



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

“PROCESO DE DESARROLLO Y FORMULACIÓN DE DETERGENTES”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

RAFAEL VILLA GUEVARA



MÉXICO, D.F.

AÑO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: Joaquín Palacios Alquisira**

VOCAL: **Profesor: Francisco Javier Casillas Gómez**

SECRETARIO: **Profesor: Ma. Guadalupe Lemus Barajas**

1er. SUPLENTE: **Profesor: Ángel Ávila Villagrán**

2° SUPLENTE: **Profesor: Rodolfo Fonseca Larios**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

EDIFICIO A FACULTAD DE QUÍMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA

ASESOR DEL TEMA:

M. en C. Ma. Guadalupe Lemus Barajas

SUSTENTANTE:

Rafael Villa Guevara

ÍNDICE

.....	1
1 OBJETIVO	6
2 INTRODUCCIÓN	7
3 EL MERCADO DE DETERGENTES	11
3.1 INDUSTRIA DE LOS DETERGENTES EN MÉXICO ^{12;18;24;28;45;53}	11
3.2 TIPOS DE DETERGENTES EN EL HOGAR ^{15;24;54}	14
4 DESARROLLO DE PRODUCTOS ^{14;16;20;40;56;61;63;65}	16
4.1 CATEGORIAS DE DESARROLLO DE PRODUCTOS.....	17
4.2 RAZONES PARA DESARROLLAR NUEVOS PRODUCTOS	22
4.3 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO ^{27;31}	27
4.4 FASES DEL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	30
4.5 FUENTES DE IDEAS PARA EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO	34
4.6 EL ROL DE LA ORGANIZACIÓN EN EL DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO	37
4.7 DESARROLLO DE PRODUCTOS A NIVEL GLOBAL	42
5 FISICOQUÍMICA DE SUPERFICIES ^{1;41;}	44
5.1 TENSIÓN SUPERFICIAL	44
5.2 ACTIVIDAD SUPERFICIAL.....	46
5.2.1 SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD SUPERFICIAL	46
5.2.2 TENSOACTIVOS	47
5.2.3 EFICIENCIA Y EFECTIVIDAD.....	57
5.2.4 ANGULO DE CONTACTO.....	59
5.3 DETERGENCIA	60
5.3.1 EL PROCESO DE LIMPIEZA	60
5.3.2 TENSOACTIVOS Y DETERGENCIA.....	60
5.3.3 TIPOS DE SUCIEDAD.....	62
5.3.4 REMOCIÓN DE SUCIEDAD PARTICULADA	64
5.3.5 REMOCIÓN DE SUCIEDAD ACEITOSA	65
5.4 MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES SUPERFICIALES	68
5.5 EMULSIONES.....	71
5.6 ESPUMAS.....	74
6 FORMULACIÓN DE UN DETERGENTE ^{3;21;29;33;35;36;58;63}	76
6.1 INGREDIENTES EN LOS DETERGENTES ^{11;15}	78

6.1.1	TENSOACTIVOS	79
6.1.2	COADYUVANTES.....	82
6.1.3	SOLVENTES.....	85
6.1.4	ANTIMICROBIALES.....	86
6.1.5	FRAGANCIA COLOR Y OTROS INGREDIENTES	88
6.2	INGREDIENTES ACTIVOS ^{6;7;23;34}	90
6.2.1	ELECCIÓN DE TENSOACTIVOS.....	90
6.2.2	INTERACCIONES ENTRE TENSOACTIVOS	93
6.3	INGREDIENTES SECUNDARIOS ⁴¹	98
6.3.1	ELECTROLITOS EN EL SISTEMA.....	99
6.3.2	NO ELECTROLITOS EN EL SISTEMA	101
6.3.3	POLÍMEROS EN EL SISTEMA.....	102
6.3.4	CONTROL DEL pH	103
6.3.5	CONTROL REOLÓGICO.....	105
6.3.6	CONTROL DE ESPUMA ^{22;47}	106
6.3.7	CONSERVADORES	110
6.3.8	CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA FORMULACIÓN	111
6.3.9	INGREDIENTES DISPERSOS	114
6.3.10	FRAGANCIA Y COLOR ^{38;55}	115
6.3.11	ENVASE DEL PRODUCTO	118
6.3.12	CONTENIDO DE AGUA DEL PRODUCTO.....	119
6.3.13	CARACTERÍSTICAS DESEABLES EN UN DETERGENTE	120
6.4	EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS ^{2;3;7;8;9;32;37;39}	122
6.4.1	EL DISEÑO FACTORIAL	124
6.4.2	SUPERFICIES DE RESPUESTA	127
6.4.3	DISEÑOS DE MEZCLAS	130
6.4.4	HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE APOYO	134
7	VALORACIÓN DEL PRODUCTO	137
7.1	EVALUACIÓN PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO ⁶³	138
7.2	DESEMPEÑO DEL PRODUCTO ^{5;}	138
7.3	PRUEBAS DE ROBUSTEZ ^{21;}	144
7.4	PRUEBAS DE ESTABILIDAD ^{17;51}	145
7.5	PRUEBAS DE CONSUMIDOR ^{26;44}	148
7.6	EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL PRODUCTO ^{4;13;15;46}	150
8	CALIDAD, LEGISLACIÓN Y REGULACIÓN.....	156
8.1	CALIDAD Y SEGURIDAD ^{17;42}	156

8.2	LEGISLACIÓN ^{48;49;50;64}	159
8.3	ENTIDADES NO GUBERNAMENTALES ^{19;46}	162
8.4	LOS DETERGENTES ECOLÓGICOS ^{15;19;57;64}	164
8.5	MARCAS, PATENTES Y MODELOS INDUSTRIALES ⁴³	166
9	TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGIA	169
9.1	PLANTA PILOTO ^{10;63}	170
9.2	MANUFACTURA EXPERIMENTAL ⁶⁰	170
10	ASPECTO ECONÓMICO ⁶³	172
11	COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO ^{61;}	175
12	CONCLUSIONES	176
13	REFERENCIAS	178

1 OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo integrar los aspectos correspondientes al desarrollo de productos aplicado a detergentes, a partir de la información encontrada en la literatura. Existen muy pocos textos que engloban los temas contenidos en esta investigación toda vez que la mayoría de ellos son enfocados al desarrollo de productos para la industria de alimentos.

Se desea que este trabajo pueda servir como una guía para las personas interesadas en tener una visión general sobre el desarrollo de estos importantes productos de consumo. Por esta razón, se intenta cubrir la mayoría de los temas relacionados a este proceso.

Al ser el desarrollo de productos el motor de las empresas de consumo masivo, se pretende dar un enfoque de empresa global, con el fin de presentar una amplia visión de dicho proceso, para un mejor entendimiento del mismo a partir de los distintos puntos de vista, tanto técnicos como comerciales y con énfasis en los primeros.

El proceso de desarrollo de productos involucra varias áreas de la empresa, como la comercial, logística, producción y principalmente la de investigación y desarrollo. Por esta razón, se trata de un trabajo de carácter multidisciplinario tal como el enfoque que se le ha estado dando a la carrera de Ingeniería Química durante los últimos años.

2 INTRODUCCIÓN

El término “producto detergente sintético”, aplica ampliamente a mezclas de limpieza que contienen compuestos con actividad superficial (tensoactivos) junto con otros ingredientes que aumentan la estabilidad de la fórmula o mejoran la estética del producto.

Un tensoactivo es una sustancia que disminuye la tensión superficial del medio en el que se disuelve o la tensión interfacial entre dos fases al ser adsorbido en la superficie. Estas sustancias pueden ser de carácter iónico o no iónico.

El jabón es una mezcla de sales de ácidos grasos saturados o insaturados conteniendo al menos ocho carbonos en su cadena. Se trata de un tensoactivo aniónico que se forma por el proceso de saponificación, técnica conocida por el hombre hace miles de años.

El hombre ha usado el jabón desde hace más de 2000 años. Por otro lado, los detergentes sintéticos son relativamente nuevos en la historia humana y han revolucionado la manera hacer limpieza. Éstos son muy efectivos para remover una gran variedad de suciedades consumiendo menor energía y agua.

A mediados del siglo pasado, el Mercado de la industria de tensoactivos se expandió rápidamente debido a las implicaciones de la guerra. Antes de la aparición de estas sustancias, la limpieza se llevaba a cabo con jabones derivados de ácidos grasos de plantas y animales, como el aceite de coco o el cebo respectivamente, produciendo jabón por el proceso de saponificación.

Después de esos acontecimientos, la industria petroquímica creció inmensamente con procesos más eficientes y novedosos, permitiendo la producción de derivados cada vez más específicos, entre ellos los detergentes que usan benceno y propileno, como precursores.

El aumento de la producción de fibras sintéticas y la aparición nuevas técnicas de limpieza y lavado, instó a la población a aumentar la frecuencia con la que recurrían a

estos procesos, aunado el aumento de población, el desarrollo de varios países y el empleo de medios de comunicación masivos por las grandes empresas, para ofrecer sus novedosos productos, que provocaron un incremento de grandes dimensiones en la demanda de detergentes sintéticos.

Sin embargo en muchos países poco industrializados, el jabón siguió y sigue siendo el producto más usado, debido a los bajos costos de producción y a que sus componentes son relativamente renovables.

Los detergentes sintéticos son mucho más eficientes que los jabones tradicionales en una infinidad de aplicaciones, por lo que los últimos no pueden remplazar a los primeros, a pesar de la gran presión de los ambientalistas por disminuir su uso.

Para muchas aplicaciones, el uso de jabones supondría un aumento en la cantidad de ingredientes necesarios para dar estabilidad, y mejor desempeño al producto para poder acercarse un poco al gran desempeño de los detergentes sintéticos, incluso en pequeñas cantidades.

En los países desarrollados, la mayor parte de los tensoactivos producidos son usados por la industria de bienes de consumo para fabricar productos detergentes y de cuidado personal. Es por esa razón que el consumidor es el elemento que más influye en la industria demandando productos baratos, de gran desempeño e incluso con características ambientales superiores

Los bienes de consumo, son todas aquellas mercancías producidas por y para la sociedad en el país o importadas para satisfacer directamente una necesidad del público consumidor. Estos bienes constituyen lo opuesto a bienes de producción o de capital, que son los que se utilizan para producir otros bienes.

Los detergentes son algunos de los bienes de consumo más vendidos del mercado. El negocio de los detergentes es una industria multimillonaria y en constante crecimiento ya que en estos días sus clientes están demandando productos que se adecuen más a sus necesidades y lo hacen tomando cada vez más en cuenta, el factor de responsabilidad social por parte de la industria.

En México, el ramo de la Industria Química al que pertenecen estos productos es clasificado como la Industria de Jabones, Limpiadores y Dentífricos (INEGI 2013). En nuestro país, existen varias empresas dedicadas total o parcialmente a este ramo, de las cuales, las más grandes son de origen extranjero.

México exporta una gran parte de su producción de detergentes, debido a que aquí se encuentran varias plantas de producción de empresas internacionales. Estas plantas que se encargan de cubrir parte de la demanda de algunos países de Latinoamérica e incluso de Estados Unidos y Canadá.

Las ventas de detergentes van en aumento, ya que en los países en desarrollo su uso no es, todavía tan intenso como lo es en los países desarrollados

Un estudio realizado en Estados Unidos mostró que el mercado global de productos de limpieza para el hogar, alcanzará \$83.23 miles de millones de dólares hacia 2015. Se espera que la preocupación creciente por la higiene y la propagación de epidemias dispare el mercado de productos detergentes en economías emergentes como China, Brasil, India, México e Indonesia. (Global Industry Analysts, Inc Marzo 2008)

Además de los plásticos y los materiales de fibras sintéticas, probablemente no hay otra clase de productos químicos con los que la gente esté en contacto tan frecuentemente como con los detergentes, los cuales se pueden encontrar en prácticamente todos los hogares e instituciones.

Los productos detergentes son bastante diversos: desde limpiadores multiusos hasta limpiadores especializados, pasando por los detergentes para ropa. La formulación de estos productos es muy variada, debido a la gran cantidad de aplicaciones

Los fabricantes de detergentes siempre han tenido en mente tres objetivos que a veces están en conflicto: el desempeño del producto, la seguridad para los clientes con respecto a los ingredientes y el costo de los ingredientes. Existe un cuarto factor, muy importante que pocos productores han tomado en cuenta en México: el ambiental.

En países europeos y en Estados Unidos, la demanda de los consumidores por productos que reduzcan su impacto en el ambiente, ya ha sido agregada como un

cuarto objetivo. Dada la diversidad de los detergentes, el número de ingredientes, y la dificultad para entender el ciclo de vida entero de las formulaciones, no es de sorprender que los productores tengan diferentes definiciones de “verde” para un producto de limpieza.

Al menos 20% de los consumidores en los países desarrollados no solo se fija en el desempeño de los productos al momento de elegir dónde comprarlos sino también en el aspecto ambiental entre otros.

La inclinación de los consumidores hacia productos con impacto ambiental bajo va en aumento en todos los países gracias a un crecimiento en la conciencia ecológica, se pronostica que en un futuro próximo, la demanda de estos productos crecerá y a largo plazo incluso llegaría a ser superior a la de los productos que no tienen esta característica.

El reporte de Global Industry Analysts, Inc. (Global Industry Analysts, Inc Marzo 2008), mostró que el mercado de productos “verdes” de limpieza para el hogar, alcanzará \$9.32 miles de millones de dólares para 2017, un porcentaje muy considerable del mercado total.

3 EL MERCADO DE DETERGENTES

3.1 INDUSTRIA DE LOS DETERGENTES EN MÉXICO ^{12;18;24;28;45;53}

Una gran parte de la producción pertenece a empresas extranjeras como Colgate-Palmolive y Procter & Gamble que ven a México como un lugar estratégico para establecer sus plantas de producción debido a las características del mercado, la saludable economía y la cercanía con los Estados Unidos.

Estas empresas se caracterizan por tener campañas de mercadotecnia muy agresivas, por lo que sus productos logran tener una penetración casi total en el mercado aunado a una gran inversión en investigación y desarrollo de nuevos productos.

Existen también empresas Mexicanas dedicadas a la fabricación masiva de estos productos. A diferencia de las empresas extranjeras estas se basan principalmente en ofrecer productos de calidad a precios económicos y con una imagen que resulta tradicional y familiar para los consumidores, por lo que no consideran necesaria la adquisición de espacios en medios de comunicación masivos.

La Fábrica de Jabón La Corona es la empresa nacional más grande y una de las más antiguas del país y además exporta sus productos desde 1986 a Norte América, Centroamérica, el Caribe y Sudamérica, donde ha tenido una excelente penetración y sus ventas han crecido exponencialmente durante los últimos años.

La CANAJAD, es la Cámara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas, Jabones y Detergentes y está integrada por la mayoría de los grandes productores presentes en México. Fue constituida en 1944 por una asamblea de los representantes de cincuenta y nueve empresas del ramo, tanto nacionales como extranjeras.

Los objetivos de la Cámara son fomentar el desarrollo y mejoramiento de la industria, promover la participación en la legislación, brindar asesoría, representar y defender los intereses de sus afiliados. Actualmente tiene veintisiete empresas afiliadas, incluyendo también empresas medianas, pequeñas y micro.

Las empresas del ramo fabrican ocho artículos de consumo básico: aceites y grasas comestibles, jabones, detergentes, suavizantes, limpiadores líquidos, pastas dentales y otros productos de higiene bucal.

En cada hogar mexicano hay al menos cinco de estos productos he ahí la importancia de esta industria así como su estabilidad y crecimiento. Siendo estos productos bienes con baja elasticidad en su demanda, los consumidores, continúan adquiriendo las mismas cantidades a pesar de las variaciones en la economía (sitio web de la Cámara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas, Jabones y Detergentes 2012, www.canajad.org.mx)

La inversión actual de esta industria en el país es de alrededor de 5 mil millones de dólares y existen grandes proyectos en marcha. Además genera más de 18 mil empleos directos y casi 130 mil indirectos.

El banco de información económica del INEGI, engloba la información acerca de esta industria en México. La siguiente gráfica muestra el valor de la producción anual de la industria de Jabones, Limpiadores y Dentífricos, las cantidades están expresadas en miles de pesos. Para el año 2011 el valor total de las ventas del rubro fue de \$52,313,268,000 pesos. (Banco de información económica del INEGI, 2013).

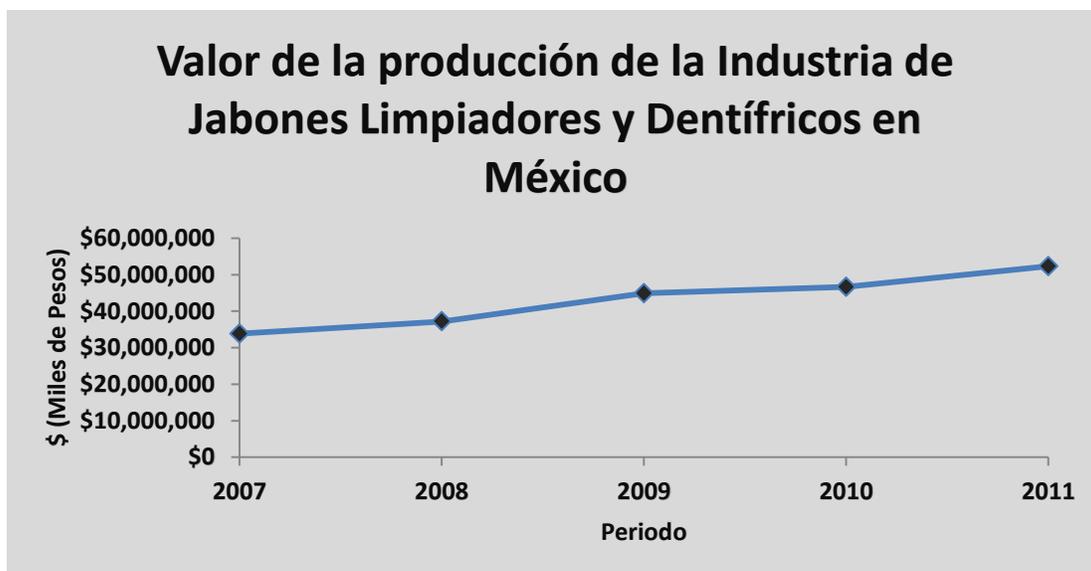


Figura 3.1 Valor de la producción de la industria de jabones limpiadores y dentífricos en México

Las siguientes tablas muestran la producción anual en litros, así como el valor de la producción anual de detergentes líquidos para uso doméstico. (INEGI 2013).

