-78

de haberse establecido los conceptos de calidad ahora la tendencia se basa en normas y manuales de manera general, ya que posteriormente se profundizara con más detalle en este tema.

W. Edwards Deming: Nació el 14 de Octubre de 1900 en Estados Unidos de América estudió física y matemáticas en la universidad de Wyoming. Realizó su doctorado en física en Yale. Trabajó en la planta Hawthorne de la Western Electric de Chicago donde 46000 personas fabricaban teléfonos en un ambiente de explotación y mala remuneración, algunas de sus ideas de la administración surgen de esta experiencia. Entre 1943 y 1945 promovió un curso de control de calidad en su país en la industria y las universidades. En 1950 llega a Japón donde inmediatamente imparte cursos a directivos de ese país y en 1951 los empresarios japoneses fundan el premio Deming a la calidad. Treinta años después en 1980 en los Estados Unidos de América es reconocido y valoran sus trabajos, Clare Crawford de una productora de televisión es quien prácticamente descubre al doctor Deming en su país. Sus desarrollos en la década de los 80^s contribuyen para una nueva teoría para la gestión de las organizaciones, criticando muchas de las formas tradicionales de administrar y evaluar a los trabajadores, propuso ideas mas humanistas y fundamentadas en el conocimiento de la variación natural que existe en todo proceso, sus propuestas inspiraron cambios radicales en grandes corporaciones como Nashua Corporation, Ford Motor Company, Florida Power Light entre otras. La aportación más importante del Dr. Deming fueron sus 14 principios para transformar la gestión en la organización que señalan cómo administrar una organización para asegurar el éxito por medio de la calidad, estos principios han sido fuente inagotable para ideas de mejora, estos son:

1º- Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio

2º- Adoptar la nueva filosofía.

3º- Dejar de depender de la inspección de todos los productos como una forma de asegurar la calidad, ya que esto no lo garantiza.

4º- Acabar con la práctica de hacer negocio sólo con base en el precio.

5º- Mejorar constantemente el sistema de producción y servicio.

6º- Implantar la forma (instituir la capacitación en el trabajo).

7º- Adoptar el nuevo estilo de liderazgo.

8º- Desechar el miedo.

9º- Eliminar las barreras organizacionales que impiden trabajar en equipo.

10º- Eliminar lemas, exhortos y metas para la mano de obra.

11_aº- Eliminar las cuotas numéricas para la mano de obra.

11_bº- fundamentar el accionar de la dirección con base en planes y proyectos, y no en metas numéricas.

12º- Eliminar las barreras que privan a la gente de su derecho a estar orgulloso de su trabajo-

13º- Estimular la educación y la auto mejora de todo el mundo.

14º- Generar un plan de acción para lograr la transformación.³²

Joseph M. Juran: El doctor Juran nació en 1904 en la ciudad de Braila, ahora parte de Rumania. En 1912 él y su familia se trasladan a Estados Unidos de América instalándose en Minnesota. En 1924 se graduó en ingeniería eléctrica en la universidad de Minnesota e inicia su trabajo con Western Electric, en 1928 escribió su primer trabajo sobre calidad llamado “Métodos estadísticos aplicados a los problemas

³² Gutiérrez, H. (2005). “*Calidad total y productividad*”. Mexico, D.F. McGraw Hill / Interamericana, pp 35-54

de manufactura”. En 1937 conceptualizó el principio de Pareto. En 1954 visitó Japón colaborando en aquel país con gerentes japoneses a comprender los principios de calidad occidentales. Realizó conferencias y consultorías en más de 40 países, enfatizó la responsabilidad de la administración para mejorar el cumplimiento de las necesidades de los clientes, una de sus aportaciones clave es lo que conocemos como “Trilogía de la Calidad” que se compone de los siguientes procesos administrativos:

1º- Planificación de calidad-

2º- Control de calidad

3º- Mejoramiento de la calidad.

O bien (Planear, Controlar y Mejorar).³³

Kaouru Ishikawa: Nació en Japón en 1915, se graduó en el departamento de ingeniería en la universidad de Tokio, obtuvo el grado de Doctor en dicha universidad y fue promovido a profesor en 1960. Obtuvo el premio Deming. Jugó un papel relevante en el movimiento por la calidad en Japón. Es considerado el creador del CTC (*Control Total de Calidad*) o TQC (*Total Quality Control*) en inglés. Se le reconoce como uno de los creadores de los círculos de calidad, además de crear el diagrama de causa efecto que es conocido también como diagrama de Ishikawa. Enfatiza que el CTC es posible sólo cuando la gerencia se compromete con el proceso y todo el personal se responsabiliza del autocontrol, es una labor de grupo que debe orientarse a eliminar las causas de la mala calidad y no sólo los síntomas. Para ello es indispensable la capacitación a todos los miembros de la empresa, desde los trabajadores hasta el presidente.³⁴

³³ Idem, pp54-57

³⁴ Idem, pp57-58

Phill B. Crosby: Nació en Wheeling Virginia, Estados Unidos de América en 1926. Trabajó para Martin-Marietta de 1957 a 1965 y para ITT de 1965 a 1979, posteriormente fundó su despacho y se dedicó a consultorías casi hasta su muerte. Toma como punto de partida para sus trabajos el movimiento de calidad de “Zero Defects” (cero defectos). Veía a la calidad como un problema sistemático en el que la alta dirección tenía la mayor parte de la responsabilidad. Ayudó a definir el rol de los ejecutivos para tener una organización de calidad, generando mayores expectativas por la calidad y motivando a los empleados para que participaran. Señaló que la clave para la calidad es *“hacerlo bien a la primera vez”*. Se debe construir un sistema de calidad para la prevención, en donde el estándar de desempeño sea cero defectos.³⁵

³⁵ Idem, p 58

CAPÍTULO III.

LAS ACTIVIDADES DEL INGENIERO QUÍMICO.

El crecimiento de las poblaciones ha propiciado una serie de acontecimientos que han modificado muchos aspectos de la vida, principalmente la manera de cómo satisfacer las necesidades de la vida cotidiana, hasta su empeño por el desarrollo tecnológico e industrial que como se ha comentado son la base de un mejor nivel de vida. Dentro de todo este bloque evolutivo se fueron desarrollando diferentes industrias, con sus respectivas disciplinas, es decir, se han ido especializando los campos del conocimiento, se han vuelto interdisciplinarias, sin embargo no todas las ramas del conocimiento se han desarrollado de esta manera, sino que de acuerdo a las necesidades que se presentan se ha tenido que ir echando mano de otros conceptos tanto de la matemática como de otros campos del conocimiento, esto resulta en una área o disciplina con un amplio campo de aplicaciones que le permite interactuar con otras ramas industriales o de desarrollo.

En la industria de la transformación que es donde la mayor parte de los productos de uso cotidiano son resultado de transformaciones industriales conducidas a gran escala en plantas químicas en las que se llevan acabo operaciones de naturaleza física y química y es aquí donde nació la Ingeniería Química, que hoy en día es considerada como una profesión en la cual los ingenieros químicos son capaces de resolver problemas tanto técnicos como administrativos y más recientemente en otras actividades como de investigación y educación, gracias a los conocimientos adquiridos durante su formación como lo son, las matemáticas, física,

química, economía, administración, recursos humanos e ingeniería ambiental entre otras.

El desempeño dentro de la industria puede incluso ser dentro de una fábrica que no necesariamente sea del ramo químico industrial ya que se requiere de ingenieros químicos en industrias tales como: laboratorios farmacéuticos, industria automotriz, ventas, industria eléctrica, ambiental, investigación, educativa, de asesoría, por mencionar algunas.³⁶

Para entender cómo y por qué es que el ingeniero químico puede destacar en diferentes campos laborales se debe a la formación que recibe. Como ya se mencionó, esta profesión es resultado de una gama de conocimientos exigidos en las diferentes actividades mencionadas, por lo que se hará un análisis más detallado de cómo es posible realizar esta variedad de actividades en los diferentes campos mencionados.