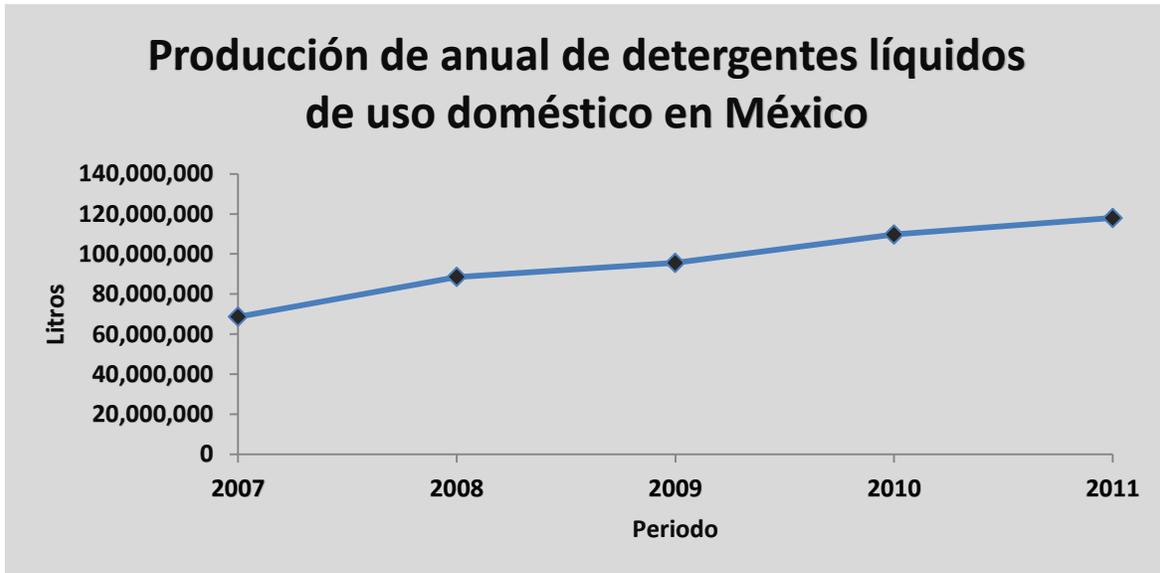


Figura 3.2 Producción anual de detergentes líquidos de uso doméstico en México

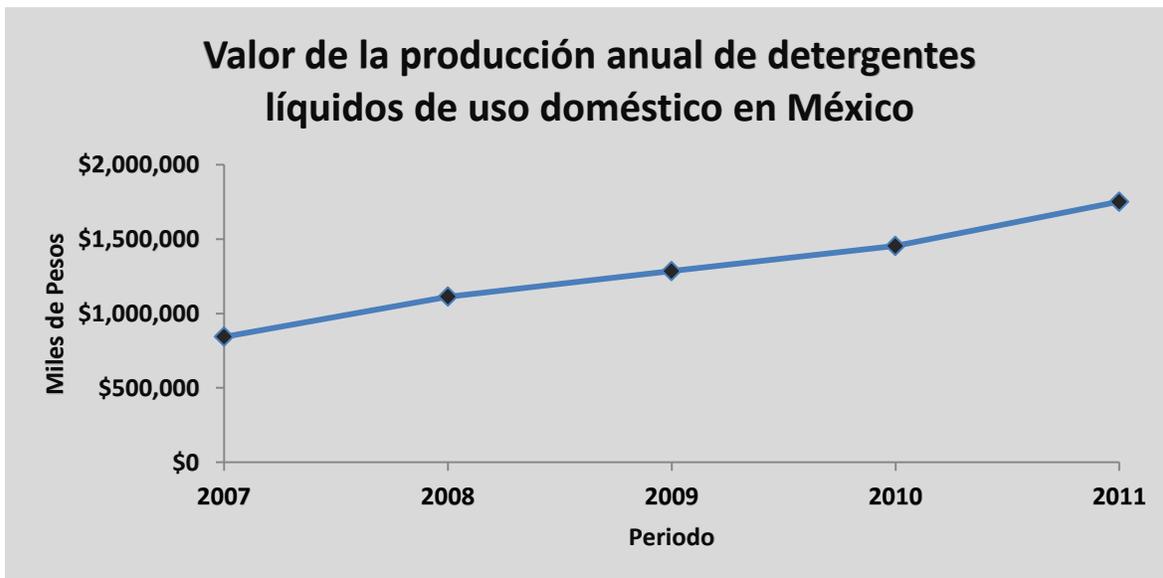


Figura 3.3 Valor de la producción anual de detergentes líquidos de uso doméstico en México

Se observa una tendencia al crecimiento en la producción de detergentes líquidos. Ésta se ha duplicado en tan solo cuatro años, creciendo a una tasa incluso mayor que la de la industria completa (Industria de Jabones, Detergentes y Dentífricos).

Esta tendencia continuará ya que México es un país en desarrollo y cada vez más gente tiene acceso a mejores productos debido al aumento en el poder adquisitivo.

El aumento de la población y fenómenos como el de la migración de un tipo de producto a otro, como en el caso de los detergentes para trastes, en donde el lavatrastes líquido, está desplazando al lavatrastes en polvo, también están contribuyendo a este fenómeno.

Lo anterior, es conveniente para las empresas ya que les es más rentable y sencillo, el fabricar detergentes líquidos.

Para el consumidor, es también más conveniente utilizar detergentes líquidos por ser más rendidores. A pesar de esto, en México, el mercado de detergentes en polvo es varias veces más grande al de detergentes líquidos.

3.2 TIPOS DE DETERGENTES EN EL HOGAR ^{15;24;54}

Los detergentes encontrados en el hogar, se pueden dividir en cinco grupos: polvos, detergentes líquidos, detergentes desinfectantes, detergentes en spray y detergentes desengrasantes. La siguiente tabla muestra la clasificación de algunos de los productos detergentes encontrados en el hogar de acuerdo a su uso:

Tabla 3.1 Clasificación de los detergentes encontrados comúnmente en el hogar

Categoría	Definición	Ejemplos
Multiusos	Limpiadores de superficies etiquetados como multiusos o claramente recomendados para el uso en una variedad de aplicaciones en casa.	Limpiadores multiusos en spray, limpiadores de pisos y paredes, limpiadores desinfectantes, desengrasantes y limpiadores concentrados.
Desinfectantes	Productos que prometen desinfectar superficies, no necesariamente limpiar.	Germicidas en líquido o spray concentrados.

Categoría	Definición	Ejemplos
Abrasivos	Limpiadores de superficies combinados con algún abrasivo.	Detergentes en polvo, detergentes en pasta o líquidos.
Limpiavidrios	Limpiadores específicos para vidrio.	Sprays, aerosol o líquidos.
De tapicería	Limpiadores específicamente diseñados para usarse en telas que no pueden ser desmontadas para lavarse en máquina o tintorería.	Líquidos, espumas, o polvos secos, incluyendo productos para usar por máquinas limpiadoras.
Quita manchas	Productos diseñados para remover manchas excluyendo blanqueadores.	Fluidos de limpieza, removedores de manchas enzimáticos.
Para taza de baño	Productos diseñados específicamente para limpiar las tazas de los baños y que no tienen otro propósito de uso.	Limpiadores ácidos base líquida o cristalina, limpiadores detergentes.
Aroma para taza baño	Productos que se colocan en el tanque del escusado y gotean o se disuelven, dando a la taza, una limpieza continua.	Pastillas, tabletas y envases con dosificación controlada.
Para Ropa	Productos que se usan en la lavadora de ropa.	Detergentes en polvo y líquidos
Lavatrastes	Productos diseñados específicamente para eliminar la grasa y olores de los trastes de cocina.	Detergentes en polvo, lava trastes líquidos, en pasta, en pastilla.
Para baño	Limpiadores diseñados para la limpieza de superficies en baños, etiquetados como limpiadores para baño, o que mencionan específicamente superficies en baños.	Limpiadores de tinajas y azulejos, removedores de moho, limpiadores de regadera y limpiadores desinfectantes para baño.

4 DESARROLLO DE PRODUCTOS ^{14;16;20;40;56;61;63;65}

En los negocios y en ingeniería, el desarrollo de nuevos productos, se refiere al proceso completo de colocar un nuevo producto en el mercado. Un producto es una serie de beneficios tangibles o intangibles ofrecidos al consumidor. Este proceso involucra un desarrollo científico o de ingeniería del producto y un aspecto mercadotécnico, así como la interacción con otras áreas.

El desarrollo de productos es parte fundamental de cualquier industria competitiva de bienes de consumo e involucra la creación de productos totalmente nuevos o la mejora de productos ya existentes.

Anualmente las grandes empresas invierten muchos millones en el desarrollo, mejora y reformulación de sus productos. En un mercado tan competitivo se debe buscar optimizar el desempeño de un producto, procurando reducir los costos al máximo.

La cuidadosa elección de los ingredientes que formarán parte de la formulación de un producto implica investigación exhaustiva en el laboratorio de desarrollo, análisis de costos, selección de proveedores existentes, pruebas de estabilidad del producto terminado, el cumplimiento de las legislaciones, etc.

Innovación es la palabra clave en el desarrollo de nuevos productos, esta toma sentido cuando se comprenden perfectamente las necesidades de los clientes y cómo se comportan ante los productos. La formulación de productos es una ciencia que hace posible lo nunca antes experimentado por el consumidor.

El desarrollo de productos tiene varias perspectivas: la del consumidor, la de la administración de la compañía, de mercadotecnia, etc. Estos aspectos contribuyen al estudio y desarrollo de los nuevos productos al confluir en ideas conjuntas y al definir las limitaciones.

4.1 CATEGORIAS DE DESARROLLO DE PRODUCTOS

Los productos de consumo se desarrollan para satisfacer las necesidades de distintos grupos de personas, ya sea por razones de salud, ambientales, culturales etc. o solo para crear una necesidad para un nuevo producto.

Un ejemplo muy evidente son las diferencias que tienen los productos detergentes en las distintas regiones del mundo. En los países subdesarrollados, se venden detergentes en polvo y pastas, a diferencia de los países desarrollados en donde la mayor parte de los detergentes, son líquidos, todo esto debido a razones económicas.

El desarrollo de productos trae muchos beneficios a las compañías, como el incremento de las ganancias y la atención del consumidor. En el mercado existen varios competidores que probablemente, ya tienen un producto parecido. Un producto, por lo tanto muy pocas veces es nuevo para el mercado, lo cual supone el reto (para la compañía desarrolladora), de crear algo superior, al menos en algún aspecto (precio, desempeño, apariencia) al de la competencia. Por lo tanto existen distintas categorías en el desarrollo de productos, las cuales se enlistan a continuación:

Productos innovadores

Como la palabra lo sugiere, estos productos nacen de nuevas ideas, haciendo cambios novedosos a productos existentes. Según Joseph Schumpeter, un gran economista del siglo XX, las innovaciones e invenciones son las claves del crecimiento económico y son los empresarios, los que aplican esos cambios de manera práctica.

Esos cambios son difíciles de clasificar, lo que es seguro casi siempre, es que a mayor grado de innovación en un producto, los gastos en varias áreas de la empresa, sobre todo mercadotecnia, se elevan considerablemente, ya que deben mostrar al consumidor la importancia de la innovación, para que este esté dispuesto a pagar por ella.

Por lo anterior, el desarrollo de productos innovadores, es más riesgoso y costoso que el de productos convencionales, lo cual implica:

- Gran inversión en investigación y desarrollo.
- Afectar en gran medida las capacidades de producción y las del departamento comercial.

Un ejemplo sería un nuevo limpiador con una tecnología que le permita liberar su fragancia en el ambiente controladamente durante un largo periodo, o uno que utilice un coctel de enzimas muy poderoso que sea capaz de facilitar el proceso de limpieza.

Los productos innovadores, a menudo son elegibles para ser protegidos por patentes o son mantenidos como secretos comerciales por las empresas.

Productos reformulados

Las empresas se encuentran continuamente reformulando sus productos, ya sea por razones de reducción de costos, mejora del producto, fallos, requisiciones regulatorias o para que estos se ajusten a nuevas tecnologías. A continuación se enlistan con más detalle algunas razones para que un producto sea reformulado:

- Mejoras de desempeño, apariencia, fragancia, color, igualar a productos de la competencia, usar ingredientes ecológicos, etc.
- Escases de materias primas, elevación de los precios de algún ingrediente debido a las fluctuaciones del mercado.
- Influencia de las agencias regulatorias sobre los ingredientes permitidos o los que se prohíban de acuerdo a los estudios de amenazas a la salud y al ambiente. Tal es el caso del tensoactivo conocido como nonilfenol etoxilado, ampliamente usado en el pasado por su gran desempeño como agente de limpieza y ahora prohibido en los países desarrollados.

- La influencia de las nuevas tecnologías permiten el desarrollo de procesos más convenientes que muchas veces requieren del desarrollo de productos que se ajusten a ellas.
- Quizá el factor más importante que influye para la reformulación de un producto, es el de reducción de costos, al ampliar el margen de ganancia de las empresas y aumentar la competitividad en el mercado. Por estas razones, la reformulación de un producto, nunca debe dejar a un lado el desempeño y apariencia del producto original, la cual debe permanecer igual o incluso mejorar a pesar de la reducción o eliminación del ingrediente no económico.

La reformulación de productos requiere de relativamente poca investigación y se busca que los cambios no influyan en el proceso de producción. Las características de esta actividad de desarrollo son:

- Actividades de investigación y desarrollo con carga moderada de acuerdo a la meta fijada.
- El impacto en el proceso de producción y las instalaciones es mínimo
- El impacto en el área comercial es mínimo.

Ampliación de una línea de productos

Esta categoría se refiere a la creación de variantes de una línea de productos. Por ejemplo el desarrollo de una familia de detergentes de la misma marca que incluya distintas aplicaciones, que deriven de un producto ya posicionado en el mercado, lo cual será garantía de confianza del consumidor.

La creación de una familia de productos puede ser muy conveniente. Una posibilidad en el mercado de los detergentes sería desarrollar un limpiador con distintas variantes

y aplicaciones. Las ventajas de esta categoría de desarrollo de productos son principalmente:

- Muy poca investigación, simplemente trabajo de implementación de una variante a otra.
- Ventajas de mercadotecnia, cuando ya se cuenta con un producto posicionado.
- No se requiere de cambios en el proceso de producción, ni en los equipos usados.
- Ventaja en compras; no se necesita de nuevas materias primas o son necesarias en cantidades relativamente pequeñas.
- No se requieren grandes cambios en los procesos de almacenamiento de producto y materias primas.

Reposicionamiento de productos

Algunas veces se encuentran nuevas aplicaciones para los productos, mismas que son descubiertas gracias a la retroalimentación de los consumidores. Estas aplicaciones suponen un nuevo nicho de mercado para el producto y quizá la compañía desee perfeccionar el producto para terminar de ajustarlo a este nuevo uso. Esto incluiría en la mayoría de los casos de un cambio de marca y de gran actividad por parte del departamento de mercadotecnia.

Un ejemplo sería un detergente lavatrastes que comienza a ser usado como desengrasante de pisos etc., dado su gran desempeño. Las ventajas que implica esta categoría se pueden resumir en:

- Investigación no necesaria, el producto ya fue desarrollado.
- La manufactura del producto continuará siendo de la misma manera.

Esta vez, la carga de trabajo, se encuentra en el departamento de mercadotecnia, este, debe desarrollar estrategias para explotar el nuevo mercado, lo cual influye directamente en el departamento de ventas, quienes deben aplicar tácticas distintas para reposicionar el producto en nuevos puntos de venta.

Cambio de la forma o presentación de un producto

En algunas ocasiones resulta necesario cambiar la presentación de un producto por diversas razones, por ejemplo de polvo a líquido, como ha sido el caso de los detergentes para ropa y de los lavatrastes. Esto suele tener gran impacto en los consumidores quienes se resistirán al cambio, más aún si la nueva presentación se vende más cara, aunque prometa un mejor desempeño.

Esta categoría de desarrollo de productos presenta retos importantes:

- Implican un gran trabajo de investigación y desarrollo dependiendo de la magnitud del cambio.
- Impacta en gran medida en el proceso de producción, se requiere de nuevos equipos y procesos.
- Replanteamiento de varias actividades en departamento comercial, básicamente el lidiar con el escepticismo de consumidores.

Productos creativos

Esta clasificación engloba a los productos que nacen de la mente de las personas involucradas en el desarrollo de productos, en el mercado no existe nada parecido y son, por lo general, los más riesgosos y a la vez lo que más ganancias dejan si logran posicionarse en el mercado.

Estos productos son acechados por la competencia, por lo que no dudarán en lanzar un producto parecido después de desarrollar la misma tecnología, a menos que el producto haya sido protegido por patentes.

Suelen ser mucho más complejos que los productos innovadores en su desarrollo y con un riesgo mayor, generalmente requieren:

- Investigación y desarrollo exhaustivos y por ende costosos.
- Proyectos de larga duración.
- Nuevos equipos y procesos de producción.
- Gran trabajo en el área comercial, pudiendo incluso suponer la creación de una nueva compañía.

Un ejemplo de estos productos, en el área de los detergentes, fue un limpiador que contiene la tecnología que permite eliminar la mugre sin la necesidad de usar agua Y puede enfocarse a distintas aplicaciones.

El riesgo de estos proyectos es alto, por lo que muchas veces, las compañías deciden posponerlos o abandonarlos aunque las proyecciones de ganancias sean bastante buenas.

4.2 RAZONES PARA DESARROLLAR NUEVOS PRODUCTOS

Aunque el desarrollo de productos puede tener muchas dificultades, como el costo de la investigación, o el nivel de riesgo de fracaso de los productos, las compañías invierten mucho tiempo, dinero y esfuerzo en estos proyectos, debido a que la recompensa de un producto exitoso es la creación de mucho valor para la compañía.

Los nuevos productos en las compañías de detergentes (y en todas las demás), no solo son redituables, también les ayudan a sobrevivir en la industria. La necesidad por nuevos productos está dada por varios factores:

- Ciclo del producto. Ya que todos los productos tienen un ciclo de vida, eventualmente deben ser reemplazados por productos nuevos o renovados por medio de campañas de comercialización agresivas.
- Nuevos productos ofrecen mejores oportunidades de crecimiento al satisfacer las metas de negocio a largo plazo.
- Pueden surgir nuevos mercados, en donde las compañías probablemente intentan entrar con sus productos.
- Los puntos de venta pueden cambiar, por ejemplo, el surgimiento del comercio electrónico requiere de nuevos productos más adecuados para responder a estos cambios.
- Las nuevas tecnologías y conocimientos hacen posible la creación de nuevos productos que antes eran imposibles desarrollar.

Hay distintos intereses que influyen para el desarrollo de nuevos productos:

- **Corporativos**

La administración de una compañía, bajo la dirección de los dueños o los accionistas, crea un plan de negocios corporativo que establece los objetivos financieros y de crecimiento específicos.

El crecimiento se puede lograr por medio de distintas acciones:

- Expandirse hacia nuevos mercados geográficos. Aunque puede ser riesgoso y caro si el territorio de expansión ya tiene un competidor bien posicionado.

- Alcanzar una mayor penetración en el mercado con una mayor posesión del mismo. Esto puede lograrse gastando grandes sumas en anuncios y promociones para intentar desplazar a los competidores.
- Desarrollar nuevos productos, ayuda a la apertura de nuevos mercados y de esta manera contribuye al crecimiento y rentabilidad de la compañía. Por supuesto, deben considerarse los costos de desarrollo y de mercadotecnia que conlleva este proceso.
- Absorber a los rivales o competidores y a las pequeñas compañías con productos similares o complementarios en regiones ampliamente separadas, puede ayudar a la compañía a expandirse en nuevos mercados usando como base el mercado de la compañía adquirida.

Estas acciones pueden requerirse para fortalecer la posición de rentabilidad de la compañía, aunque conllevan gastos y problemas. La administración debe buscar formas de alcanzar sus objetivos financieros, reduciendo los gastos, sobre todo en el desarrollo de productos.

- **Del punto de venta**

Los supermercados tradicionales, se están adaptando a nuevos conceptos dirigidos a distintos tipos de clientes. Estos están cambiando rápidamente y las empresas deben reaccionar satisfactoriamente con la creación de productos acordes al concepto de los puntos de venta.

- **Presiones tecnológicas**

Las nuevas tecnologías ayudan a desarrollar productos cada vez más útiles para el consumidor. Los consumidores se preocupan cada vez más por el ambiente y su salud. Se han desarrollado mejores técnicas de investigación de mercado para

entender al consumidor y sus necesidades para ser aplicadas en el desarrollo de nuevos productos.

- **Influencias gubernamentales**

Los gobiernos influyen enormemente en el desarrollo de productos. Esta influencia se da por medio de legislación en materia de protección al consumidor, salud, protección ambiental, farmacéutica, alimentaria, etc.

Las compañías deben desarrollar productos que cumplan con las características designadas por el gobierno para evitar sanciones. La legislación y regulaciones pueden variar de país a país. La industria de los detergentes, se enfrenta a muchos obstáculos en cuanto a regulación, los países subdesarrollados suelen ser más permisivos debido a que carecen de la infraestructura adecuada para realizar estudios extensivos (y a que la regulación en materia ambiental no está muy desarrollada).

Europa es el continente donde se observan las restricciones y regulaciones más estrictas en materia de detergentes. Las diferencias en regulación, hacen que las compañías que desarrollan productos globales, tengan que crear variantes del producto que cumplan con distintos estándares, lo cual puede suponer desde poco trabajo de investigación y reformulación, hasta la creación de un producto totalmente distinto.

Existen además, otros cuerpos regulatorios que no dependen de los gobiernos, sin embargo establecen estándares que permiten a las compañías aumentar la confianza de sus consumidores al fabricar sus productos bajo sus lineamientos.

- **Propiedad intelectual**

Este es un tipo de influencia positiva, ya que se incentiva a las compañías a desarrollar productos innovadores a cambio de una patente como protección.

- **Política fiscal y monetaria**
Tiene gran influencia sobre las decisiones financieras de las compañías.
- **Barreras comerciales**
Las tarifas y el proteccionismo de cada país influyen sobre los costos de las materias primas y su disponibilidad.
- **Protección ambiental**
Una de las principales presiones por parte del gobierno, sobre todo en los países desarrollados.
- **Publicidad y prácticas comerciales**
Las restricciones en anuncios, promociones, empaques etc.
- **Legislación laboral**
Salarios, seguridad en el sitio de trabajo, beneficios etc.
- **Salud**
Etiquetado y toxicidad de los ingredientes.
- **Protección al consumidor**
Todo lo que concierne a la calidad, seguridad, comercialización e inspección de los productos.

4.3 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO ^{27;31}

El ciclo de vida de un producto hace referencia a las distintas etapas que este atraviesa en un determinado mercado, desde el momento en que es introducido, hasta que sale (en algunos casos).

Todos los productos, o líneas de productos tienen un ciclo de vida. La siguiente figura esquematiza la manera en la que varía la aceptación del mercado hacia el producto con respecto al tiempo:

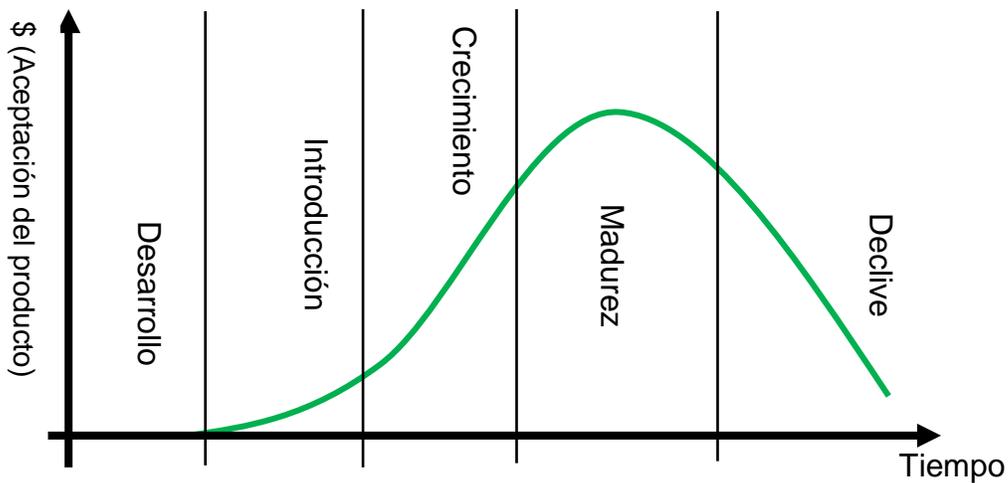


Figura 4.1 Esquemización del ciclo de vida de un producto

Se pueden distinguir cinco distintas fases en el ciclo de vida:

- **El periodo de desarrollo**, es importante cuando se consideran las ganancias e inversión en el proyecto, el producto todavía no entra al mercado, pero hay importantes gastos en la preparación del proyecto.
- **El periodo introductorio**, es de gran importancia ya que el nuevo producto entra al mercado y debe ser apoyado por una buena campaña de comercialización. Las ganancias en ésta etapa son bajas pues los consumidores se están familiarizando con el producto.

- Luego, si el producto es aceptado por el consumidor, viene un periodo de **gran crecimiento**. Los primeros compradores vuelven a adquirirlo y se atraen a muchos nuevos.
- El crecimiento de las ventas continúa siempre que existan nuevos mercados para incursionar, cuando se ha invertido mucho en promoción y se han cubierto todos los mercados posibles se llega lentamente al punto máximo de aceptación, este es el **periodo de madurez** del producto, donde las ventas permanecen constantes.
- Debido a varios factores, como la aparición de nuevos productos o cambios en los hábitos de los consumidores, las ventas comienzan a bajar lentamente hasta que se llega a un punto de decrecimiento acelerado. Esta es la fase del **declive** del producto. Finalmente, llega el punto donde el mantenimiento del producto es una carga para la compañía y esta decide dejar de fabricarlo o venderlo en determinado mercado.

Las compañías inteligentes, evitan depender únicamente del éxito de los mismos productos o gama de productos por mucho tiempo. Por esta razón, deben existir en desarrollo, nuevos productos para que eventualmente reemplacen a los que comienzan a decaer, de esta manera asegurando la continuación del flujo de ganancias.

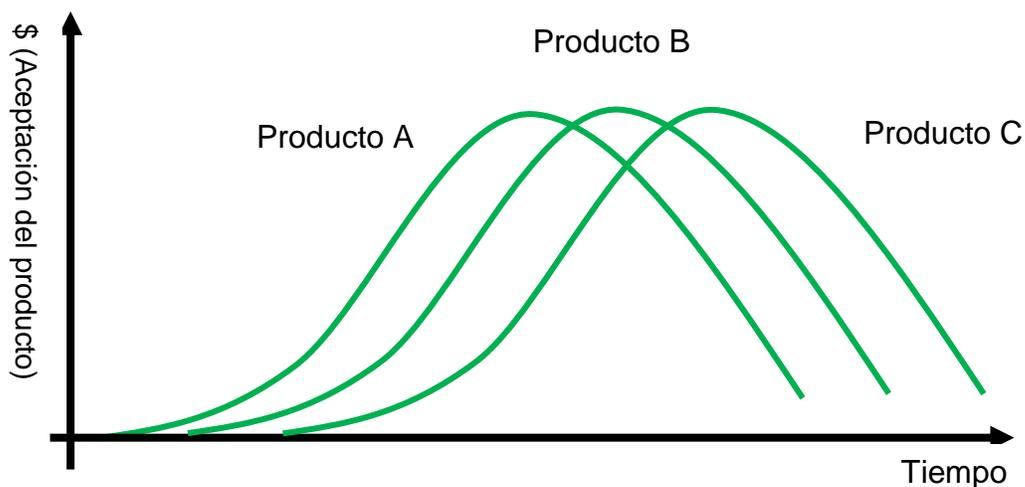


Figura 4.2 Mantenimiento de las ganancias por medio productos en distintas etapas

Los nuevos productos, además de las mejoras e innovación a los productos ya existentes, permiten a la compañía mantener su auge, y al ser aditivos sus efectos, a mayor cantidad de productos, las ganancias se incrementan más y más, es decir se mantiene un ritmo de crecimiento saludable. Por supuesto el tener varios productos en desarrollo y en el mercado implica muchos gastos de investigación y de mercadotecnia.

La compañía debe mantener la mayor cantidad posible de productos en sus distintas fases de desarrollo para mantener su rentabilidad, al contar con un portafolio amplio, esto debe ser complementado con nuevas ideas y descubrimientos de la investigación de mercados.

Se sugiere que por cada producto en un mercado nacional, dos deben estar en pruebas de mercado. Por cada dos productos en pruebas de mercado, cuatro productos deben estar en las últimas etapas de pruebas de consumidores. Las ganancias acumulativas de esta estructura, prometen dar un buen retorno de la inversión si los productos son exitosos.

Con todo lo anterior, queda demostrada la importancia vital del área de desarrollo de productos para las empresas de productos de consumo masivo.

4.4 FASES DEL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

El desarrollo de un producto pasa por varias etapas. El siguiente diagrama simplifica un proceso típico:

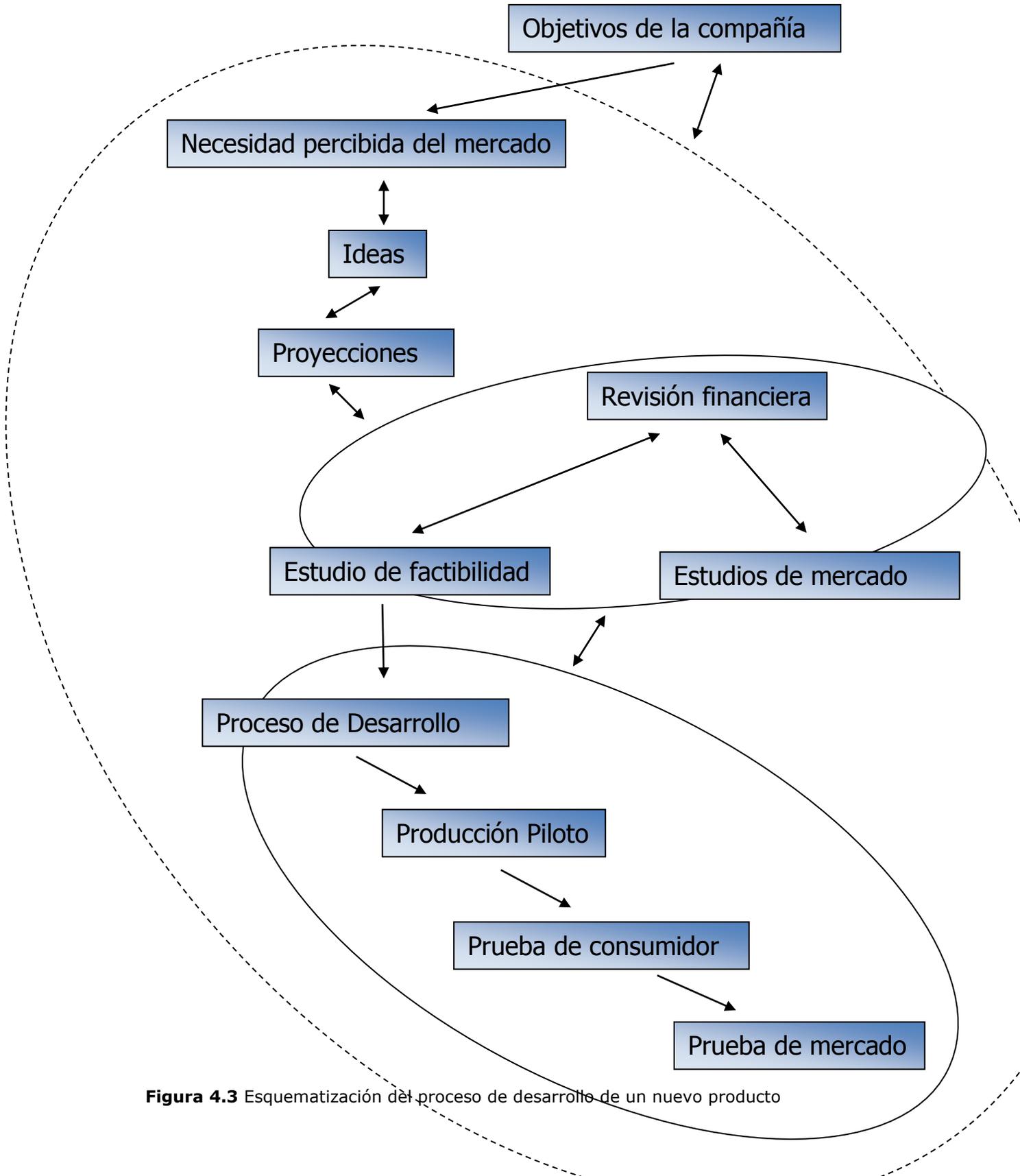


Figura 4.3 Esquemización del proceso de desarrollo de un nuevo producto

Se pueden diferenciar cuatro grandes etapas en el desarrollo de nuevos productos:

- Desarrollo de la estrategia de negocios para describir al proyecto
- La etapa de investigación y desarrollo del producto incluyendo la etapa de escalamiento.
- Desarrollo de los programas de mercadotecnia, producción y aseguramiento de la calidad.
- Organización de la producción y distribución para el lanzamiento y el análisis de las ventas iniciales.

Muchos de los productos pasan por la misma etapa más de una vez y pueden también encontrarse en dos o más etapas al mismo tiempo. Esto puede significar el retroceder en el desarrollo de un producto casi a las etapas iniciales tras un replanteamiento o la aparición de nueva información que cambie el rumbo del proyecto.

El primer paso en el desarrollo de productos, es recordar y establecer los objetivos de la compañía así como identificar al consumidor y sus necesidades. Los objetivos de la compañía deben ser conocidos por todos los empleados para alinear los procesos haciéndoles saber lo que se está planeando y el por qué. Es en este punto donde se definen las metas de los gerentes y ellos plantean el enfoque que deberán tomar para cumplirlas, a continuación, comienzan las etapas del proceso de desarrollo del nuevo producto.

Por lo general, el departamento de mercadotecnia tiene gran influencia en definir qué nuevos productos ayudarían a cumplir mejor los objetivos de la compañía. Por esta razón se deben llevar a cabo estudios de mercado para conocer las necesidades de los consumidores. El estudio de mercado es una gran herramienta para minimizar los riesgos que implicaría el desarrollar un producto “a ciegas”.

La idea de un nuevo producto debe ser viable de acuerdo con el marco temporal requerido por el departamento de mercadotecnia y el establecido por los gerentes. También lo debe ser de acuerdo al nivel de habilidad de los demás departamentos involucrados: producción, ingeniería, investigación y desarrollo, etc. Además, el plan de negocios para el nuevo producto debe incluir un análisis financiero estricto y además cumplir con los objetivos establecidos.

Una vez cumplidos los aspectos anteriores, la capacidad técnica del departamento de investigación y desarrollo debe crear prototipos que se parezcan tanto como sea posible o incluso superen el objetivo planteado. Los primeros resultados de este departamento ayudan a tomar mejores decisiones (sobre todo en materia de costos) y también son de suma importancia para la creación de estándares de materias primas, empaque, etc. y requerimientos de proceso y equipos.

En paralelo al proceso de desarrollo de un producto, se llevan a cabo varias acciones a partir de los resultados obtenidos. Con mayor información acerca del costo de los ingredientes, el proceso y la comercialización de un producto, se puede refinar el plan de negocios con un nuevo análisis financiero.

Una vez que se tiene un prototipo aceptable del nuevo producto, comienza el análisis de los proveedores de materia prima por parte del departamento de compras. El departamento de mercadotecnia se encarga del desarrollo del empaque, propuestas de etiquetado, análisis de consumidor, planeación de la estrategia de mercado y la creación de material promocional.

Cuando se obtiene información confiable de la materia prima, el departamento de ingeniería y producción se encarga de diseñar los procesos para el nuevo producto, transfiriendo la tecnología desde el laboratorio hasta dimensiones industriales, es decir, el escalamiento.

Con un mayor flujo de información arrojado por el departamento de desarrollo, se deben tomar decisiones que pueden cambiar el rumbo de lo que se planeó inicialmente.

Una vez que se tiene un prototipo y se han fabricado muestras en planta piloto, se llevan a cabo pruebas de consumidor o evaluación sensorial. Los gerentes pueden decidir si llevar a cabo la prueba de manufactura experimental (fabricar el producto a escala real) una vez que el proceso de transferencia de tecnología ha avanzado en materia de escalamiento.

Finalmente se lleva cabo una prueba de mercado, un proceso de alto costo. Las pruebas de mercado pueden realizarse en una o más localidades o en una región directamente.

El análisis de la prueba de mercado es el momento crucial, si el producto tiene éxito, está casi listo para ser lanzado y se deben determinar las razones de su éxito. Si el nuevo producto no es bien recibido por el consumidor, se debe determinar la razón y las debilidades del mismo para corregir el problema y evitar perder el tiempo y dinero invertidos.

Entre más experiencias de productos desarrollados tenga una compañía, aumentará su conocimiento sobre los puntos fuertes que logran que un producto sea exitoso evitando fracasos futuros.

Dado todo lo anterior, se observa que el desarrollo del producto se lleva a cabo básicamente en tres niveles, el primero es el de mercadotecnia, el segundo es el departamento de desarrollo y el tercero es el de ingeniería y producción. Todos estos niveles están en constante comunicación y las decisiones tomadas en cada uno influyen sobre los demás.

El trabajo conjunto ayuda a las empresas a crear productos adecuados a precios adecuados para los consumidores, poniéndolos en el mercado con el menor riesgo de fracaso o incertidumbre. Algo muy importante es que un producto debe entregar lo que promete al consumidor.

4.5 FUENTES DE IDEAS PARA EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO

La fuente más importante para obtener ideas sobre un nuevo producto es el estudio de mercado. Por medio de este, se conocen los hábitos y necesidades del consumidor y se determina que características deberá tener un producto para satisfacer dichas necesidades.

Existen varios recursos con los cuales se puede obtener información para la conceptualización de un nuevo producto.

Diariamente, se están creando miles de artículos y textos científicos de los cuales es posible obtener información que puede llevar a la creación de un producto superior e incluso un producto totalmente innovador que resuelva un problema del consumidor.

Además de los textos científicos, los simposios, las exposiciones, las conferencias, las demostraciones, etc. son de gran ayuda al mantener al personal actualizado a cerca de las nuevas tendencias mundiales de su cartera de productos.

Otra fuente, son los competidores, cuando un producto sale al mercado, pasa muy poco tiempo antes de que surjan productos equivalentes. Bajo el axioma de la mercadotecnia, una compañía sabia, sabe lo que están haciendo sus competidores.

Las nuevas tecnologías son también fuentes importantes ya que permiten idear productos innovadores que no eran viables en el pasado.

El problema con respecto a las ideas de un nuevo producto, es que estas deben encajar en algunos criterios como el de satisfacer las necesidades del consumidor, así como atraer más consumidores.

Otro criterio es que dicho producto debe ser viable de acuerdo a las capacidades técnicas y económicas de la empresa. La compañía enfrenta el dilema de tratar de balancear las ideas que provienen de la investigación de mercado a cerca de las preferencias de consumo con sus propias capacidades. Como se mencionó anteriormente, el aspecto regulatorio es de suma importancia ya que influye en gran medida el desarrollo de un producto.