En un inicio la ingeniería química se caracterizó por el diseño, construcción y operación de plantas de procesos químicos, lo cual era y es la esencia de la carrera, con los avances y requerimientos de estas industrias se ha ido ampliando el perfil de esta profesión iniciando en la parte económico-administrativa la cual es de suma importancia. Hoy en día la necesidad de producir mejor al más bajo costo es primordial y por lo cual las industrias no están dispuestas a contratar a parte de un ingeniero a un administrador por lo que esta parte fue área de oportunidad para la carrera; quién mejor que el mismo diseñador y/o ejecutor de un proyecto para calcular los costos. Con el tiempo se hizo necesario también el dominio o conocimiento de las

³⁶ Beltrán, M., Delgado, M., y Quintana, M. (1997) *“Introducción a la Ingeniería Química”* México, D.F.: UAM Azcapotzalco, pp. 14-19

relaciones humanas en la industria para garantizar el mejor desempeño de las operaciones, es decir, este tipo de trabajo exige trato con personas de un nivel educativo y de compromiso que en ocasiones deja mucho que desear y es por ello que quien dirige a un grupo de personas debe tener el suficiente tacto para indicarle a las personas lo que deben hacer, de una forma sutil pero con firmeza, ya que es responsabilidad de ingeniero químico que el trabajo se realice bien y a tiempo.³⁷

Es verdad que no todos los egresados de ingeniería química podrán incorporarse a empleos de su entera satisfacción o relacionados con la industria química, sin embargo este aspecto también ha contribuido a la versatilidad de la carrera, pues incluso hay ingenieros químicos desempeñándose en áreas de metal-mecánica o eléctrica como supervisores de procesos de fabricación e incluso en el ramo de la construcción. La formación interdisciplinaria del Ingeniero Químico tiene como consecuencia que su campo profesional sea muy amplio, en el cual se contemplan:

- Investigación y Desarrollo.
- Estudio de viabilidad Económica.
- Estudio de Viabilidad técnica.
- Ingeniería Básica.
- Ingeniería de Detalle
- Procura.
- Ingeniería Ambiental
- Construcción y Arranque de plantas Químicas.
- Supervisión de la Producción.

³⁷Valiente, A. (1982) citado en: Beltrán, M., Delgado, M. y Quintana, M (1997) *“Introducción a la Ingeniería Química”*. México, UAN. Azcapotzalco, p.14

- Implementación y seguimiento de sistemas de Calidad.
- Ventas.
- Docencia.³⁸

En la investigación y el desarrollo: El ingeniero químico contribuye a las expectativas de optimizar procesos tanto para reducir costos de producción como para la concepción de nuevos productos y procesos de fabricación. La investigación es un seguro para la subsistencia de las empresas hoy en día, es claro que con este patrón de desarrollo un país podrá dejar de ser tecnológicamente dependiente y esa es la razón por la que países de primer mundo invierten en este campo. En la industria química los procesos, los productos y las aplicaciones están en constante cambio y guardan así una estrecha relación con el presente y futuro del negocio llegando a ser parte importante que debe ser administrada por la alta dirección junto con las finanzas, la producción y las ventas. La investigación y el trabajo experimental pueden definirse como un trabajo creativo hecho sistemáticamente para mejorar el acervo científico y tecnológico, con el propósito de usar el conocimiento en nuevas aplicaciones.³⁹

Existen tres tipos de investigación y desarrollo. La investigación básica, la aplicada y el desarrollo experimental:

La investigación básica es la que se lleva a cabo para alcanzar nuevos conocimientos y comprensión de la ciencia, no está dirigida a ninguna aplicación práctica, proporciona nuevas hipótesis, teorías y leyes. En general los resultados de la investigación básica no son negociables y se publican en revistas científicas o circulan entre la comunidad científica en congresos, conferencias, simposios etc. En relación

³⁸ Las áreas de desempeño del Ingeniero Químico son planteadas por Valiente, A. (1982) citado en: Beltrán, M., Delgado, M. y Quintana, M. (1997) *“Introducción a la Ingeniería Química”*. México, UAM Azcapotzalco, p.14

³⁹ Beltrán, M., Delgado, M. y Quintana, M. (1997) *“Introducción a la Ingeniería Química”*. México, UAM Azcapotzalco pp. 15-15

con la ingeniería química la investigación básica tiene por objeto conocer los fundamentos teóricos de los procesos y operaciones unitarias, la obtención de propiedades fisicoquímicas y análisis de procesos, trata de contestar preguntas como por ejemplo, ¿Cómo se transfiere el calor en la condensación?, ¿Cómo se podría predecir la capacidad calorífica de un gas a partir de su estructura atómica?, ¿Cómo funcionan los catalizadores?, en fin una serie de preguntas que cuando se responden son herramientas muy valiosas en el desarrollo de procesos y equipos.

La investigación aplicada, es la parte donde los conocimientos y/o datos adquiridos en la investigación básica son usados con el fin de encontrar usos prácticos tales como el desarrollo de nuevos procesos y obtención de productos de punta. El conocimiento generado en esta parte de la investigación se convierte en patente o puede ser tratada como información secreta; esta investigación se lleva a cabo como respuesta a la información generada e inquietudes de la mercadotecnia, ejemplo de ello sería, la interrogativa de ¿Cómo sintetizar una hormona a partir de productos naturales?, ¿Qué tipo de catalizador mejora el rendimiento de una reacción química dada?

La investigación aplicada tiene que ver con la utilidad de un producto, no basta crear un producto si no que hay que encontrarle diversas aplicaciones prácticas y diferentes presentaciones, además de que se impulsan otros campos como el de generar equipo, maquinaria, empaque etc.

El desarrollo experimental: Es el trabajo sistemático en el cual todo el conocimiento generado está dirigido a producir nuevos materiales, productos,

aparatos, procesos o sistemas, incluso no sólo para algo de nueva generación, también para mejorar y optimizar los ya existentes. En el caso de un producto químico éste puede ser concebido en el laboratorio donde se requieren pequeñas cantidades de reactivos y material de vidrio, puede producirse una cantidad considerable de subproductos. Para el ingeniero químico es su función decir si es factible llevar a cabo estas reacciones químicas como un macro proceso. En la primera etapa el ingeniero químico decide si es factible producirlo o no, debe encontrar las condiciones óptimas de reacción (presión, temperatura y catalizador a usar), si es promisorio se procede a construir plantas piloto (que son muy pequeñas y de fácil operación), es importante mencionar que los datos de laboratorio son de suma importancia para el desarrollo ya que de éstos depende en gran medida el cálculo y diseño de equipo para el proceso industrial así como para los materiales de construcción del equipo, gastos de energía, servicios auxiliares.

El desarrollo experimental suele ser la etapa más costosa de un proyecto ya que consiste en el escalamiento del proceso, es decir, se pasa del material de vidrio en el laboratorio a la construcción de equipo y operación, aun cuando se trate de una planta piloto. El desarrollo de procesos requiere de profesionales con una buena formación científica rica en conocimientos matemáticos, fisicoquímicos, químicos y de ingeniería, además debe tratarse de un profesionista con orientación al manejo de costos y obtención de beneficios. El químico es un miembro importante del grupo ya que su trabajo puede ser imprescindible, sin embargo el ingeniero químico cumple con todos estos requisitos.

Para lograr estar a la cabeza en la investigación y desarrollo el ingeniero debe cuidarse de no quedar obsoleto técnicamente pues opera al frente de este campo de batalla de la tecnología y la ciencia, es por ello que debe mantenerse informado mediante libros, revistas, patentes, debe procurarse una educación continua después de haber egresado a través de seminarios, cursos donde su habilidad para la manipulación de equipo experimental, tratamiento e interpretación de datos obtenidos estén al día.