Los puntos de venta, resultan perfectos para averiguar lo que satisface las necesidades percibidas de los consumidores. Dependiendo el lugar se pueden encontrar mercados muy diversos con distintos segmentos de consumidores.

Los investigadores de mercado deben decidir el cómo será enfocado el nuevo producto. Ni los compradores ni los consumidores conocen las necesidades percibidas. Los compradores deben sentir una necesidad de adquirir el producto cuando este se les presenta y es el mercadeo el encargado de ayudarlos a descubrir esa necesidad por nosotros mismos.

Las investigaciones de mercado arrojan datos como los hábitos de consumo y las necesidades y deseos así como otros rasgos característicos de los consumidores que ayudan a los desarrolladores a definir las características de los productos para objetivos particulares.

El análisis de los datos demográficos es una de las maneras más sencillas de comenzar a discernir entre los distintos tipos de consumidores y mercados. Los datos que se pueden obtener son entre otros: edad de la población, distribución del ingreso, religión, población por sexo, número de unidades familiares y ciudadanos extranjeros. Otras publicaciones del gobierno pueden ayudar a visualizar nuevos productos, incluso las referentes a regulación.

El análisis de las ventas de los minoristas y mayoristas como los supermercados, es de gran ayuda para la obtención de buenas ideas. Los vendedores tienen información sobre los artículos que mejor se venden, los que se quedan en el anaquel, cuando se compran, donde se compran y por ende cuales les dejan mayores ganancias, además a partir de esa información se puede identificar los productos que aún no están disponibles en ese mercado.

Muchas veces las ideas vienen de dentro de la compañía, además de las que aporta el departamento de investigación y desarrollo a partir de resultados científicos. Por ejemplo, el departamento de ventas, está en contacto directo con los compradores y los puntos de venta, por lo que es uno de los más indicados para contribuir con grandes

ideas, ellos saben lo que se vende y conocen los puntos débiles de los productos antes que todos en la compañía.

Los consumidores pueden llegar a ser participantes directos en el proceso de desarrollo y de aportación de ideas, esto sucede cuando se comunican a las líneas de atención al cliente para expresar sus dudas o quejas sobre determinado producto. Dichas peticiones deben ser analizadas cuidadosamente por la empresa y resueltas para lograr la satisfacción del cliente al cien por ciento y encontrar las fallas o soluciones para el problema con el producto.

Otra manera en la que los consumidores se ven directamente envueltos en el proceso de desarrollo, es por medio de los paneles de evaluación, donde un pequeño grupo participa utilizando los productos y dando sus opiniones acerca de atributos determinados. También se pueden hacer encuestas, preguntas y demás a los consumidores con la esperanza de que aporten datos que permitan identificar tendencias sobre sus preferencias, esta información debe ser procesada con sumo cuidado para determinar posibles sesgos.

Los datos históricos obtenidos a lo largo de la existencia de la empresa así como la experiencia de los empleados, construyen un know-how que es capaz de ayudar a resolver problemas o incluso dar ideas o soluciones a las proyecciones de nuevos productos.

Como se mencionó antes, un factor externo para la obtención de ideas son los competidores, la compañía debe estar al tanto de los nuevos productos introducidos por ellos y actuar rápidamente para crear productos que contrarresten la ventaja que pudieran llegar a cobrar.

La práctica conocida en inglés como “benchmarking” o punto de referencia, se refiere a la comparación de los productos equivalentes de la competencia para determinar las diferencias en cuanto a desempeño, composición, ingredientes, costos, apariencia, aceptación por parte de los consumidores, etc. Todo esto sirve para mejorar los propios productos, atacando los puntos débiles e incluso tomando los puntos fuertes de los productos competidores para combinarlos en un producto superior.

4.6 EL ROL DE LA ORGANIZACIÓN EN EL DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO

La organización de una empresa es un factor muy importante para llevar a cabo un proceso de desarrollo eficiente coordinando a un equipo capaz de cumplir los objetivos planteados en el tiempo establecido.

Las grandes empresas, tienen un sistema jerárquico, dividiendo sus grupos de desarrollo en unidades de negocio, producto o marca lideradas por un gerente. Aunque los niveles están bien definidos, la voz de todos debe ser escuchada y por eso la empresa trata de hacer parecer a la estructura, democrática y orientada al trabajo en equipo.

Dado que el desarrollo de un producto es un proyecto que involucra a varias áreas y niveles, debe existir un canal de comunicación muy efectivo dentro de un ambiente que promueva la creatividad, la innovación y el perfeccionamiento de los procesos.

Un gerente de área técnica solo tiene dos recursos de los cuales echar mano para lograr los objetivos establecidos: sus empleados (y sus habilidades) y los recursos materiales (con que cuente el laboratorio, por ejemplo); usando técnicas formales o incluso informales de administración, ya que muchas veces se debe ir más allá de la formalidad para lograr resultados que excedan las expectativas de la empresa.

Visto desde el punto de vista colectivo, a una empresa le conviene tener un equipo en desarrollo de productos orientado al trabajo en equipo integrado de gente con talentos y habilidades diversos, motivado al logro de los objetivos planteados

Una dificultad muy común en las empresas se da entre el área técnica y científica con el área de mercadotecnia, específicamente, entre la gerencia técnica y la de mercadotecnia; aunque ambas partes trabajan por un objetivo común, las formaciones de los dos equipos son totalmente distintas. Dado lo anterior ambas deben entrar en la misma sintonía para lograr una comunicación interdisciplinaria eficaz, esto sucede cuando el área técnica posee personal con una amplia formación técnica, científica y

comercial, ya que es poco probable que alguien del equipo de mercadotecnia cuente con los conocimientos técnicos adecuados debido a su orientación.

El problema entre los miembros del equipo de mercadotecnia y los de desarrollo, es un enfrentamiento entre el optimismo y el realismo, respectivamente, donde los primeros esperan resultados rápidos y los segundos trabajan bajo metodologías que requieren periodos específicos.

El personal de mercadotecnia percibe al mercado como altamente volátil y por ende, requiere resultados rápidos. Por esta razón, el departamento de mercadotecnia, puede llegar a percibir al de desarrollo como inflexible y lento con respecto a los cambios en el mercado. Como el departamento de desarrollo está basado más en la ciencia que en el mercado, también es escéptico sobre los logros de mercadotecnia.

La organización de la empresa, debe ser capaz de satisfacer las necesidades personales de reconocimiento de los científicos y promover la creatividad que significa pensar fuera de lo convencional.

Los gerentes de desarrollo de productos, deben ser capaces de dividir el trabajo de manera efectiva procurando mantener un ambiente de trabajo en equipo, complementando los recursos materiales como los equipos o plantas piloto con personal capaz, ya que es la gente, el recurso más prometedor en el desarrollo de ideas. Demasiada presión sobre el personal puede resultar en fracaso al detener el proceso creativo.

Una organización eficiente no necesariamente implica un trabajo eficaz, esta es tarea del gerente, ya que este tiene la capacidad de administrar la creatividad de la gente, mientras que la organización es simplemente un conjunto de sistemas planificados de actividades definidas y estandarizadas. La organización sin embargo, debe garantizar que al surgimiento de un problema, el orden pueda ser restablecido en seguida.

Como el departamento de desarrollo de productos involucra la creatividad e innovación, actividades que son por naturaleza de carácter incontrolable e impredecible hasta cierto punto, muchas veces su personal debe tomar grandes riesgos. La innovación sin

control puede llevar al caos por lo que debe existir un balance entre la coordinación la planeación y la creatividad. Por el otro lado, demasiadas restricciones pueden no llevar a ningún lado.

Las buenas ideas vienen después de un arduo trabajo de investigación, experimentación, estudio y dedicación, por esta razón se deben evitar comentarios y actitudes negativas hacia las ideas generadas y tratar de evaluarlas y proyectarlas, de ser posible, para futuros desarrollos o descartarlas bajo argumentos válidos y documentados.

La buena comunicación entre el personal de distintas áreas es de gran ayuda para la solución de problemas y generación de ideas. Es común ver que en una compañía, se traslada gente de distintos departamentos como producción o ingeniería, al de desarrollo. Esto ayuda a formar personal multidisciplinario que también aumenta la comunicación entre los distintos departamentos y conoce los retos y limitaciones de ambas áreas.

En el laboratorio de desarrollo de productos, se lleva a cabo investigación aplicada, orientada a metas específicas y por lo tanto, debería tomar poco tiempo en comparación con la investigación básica, que es más bien en la que se basa el científico formulador para crear productos innovadores, ya sea por medio de la consulta de textos científicos o por la contratación de servicios de universidades e instituciones de ciencia básica. Algunas veces, se puede llegar a hacer investigación básica dentro de la compañía, lo cual es muy bueno porque si llegara a tener aplicación, puede ser objeto de patente o secreto industrial.

En resumen, los recursos en los que se puede apoyar el equipo de desarrollo de productos son: gerenciales, como facilitadores; ingenieriles, para determinar la viabilidad de procesos y todo lo concerniente a estos; financieros, gastos y presupuestos; legales, legislación, propiedad intelectual y contratos externos; científicas, formuladores; mercadotecnia y ventas, información acerca del consumidor: compras, información sobre precios de materias primas y proveedores; logística; control de calidad, buenas prácticas de manufactura, metodologías etc.

El desarrollo de un producto, es un sistema complejo de varios pasos para realizar proyecciones de las ideas que se pueden aplicar o descartar con la ayuda de distintos criterios.

La proyección o screening es una actividad en la que deben estar involucrados todos los miembros del equipo de desarrollo, haciendo uso de sus habilidades y capacidades específicas.

Algunas veces surgen problemas al tratar de definir como y quien debe aplicar los criterios, lo cual puede afectar el desempeño del equipo. Los gerentes deben controlar la dinámica de grupo aplicando criterios sin prejuicios personales.

La aplicación de los criterios involucra la evaluación subjetiva de las ideas (lógicas) recabadas, sin importar que tan objetiva sea la persona que las sugiere.

Las ideas deben satisfacer las metas fijadas por la alta dirección, deben llevar a crear productos rentables al satisfacer las necesidades y deseos de los consumidores. A su vez deben cumplir con las restricciones financieras establecidas. Y lo más importante: deben estar dentro de las habilidades y capacidades de la compañía.

La necesidad de las proyecciones es para aumentar las probabilidades de éxito del nuevo producto en desarrollo. Estas no eliminan ideas si no las hacen a un lado si resultan no ser aplicables al presente desarrollo. La guía de la alta gerencia ayudará en las proyecciones siguientes, para asegurarse de que se está llegando al objetivo establecido.

Se deben tomar en cuenta los aspectos estratégicos, financieros y de planeación táctica de la compañía. Debe existir un líder capaz de decidir bajo el consejo colectivo del equipo si una idea procede a ser explorada y aplicada o si se descarta. Las proyecciones continúan durante todo el proceso de desarrollo de un producto.

Como se ha visto en las secciones anteriores, el aspecto corporativo, tiene el mayor de los pesos en los factores que influyen en el proceso de desarrollo de productos. Esto debido a que existen presupuestos y plazos que se deben cumplir de acuerdo a los objetivos de la compañía.

El riesgo es un factor importante, el capital para llevar a cabo una investigación y desarrollo es alto y si no puede asegurarse el éxito del producto, probablemente se dejará a un lado.

Por el lado de la investigación, se puede resaltar que muchas compañías de ella dependen y usualmente toma mucho tiempo el llevar un descubrimiento hasta su aplicación para finalmente traducirse en un producto terminado.

Los problemas de comunicación entre los distintos departamentos, o entre el mismo equipo pueden tener consecuencias catastróficas y se dan principalmente por conflictos de personalidad. Sin embargo si se comunican los conocimientos técnicos de manera efectiva, pueden surgir muy buenas ideas por parte de otras áreas.

Muchas veces surgen problemas que se podrían solucionar de manera muy eficiente por medio de la comunicación lateral, sin embargo factores como la existencia de distintos sitios de investigación o producción, puede segregar al personal y por ende los conocimientos.

La transferencia de tecnología desde laboratorio hasta producción requiere de una sintonía perfecta entre distintas habilidades administrativas y de ingeniería y es un paso decisivo en el desarrollo de productos.

Cuando hay fallos en el proceso de desarrollo, el personal involucrado puede resultar afectado en varios aspectos, lo cual puede disminuir su creatividad. Cuando un producto fracasa, por lo general, las áreas que resultan más afectadas, son la de mercadotecnia y la de desarrollo.

Los errores en los productos, deben analizarse exhaustivamente y tomarse como aprendizajes de las debilidades que deben ser atacadas. Cuando un producto es exitoso, debe llevarse a cabo el mismo análisis, donde se descubrirán varias fortalezas que serán de gran importancia en los desarrollos futuros.

Desde el punto de vista gerencial, es su obligación el lograr unificar a todas las áreas involucradas en un equipo con excelente comunicación y esclarecer todas las disparidades así como recompensar la creatividad del personal.

4.7 DESARROLLO DE PRODUCTOS A NIVEL GLOBAL

La manera en que los consumidores perciben a un producto es muy variada en las distintas regiones del mundo debido a una gran cantidad de factores, por esta razón es difícil crear un producto internacional como pocas marcas lo han logrado. Las empresas de la industria de los detergentes al igual que de muchas otras, prefieren tener productos regionales.

Las necesidades, posibilidades y preferencias de los clientes son muy contrastantes. Mientras que en Europa existen detergentes amigables con el medio ambiente para distintas aplicaciones, en regiones pobres como la India, la gente usa jabón de baja calidad para cualquier tarea de limpieza.

La manera en que los consumidores aplican el producto es un factor más a tomar en cuenta, se debe tener especial cuidado en este aspecto para crear métodos de evaluación que permitan determinar la efectividad de los productos bajo esas circunstancias, así como desarrollar productos que se ajusten a dichas prácticas.

El costo de una formulación puede variar de región a región, a tal grado que aunque en una zona sea muy rentable, en otra no lo es debido a la disponibilidad de materias primas y a los precios. Un ejemplo puede ser el alcohol, siendo muy barato en países cálidos ya que proviene de la caña de azúcar, en países de climas fríos llega a multiplicar su precio ya que en esas regiones proviene principalmente del etileno.

La regulación en cuanto a ingredientes es muy variada y provoca dolores de cabeza cuando se trata de trasladar un producto de una región a otra. Es común ver como ingredientes que son claves para el desempeño o la estabilidad de la formulación están prohibidos en otros países, provocando una reformulación total al producto.

Por último, las restricciones a las importaciones o exportaciones son factores a tomarse en cuenta antes de iniciar cualquier tipo de proyecto.

Es por estas, entre otras razones, que las grandes empresas deben contar con una red global de personal encargado de determinar las necesidades específicas de cada

región, así como trabajar muy de cerca con las demás regiones para minimizar el impacto de estas diferencias lo más posible.

5 FISICOQUÍMICA DE SUPERFICIES ^{1;41;}

El desarrollo de un producto detergente, descansa sobre los principios de la fisicoquímica de superficies, es por esta razón, que los formuladores de detergentes, deben conocer a fondo esta ciencia para poder explotar al máximo las posibilidades que los ingredientes disponibles ofrecen.

5.1 TENSIÓN SUPERFICIAL

Una interfase, de acuerdo a la definición de la IUPAC, es la región del espacio heterogéneo entre dos fases en contacto y donde las propiedades son significativamente distintas pero relacionadas a las de ambas fases. Ejemplos de dichas propiedades son la composición, la densidad molecular, la orientación o conformación, la densidad de carga, el tensor presión, la densidad electrónica, etc.

La superficie de un líquido es un ejemplo de una interfase líquido gas y la frontera entre un aceite y el agua es un ejemplo de una interfase de dos líquidos inmiscibles, estos dos tipos de interfases juegan un papel fundamental para entender la acción de los detergentes.

Las interfases entre sólidos y líquidos o entre dos líquidos, no necesariamente poseen una energía interfacial positiva, el signo depende de la magnitud de las fuerzas de cohesión, las cuales mantienen juntas a las moléculas, comparadas con la magnitud de las fuerzas de adhesión entre las moléculas opuestas de ambos materiales en la interfase.

Las fuerzas de cohesión, se deben a las características químicas de las sustancias que mantienen a las moléculas juntas, en el caso de los líquidos polares como el agua, se tienen atracciones dipolo-dipolo (de carácter electrostático). Los líquidos no polares como el aceite, poseen moléculas que se mantienen unidas gracias a fuerzas (intermoleculares) de menor intensidad conocidas como interacciones de Van der Waals o fuerzas de dispersión.

Se puede considerar que en el seno de un líquido, una molécula experimenta una fuerza neta de magnitud cero debido a que se encuentra dentro de un campo de fuerza uniforme. Por el otro lado, las moléculas que se encuentran en la superficie o muy cerca de ella, experimentan una fuerza neta de atracción hacia el seno del líquido, esto causa que la interfase tienda a contraerse dando lugar a la tensión superficial. En realidad, las moléculas de la interfase, llegan y se van de ella en un proceso más bien dinámico.

Dado lo anterior se puede definir la tensión interfacial como una fuerza tangencial que actúa sobre todos los puntos de la interfase. La manera de definir termodinámicamente a la tensión interfacial y a la energía libre interfacial es como el trabajo necesario para incrementar el área de una interfase reversiblemente e isotérmicamente una unidad.

Un pequeño incremento dA en el área de una interfase con una tensión interfacial σ , requiere una cantidad de trabajo igual a la energía interfacial contenida en la pieza extra de interfase,

$$dW = \sigma dA \quad (5.1)$$

La tensión interfacial se expresa en $N/m = J/m^2$, dina/cm, erg/cm². No hay un acuerdo universal en cuanto al símbolo a usarse para representar la tensión interfacial la cual se expresa a menudo con los símbolos: α , σ , γ , S y T .

El agua pura tiene una tensión interfacial de aproximadamente 72 mN/m a temperatura ambiente contra el aire. La mayoría de los líquidos cotidianos tienen tensiones interfaciales con el aire en el intervalo de 10 a los 80 mN/m siendo los líquidos orgánicos los que tienen tensiones bajas debido a las interacciones moleculares tan débiles que poseen.

5.2 ACTIVIDAD SUPERFICIAL

5.2.1 SUSTANCIAS CON ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Generalmente la adición de un soluto a una sustancia pura, modificará la tensión interfacial de esta última, ya sea elevándola o disminuyéndola. Las sustancias que tienen la capacidad de modificar la tensión interfacial de un líquido puro se conocen como sustancias con actividad superficial. Las sales inorgánicas solubles y algunas sustancias orgánicas como los alcoholes y los tensoactivos logran modificar la tensión superficial del agua.

En el caso de mezclas de líquidos (si es que son miscibles), la tensión interfacial resultante se encontrará en un punto medio entre los valores de tensión para los líquidos puros dependiendo de las fracciones de cada líquido en la mezcla. Se puede considerar para una mezcla binaria homogénea:

$$\sigma_m = \sigma_1 x + \sigma_2 (1-x) \quad (5.2)$$

Donde x se refiere a la fracción mol del componente 1 en la mezcla, σ_m , a la tensión superficial de la mezcla, σ_1 y σ_2 a las tensiones superficiales de los componentes puros. Por supuesto se encontrarán desviaciones a la linealidad.