En el diseño y construcción de plantas, puede ser en proyectos de construcción de nuevas plantas, en este campo las actividades que puede realizar un ingeniero químico son variadas debido a la naturaleza secuencial de un proyecto, como primer punto de un proyecto es importante la viabilidad económica que se refiere al trabajo que realiza el ingeniero químico encargado de estimar el costo de inversión de la futura planta, este estimado o costo nunca coincide con el costo real de la planta, sin embargo es necesario calcular estos costos durante el desarrollo de un proyecto debido a que se debe contar con:

La viabilidad del proyecto pues generalmente resulta una aproximación de entre +30 a -20% del costo real de la planta. Obtener un financiamiento para el proyecto y controlar con estos datos su desarrollo. Es necesario realizar un estimado del ya calculado y se conoce como estimado definitivo el cual da una aproximación del costo real de entre el +5 al -5%, estos estimados son necesarios para mantener un control estricto de costos a lo largo de un proyecto. Cuando no se tiene un control adecuado de éstos, el costo real de la planta puede incluso elevarse al doble o más del costo real. Cuando esto llega a suceder las ganancias disminuyen y en el peor de los casos la planta puede resultar no rentable e irse a la quiebra; Esto es lo que vuelve

imprescindible la elaboración de este tipo de estudios y la vigilancia del ajuste de los costos del estimado preeliminar.

Cuando se cuenta con un estudio de viabilidad económica es posible decidir el inicio de las actividades de desarrollo. En la ingeniería de procesos es donde se lleva a cabo el diseño del proceso, de todas las corrientes de materiales que se procesan, intercambio de calor en todos los puntos donde existe (integración de la energía), y de los equipos requeridos.

En la ingeniería de detalle se calcula todo lo establecido en la ingeniería de procesos, se diseñan los equipos establecidos como son torres, intercambiadores, contenedores, bombas y compresores, tuberías, servicios auxiliares, todos los equipos necesarios son calculados en detalle en esta etapa para generar las especificaciones de los mismos y así se pueda crear los planos de construcción.

Cuando se ha puesto en marcha un proyecto y se llega a la fase de ingeniería de detalle, es común que quienes han realizado esta última labor sean quienes se encarguen de las compras ya que es una actividad que requiere del perfecto conocimiento de lo que se ha de adquirir, esta etapa se desarrolla en forma simultánea al diseño de la planta y la complementa. Las actividades están ligadas para cada uno de los equipos o clase de materiales, estas actividades se pueden definir:

- Elaboración de la requisición de ingeniería (del equipo)
- Envío a los proveedores de la solicitud de cotización
- Recepción de cotizaciones
- Elaboración de una tabulación técnico-económica de las cotizaciones

- Elaboración y colocación de la orden de compra
- Recomendación de un proveedor de equipo
- Revisión y aprobación de dibujos del fabricante
- Inspección de la construcción del equipo
- Prueba del equipo
- Embarque y tramites aduanales

La importancia de que el ingeniero de detalle realice muchas de estas actividades es porque hay decisiones que pueden afectar el diseño de la planta. La secuencia del proyecto continúa cuando se pasa a la fase tangible, es decir, cuando se autoriza la construcción de la planta, misma que como todas las fases tienen actividades secuenciadas, durante éstas se corrigen las fallas que pudieran surgir del diseño. Para participar en la construcción se debe contar con ciertos conocimientos y habilidades mínimos como son: saber leer planos y especificaciones de construcción, manejo y organización de personal técnico y operativo, trabajo en equipo, se deben tener conocimientos de ingeniería civil, eléctrica, mecánica e instrumentación.

La construcción en esencia puede concebirse en actividades básicas como: piloteado del terreno, excavación y construcción de los cimientos, almacenado y control de equipo y materiales de obra, drenajes, construcción y acondicionado de edificios, montaje y anclado de los equipos y tuberías, conexiones eléctricas entre otras.

Finalmente llega el momento de poner a prueba el trabajo de los ingenieros de proyectos; el arranque de la planta, etapa definitiva del proceso de creación. En este

punto se confirma si el diseño y construcción fueron realizados correctamente, en caso de presentarse fallas (casi nunca una planta funciona al 100% correctamente) se corrigen en este momento, es por ello que la puesta en marcha de una planta puede incluso durar meses antes de conseguir estabilizar los procesos productivos. Desde el diseño hasta el arranque representa el reto más grande para un ingeniero químico así como lo es también su más grande satisfacción poder ver funcionando el trabajo no de uno sino de todo un equipo de ingenieros que les llevo incluso años de investigación, evaluación, diseño y construcción. La dirección del arranque debe colocarse desde el principio en manos de un ingeniero experimentado, se debe integrar personal competente de tal manera que se formen grupos de trabajo especializados en: adiestramiento y operación de la planta que mantendrá el control y supervisión sobre el personal operativo no técnico, y asumirá el control técnico de la planta cuando la puesta en marcha llegue a su fin, es decir, cuando se hallan logrado estabilizar los procesos. Un grupo de mantenimiento que puede formar parte del personal de la planta pero se debe reforzar con ingenieros especializados en el arranque. Un grupo de laboratorio que será parte del personal de la planta pero contará con la asesoría de químicos especializados.

En la operación, producción y mantenimiento el ingeniero químico juega el papel de líder dentro de la planta, ya que puede estar involucrado en más de una actividad de la planta. En la producción tiene como finalidad mantener un inventario de los productos que se fabrican con el fin de que se realicen entregas oportunas a los consumidores, es responsable de organizar al personal operativo distribuyendo las labores adecuadamente, planear la capacidad mensual de la producción, planear el tiempo normal y extra de trabajo, definir el número de trabajadores que se requieren

para la operación, supervisar a los trabajadores así como el correcto funcionamiento de los equipos, asegurar la calidad del producto durante la fabricación, estimar el consumo mensual de materias primas, es participe activo en la seguridad laboral y de la planta, es por ello que debe tener conocimientos de las normas que de seguridad que apliquen a la planta, debe conocer las medidas de seguridad laboral, ambiental y del correcto uso del equipo y herramientas que se manipulen. El ingeniero de planta tiene que tratar con obreros y supervisores, se está hablando de diferentes niveles socioculturales por ello debe ser capaz de transmitir sus órdenes con claridad y con el suficiente tacto para no herir susceptibilidades. Las buenas relaciones humanas dentro de la empresa son indispensables para evitar problemas tales como disminución de la producción, poco aprovechamiento del potencial de las personas, pérdidas de material por descuidos aparentes por mencionar algunos. Los conocimientos de estadística son una poderosa herramienta para el ingeniero de planta ya que todos los datos registrados tanto del equipo, del producto final, del tiempo en que se lleva acabo una operación, variables físicas y químicas son tratadas estadísticamente con el fin de mantener evidencia del control de la planta y a su vez tener herramientas para la toma de decisiones futuras para la corrección o mejora de procesos ya sea del equipo o en las actividades manuales que realizan los operadores.

Otra actividad que puede llevar acabo el ingeniero químico dentro de la operación de la planta es en el control de calidad, que es donde se llevan acabo todos los análisis físicos y químicos a la materia prima, materiales en proceso y productos finales, se verifican los materiales de empaque. Se verifican las propiedades que deben cumplir contra normas internacionales y/o nacionales. Una vez más la

estadística es fundamental ya que en el control de calidad se requiere para definir los límites máximos y mínimos de la variable controlada. Además de la estadística son fundamentales los conocimientos firmes de química analítica y experimental, fisicoquímica, química orgánica y el manejo de normas y compendios así como la habilidad para el manejo de equipo de laboratorio. Este trabajo es más bien para un químico, sin embargo muchas veces el ingeniero químico empieza tradicionalmente desempeñándose en el laboratorio de control de calidad.⁴⁰

En el mantenimiento se tiene por objeto salvaguardar todos los equipos, accesorios e instrumentos de la planta, de tal manera que la operación de ésta no presente problemas, las actividades que se realizan en el área de mantenimiento van desde el mantenimiento preventivo hasta el correctivo dentro del cuál se pueden mencionar actividades que van desde pintura, engrasado, calibración, limpieza del equipo e instalaciones, adquisición de refacciones y materiales requeridos como lubricantes e insumos que puedan requerir los equipos, monitoreo de los sistemas eléctricos, mecánicos y neumáticos así como de los equipos y servicios auxiliares; manteniendo los registros necesarios para fines de auditorías y establecer paros programados. El mantenimiento correctivo consiste en las acciones inmediatas tomadas en caso de fallas originadas por el uso normal de los instrumentos y equipos, dentro de este tipo de actividad se encuentran los cambios y reparaciones que surgen en el instante y se requieren para no ocasionar paros en la planta.⁴¹

En las ventas un ingeniero químico tiene como función hacer llegar a los compradores los productos terminados, con base en las ventas se planea la

⁴⁰ La información con respecto a investigación y algunas áreas de trabajo del ingeniero químico se obtuvo en: A. Valiente y R. Primo (1980) "*Ingeniero Químico. ¿Qué Hace?*". México: Editorial Alambra mexicana, pp.51 - 80

⁴¹ Valiente, A y Primo, R. (1980) *Ídem*. Pp77-80 y Beltrán, M., Delgado, M y Quintana, M. (1997) "*Introducción a la Ingeniería Química*". México, UAM Azcapotzalco, pp. 15-16

capacidad de producción de una planta y sus necesidades de materia prima, en la actualidad se ha determinado que se debe tener un inventario óptimo de producto terminado y asimismo planear las compras. Las principales actividades del grupo de ventas son: visita a los posibles compradores, preparar cotizaciones, levantar los pedidos asegurar que el producto llegue al consumidor sin contratiempos, atender reclamaciones, realizar estudios de mercado para conocer las necesidades del mercado, promover los productos nuevos y actuales, aportar ideas para mejoras en los productos. Actualmente los perfiles que las empresas requieren para un vendedor es requisito principal que sean ingenieros químicos en los casos de ventas de equipos y producto de uso final y de materias primas ya que es más eficiente un vendedor que conozca el producto y así pueda aportar asesoría técnica al cliente, incluso el vendedor si encuentra otras oportunidades de mercado es posible que pida apoyo a los departamentos involucrados en el desarrollo de nuevos productos, si es atractiva la propuesta es probable que se piense en desarrollar un nuevo proceso o una planta piloto. La asesoría técnica que el vendedor pueda brindar no sólo es fundamental para el consumidor sino que aplicable incluso a la planta o al desarrollo de productos que se pueden generar o modificar respecto a los existentes. En este campo se debe tener el conocimiento y habilidad para modificar equipos o condiciones de operación, ser capaz de sustituir materias primas o encontrar contratitos que cumplan con las formulaciones, realizar estudios de producción y problemas de calidad. Es por ello que los conocimientos que se requieren van desde las operaciones unitarias, hasta métodos de prueba de laboratorio lo que brinda ventajas competitivas sobre empresas que no brindan estos servicios.⁴²

⁴² Valiente, A. y Primo, R. (1980) "*El Ingeniero Químico. ¿Qué Hace?*". México, Editorial Alambra mexicana, pp. 81-88

En la contraparte que son las compras también es otra área de incursión para la ingeniería química, en este caso ya se vió anteriormente que su labor es buscar tanto materias primas como equipos dentro y fuera del país siendo el responsable de la mejor adquisición al mejor precio posible, es encargado de mantener que los inventarios de entradas lleguen a tiempo para evitar que la planta se quede sin materias primas y refacciones, debe tener la habilidad y los conocimientos técnicos para realizar la elección de estos insumos, y otros más que son de uso más general como equipo de protección y equipos de oficina entre otros.

El ingeniero químico por su formación se puede desempeñar en otras áreas como son la de consultor, en el gobierno, en la educación y administración. En el gobierno los ingenieros químicos trabajan junto con ingenieros sanitarios en control, purificación y tratamientos de agua potable y aguas negras donde se aplican operaciones unitarias efectuadas y esarrolladas por los ingenieros químicos. También es posible que trabaje en áreas de evaluación de impacto ambiental mediante estudios de transferencia de masa se determina la concentración de contaminantes en aire, suelo y agua. En las oficinas de patentes pueden indicar si un proceso es patentable o si ya está cubierto en el extranjero, pueden asesorar a la empresa sobre la manera de presentar la patente. En la importación y exportación de materiales químicos se requiere el conocimiento y aplicación de hojas técnicas y de especificación de éstos materiales para complementar los requisitos de transporte según sea el caso.⁴³

⁴³ Beltrán, M., Delgado, M y Quintana, M. (1997) *“Introducción a la Ingeniería Química”*. México, UAM Azcapotzalco, pp 15-17

Como asesor debe contar con amplios conocimientos y experiencia en alguna rama de su carrera, es decir, estar especializado en dicha área, puede que esa especialidad sea desde algún proceso u operación unitaria, en control de procesos en fabricación, en gestión ambiental, de calidad o de seguridad industrial, en adquisición de equipos y materiales por mencionar algunos.

En la educación el ingeniero químico por sus conocimientos puede impartir clases de materias básicas como matemáticas, física, química (general, inorgánica, orgánica y analítica e instrumental), fisicoquímica, esto puede ser a cualquier nivel académico. Más recientemente el ingeniero químico es capaz de impartir cátedras de ingeniería, sistemas computacionales, economía y administración, recursos humanos, diseño de equipo e incluso en principios de sistemas de gestión de la calidad, gestión ambiental y de seguridad industrial, éstas ya a nivel superior o de postgrado. Es así como se puede ver que el ingeniero químico es capaz de incursionar en diferentes áreas ya sea industrialmente, o administrativamente, enfatizando que es debido a la preparación que recibe desde estudiante contemplando incluso los requisitos con que debe cumplir a la hora de aspirar a la ingeniería química; llegando de esta manera al punto donde se tiene que analizar cómo y por qué es necesario que un ingeniero químico conozca, domine, aplique e interprete las normas de calidad que en determinado momento pudieran aplicar en el trabajo que desempeñe, como se verá, son muchas las normas tanto nacionales como internacionales que se deben estudiar, las hay especializadas para un sector específico y las hay generales, de cualquier modo, actualmente ya constituyen parte fundamental del desarrollo laboral y de la

preparación académica de los ingenieros químicos. Se advertirá que muchas e esas normas aplican a los puntos tratados en este capítulo.⁴⁴

⁴⁴Valiente, A. y Primo, R. (1980) "*El Ingeniero Químico. ¿Qué Hace?*". México, Editorial Alambra mexicana, pp.97-101

CAPÍTULO IV.

RELACIÓN ENTRE LA INGENIERÍA QUÍMICA Y LOS SISTEMAS DE CALIDAD.

Hoy en día hablar de calidad es algo complicado pues no sólo implica el análisis e inspección de un producto realizado por un grupo de personas dentro de una organización, en la actualidad la calidad es todo un conjunto de actividades ordenadas y secuenciadas en donde se involucra a todos los departamentos y niveles de una organización, desde la alta dirección hasta los niveles operativos, se forman cuadros o matrices de responsabilidades, existe todo un sistema de documentación el cual respalda las operaciones reportadas. Las actividades de control de calidad hoy conocidas como sistemas de gestión de calidad son variadas pero sin embargo a partir de mediados del siglo pasado se creó una organización internacional para la calidad la cual ha emitido normas de aplicación general, es decir, se unificó el concepto y los requisitos son adaptables para cualquier empresa. No obstante existen normas especializadas ya que pese al gran esfuerzo por estandarizar el concepto existen industrias que requieren de otras herramientas y los requisitos son totalmente diferentes. Es por ello que las empresas se organizan para la certificación de acuerdo al giro, tamaño y alcance, es sabido que actualmente cualquier industria productora de bienes y productos terminados o primarios debe contar con un sistema de gestión de calidad empero, las empresas prestadoras de servicios también pueden y deben certificarse en un sistema de calidad que les permita proyectarse en el mercado con más facilidad. Es obvio que como estos sistemas de calidad son aplicables en muchas industrias y por la diversidad de niveles se hace requisito fundamental que el

profesionista que se desempeña dentro de una organización certificada tenga conocimiento de los sistemas de calidad, por no decir que incluso habrá casos donde sea necesario la interpretación y manejo de la documentación. Pero el sistema de calidad no trabaja solo, además de las normas o requisitos generales también se hace indispensable conocer normas y compendios de carácter técnico para complementar la calidad del bien o producto y así cerrar un círculo dentro de la organización.