Cuando se trata de una mezcla entre un líquido y un soluto, por ejemplo agua y alguna sal, no existe exactamente una relación matemática entre la composición y la variación de la tensión. La variación de la tensión superficial en estos casos, dependerá de la naturaleza de la sustancia disuelta.

Se ha demostrado que la adición de un electrolito inorgánico al agua, incrementa la tensión superficial de la solución, este incremento es ligero y se necesitan concentraciones altas para observar incrementos significativos.

A diferencia de las sustancias inorgánicas, la adición de sustancias orgánicas al agua, implica la disminución de la tensión superficial lo cual dependerá de varios factores como la solubilidad. Entre mayor sea la cadena de carbono, se observarán disminuciones de la tensión superficial más dramáticas.

Los tensoactivos son sustancias con actividad superficial muy importantes, ya que además de tener características que permiten que la detergencia sea posible, también reducen la tensión superficial de las soluciones acuosas en gran medida, aproximadamente hasta alrededor de 25 mN/m, lo cual permite a la solución acuosa penetrar en las cavidades pequeñas y llevar a cabo el proceso de limpieza al aumentar el ángulo de contacto entre la suciedad y el sustrato.

5.2.2 TENSOACTIVOS

Los tensoactivos son sustancias orgánicas que reducen la tensión superficial de un líquido, la tensión interfacial entre dos líquidos, o la tensión interfacial entre un líquido y un sólido. Estas sustancias también pueden modificar las propiedades del solvente que es generalmente agua, ya que sus moléculas poseen una parte hidrofílica y una hidrofóbica. Los tensoactivos tienen distintas aplicaciones dependiendo de sus características.

Se componen de una cadena hidrofóbica o no polar (cola) y de un grupo funcional en el extremo de la molécula (cabeza) hidrofílica o polar. Es decir la parte hidrofílica es soluble en agua y la hidrofóbica en aceite.

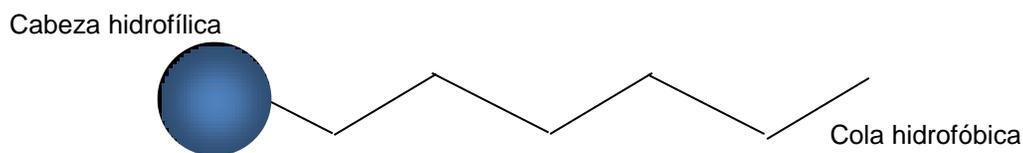


Figura 5.1 Estructura básica de un tensoactivo.

Debido a estas características, son la base y el ingrediente más importante en los productos detergentes, en donde por lo general se puede encontrar más de un tensoactivo, existiendo interacciones entre ellos mismos y sinergia (en algunos casos mejor que en otros) por lo que es importante estudiar bien sus interacciones para crear una formulación con buen desempeño.

Esta es la razón por la que estas moléculas migran hacia la superficie de la solución con la cadena no polar fuera de la solución y la cabeza orientada hacia el seno de esta si se trata de una solución acuosa:

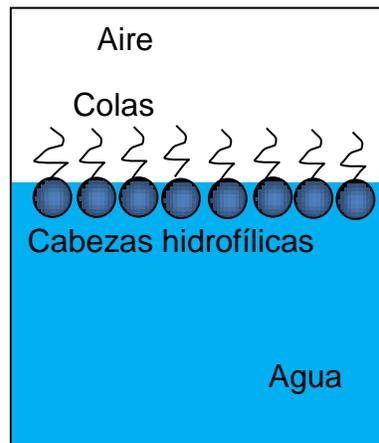


Figura 5.2 Comportamiento de los tensoactivos en solución acuosa.

La parte no polar de los tensoactivos está formada principalmente por átomos de carbono (>8), la parte polar puede contener átomos de oxígeno, nitrógeno, así como átomos cargados o grupos cargados.

No todas las moléculas que contienen grupos hidrofóbicos e hidrofílicos son tensoactivos, esto depende del tamaño relativo de las dos partes de la molécula y el de la molécula completa, es decir, de sus proporciones.

Gracias a que los tensoactivos se concentran en las interfaces, es posible la formación de espumas, emulsiones, dispersiones, suspensiones, etc., que son sistemas de dos fases inmiscibles entre sí, estabilizados por la acción de estas sustancias.

En soluciones acuosas, los tensoactivos son efectivos incluso a muy bajas concentraciones, ya que basta la adición de una cantidad muy pequeña de tensoactivo para provocar un importante abatimiento de la tensión superficial de una solución.

Contrastantemente, muy pocos tensoactivos son capaces de modificar significativamente la tensión superficial de líquidos orgánicos.

Los tensoactivos se clasifican en cuatro tipos de acuerdo a sus características químicas:

Tabla 5.1 Clasificación química de los tensoactivos

<i>Tipo de tensoactivo</i>	<i>Descripción</i>
Zwitterionicos y anfotéricos	Son compuestos capaces de producir iones con actividad superficial negativamente y/o positivamente cargados en solución acuosa, la carga de estas sustancias depende del pH de la solución en el caso de los anfotéricos y no así en el de los zwitterionicos.
Aniónicos	Son compuestos que producen iones de carga negativa con actividad superficial en solución
Catiónicos	Son compuestos que producen iones de carga positiva con actividad superficial en solución
No iónicos	Compuestos con actividad superficial y sin carga

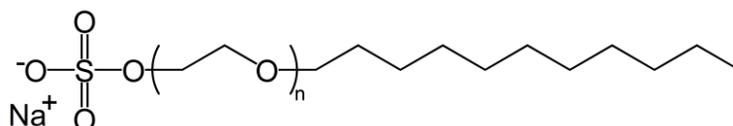


Figura 5.3 Lauril éter sulfato de sodio, ejemplo de tensoactivo aniónico

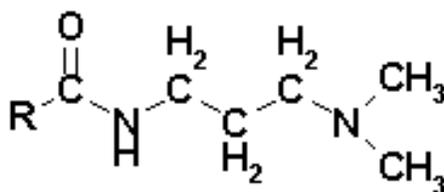


Figura 5.4 Amido amina, ejemplo de tensoactivo catiónico.

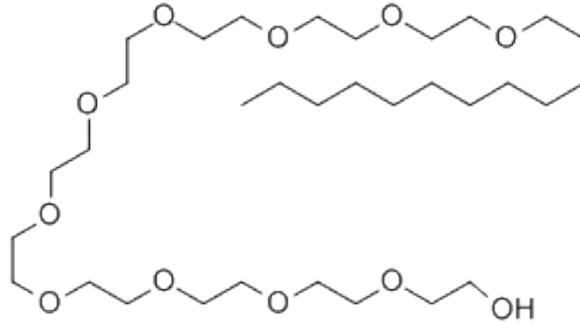


Figura 5.5 Alcohol etoxilado, ejemplo de tensoactivo no iónico.



Figura 5.6 Óxido de amina, ejemplo de tensoactivo zwitterionico.

La solubilidad de los tensoactivos varía dependiendo del solvente, esta está en función, del tamaño relativo de la parte hidrofóbica o hidrofílica. En las formulaciones detergentes, es común usar sustancias que aumentan la solubilidad de los tensoactivos llamadas hidrótropos. Un hidrótropo muy común es el alcohol etílico, un alcohol que por su naturaleza polar y longitud de cadena corta, permite reducir el rechazo entre la parte hidrofóbica del tensoactivo y el agua.

Cuando la superficie de una solución se ha saturado de tensoactivo, se comienzan a formar agregados moleculares en el seno de la solución. Dichos agregados reciben el nombre de micelas. En una micela, la parte hidrofóbica de las moléculas queda resguardada en el interior mientras que la parte hidrofóbica queda en contacto con el agua. Lo contrario sucede cuando el solvente es de naturaleza hidrofóbica.

Se pueden llegar a formar distintas micro estructuras micelares dependiendo varios factores como el tipo de tensoactivo, su concentración y los ingredientes en solución.

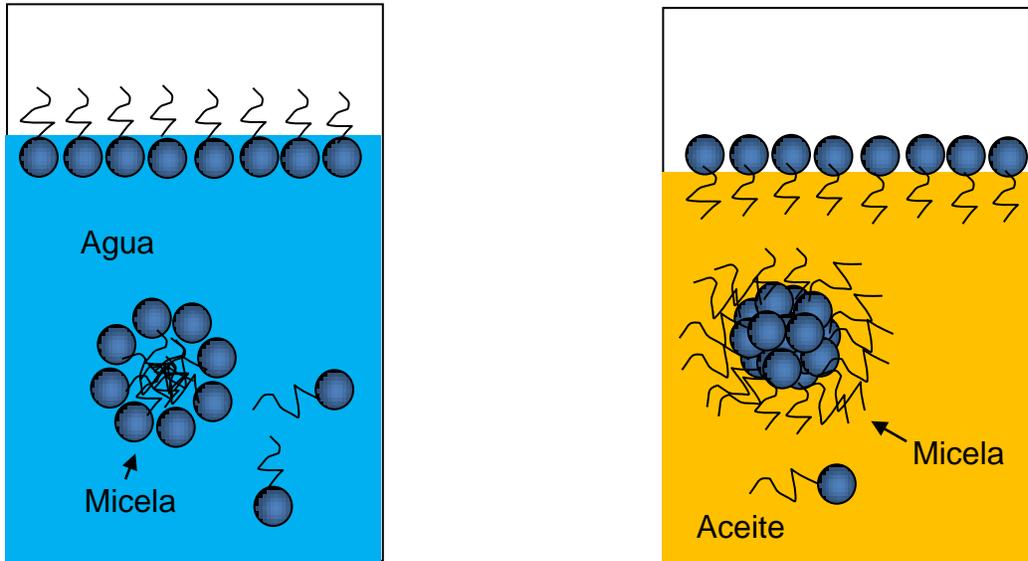


Figura 5.5 Comportamiento de los tensoactivos en distintos solventes; agua en la izquierda y solvente orgánico en la derecha.

La concentración de tensoactivo a la que empiezan a formarse micelas se denomina concentración micelar crítica.

La tensión superficial de una solución acuosa de tensoactivo llega a un límite debido a saturación de la superficie a una determinada concentración, tras lo cual la adición de más tensoactivo no disminuirá más allá la tensión superficial.

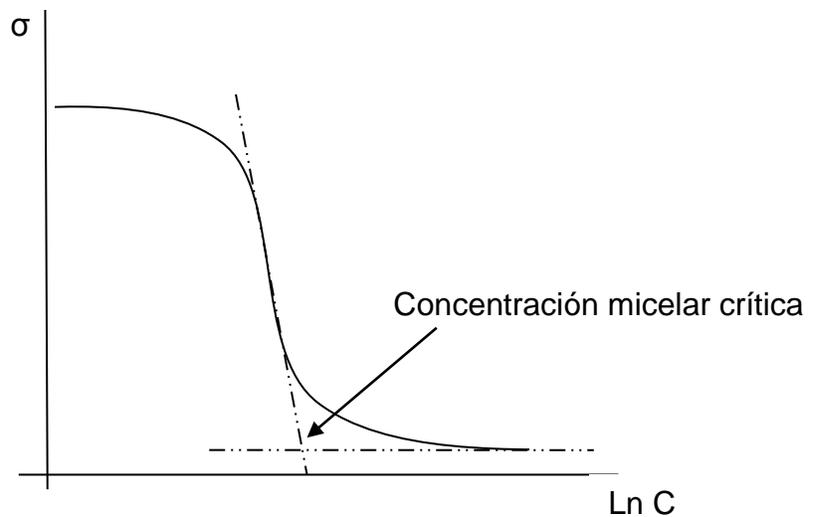


Figura 5.7 CMC de un tensoactivo.

Entre menor sea la cmc de un tensoactivo más eficiente será como detergente.

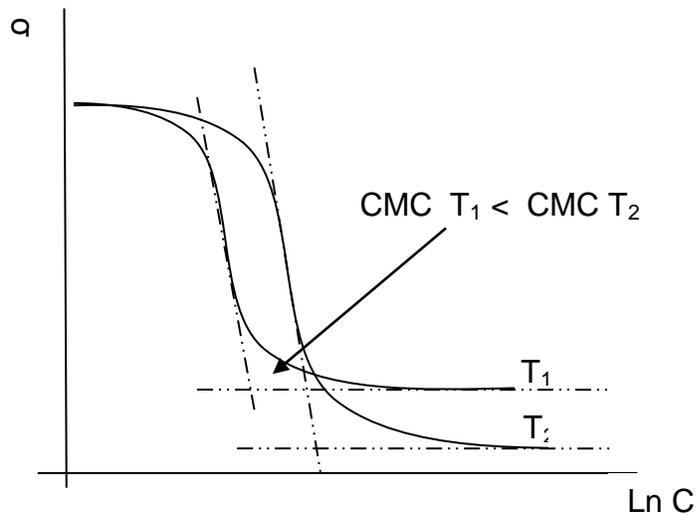


Figura 5.8 Comparación de la CMC de dos tensoactivos.

Las cmc's de la mayoría de los tensoactivos se presentan a concentraciones muy bajas. Sin embargo la adición de mayor concentración de ingrediente activo siempre llevará a un mejor desempeño.

En la formulación de un producto detergente, es muy importante, diseñar el producto de tal manera que tras su dilución, se asegure que se tendrá una concentración de ingrediente activo (tensoactivo) mucho mayor a la de la cmc de dicho sistema detergente para lograr un proceso de limpieza de eficiente.

La cmc es distintiva de cada tensoactivo y depende de varios factores como la estructura molecular. Cuando se encuentran en un sistema detergente, estos valores se ven afectados por las interacciones con los demás ingredientes

Cuando se trata de un sistema con dos o más tipos de tensoactivos presentes, la cmc será distinta a la de los tensoactivos puros.

Generalmente los tensoactivos iónicos tienen mayor cmc que los no iónicos, ya que los primeros presentan repulsión electrostática en solución. Al agregar un electrolito a una mezcla de tensoactivos iónicos, se logra disminuir la cmc ya que se equilibran las cargas; a mayor concentración de sal, disminuye la solubilidad del tensoactivo a

temperaturas bajas, algo muy importante si el producto es para regiones con climas fríos.

La temperatura Krafft, es la temperatura a la cual la cmc de un tensoactivo, iguala su límite de saturación en solución. Es decir, la mínima temperatura a la que los tensoactivos son capaces de formar micelas. Por lo tanto los tensoactivos funcionan para los detergentes, a temperaturas arriba de la temperatura Krafft.

Entre mayor es la cadena hidrofóbica del tensoactivo, la cmc tiende a ser menor, sin embargo esto incrementa la temperatura Krafft. A mayor polaridad del tensoactivo, la cmc aumenta, esto depende del tamaño y del grupo polar que tenga el tensoactivo.

A mayor longitud de la cadena hidrofóbica de un tensoactivo, la temperatura Krafft se incrementa ya que el tensoactivo es menos soluble en agua y necesita una mayor temperatura para estar en solución. Entonces resulta evidente que a mayor tamaño del grupo polar, la temperatura Krafft será menor.

Otra propiedad muy importante y que solo presentan los tensoactivos no iónicos, es el "cloud point" o punto de enturbiamiento, el cual se refiere a la temperatura arriba de la cual un tensoactivo no iónico se volverá insoluble en agua. Esta aumenta entre más hidrofílico sea el tensoactivo.

Esta característica afecta la estabilidad del producto de manera inversa a la temperatura de Krafft, y es que esta establece un tope en la temperatura a la que puede llegar el producto que contenga tensoactivos no iónicos, sin perder estabilidad. Lo cual cobra una importancia muy relevante en regiones con climas calurosos.

Se ha demostrado que el máximo en eficiencia de detergencia para soluciones conteniendo tensoactivos no iónicos se encuentra muy cerca de la temperatura del punto de enturbiamiento.

Un conjunto de propiedades de la solución se modifica con la adición de tensoactivo, variando directa o inversamente:

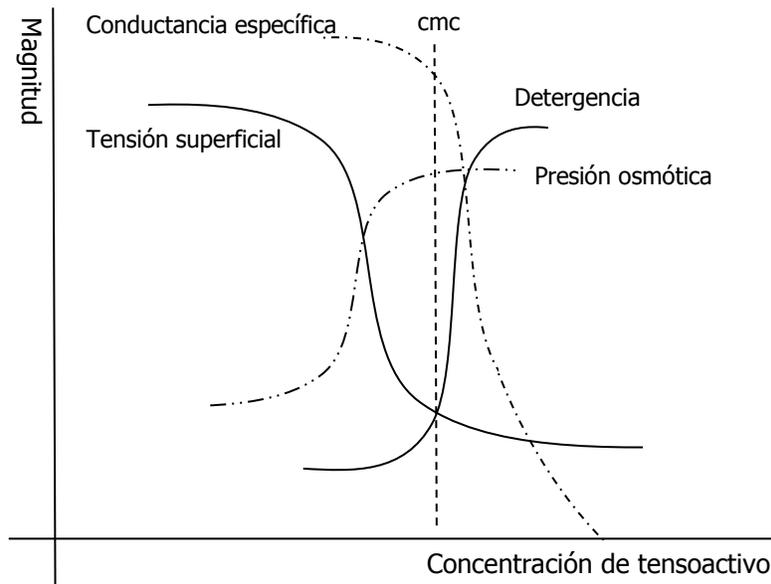


Figura 5.9 Variación de las propiedades del sistema con la concentración de tensoactivo.

Se observa que la detergencia comienza a crecer exponencialmente después de la cmc del tensoactivo. La conductancia disminuye grandemente después de la cmc debido a que la formación de micelas disminuye la cantidad de moléculas cargadas en solución (para el caso de tensoactivos iónicos).

Las moléculas en la superficie de una solución, tienen una energía potencial mayor debido a su localización, por esta razón, el proceso de llevar una molécula desde el seno de la solución hasta la superficie o interfase, implica un trabajo. Dado que todos los sistemas tienden a estados de mínima energía, las moléculas tienden a migrar hacia el interior de la solución promoviendo un área superficial mínima.

Las sustancias que poseen actividad superficial, son atraídas naturalmente hacia las superficies debido a su estructura, de esta manera, reduciendo la energía libre del sistema en un fenómeno llamado adsorción, al reemplazar a las moléculas de solvente de alta energía.

La adsorción de moléculas activas en la superficie, reduce la energía necesaria para aumentar el área interfacial. Los tensoactivos son las sustancias más efectivas para reducir esta energía. La interfase entre dos sustancias es una región de transición muy delgada, es decir de unas cuantas moléculas, donde se experimentan abruptos cambios físicos y químicos.

Suponiendo que se puede definir a la interfase como un espacio ideal, la adsorción de un componente en la superficie, se representa como la existencia de una concentración de dicho componente adsorbido que difiere de su concentración en la solución

La concentración de un tensoactivo en la superficie (interfase agua-aire) puede representarse matemáticamente de la siguiente manera:

$$\Gamma_i = \frac{n_i^s}{A} \quad (5.3)$$

Donde A es el área interfacial y n, la cantidad de sustancia adsorbida, Γ es conocida como gamma de saturación. Para soluciones diluidas, la ecuación de Gibbs relaciona la concentración superficial de tensoactivo con la tensión superficial:

$$\Gamma_i = \frac{-\frac{1}{RT}d\sigma}{d \ln c_i} \quad (5.4)$$

Esta ecuación puede ser usada como una herramienta para caracterizar tensoactivos en sistemas donde se pueda determinar la energía interfacial directamente.