Existen además de los requisitos fundamentales de calidad las filosofías y metodologías que conforman la esencia del sistema de gestión de calidad, mismas que se deben estudiar y comprender pues siendo el móvil principal la calidad se debe saber tanto como sea posible de las teorías, fundamentos, aplicaciones, requisitos y metodologías. Las formas en que se relacionan todos estos conceptos con una actividad específica pueden ser variadas pero el fin es el mismo, proveer bienes y servicios de calidad y que estén accesibles a todo el mercado, ya se verá en su momento que cuando se produce y trabaja con calidad los beneficios son mutuos.

Si una de las definiciones de calidad señala que es necesario desarrollar, diseñar, fabricar y mantener un producto de calidad que sea económico, útil y que satisfaga al cliente.⁴⁵ Es importante entonces plantear una pregunta. ¿Cómo se logra la calidad?, ya se mencionó que existen muchas teorías sobre calidad, administración de calidad y otros conceptos que se mencionaron anteriormente, pero la clave está en cómo se aplican en un solo documento ya que todas estas

⁴⁵ Ishikawa, K. (1986). “¿Qué es el control total de calidad? La Modalidad Japonesa” México, Ed. Norma, p.40.

definiciones son complemento para la buena aplicación de una norma. Ahora es preciso tratar de definir lo que es una norma.

Una norma surge de la necesidad de que a nivel industrial las cosas fuesen intercambiables, por lo que técnicamente una definición de norma es: Un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido (nacional o internacional), que proporciona, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para las actividades de calidad o sus resultados, las principales organizaciones internacionales emisoras de normas de calidad son. ISO (Organización Internacional de Estándares) y la IEC (Comisión Electrónica Internacional). Es entonces evidente que una norma funge como modelo, patrón, ejemplo o criterio a seguir, tienen por objeto definir características que debe poseer un objeto.⁴⁶ Sin embargo esto es cuando se trata de un sector específico, ya que una norma generalizada como lo son las ISO, tienen como función básica proporcionar los criterios a seguir para implementar y mantener un sistema de calidad, mediante el uso de políticas y objetivos además de la documentación recomendada para respaldar todas y cada una de las actividades que estén involucradas con el bien o servicio que se fabrique o proporcione.

Las normas se pueden clasificar según su contenido como: en el campo de la documentación también existen normas para la redacción y conservación documentada. Sin embargo ex normas fundamentales de tipo general o de tipo técnico; de materiales y dimensiones de piezas y mecanismos. También las hay según su ámbito de aplicación: Internacionales, nacionales, regionales y de

⁴⁶ Fernández, A. (1996) "*Sistemas de Calidad Según UNE-EN-ISO-9000*". Centro para la calidad en Asturias, Editorial. Instituto de Fomento Regional, pp. 9-10

empresas;⁴⁷ las normas técnicas o específicas que sirven de herramientas para el sistema de calidad como lo son las normas que contienen parámetros y métodos de aplicación, de prueba o ensayo, que bien son las llamadas guías técnicas que aunque pueden ser generalizadas en algunos casos las hay específicas, por ejemplo la guía técnica para el cálculo de la incertidumbre puede ser una generalizada en cualquier laboratorio de prueba y no sólo en metrología dimensional; o también existen las específicas como serían las BPF o buenas prácticas de fabricación nacionales o las internacionales GMP (good manufacturing practices) para el sector farmacéutico, la de límites permisibles de emisiones contaminantes al aire o al agua de desecho, éstas pueden ser nacionales dependiendo del lugar. En estos casos no es necesario que un organismo internacional las valide y es responsabilidad legal de cada entidad.

La aplicación a los sectores productivos y de servicios se hace necesaria ya que como se había comentado anteriormente, las normas son las que respaldan y permiten a un sistema de gestión de calidad el correcto funcionamiento, la aplicación se hace detallada en cada caso, es decir, las directrices se adaptan de acuerdo al sector. Pero para entender la aplicación de las normas es necesario hacer algunas definiciones así como hacer explícito cada punto donde se interviene y de qué manera contribuye el ingeniero químico en el buen funcionamiento de una empresa según la posición que ocupe dentro de la organización.⁴⁸

Un sistema de calidad está basado teóricamente en las diferentes filosofías de calidad, resultado del pensamiento de los gurús como se les llama hoy en día o los principales aportadores. Sin importar la base de la filosofía un sistema de calidad

⁴⁷ Disponible en: <http://www.normas.com/DIN/index>

⁴⁸ Conceptos Generales de Calidad Total (En red). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos11/conge/conge.shtml>

tiene por objeto asegurar la calidad (entendiendo por calidad desde la apariencia hasta el buen funcionamiento y costo de un bien o producto y la satisfacción del cliente por un servicio contratado) de tal manera que el sistema pudiera contar con más de una base teórica. Sin embargo existen definiciones que tratan a un sistema de calidad como: “Una estructura de trabajo operativa acordada por una compañía, documentada con procedimientos integrados técnicos administrativos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la compañía de la mejor forma para asegurar la satisfacción del cliente sobre la calidad y los costos económicos de esta”.⁴⁹

No obstante las definiciones de un sistema de calidad antes de considerarse como documentación se debe considerar la idea de que es una corriente ideológica que por sí misma toma un enfoque estructurado y ordenado de tal forma que antes de realizar cualquier intento de documentación se debe definir el alcance del sistema de calidad deseado y partir de esta base para involucrar cada área o departamento de la compañía para después comenzar a pensar en la documentación requerida. La documentación viene dada por las normas que son las que definen los requisitos mínimos del sistema de gestión de calidad; teniendo en cuenta que también los sistemas de calidad han evolucionado desde la inspección hasta el involucramiento de la dirección general, los sistemas de calidad han echado mano de otras herramientas matemáticas para dar paso al control estadístico de calidad y de producción, ampliándose cada vez los horizontes del control de calidad. Se podría seguir analizando incluso cada una de las diferentes corrientes ideológicas y las herramientas de las cuales han hecho uso para lograr un nivel desde la inspección

⁴⁹ Feigenbaum, A. (1994). “*Control Total de la Calidad*”. México: CECSA, pp. 110-112

hasta el six-sigma y se verá que el objetivo será siempre el mismo ya sea en mayor o menor escala según el giro de la empresa existen lineamientos de calidad mismos que se traducen en requisitos, normas y legislación.⁵⁰

Todo lo anterior ha quedado plasmado en las “Normas de Calidad” que se aplicaran como requisito para incursionar en los mercados, unas generales y otras específicas para un sector. La principal norma generalizada es una serie de documentos, las ISO 9000 que junto a las DIN (Normas alemanas) y las EN (Organismo de la Unión Europea) y que básicamente tienen los mismos principios fundamentales, gobiernan el mundo de los negocios y de la gestión de calidad ya que contienen los requisitos mínimos para acreditarse como empresa certificada y que pese a que hay requisitos específicos, éstas son el principio para aplicar otras, es decir, se debe estar certificado en ISO para poder acreditar alguna norma específica tal es el caso de la industria automotriz que se rige por una norma de la misma familia ISO TS 16949, se debe contar con la acreditación ISO 9000 o QS 9000, o bien, cuando se trata de integrar la norma ambiental ISO 14000 se debe contar con la certificación ISO 9000. En México es posible integrar a la certificación la norma concordante nacional la Norma Mexicana NMX-CC-9000-IMNC-XXX según sea el caso.⁵¹

Es conveniente analizar la normatividad por sectores para identificar cómo y en qué casos se conjugan las corrientes ideológicas de la gestión de calidad y las herramientas que conforman los sistemas de calidad, asimismo ver qué tan

⁵⁰ Senlle, A. y Stoll, G. (1995) “*Calidad Total y Normalización*”. Barcelona España Ediciones Gestión 2000 S.A. pp. 39-41

⁵¹ Idem, pp 44-47

importantes se han vuelto los métodos estadísticos que por sí mismos han volcado en un sistema de calidad.