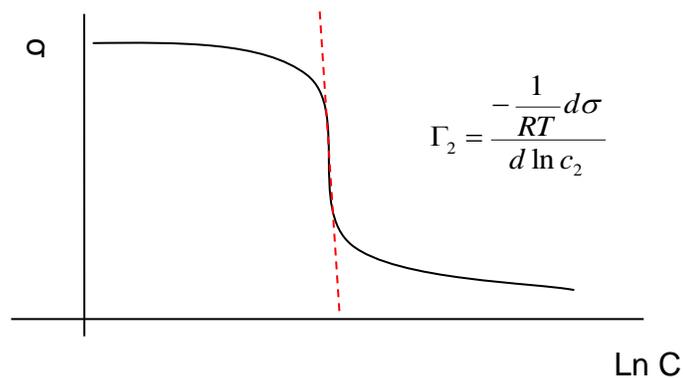


Figura 5.10 Interpretación gráfica de la ecuación de Gibbs.

5.2.3 EFICIENCIA Y EFECTIVIDAD

La eficiencia y la efectividad, son distintos conceptos de desempeño para un tensoactivo, para determinarlas, se debe conocer la concentración de tensoactivo necesaria para producir una determinada reducción en la tensión superficial y la mínima tensión superficial que puede alcanzarse con éste.

La eficiencia de un tensoactivo, se define como la concentración en solución necesaria para reducir la tensión superficial en una cantidad determinada, que es comúnmente 20 mN/m.

La efectividad, es la máxima reducción en la tensión superficial que puede obtenerse con la adición de cualquier cantidad de tensoactivo.

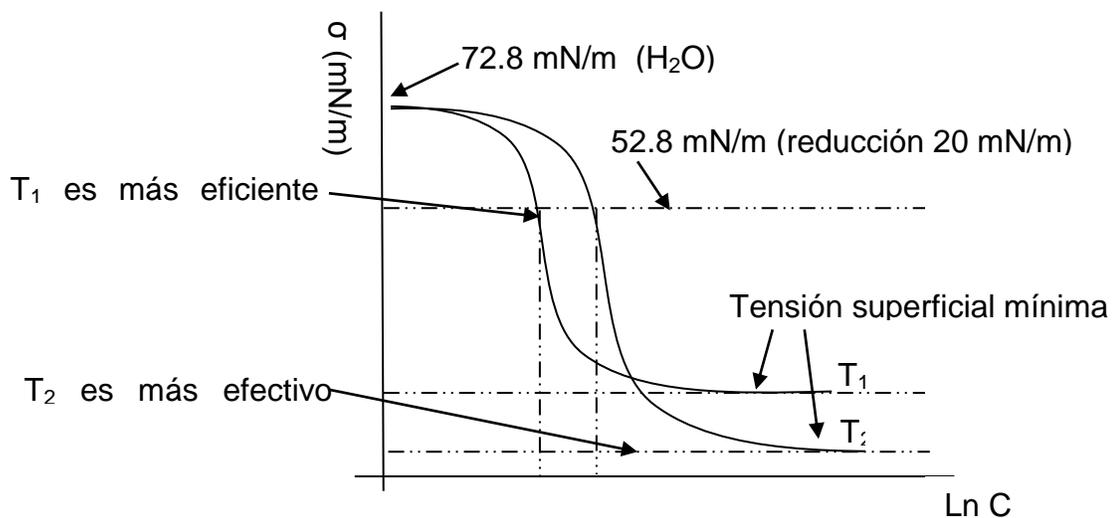


Figura 5.11 Comparación entre eficiencia y efectividad en tensoactivos.

Ya que la reducción en la tensión superficial de una solución, depende de la sustitución de moléculas de solvente en la superficie por moléculas de tensoactivo, llegará un punto en el cual, la superficie estará saturada de moléculas de tensoactivo y se alcanzará la mínima tensión superficial, que puede obtenerse con determinado tensoactivo.

La concentración relativa de tensoactivo en la superficie y en solución, es un indicador de la eficiencia de adsorción del tensoactivo en la superficie de la solución y una medida cuantitativa de la actividad del tensoactivo en la interfase líquido vapor.

La eficiencia de adsorción, está directamente relacionada con la longitud de la cadena hidrofóbica. Se define la energía necesaria para transferir un grupo metilo de la cadena de un tensoactivo lineal desde la solución hasta la interfase como ΔG_{Tm-CH_3} a los grupos metileno subsecuentes como ΔG_{Tm-CH_2} y al grupo hidrofílico como ΔG_{Trs-S} .

Escogiendo una reducción estándar en la tensión superficial de 20 mN/m, se puede definir la eficiencia del tensoactivo como el logaritmo negativo de la concentración en solución de determinado tensoactivo, para producir una caída de 20 mN/m:

$$-\log(C)_{20} = pC_{20} = \left[n \left(\frac{-\Delta G_{trn}}{2.3RT} \right) \right] + \frac{-\Delta G_{trs}}{2.3RT} - \Delta G_{trm} \quad (5.5)$$

Bajo condiciones constantes de temperatura, presión y composición, la ecuación se reduce a una dependencia directa de la eficiencia de adsorción con la longitud de la cadena hidrofóbica.

Por lo tanto, los cambios en la longitud de la cadena de un tensoactivo, producen variaciones en el pC_{20} , entre más larga es la cadena, la eficiencia de adsorción es mayor. Para cadenas no lineales la contribución a la eficiencia será por lo general, menor a la hecha por la cadena lineal.

5.2.4 ANGULO DE CONTACTO

El ángulo de contacto es el ángulo formado entre una superficie sólida y la tangente a una gota de líquido sobre dicha superficie en la línea de contacto entre el líquido, el sólido y la fase que los rodea (vapor o aire).

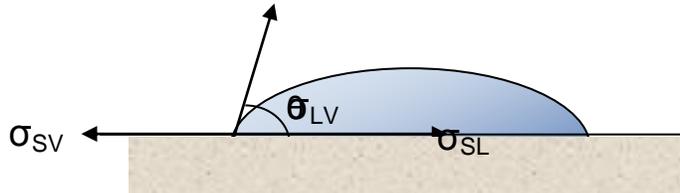


Figura 5.12 Representación gráfica del ángulo de contacto

La ecuación de Young relaciona las tensiones interfaciales con el ángulo de contacto:

$$\sigma_{SV} = \sigma_{SL} + \sigma_{LV} \cos \theta \quad (5.6)$$

Entre menor sea el ángulo de contacto, el líquido “mojará” más la superficie, hasta llegar a esparcirse completamente sobre ella cuando el ángulo de contacto sea igual a cero. El también llamado ángulo de humectación o mojado, varía dependiendo de la superficie, de las fuerzas de cohesión de las moléculas del líquido y de las fuerzas de adhesión que presentan las moléculas de dicho líquido con la superficie sólida. La tensión superficial crítica para el mojado, es la tensión superficial del líquido, a la cual, este se esparcirá completamente sobre la superficie sólida.

La ecuación de Young también permite predecir el “roll-up” de alguna grasa en presencia de un producto detergente, esto se refiere al desprendimiento por solubilización de la grasa depositada en la superficie del sustrato.

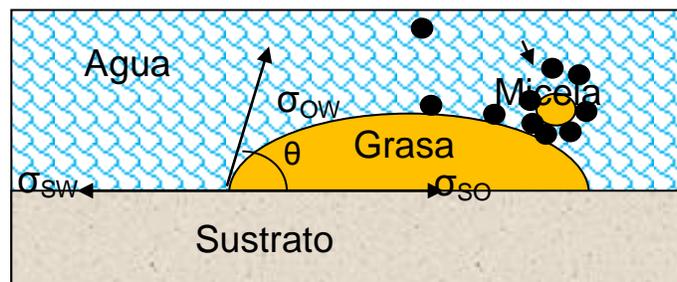


Figura 5.13 Solubilización de la grasa en una solución detergente.

5.3 DETERGENCIA

5.3.1 EL PROCESO DE LIMPIEZA

Todo proceso de limpieza involucra tres elementos: la suciedad (a ser eliminada), el sustrato (a ser limpiado) y el agente limpiador, que interactúan interfacialmente. La limpieza es básicamente la remoción de la suciedad del sustrato, para luego suspenderla en la solución limpiadora y evitar su redeposición.

Hay una gran variedad de sustratos con texturas y materiales diversos. Además existe una amplia gama de suciedades que pueden ser sólidas, líquidas, reactivas, finas, grandes etc.

La detergencia es un conjunto de fenómenos que incluyen a: la adsorción de tensoactivos en las interfases, la alteración de tensiones superficiales, la emulsificación, la solubilización y los fenómenos electrostáticos.

La agitación mecánica y la acción capilar, son aspectos importantes en el proceso de limpieza. Existen también aplicaciones “secas” donde no es necesaria una fase líquida y se cumplen los requisitos que implica el proceso de detergencia.

5.3.2 TENSOACTIVOS Y DETERGENCIA

La efectividad de una formulación detergente, dependerá de que tan adecuados sean los tensoactivos para remover y encapsular la suciedad en un determinado sistema.

Para la remoción de suciedades aceitosas, es deseable la utilización de tensoactivos que sean buenos solubilizantes y de acuerdo a su balance hidrófilico-lipofílico (HLB) se puede determinar cuáles son más adecuados.

Las concentraciones de los tensoactivos son importantes; se ha demostrado que para tensoactivos no-iónicos, es necesaria una concentración menor en comparación con los tensoactivos aniónicos para la remoción de sustancias aceitosas, dada la menor cmc de los primeros.

La combinación de distintos tipos de tensoactivos pueden producir efectos deseables en el proceso de limpieza, los beneficios aumentan cuando estos presentan sinergia. La actividad detergente también depende de la naturaleza polar del sustrato. Los tensoactivos no-iónicos y aniónicos funcionan bien en la remoción de suciedad en sustratos hidrofóbicos, sin embargo, cuando se trata de sustratos menos hidrofóbicos, los tensoactivos aniónicos trabajan mejor.

La orientación de las moléculas de tensoactivo después de la adsorción, la longitud de las cadenas hidrofóbicas, así como la localización de los grupos hidrofílicos del mismo, también tienen un gran efecto en la detergencia.

Se ha demostrado que la eficiencia de la detergencia de un tensoactivo, aumenta con el aumento de la longitud de su cadena hidrofóbica y con la posición de su grupo hidrofílico más cercana a los extremos de la molécula. La longitud de la cadena hidrofóbica está limitada por la solubilidad de la molécula en agua ya que a mayor longitud la solubilidad disminuye.

La máxima detergencia para un tensoactivo con un número de carbonos dado, se alcanza cuando los átomos están dispuestos de manera recta en vez de ramificada.

Cuando están involucrados tensoactivos no-iónicos, la detergencia óptima se alcanza cuando el “punto de enturbiamiento” o punto de insolubilidad del tensoactivo, se encuentra justo sobre la temperatura a la que se lleva a cabo el proceso de limpieza.

Los tensoactivos no-iónicos que contienen unidades de óxido de etileno, solo deben contener una cantidad de dichas unidades suficiente para ser solubles en el sistema detergente, una mayor cantidad disminuye la capacidad detergente.

En la mayoría de los procesos de adsorción relacionados con la detergencia, es la interacción de la porción hidrofóbica de la molécula de tensoactivo con la suciedad dispersa o disuelta y con el sustrato, lo que produce la acción de detergencia. Dicha adsorción altera las propiedades químicas, eléctricas y mecánicas de las distintas interfases y depende grandemente en la naturaleza de cada componente.

Por ejemplo en la limpieza de telas con tensoactivos aniónicos, la adsorción de tensoactivo en la tela y la suciedad, induce interacciones electrostáticas repulsivas que tienden a reducir la adhesión entre la suciedad y las fibras, desprendiendo la suciedad y retardando la re-deposición.

La detergencia es un fenómeno superficial y coloidal que refleja el comportamiento fisicoquímico de la materia en las interfases. En las aplicaciones, se ven involucradas mezclas complejas de suciedad así como distintos tipos de sustratos igualmente complejos, por lo que la formulación de un producto debe tomar en cuenta todas estas características para alcanzar un desempeño aceptable, las variaciones de cada componente pueden tener un efecto importante en el proceso global de detergencia.

5.3.3 TIPOS DE SUCIEDAD

Existen principalmente dos tipos de suciedad a los que se enfrentan los detergentes. las sustancias aceitosas y los materiales sólidos particulados.

Muchas manchas están formadas por alimentos, fluidos fisiológicos y sustancias orgánicas, que contienen proteínas, carbohidratos y materiales de relativamente alto peso molecular que suponen problemas especiales en términos de las interacciones interfaciales involucradas.

Las interacciones de cada clase de suciedad o mancha con el sustrato sólido pueden ser de gran complejidad siendo así los mecanismos de remoción de suciedad involucrados.

Las suciedades sólidas pueden consistir de varios materiales minerales, orgánicos, óxidos metálicos y pigmentos, etc. Las líquidas pueden ser sebo, ácidos grasos, alcoholes, aceites minerales y vegetales, aceites sintéticos y componentes líquidos de cremas y cosméticos. Al igual que para los sólidos, las características superficiales de cada suciedad líquida, pueden variar bastante. Sin embargo existen algunas similitudes básicas entre los dos tipos de suciedades, que deben ser estudiadas y aprovechadas para lograr un proceso de detergencia efectivo.

La adhesión de ambas al sustrato, es el resultado, en mayor o menor medida de la dispersión y las interacciones intermoleculares. La adsorción debida a otras fuerzas como interacciones ácido-base o puentes de hidrógeno, son de menor importancia, excepto cuando están involucradas suciedades y sustratos con alta polaridad.

La adhesión por interacciones electrostáticas es generalmente menos importante para sistemas de suciedad líquida, pero puede volverse importante para los casos donde se encuentran presentes suciedades minerales o biológicas. Cuando están presentes fuerzas electrostáticas, puede ser muy difícil remover las manchas por procesos de detergencia convencionales.

Los materiales orgánicos pueden ser muy difíciles de remover de las superficies hidrofóbicas como los plásticos, mientras que los materiales menos hidrofóbicos como las arcillas y ácidos grasos pueden ser difíciles de remover de superficies hidrofílicas como el algodón.

El aspecto mecánico es también de gran importancia ya que las partículas pueden quedar atrapadas en las fibras o cavidades del sustrato haciendo el proceso de detergencia mucho más complejo.

La suciedad adsorbida en el sustrato por interacciones físicas (fuerzas electrostáticas y de Van der Waals) se debería remover por la acción de los tensoactivos adecuados. Sin embargo, existen suciedades que se unen químicamente al sustrato, estas se pueden remover únicamente por la acción de agentes oxidantes como el cloro o con enzimas.

La remoción de suciedad por medio de tensoactivos supone su adsorción en las superficies del sustrato y de la suciedad. Dicha adsorción cambia la tensión interfacial (suciedad aceitosa) o el potencial electrostático (suciedad particulada) en las interfases sustrato-suciedad y suciedad-detergente.

5.3.4 REMOCIÓN DE SUCIEDAD PARTICULADA

Cuando se limpia con un detergente líquido, la remoción de suciedades sólidas particuladas involucra el “mojado” del sustrato y la suciedad por el sistema líquido seguido de la adsorción de tensoactivo y otros componentes en la interfase líquido-suciedad y líquido-sustrato. De esta manera se reduce la energía requerida para separar la suciedad del sustrato y dadas las características del tensoactivo, se crea una barrera electrostática que impide o retarda la re-deposición de la suciedad sobre el sustrato.

La presencia de agua permite que se forme dicha bicapa eléctrica que impide que el sustrato y la suciedad se adhieran de nuevo debido a la fuerza de repulsión eléctrica.

Además, el agua permite que la suciedad se “hinche” reduciendo aún más sus interacciones con el sustrato. Sin embargo el agua por sí sola no es tan efectiva en el proceso de limpieza, dadas sus características superficiales, su coeficiente de dispersión no es suficiente para separar la suciedad del sustrato, dada su tensión superficial relativamente alta, el agua por sí sola no puede penetrar en las cavidades o entre las fibras de manera efectiva.

Con la adición de tensoactivos, la situación mejora en gran medida, la tensión superficial del agua se ve reducida lo que permite a la solución limpiadora penetrar en las interfases y cavidades efectivamente.

A pesar de la efectividad de un sistema detergente, la mayoría de las veces es necesaria la acción mecánica vigorosa sobre la superficie para agilizar el proceso de limpieza.

La mayoría de los sólidos presentes en la suciedad tienen una carga neta negativa, por lo que la presencia de tensoactivos catiónicos en el sistema detergente puede empeorar el proceso de limpieza debido a que estos se adsorben en la superficie a través de una atracción electrostática. Es por eso que la mayoría de los detergentes están formulados con tensoactivos aniónicos. Los tensoactivos catiónicos se usan

principalmente como suavizantes de telas ya que se adsorben en las fibras de tela, esto reduce la fricción entre la piel y la tela produciendo una sensación de suavidad.

Otro tipo de suciedad sólida común es aquella que puede “licuarse” como es el caso de las ceras, por la acción del tensoactivo o por temperatura para después ser desprendida por medio del mecanismo de remoción de aceites.

5.3.5 REMOCIÓN DE SUCIEDAD ACEITOSA

En el caso de la suciedad líquida, el proceso es análogo, comenzando con la separación de las dos fases, sin embargo el mantenerlas separadas supone una mayor dificultad.

El sistema detergente debe penetrar la interfase suciedad-sustrato por acción mecánica o por capilaridad, conforme la solución limpiadora penetra la interfase, las fuerzas de adhesión entre la suciedad líquida y el sustrato decrecen aumentando su ángulo de contacto hasta que la suciedad se desprende en su totalidad. Una vez desprendida, la suciedad líquida o aceitosa debe mantenerse separada entre sí y del sustrato.

Los dos mecanismos para aislar la suciedad líquida una vez desprendida en el proceso de limpieza son la solubilización micelar y la emulsificación. Siendo la primera la más importante ya que la emulsificación requiere de mayor energía.

Para que una solución limpiadora sea efectiva, esta debe contener una concentración de detergente mayor a la de su cmc, para asegurar que se tendrá tensoactivo suficiente para solubilizar toda la suciedad. La eficiencia de remoción alcanza su máximo, a una concentración de varias veces la de la cmc. Dependiendo esta concentración, se pueden presentar distintas estructuras micelares en la solución, a mayor concentración se forman estructuras micelares más complejas con mayor capacidad para solubilizar la suciedad.

Para tensoactivos no-iónicos, la capacidad de solubilización depende de la temperatura de la solución, que aumenta conforme se acerca a la temperatura de enturbiamiento

(cloud point), debido a que a estas temperaturas las interacciones polares disminuyen y esto aumenta preferentemente las interacciones entre tensoactivo y suciedad.

Es por esto que en el caso de la remoción de suciedades aceitosas, el proceso de solubilización es de gran importancia a diferencia de la remoción de suciedades sólidas, donde el paso importante es la adsorción de tensoactivo en las superficies.

El mecanismo por medio del cual se remueven las suciedades aceitosas se conoce como roll-back o roll-up. El trabajo requerido para remover la suciedad del sustrato se calcula como:

$$W_{O/S} = \sigma_{SD} + \sigma_{OD} - \sigma_{SO} \quad (5.7)$$

Donde σ_{SD} es la tensión interfacial entre el sustrato y la solución detergente, σ_{OD} es la tensión interfacial entre el aceite y la solución detergente y σ_{SO} la tensión interfacial entre el aceite y el sustrato. Los tensoactivos reducen la tensión interfacial SD y OD, lo cual reduce el trabajo necesario para desprender la suciedad aceitosa.