Al analizar los principales puntos de una norma nos daremos cuenta que éstos están fundamentados en las aportaciones de los maestros del control de calidad y que a su vez los sistemas de calidad evolucionaron también en base a éstos.

“Los requisitos generales están contenidos en la ISO 9001-2008, o bien la NMX-CC-9001-IMNC-2008 versión más reciente, estos requisitos están orientados de manera general al sistema de calidad; son genéricos y aplicables a organizaciones de cualquier sector económico e industrial con independencia de la categoría del producto ofrecido, tanto ISO 9001 como NMX-CC-9001-IMNC no establecen requisitos para los productos. Los requisitos para los productos pueden ser especificados por el cliente o por la organización anticipándose a los requisitos del cliente o por disposiciones reglamentarias. Los requisitos para los productos, y en algunos casos, los procesos asociados pueden estar contenidos en, por ejemplo, especificaciones técnicas, normas de producto, normas de proceso, acuerdos contractuales y requisitos reglamentarios”.⁵²

Los requisitos que contiene prácticamente toda norma Objetivo y Campo de aplicación, las referencias normativas que es la parte de la norma donde se define y recomienda el último nivel o revisión de la norma y son responsabilidad de la gerencia de la organización. Los términos y definiciones; que es básicamente

⁵² Todo lo referente al sistema de gestión ISO se obtuvo en: La Norma ISO-9002- 2008 “*Sistemas de Gestión de Calidad- Requisitos*”. México, D.F.: Instituto Mexicano De Normalización y Certificación A.C, pp. 1-23

descripciones del vocabulario usado y se encuentran en la norma ISO 9000 o en NMX-CC-9000-IMNC para el caso nacional.

A partir de este punto los requisitos se enfocan en el sistema de calidad y es precisamente el cuarto punto. El sistema de gestión de calidad, es aquí donde se aterrizan los requisitos generales y los “debes” de la norma. “La organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo a los requisitos de la presente norma”.

Los requisitos de la documentación, el manual de calidad, el control de la documentación y el control de los registros son los puntos que trata este documento. Todos estos puntos de la norma deben ser conocidos por el profesional responsable de la producción o la calidad, pues son fundamentales en una auditoria ya sea interna o externa. En cuanto a la documentación se contempla desde las declaraciones de la política de calidad y objetivos de calidad, el manual de calidad, los procedimientos definidos por la organización, los registros de las diversas actividades, todo ello en formatos y manuales que deberán ser debidamente registrados en el sistema de gestión de calidad. El manual de calidad es fundamental y es el documento base del sistema, ya que es en éste donde se plasman los procedimientos y documentos del sistema los cuales son auditables, es decir, son la evidencia de que se está cumpliendo con lo establecido en el sistema de gestión de calidad.

El control de los documentos que son requeridos por el sistema de gestión de calidad, son un tipo especial de documento y se deben seguir ciertos lineamientos indicados en la misma norma. Generalmente estos documentos deben ser aprobados y registrados en el sistema antes de su emisión así como las revisiones posteriores con sus respectivas aprobaciones, los documentos deberán contener en un lugar visible el nivel y la descripción del cambio, así como la fecha de emisión y/o aprobación. Los documentos de origen externo deberán ser identificados y su distribución controlada.

En el caso específico de los registros “se establecen y mantienen para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del sistema de gestión de calidad. Los registros deben permanecer legibles, identificables y recuperables. Debe establecerse un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, almacenamiento, protección y recuperación, así como el tiempo de retención y la disposición de los registros.”⁵³

“La alta dirección debe proporcionar evidencia de su compromiso con el desarrollo e implementación del sistema de gestión de calidad, así como con la mejora continua de su eficiencia.” Comunicando a la organización la importancia de satisfacer los requisitos del cliente, los legales y reglamentarios, asimismo es responsabilidad de la dirección establecer la política de calidad, asegurando los objetivos de calidad y también las revisiones y recursos necesarios.

⁵³ Idem, p 13

La gestión de los recursos abarca desde los recursos humanos donde se establece que: “el personal que realice trabajos que afecten la calidad del producto debe ser competente con base a la educación, formación, habilidades y experiencia apropiados.” Es decir, en este punto es donde se definen los perfiles del personal según el puesto a desempeñar de acuerdo a la estructura de responsabilidades. “La infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto, esta incluye: edificios, espacio de trabajo y servicios asociados; el equipo para los procesos, en donde también los servicios de hardware y software son parte del buen funcionamiento del sistema. Además de los servicios de apoyo y el ambiente de trabajo el cual es de suma importancia para un funcionamiento armonizado dentro de la organización.

La realización del producto es uno de los puntos más amplios que trata la norma ya que estos incluyen: “La planificación de la realización del producto, procesos relacionados con el cliente, diseño y desarrollo, compras, producción y presentación del servicio, control de los dispositivos de seguimiento y medición.” Dentro de los puntos se destaca la coherencia del producto con los requisitos de los otros procesos del sistema de gestión de calidad, de los requisitos de calidad, todo ello acorde a los documentos y registros, las actividades de verificación, medición y seguimiento, los requisitos especificados por el cliente en caso de haberlos, incluyendo especificaciones de entrega y posteriores, las etapas del proceso, revisión, verificación y validación para cada etapa del proceso, etapas de diseño y desarrollo, evaluación y selección de proveedores de acuerdo a su capacidad de respuesta y la calidad del producto. Contiene todo lo relacionado con la producción

como es, la disponibilidad de la información técnica, instructivos de trabajo, uso del equipo adecuado, liberación del producto conforme entre otros.

La medición análisis y mejora es donde “se planifican procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora del producto; incluyendo técnicas estadísticas, la satisfacción del cliente es una medida de desempeño por lo que se implementan métodos para medir este desempeño mediante auditorias internas de producto o proceso, con lo que se permite mejorar el seguimiento y medición en los procesos; Control del producto no conforme, que es donde se toman acciones para eliminar la no conformidad mediante la autorización o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente, manteniendo los registros de causa de la no conformidad y de las acciones tomadas. El análisis de los datos para evaluar el sistema y definir áreas de mejora. Resultado de las auditorias y no conformidades son las acciones correctivas y preventivas, las primeras son aquellas acciones que se toman para definir qué se hace en el momento de la no conformidad, mientras que las acciones preventivas, son como ya se mencionó oportunidades de mejora y se establecen cambios ya sea de materiales, equipo, de secuencia de proceso o de condiciones de fabricación.⁵⁴

A grandes rasgos este es el contenido de los requisitos de ISO internacional, es evidente que cuando el ingeniero químico interviene en cualquier etapa del proceso productivo se verá obligado a familiarizarse con la norma, pero como se menciona en la norma, existen otras referencias que no están contenidas en esta norma y son los requisitos del producto, lo que nos lleva a normas específicas o de sector

⁵⁴ Idem pp 11-19

económico, ya que como se verá dentro del sistema de gestión de calidad pueden aplicar normas para el sector químico, farmacéutico, alimenticio por mencionar algunos.

Por ejemplo para las industrias químico-farmacéuticas y de alimentos existen documentos que rigen la forma de trabajo como lo son las Buenas prácticas de Laboratorio (BPL) y las Buenas prácticas de Fabricación (BPF). Las buenas prácticas de laboratorio es un documento que establece los requisitos mínimos que debe cumplir un laboratorio de pruebas no clínicas, éstos van desde la preparación y experiencia del personal, la ropa apropiada que se debe usar en el laboratorio para evitar posibles contaminaciones por esta vía, la salud del personal para asegurar la calidad e integridad de los estudios y evitar contaminaciones. Las instalaciones deberán cumplir con un diseño tanto en tamaño, construcción y ubicación tales que reduzca al mínimo las alteraciones que pudieran darse por esta vía, aquí se debe contemplar las áreas tanto del sistema experimental que sean designadas para aislamiento como las de un proyecto individual, las áreas de almacenamiento adecuado para suministros y equipos, un espacio específico para almacenar productos de ensayo y de referencia, sala de archivo que deberán resguardar el contenido del deterioro acelerado o prematuro; la manipulación y eliminación de desechos también requiere de instalaciones adecuadas de recogida, almacenamiento y eliminación, así como de procedimientos de descontaminación y transporte. Las responsabilidades es uno de los puntos importantes que se determinan en este documento el cual indica la designación de un director de laboratorio, uno o más directores de estudio, la oportuna entrega de protocolos y

procedimientos normalizados de trabajo, el correcto llenado y presentación de los registros de estudio.