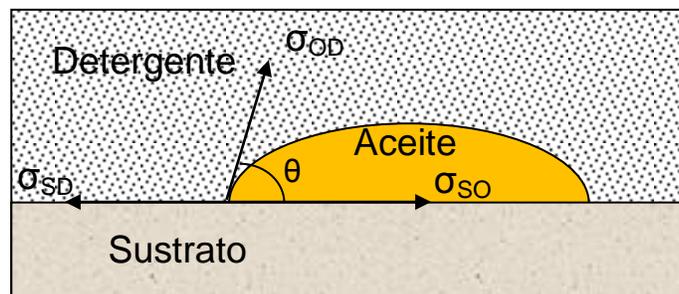


Figura 5.14 Fuerzas afectando una gota de aceite depositada en el sustrato.

Al reducirse la tensión SD, el ángulo de contacto entre el aceite y el sustrato aumenta causando el desprendimiento o roll-back del aceite. Recordando la ecuación de Young:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{SD} - \sigma_{SO}}{\sigma_{OD}} \quad (5.8)$$

Se demuestra de esta manera que la disminución de la tensión interfacial entre el aceite y el detergente incrementa el ángulo de contacto causando el desprendimiento.

Si el ángulo de contacto entre el aceite y el sustrato es menos de 90° , no habrá desprendimiento completo; si el ángulo de contacto está entre 90° y 180° , habrá desprendimiento completo, tras la adición de energía mecánica (como sucede en la mayoría de los casos); si el ángulo de contacto es de 180° , habrá desprendimiento completo sin necesidad de aplicar energía mecánica (caso deseable). A continuación se esquematizan las tres posibilidades:

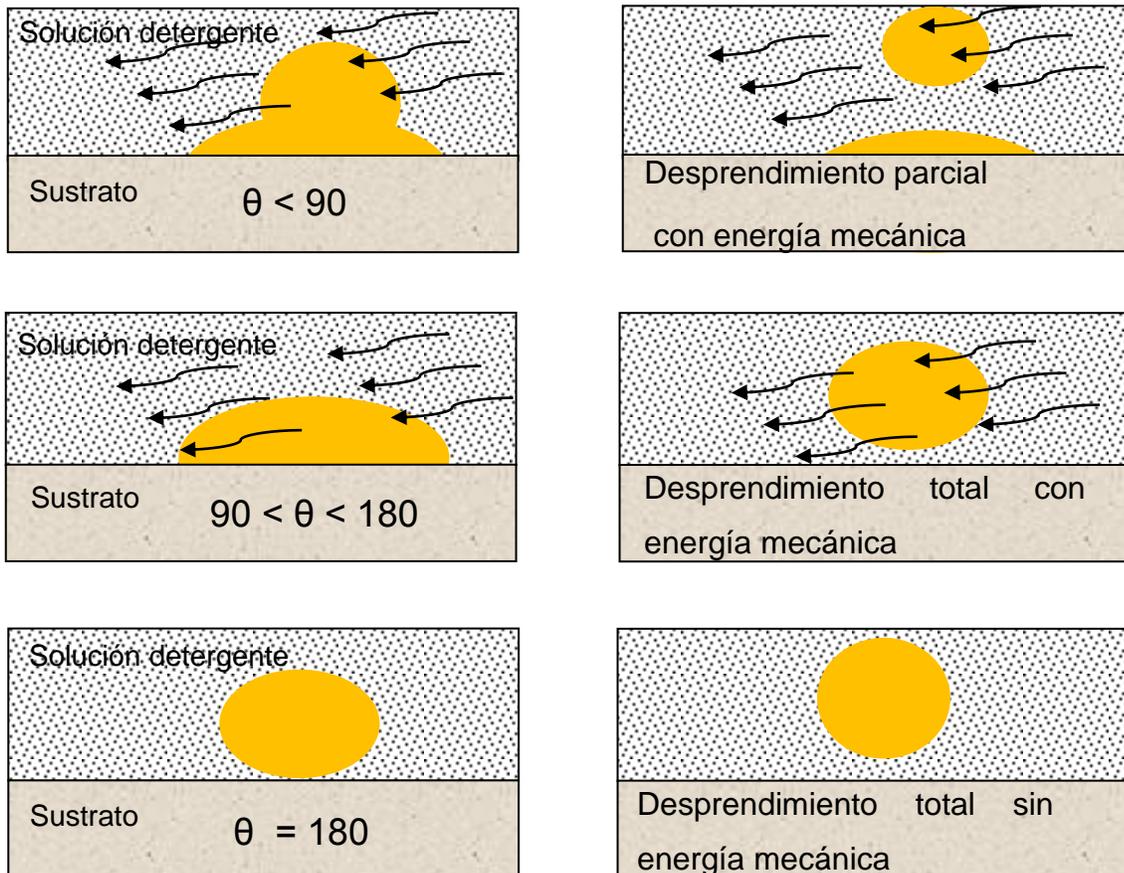


Figura 5.15 Relación entre el ángulo de contacto y el mecanismo de remoción de la grasa.

Una vez desprendida la suciedad aceitosa, su solubilización en micelas impide su redeposición, manteniéndola suspendida en la solución detergente. Por esta razón si la concentración de tensoactivo en la solución detergente se encuentra por debajo de la cmc, no habrá solubilización. Generalmente, a mayor temperatura, la capacidad detergente aumenta y llega a su máximo a una temperatura apenas por debajo de la temperatura de inversión de fases.

5.4 MEDICIÓN DE LAS PROPIEDADES SUPERFICIALES

Existe una gran variedad de métodos para la medición de la tensión superficial, estos métodos se pueden dividir en estáticos y dinámicos. Los primeros sirven para medir la tensión superficial estática, que se refiere a la medición de la tensión superficial de líquido o solución tras la estabilización de la superficie. Cuando se induce desorden en una solución (agitación), las moléculas de tensoactivo necesitan un determinado tiempo para regresar a la superficie, es entonces cuando se alcanza el estado estático y se puede hacer la medición de la tensión.

A diferencia de los métodos estáticos, los métodos dinámicos, son capaces de hacer mediciones de tensión superficial más rápidamente. En estos métodos, la superficie se renueva constantemente, es por eso que no se alcanza el equilibrio superficial que se logra con los métodos estáticos. Para mediciones de tensión superficial de soluciones de tensoactivos, por lo general se obtienen valores de tensión superficial más altos para métodos dinámicos que para métodos estáticos aunque la diferencia es de solo unas cuantas dinas, de ahí las definiciones de tensión superficial estática y dinámica.

Los tensiómetros para medición de tensión superficial estática más comunes son el del anillo de Du Nuoy y el de la placa de Wilhelmy. El anillo de Du Nuoy consiste en un anillo de platino conectado a una balanza con gran sensibilidad que se sumerge en la solución y registra el peso al sacar el anillo de regreso, el peso máximo corresponde al de romper la superficie de la solución.

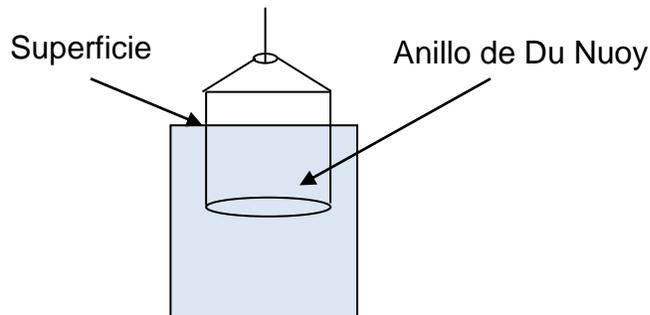


Figura 5.16 Anillo de Du Nuoy

Este método da resultados confiables para líquidos con tensiones por arriba de 5 mN/m, es rápido y sencillo, aunque no tan preciso como el de placa.

El tensiómetro de placa de Wilhelmy, es el método estático más usado por su gran precisión, este consiste en una placa vertical de platino con dimensiones conocidas, conectado a una balanza súper sensible que permite medir la fuerza de mojado. Con este equipo también es posible medir ángulo de contacto.

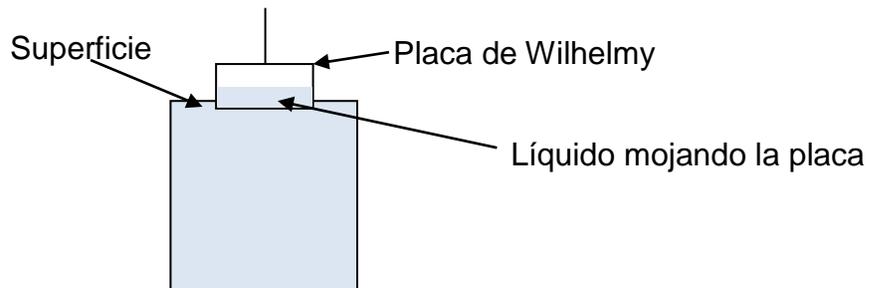


Figura 5.17 Placa de Wilhemly

Este método toma mucho tiempo pero da resultados muy confiables para tensiones arriba de 1 mN/m.

El método más común para medir tensión superficial dinámica, es el de presión máxima de burbuja, estos tensiómetros son muy prácticos ya que las mediciones son rápidas y existen tensiómetros portátiles que usan este principio.

Este tensiómetro consiste en una fuente que inyecta aire para producir burbujas a flujo constante en un capilar de radio conocido que se encuentra sumergido en la solución a medir, cuando la burbuja dentro del capilar alcanza una forma hemisférica con radio

igual al del capilar, se llega a la presión máxima. Se registran las presiones, el flujo de burbujas y el tiempo para calcular la tensión superficial.

La tensión superficial se calcula por medio de la ecuación de La Place en su forma reducida para burbujas de forma esférica dentro de líquido:

$$\sigma = \frac{\Delta P_{\max} R_{\text{cap}}}{2} \quad (5.9)$$

Donde ΔP_{\max} es la máxima caída de presión y R_{cap} , el radio del capilar. Después de que se alcanza la presión máxima, la presión comienza a descender y el radio comienza a aumentar hasta que la burbuja se desprende del capilar y comienza un nuevo ciclo.

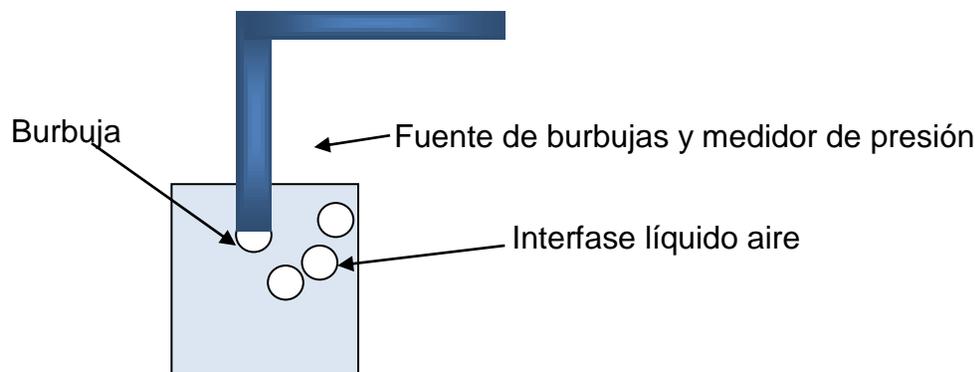


Figura 5.18 Diagrama presión máxima de burbuja.

5.5 EMULSIONES

Una emulsión es la dispersión partículas finas de un líquido en otro líquido con el cual es inmisible. Estos sistemas son termodinámicamente inestables. Las emulsiones se pueden estabilizar con la ayuda de los tensoactivos.

La preparación de una emulsión, requiere de energía mecánica, siendo la cantidad de energía implementada, la que determine la estabilidad de la emulsión y el tamaño de las partículas.

Las emulsiones son de gran importancia en la industria de los detergentes ya que en la mayoría de los productos, se incluyen ingredientes aceitosos como las fragancias que necesitan ser emulsificadas.

En algunos productos como los limpiadores multiusos, la estabilidad de la emulsión de la fragancia se vuelve un factor de extrema importancia ya que la concentración de tensoactivo es muy baja comparada con la de otros detergentes y debe ser capaz de estabilizar una cantidad de fragancia relativamente alta. El sistema formado en este tipo de productos se denomina micro emulsión.

En una emulsión el tensoactivo estabiliza la fase oleosa con un arreglo parecido al de las micelas, con la parte polar orientada hacia la solución acuosa y la parte no polar orientada hacia el centro de la partícula de emulsión donde se encuentra el aceite.

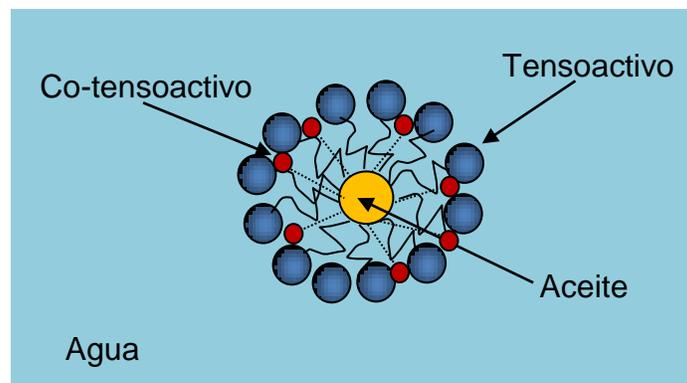


Figura 5.19 Aceite emulsificado.

Por lo anterior, la principal aplicación de las emulsiones en el desarrollo de detergentes líquidos, es el de poder tener ingredientes inmiscibles estabilizados en el producto. Otra aplicación importante es la de controlar propiedades fisicoquímicas o sustancias reactivas.

Se denomina fase dispersa al componente que se encuentra emulsificado en el sistema como partículas independientes. El componente que se encuentra en mayor proporción se denomina fase continua.

Existen tres tipos de emulsiones: aceite en agua (O/W), agua en aceite (W/O) y las múltiples. En los detergentes líquidos, es mucho más común encontrar emulsiones O/W, donde el aceite es la fase dispersa y el agua es la fase continua.

En cuanto al tamaño de las partículas, se pueden clasificar a las emulsiones en tres categorías: macro emulsiones, mini emulsiones y micro emulsiones.

Las macro emulsiones tienen tamaño de partícula mayor a 400 nanómetros que son visibles con el microscopio, la apariencia de estas emulsiones es opaca. Estos sistemas pueden separarse con relativa facilidad eventualmente.

Las mini emulsiones, tienen tamaño de partícula de entre 100 y 400 nanómetros, generalmente tienen apariencia blanquizca o azulada y se separan con el cambio de temperatura.

En cambio, las micro emulsiones, tienen apariencia transparente ya que el tamaño de partícula es menor a los 100 nanómetros además son termodinámicamente estables. Para su formación se requiere de tensoactivos.

En el proceso de limpieza la suspensión de suciedad aceitosa en la solución limpiadora se lleva a cabo por medio de emulsificación, lo cual impide la re deposición de la grasa en el sustrato.

Para tensoactivos no iónicos, existe una temperatura a la cual una suficiente cantidad de sustancia migra a la fase oleosa emulsificando el agua en el aceite, es decir, invirtiendo la emulsión de O/W a W/O. Esta temperatura recibe el nombre de

temperatura de inversión de fase. Esto sucede debido a que la solubilidad de los tensoactivos no iónicos disminuye con el aumento de la temperatura.

Cuando una emulsión se vuelve inestable, se pueden presentar tres fenómenos. La coalescencia es la fusión de partículas de la emulsión para formar gotas de gran tamaño. La floculación es la agrupación de las partículas de la emulsión sin que pierdan su identidad. El cremado, es la migración de las partículas de la emulsión hacia la superficie.

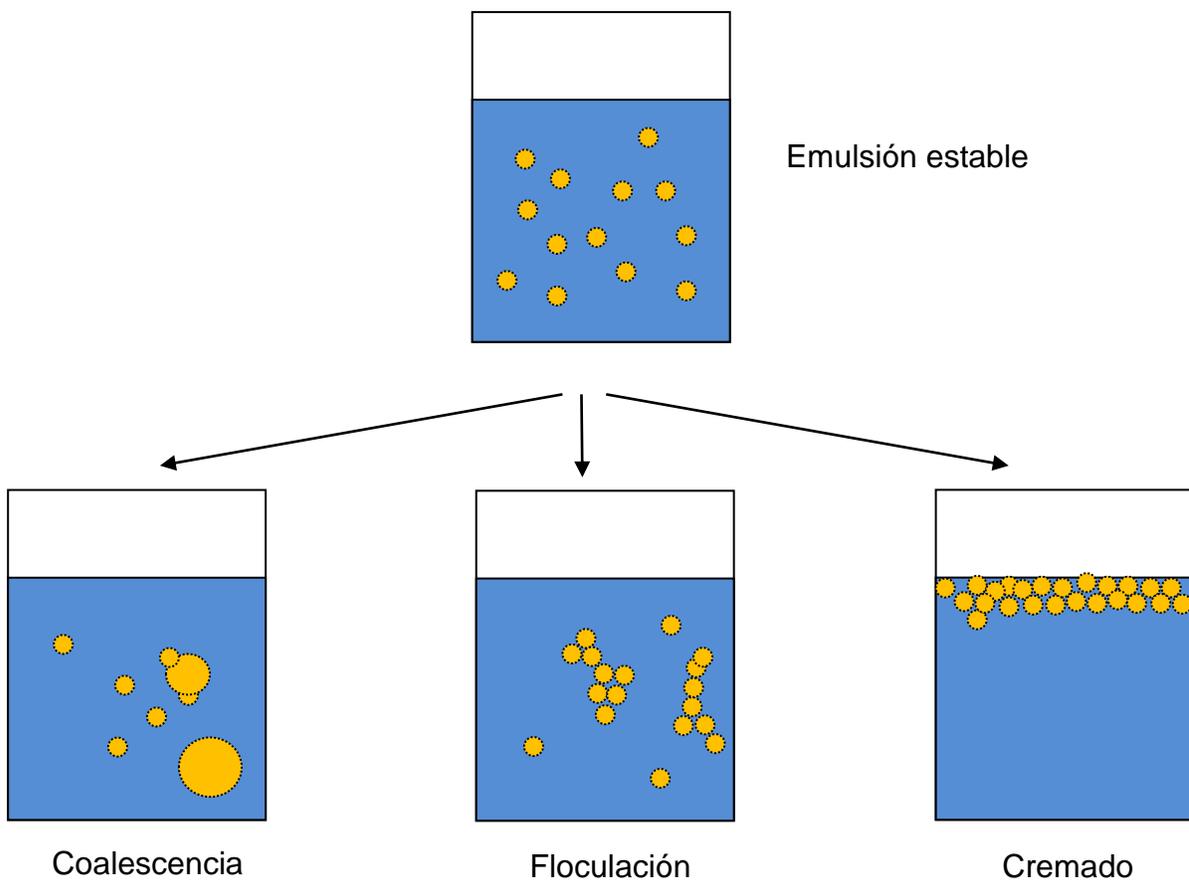


Figura 5.20 Distintos efectos por inestabilidad de emulsiones.