El mantenimiento y calibración del equipo de laboratorio. Se debe contar con un programa de inspección de rutina que implica la limpieza, mantenimiento, prueba y calibración; deberán existir registros de cada operación que se realice en los equipos, donde se indica si es una operación rutinaria y bajo que norma o estándar se realiza la prueba, si existe una anomalía y la naturaleza del defecto, es decir, si fue mala operación, interferencia de los materiales o falla del equipo.

La correcta identificación de reactivos y soluciones indicando datos como tipo y nombre de sustancia, concentración, fecha de evaluación. Cuando hay pruebas con animales se establecen procedimientos de alojamiento, alimentación, manejo, cuidado de ellos y el recibo de animales que establece su aislamiento hasta evaluar su estado de salud, deben ser identificados y seleccionados, y si es necesario que habiten por separado.

Se debe contar con una unidad de garantía de calidad la cual se encargará de la supervisión del estudio y deberá estar completamente separada e independiente del personal que trabaja en la dirección y realización del estudio.

La descalificación de las instalaciones permite excluir estudios que fueron realizados por un laboratorio que no ha cumplido con los requisitos establecidos,

hasta que se demuestre lo contrario y con fecha reciente que permita considerar que no se afecta la validez de los datos generados en dicho laboratorio.⁵⁵

También existen las buenas prácticas de manufactura GMP por sus siglas en inglés (Good Manufacturing Practices), que también son reguladas por la FDA y es un documento que contiene las principales cláusulas para un buen desempeño en la fabricación de productos farmacéuticos, dentro de los principales requisitos que contienen los GMP's se encuentran la organización y personal, las cuales son fundamentales ya que contemplan las responsabilidades y la calificación del personal. Las instalaciones, contemplando todas las características que se deben cumplir para su buen funcionamiento y el mantenimiento preventivo de las mismas. Se contempla todo lo relacionado con el equipo, desde el diseño y localización, limpieza y mantenimiento ya sea eléctrico, mecánico o de autocontrol. El control de los componentes y envase del medicamento los cuales deberán cumplir además con la normatividad requerida. La producción y control de procesos se realiza mediante procedimientos específicos, limitaciones de tiempo, control de contaminación y reproceso, todo debidamente registrado. Protección y distribución donde se controlan procedimientos de almacenaje y distribución interna y externa. Como en toda norma es necesario tener un buen control de registros y reportes de todas las actividades que marca el sistema de calidad, también se cuenta con un apartado dedicado al laboratorio donde se especifica los principales puntos como control de

⁵⁵ Current Good Manufacturing Practice for Finished Pharmaceuticals, Part 211, Subchapter C- Drugs: General.
En red:
<http://www.fda.gov/dowlands/drugs/GuidanceCompilanceRegulatoryInformation/CurrentGoodLabotatotyPractices/guidances/ucm070268.pdf>

muestras, pruebas de estabilidad y lo referente a la contaminación de muestras. Por ultimo se advierte sobre devolución y recuperación de productos y materias primas.⁵⁶

En la industria de alimentos también existen normas específicas como las Buenas Practicas de Fabricación o Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control HACCP (por sus siglas en ingles) Hazard Analysis and Critical Control Points.

“El cual permite identificar peligros específicos y tomar medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos estableciendo sistemas de control en lugar de basarse principalmente en el ensayo el producto final. El sistema HACCP puede aplicarse a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde el producto primario hasta el consumidor final, y su aplicación deberá basarse en pruebas científicas de peligro para la salud humana además de mejorar la inocuidad de los alimentos. El sistema HACCP puede ofrecer otras ventajas como facilitar la inspección por parte de las autoridades de reglamentación y promover el comercio internacional al aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos.

Para que la aplicación del sistema HACCP dé buenos resultados, es necesario que tanto la dirección como el personal se comprometan y participen plenamente, también se requiere un enfoque multidisciplinario en el cual se deberá incluir cuando proceda, a expertos agrónomos, veterinarios, personal de producción, microbiólogos, especialistas en medicina y salud pública, tecnólogos, expertos en salud ambiental, químicos e ingenieros. La aplicación de sistema es compatible con la aplicación de sistemas de gestión de calidad, como la serie ISO 9000 y es el

⁵⁶ Current Food Good Manufacturing Practices, Section One. En red: <http://www.fda.gov/food/GuidanceRegulatoryInformation/CurrentGoodManufacturingPracticesCGMPs/ucml10877.htm>

método utilizado de preferencia para la inocuidad de los alimentos en el marco de tales sistemas y en lo legal”. Todos los requisitos son fundamentales y es necesario cumplir con ellos, sin embargo existe en cualquier industria un tema que aunque se habla mucho de éste, casi nadie lo lleva acabo en realidad, este tema es lo relacionado con el medioambiente ya que todas las industrias de transformación emiten sub-productos resultado de los procesos.⁵⁷

El Sistema de Administración Ambiental (SAA) ISO 14000 fue la respuesta por parte de la serie ISO y como la serie 9000 también se compone de varios documentos y los requisitos se encuentran en ISO 14001, norma que rige la certificación para la llamada producción limpia, la documentación incluye la política ambiental, alcance del sistema de gestión ambiental (SGA) requisitos requeridos por la norma y los que determine la organización como necesarios para asegurar la eficacia de sistema de gestión ambiental, planificación del SGA, implementación, operación y verificación, todos con el objetivo de respaldar el cumplimiento de los objetivos planeados por la organización y asegurar el cumplimiento de las operaciones que de ello se deriven. Como en todo proyecto de implementación la alta dirección será la responsable de definir la política y hacerla difundir y cumplir en toda la organización, todo documento y/o procedimiento normalizado debe ser documentado y resguardado debidamente. Es responsabilidad de la dirección que se cuente con todos los recursos necesarios para la implementación y seguimiento del sistema de gestión ambiental tales como los recursos humanos, infraestructura, recursos financieros y tecnológicos. El control de documentos es similar al del sistema de gestión de calidad, ya que se deben aprobar, revisar, actualizar,

⁵⁷ http://www.haccp-nrm.org/HACCP_MX.asp.

identificar cambios de nivel, control y distribución, aun cuando sean documentos externos.

El control de operaciones y procedimientos se deben normalizar bajo estos criterios. También se toman acciones de incumplimiento y por lo tanto se derivan acciones correctivas y preventivas, se tendrán las auditorias internas y externas tal y como en un sistema de calidad y con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema de gestión ambiental, en base a las actividades señaladas por la norma y las que deriven de normas externas aplicables, según el producto o servicio que genere la organización, todos los registros que se requieran para estas actividades se resguardan tal y como lo indique la norma con el objetivo de futuras aclaraciones o como evidencia de que se da seguimiento.⁵⁸

⁵⁸ Todo lo relacionado al Sistema Ambiental se Consulto la Norma ISO 14001:2004. (En red). Disponible en: www.iso.org

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Son muchas las disciplinas que han contribuido al desarrollo tecnológico e industrial, aportando nuevos conocimientos y metodologías ya sea de investigación o de ejecución de procesos industriales. La Ingeniería Química no ha sido la excepción desde sus inicios en Inglaterra y hasta su consolidación en los Estados Unidos de América ha contribuido de diferentes maneras al progreso. Por su carácter multidisciplinario fue adquiriendo gran importancia tanto en el diseño como en la operación de plantas de procesos químicos, en la parte económico administrativa, en la educación y más recientemente en áreas gubernamentales, en todas y cada una de las ramas donde participe la Ingeniería Química es segura su aportación tanto a las regulaciones de calidad, ambientales, de educación y legales.

Como se ha visto hoy en día en todos los sectores económicos se puede hablar de calidad, de gestión de calidad o de certificación, es evidente que los sistemas de calidad se crearon con el fin de mejorar los productos de consumo y de uso final o intermedio continuando posteriormente con el sector de servicios, en fin la calidad hoy por hoy es una herramienta fundamental en cualquier sector mercantil. Desde los primeros pasos de la fabricación en masa ha evolucionado el concepto de calidad así como las formas en que se aplican las metodologías que permiten lograr un producto con características que satisfagan las necesidades de los consumidores. Los procesos químicos y la industria química no son la excepción pues el desarrollo de nuestra profesión también ha contribuido al buen desarrollo de sistemas de calidad y ha ido de la mano con el desarrollo tecnológico e industrial de

tal manera que el ingeniero químico se ha visto en la necesidad de desempeñar actividades tanto de diseño como de operación y administración además de la docencia. Es por ello que resulta fundamental en la profesión del ingeniero químico el conocimiento de los sistemas de calidad y las diferentes normas que apliquen en cada uno de los sectores donde pueda desarrollarse. Un ingeniero químico debe conocer desde las normas de calidad que gestionan todo el proceso de fabricación hasta las normas que rigen una actividad específica sin olvidar la parte de gestión ambiental, desde sus requisitos e incluso normas específicas de análisis y prevención de contaminación ambiental.

Las razones para que profesionistas y organizaciones cuenten con cierto dominio de la administración de la calidad son de vital importancia ya que cuando una empresa cuenta con alguna certificación; tanto la empresa como todo su personal proyectan en el mercado una imagen de un grupo bien estructurado y eficaz, además de que en la parte económica esto le abre más la posibilidad de nuevos negocios, de ganar más clientes e inclusive atraer nuevos inversionistas que permitan la expansión de la organización, el estar certificado sobretodo en alguna norma internacional es evidencia de que los productos que se fabrican están a la altura de cualquier producto fabricado en el extranjero.

Es por ello que el ingeniero químico desde su formación en las universidades debe recibir cursos introductorios a la administración de la calidad ya que en algún momento de su vida profesional tendrá la responsabilidad de una línea de producción o incluso de la gerencia de área o de la dirección general, la formación en el área de calidad puede ser una excelente oportunidad ya que después de tomar

cursos especiales puede desempeñarse como auditor líder en sistemas de gestión de calidad en donde el ingeniero químico también tiene mucho campo para desarrollarse ya que cuenta con herramientas que le permiten dominar sin mayor dificultad esta área de vital importancia.

Se han mencionado una gran variedad de normas y requisitos que contiene un sistema de calidad, sin embargo es responsabilidad de los líderes de área o departamento y de las gerencias medias así como de la dirección general que el sistema funcione correctamente, que se lleven a cabo de forma coordinada todas y cada una de las actividades requeridas por el sistema de calidad, en cualquier parte de estas estará un ingeniero químico al frente de un grupo de personas y de él dependerá que su trabajo y el de sus compañeros y subordinados realmente cumpla con las expectativas y requisitos de los consumidores que pueden ser miles o millones, es por ello que el ingeniero químico debe estar lo mejor preparado no sólo en el campo de la ingeniería química como tal sino que debe tener una formación complementaria para que al llegar al campo laboral tenga las herramientas necesarias para ser un líder en cualquier campo que se desempeñe.

La cultura de la calidad debe ser incluso difundida en todos los niveles de la organización, es decir que el personal operativo debe tener conciencia de lo que implica el sistema de calidad y así aunado a la orientación que le dé el supervisor se conjugue el objetivo de la parte productiva que es como se menciona en las políticas de calidad, producir mejorando el producto en el menor tiempo y al menor costo.

Es así como el trabajar bajo un sistema de calidad o dirigirlo requiere de experiencia o como mínimo de conocimientos previos de la gestión de calidad, de

normas, manuales y procedimientos que complementan la norma general. Es importante mencionar que el sistema de calidad no sólo implica conocer los requisitos sino que cuando se comienza a tomar parte activa del sistema ya sea manipulando documentación o como auditor es de vital importancia la interpretación de la norma de acuerdo al sector económico o bien de acuerdo al producto que se fabrique, no es lo mismo fabricar partes automotrices o autos, a fabricar un medicamento, alimento o un producto químico, ni un zapato a un mueble, sin embargo en el sistema internacional ISO por ejemplo, los requisitos para la certificación son básicamente los mismos que marca la norma 9002-2008 (última versión) para cualquiera de estos sectores mencionados, lo que hace la diferencia es la interpretación y las normas complementarias de cada tipo de industria.

Es por ello necesario hacer hincapié en que en la educación debe contemplar la cultura de calidad desde las aulas para que el estudiante se vaya familiarizando con las diferentes normas y sistemas de calidad, pues hoy es uno de los requisitos para pretender una vacante, como mínimo conocer las normas generales como lo es el sistema ISO 9000. Que el egresado de Ingeniería Química no solo sea capaz de calcular un equipo industrial o de realizar un análisis químico, sino que debe tener las herramientas necesarias para integrarse en un equipo de trabajo, conociendo la forma en que se rigen las industrias actualmente, el egresado de Ingeniería Química debe como mínimo saber donde buscar la información referente a un sistema de gestión de calidad, ya que es lamentable que en ocasiones se les niegue un empleo por no conocer siquiera las cláusulas principales de una norma de calidad. De ser posible que se integren al plan de estudios materias donde se les enseñe a reconocer la parte de la gestión de calidad pues como se ha visto ésta es parte

'fundamental dentro de una organización e incluso tiene carácter administrativo, es por ello que se debe poner más énfasis en la difusión de la gestión de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

Beltrán, V.M., Delgado, N.M. y Quintana, D.M. (1997) **Introducción a la Ingeniería Química**. México, D.F. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

Bravo, V. (1999). **Fundamentos de la Ingeniería Química**. España: Universidad de Granada.

Conceptos Generales de Calidad Total. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos11/conge/conge.shtml>

Current Good Manufacturing Practice for Finished Pharmaceuticals, Part 211, Subchapter C- Drugs: General. Disponible en:
<http://www.fda.gov/downloads/Drugs/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/Guidances/ucm070268.pdf>

Durán, D.M. (2008, Marzo). Evolución. **Primer Foro Nacional. La mujer en la Ingeniería Química en México, Ciudad de México (En red)**. Disponible en:
<http://www.imiq.org/documentos/LIBRO%20ELECTR%C3%93NICO%20Mar%208%202008.pdf>

Evans, J. y Lindsay, W. (2005). **Administración y Control de Calidad**. México: Ed. Thomson Learning.

Feigenbaum, A. (1994). **Control Total de la Calidad**. México: CECSA.

Fernández, A. (1996). **Sistemas de Calidad Según UNE-EN-ISO-9000**. Centro para la calidad en Asturias: Editorial. Instituto de Fomento Regional.

Garrido, M. (1998). **Historia de la Enseñanza de la Ingeniería Química en México**. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.

Gutiérrez, H. (2005). **Calidad total y productividad**. México: Mc Graw Hill

Ishikawa, K. (1986). **¿Qué es el control total de calidad? La Modalidad Japonesa.** México: Ed. Norma.

Mountaudon, T. C. (2004). **Historia de la calidad mundial.** México-Puebla: Lupus Inquisidor.

La Norma ISO-9002-2008 **Sistemas de Gestión de Calidad-Requisitos.** México, D.F.: Instituto Mexicano de Normalización y certificación A.C.

La norma ISO-14001:2004 (En red). Disponible en: [http:// www.iso.org](http://www.iso.org)

Senlle, A. y Stoll, G. (1995). **Calidad Total y Normalización.** Barcelona España: Ediciones Gestión 2000 S.A.

Valiente, A. y Primo, R. (1980). **Ingeniero Químico. ¿Qué hace?** México: Editorial Alambra mexicana.