5.6 ESPUMAS

A diferencia de las emulsiones, en las espumas, la fase dispersa es un gas y la fase continua un líquido. Los tensoactivos tienen el papel de ayudar a formar y estabilizar la espuma.

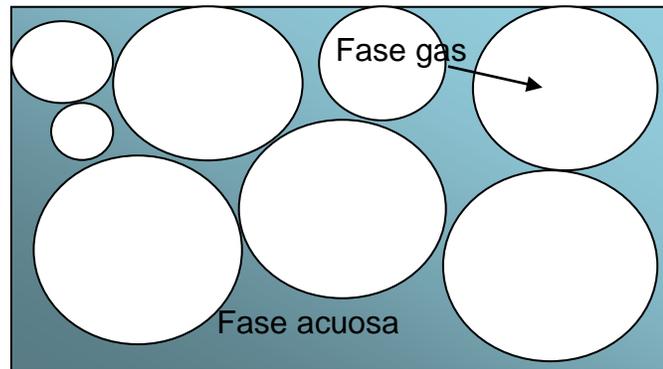


Figura 5.21 Composición de la espuma.

En los productos detergentes, la espuma no tiene una importancia relevante en la efectividad del producto, es más bien estética. Además, dependiendo del producto, la formación de espuma puede o no ser deseable.

Un ejemplo interesante es el detergente lavatrastes, los consumidores prefieren los productos que entregan más espuma ya que lo relacionan con una mejor limpieza, por esta razón, la cantidad de espuma formada es la característica más importante en los detergentes lavatrastes manuales. Por el otro lado, el detergente usado en las máquinas lavaplatos, forma muy poca espuma ya que no es necesaria en el proceso de limpieza y además, esto ayuda a no desperdiciar tanta agua.

Las espumas tienen una tendencia natural a colapsar, debido a que son sistemas inestables termodinámicamente hablando. Sin embargo, puede lograrse estabilizarlas por periodos definidos modificando factores como la viscosidad en la fase líquida, la viscosidad en la superficie, efectos superficiales como el de Gibbs y el de Marangoni y por efectos estéricos y de repulsión electrostática entre las interfases adyacentes.

Las espumas se clasifican en inestables, meta estables y sólidas. Su periodo de estabilidad puede variar de segundos a días. Las inestables permanecen por muy poco

tiempo para luego colapsar debido a los efectos de la tensión superficial y a la gravedad.

Las espumas metaestables se encuentran estabilizadas gracias a la ayuda de sustancias anfifílicas o poliméricas que retardan el drenaje de la fase continua entre las burbujas.. Estas espumas pueden colapsar por la presencia de alteraciones mínimas como las vibraciones, la presencia de polvo, cambios de presión etc. A pesar de la fortaleza de la película interfacial, incluso la mejor espuma meta estable colapsará eventualmente debido a la difusión de los gases desde el interior de las burbujas pequeñas hacia las más grandes a través de la película.

A diferencia de las dos anteriores, las espumas sólidas son estables, debido a que poseen una estructura mecánicamente fuerte formada químicamente después de la formación de la espuma.

Una espuma se forma al introducir aire en un líquido, quedando este último, atrapado en una fina película. La película de líquido que separa dos burbujas es llamada lamela.

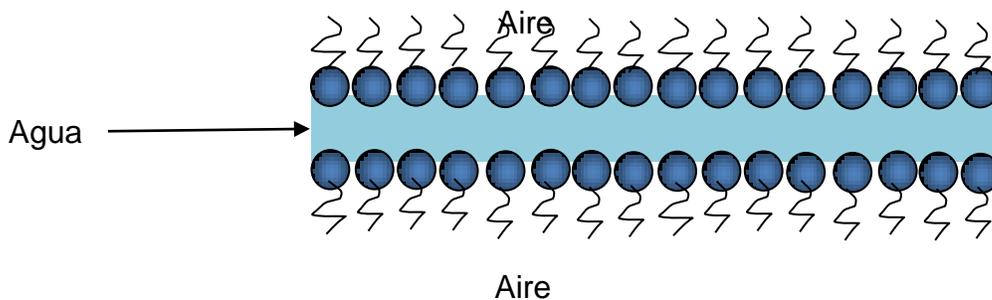


Figura 5.22 representación de una lamela

En los detergentes, la dureza del agua, el efecto de la suciedad y la temperatura, entre otros factores, afectan la estabilidad de la espuma.

6 FORMULACIÓN DE UN DETERGENTE ^{3;21;29;33;35;36;58;63}

Los ingredientes activos de los detergentes son los tensoactivos. La base de un detergente, contiene todos los ingredientes activos y los ingredientes secundarios, como preservativos y coadyuvantes. Finalmente, el color, la fragancia y otros ingredientes especiales se agregan a la base para crear variantes del producto.

Las proporciones en las que se encuentra el ingrediente activo en una formulación varían grandemente de producto a producto. Para detergentes concentrados, como el lavaplatos, se tienen concentraciones de ingredientes activos, alrededor del 15% w/w. En cambio, un limpiador multiusos con un desempeño muy aceptable está compuesto hasta en un 95% de agua, en estos productos el aspecto más importante a tomar en cuenta es que el sistema de tensoactivos sea capaz de emulsificar la fragancia.

Muchas veces, se requiere realizar mejoras o ahorros en los productos que ya llevan un tiempo en el mercado, estas se hacen a partir de la base, ya sea manteniendo la composición original y probando nuevos aditivos o haciendo variaciones ligeras para intentar incrementar el desempeño del producto. En ocasiones, con el objetivo de producir ahorros, se busca eliminar, reducir o reemplazar alguno o varios ingredientes para economizar en insumos, pero buscando siempre superar o al menos mantener el desempeño de la fórmula original.

Cuando se desea formular un producto completamente, el proceso se vuelve más costoso y largo, tan largo como tiempo se desee invertir para la concepción de la mejor formulación posible. Por supuesto esto dependerá de la experiencia del formulador, el presupuesto y de muchos otros factores.

La principal característica buscada es un desempeño excelente (de preferencia superior al del producto de la competencia). La mejor formulación no siempre implica ser la del mejor desempeño por razones de costo.

La formulación de un nuevo detergente, implica una revisión técnica de los materiales necesarios, los ingredientes, el equipo, el material de laboratorio, las nuevas

tecnologías, artículos y patentes (si es el caso), proveedores, precios, análisis de mercado, etc.

La revisión técnica tiene como objetivo, situar el proceso en un punto donde se conoce lo que se quiere lograr, lo que se puede lograr (las limitaciones) y lo más importante: el cómo se va a lograr. Un requisito indispensable es conocer el mercado y sobre todo, tener siempre en mente a la competencia si es que la hay.

Una vez que se sabe por dónde comenzar, se lleva a cabo lo que se conoce como pruebas exploratorias, estas pruebas se realizan en el laboratorio y en el escritorio y tienen como objetivo una investigación inicial y más que intuitiva, enfocada al objetivo.

La formulación del detergente, comenzará con las pruebas exploratorias para la formulación de la base. Las pruebas exploratorias o exploratory testing, consisten en varios aspectos: la exploración de los ingredientes, información que se obtiene de la revisión técnica; el diseño de pruebas, se refiere a las metodologías por las que se evaluará el producto; la ejecución de las pruebas; la heurística, son reglas que parten de la experiencia del formulador; resultados.

A partir de los resultados de estas pruebas, se pueden delimitar algunas variables del proyecto, por ejemplo el tipo de tensoactivos con los que se va a llevar a cabo la experimentación para la formulación de la base.

Una vez definidos todos estos aspectos, se procede a realizar diseños de experimentos con el objetivo de obtener la mejor formulación y se lleva a cabo producción en planta piloto.

Una vez obtenida la formulación que ofrece el mejor desempeño y costo combinados, se llevan a cabo pruebas de robustez y de añejamiento para evaluar la estabilidad de la formulación a condiciones extremas.

Después se procede a probar la estabilidad para todas las variantes que se crearán a partir de esta. Para finalmente llevar a cabo producción de prueba a escala real en planta.

6.1 INGREDIENTES EN LOS DETERGENTES ^{11;15}

En la industria de los detergentes, se emplea una gran variedad de ingredientes, estos se pueden clasificar en cinco grupos generales:

- Tensoactivos
- Coadyuvantes
- Solventes
- Preservativos
- Otros ingredientes

Los tensoactivos son los agentes emulsificantes, espumantes y humectantes que constituyen la base de la mayoría de los detergentes líquidos. Los tensoactivos aniónicos, no iónicos y anfotéricos son usados principalmente para la limpieza y los catiónicos son a menudo usados como antimicrobiales y suavizantes.

Los aditivos conocidos como “builders” o coadyuvantes, incluyen una amplia gama de sustancias orgánicas e inorgánicas que tienen la función de mejorar el desempeño de los tensoactivos. Estos aditivos también son usados para mantener el pH del producto; ablandar el agua removiendo los iones calcio y otros iones metálicos; y para aumentar mantener o reducir la formación de la espuma, entre otras características.

Los solventes tienen como función disolver la suciedad y la grasa, así como mantener en solución a todos los ingredientes, evitando la redeposición de la suciedad en el sustrato.

Los preservativos, son sustancias que evitan el desarrollo de bacterias, hongos, o mohos en el producto.

Los ingredientes que entran en la categoría de “otros”, incluyen abrasivos, fragancias, colorantes, espesantes y cualquier otro ingrediente que de un valor agregado al producto.

6.1.1 TENSOACTIVOS

En las formulaciones detergentes, se usa una gran variedad de tensoactivos. Algunos tipos son mucho más comunes que otros, la siguiente tabla muestra gran parte de ellos:

Tabla 6.1 Tipos de tensoactivos usados en los detergentes.

Tipo de tensoactivo	Siglas en inglés	Longitud de cadena
		(R = alquil, n= etoxilación)
Sulfonatos de alquil benceno lineal	LAS	R = C ₁₀₋₁₄
Sulfonatos de alcanos	AS	R = C ₁₃₋₁₈
Sulfonatos de alfa olefinas	AOS	R = C ₇₋₁₃
Sulfatos de alcoholes grasos	FAS	R = C ₁₂₋₁₆
Sulfatos de alcohol éteres grasos	FES	R = C ₁₂₋₁₆
Sales de ácidos grasos	<i>Jabones</i>	R = C ₈₋₁₆
Sulfonatos de metil esterres	MES	
Alquil poli etilenglicol éteres (Alcohol etoxilado)	AEO	R = C ₁₂₋₁₈ , n= 4-10
Esterres de alquilfenol polietilenglicol	APEO	R = C ₉ , n= 4-10
Alcanolamidas de ácidos grasos	FAA	R = C ₁₁₋₁₇
Óxidos de aminas grasas	FAO	R = C₁₂₋₁₄
Alquil poliglucósidos	APG	

La clase de tensoactivos más usada en la formulación de productos detergentes son los LAS, **sulfonatos de alquilbenceno lineal**. Estos son muy efectivos, particularmente contra la grasa y la suciedad, y son compatibles con los demás componentes exceptuando a los tensoactivos catiónicos. La efectividad de estos tensoactivos varía con respecto a la longitud de cadena de carbono, teniendo una efectividad máxima para cadenas de 10 a 13 átomos carbón, siendo común encontrarlos como dodecil bencenos.

La familia de los LAS, es la más importante en la industria ya que tiene una amplia gama de aplicaciones y una buena relación costo efectividad. Su precio depende principalmente de los precios de las parafinas, el benceno y su disponibilidad, siendo estos relativamente estables en estos días, por lo que una empresa puede confiar en usarlo en sus formulaciones sin el riesgo de tener subidas en el precio. Sin embargo si llegara a haber un aumento en los precios, el mercado de los tensoactivos derivados de fuentes naturales serán las alternativas más atractivas para sustituirlos.

Los científicos aún investigan si los LAS tienen implicaciones ecológicas a largo plazo debido a que no se degradan tan fácilmente en condiciones anaeróbicas, existe información muy limitada a cerca de su ciclo y sus productos de degradación así como sus efectos nocivos.

Los **alquilsulfatos y alquilétersulfatos** son ampliamente usados y no tan restringidos por las legislaciones de otros países, sin embargo son una fuente importante de azufre que pueden provocar la formación de ácido sulfhídrico y otros derivados malolientes tras su degradación anaerobia.

Durante los últimos años ha venido creciendo el uso de tensoactivos de origen vegetal y por ende mucho más amigables con el medio ambiente, se trata de los MES y los APG.

Aunque la industria en Europa y EU se ha dividido sobre uso de los dos tipos de tensoactivos con ventajas ambientales. Los productos que los tienen como ingredientes, son etiquetados enfatizando su carácter ecológico. Estos tensoactivos ecológicos ya son la base de muchos productos con imagen ambiental y en Europa,

por ejemplo, los principales productores de detergentes como la alemana Henkel ya han construido nuevas instalaciones para producción de APG.

Los **alquilpoliglucósidos** son sin duda tensoactivos más amigables con el medio ambiente su fórmula general es ROZ_x, siendo R la cadena de carbono, O el oxígeno y Z la unidad de azúcar (Glucosa o Xilosa), x es el grado de polimerización de la unidad de azúcar con valores que van de 1 a 6 y preferiblemente entre 1 y 3.

Los APG's son producidos a partir de aceites y grasas vegetales reducidos a sus alcoholes grasos y luego se hacen reaccionar con azúcares de fuentes vegetales o bien con los productos de la hidrólisis de almidones provenientes de cereales.

Estos tensoactivos forman una gran cantidad de espuma y son amigables con la piel, por esta razón que se usan como agentes espumantes en varias formulaciones de alta espuma como lavatrastes o para el lavado del cabello y la piel.

Los **AS**, no son tan comunes como los LAS, pero su uso se ha incrementado principalmente en Europa debido a su compatibilidad con los agentes clorados.

Los **jabones** se usan en algunos casos, para actuar junto con otros tensoactivos, no por su acción limpiadora, sino para promover la solubilidad de ciertas sustancias como el aceite de pino o para suprimir la formación de espuma en combinación con tensoactivos aniónicos.

Los **alcoholes etoxilados** son tensoactivos no iónicos muy comunes en las formulaciones de limpiadores multiusos. Los alcoholes pueden provenir del petróleo o ser de origen vegetal, no obstante, involucran reacciones con óxido de etileno que es derivado del petróleo. Existe una gran variedad de AEO's, el rango de longitud de cadena con valores entre 12 a 18 carbonos resulta ser el óptimo con respecto a la detergencia.

Los **alquilfenol etoxilados** (APEO), son todavía muy usados en la industria de los limpiadores multiusos, el más común es el nonilfenol etoxilado. Sus principales ventajas son su alta efectividad particularmente en combinación con LAS y su bajo costo. Forman poca espuma y dado que son no iónicos, son compatibles con los tensoactivos

catiónicos. Sin embargo ya han sido prohibidos en Europa y Canadá y su uso se está disminuyendo en EU por sus potenciales efectos negativos sobre los seres vivos.

Las **alcanolamidas** de ácidos grasos son muy usadas en combinación con oros tensoactivos, siendo la más común la dietanolamida de coco. Estas regulan la formación de espuma e interactúan con las sales inorgánicas presentes en solución por lo que se precipitan a altas durezas de agua,

Los **óxidos de aminos grasas** (FAO), son también, comunes en los limpiadores, pero principalmente como aditivos en bajas cantidades ya que son compatibles con todos los tensoactivos, y mejoran el desempeño de los tensoactivos principales.

Los **tensoactivos catiónicos** son usados solo en algunas aplicaciones específicas y en sistemas complejos ya que por su capacidad de adsorberse en la mayoría de las superficies no son efectivos para el proceso de limpieza.

Los tensoactivos catiónicos más comunes son las sales de amonio cuaternario, las sales de amonio cuaternario polietoxiladas y las sales de alquilpiridinio.

6.1.2 COADYUVANTES

Los ingredientes conocidos como “builders” o coadyuvantes, incluyen una gran variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas cuya función es incrementar el desempeño de los tensoactivos, es decir, el desempeño de los ingredientes activos o columna vertebral de la formulación.

Estos se usan también, para estabilizar el pH de la formulación, suavizar el agua con la que entran en contacto removiendo el calcio y otros iones metálicos, así como para incrementar, reducir o mantener la espuma generada por el detergente una vez aplicado.

La siguiente lista muestra los builders más comunes encontrados en las formulaciones detergentes:

Tabla 6.2 Coadyuvantes más comunes en los detergentes.

Coadyuvantes más comunes en los detergentes			
Ácido acético	Clorato de calcio	Hidróxido de calcio	Hidróxido de sodio
Metasilicato de sodio	Bicarbonato de sodio	Carbonato de sodio	Silicato de potasio
Carbonato de calcio	Sulfato de sodio	Ácido cítrico	Sesquicarbonato Na
Hidróxido de potasio	Sulfato de Magnesio	Dietanolamina	Tripolifosfato de Na
Silicato de sodio	Bisulfato de sodio	Cloruro de sodio	Pirofosfato de tetra K
Trietanolamina	Citrato de sodio	Trisodio fosfato	Bisulfito de sodio
Monoetanolamina	EDTA y DTPA	Hidróxido de potasio	Cloruro de calcio

En la actualidad existen muy pocas formulaciones detergentes que todavía contienen fosfatos, su aplicación ha caído en desuso debido a las implicaciones ambientales.

Los ácidos como el acético y las bases como la sosa, se usan para ajustar el pH de la solución detergente, esto debido a que los tensoactivos poseen generalmente un pH distinto de 7 debido a sus características químicas o a los procesos por medio de los cuales son fabricados.

La formulación final de un detergente debe tener un pH adecuado a su aplicación, por ejemplo un limpiador de escusados, generalmente posee un pH muy básico. En el caso de los detergentes con los que los usuarios tienen contacto directo, se procura un pH ligeramente ácido en las formulaciones, dadas la características de la piel humana (de pH ácido), que se ve afectada por las sustancias alcalinas.

El pH tiene implicaciones muy importantes en las características de la formulación, como el efecto en la viscosidad.

Las sales, se usan principalmente para modificar la viscosidad del producto. Al tratarse de sustancias iónicas, estas son capaces de interactuar con todas las especies solubles afectando en gran medida las propiedades fisicoquímicas de las formulaciones. Por ejemplo, la modificación del "cloud point", el aumento o disminución de la viscosidad de acuerdo a la cantidad de sal agregada, la disminución del desempeño, la modificación de las propiedades espumantes, etc.

El etilendiamin tetraacetato de sodio (EDTA), es una sal quelante o acomplejante muy fuerte, ya que captura los iones metálicos que pueden causar descomposición del producto o una vez aplicado, actúan de la misma manera asegurando que el desempeño del producto será el mismo, por ejemplo cuando se usa agua dura para diluir el producto.

El citrato de sodio se usa en algunos casos para actuar de la misma manera que el EDTA. El nitrilo acetato (NTA) es otro agente quelante usado en algunos países, en la formulación de detergentes, sin embargo, tras demostrarse su acción cancerígena, ya ha sido prohibido en Estados Unidos.

El EDTA ha sido mal visto en algunos países debido a su capacidad para movilizar metales pesados como el cadmio o el plomo, los cuales pueden llegar a los cuerpos de agua transportados por esta sustancia. Las pruebas de biodegradabilidad, muestran que el EDTA tiene una degradación pobre, después de 19 días solo se presenta un 10% de degradación en condiciones aerobias, en condiciones anaerobias prácticamente no se presenta degradación, es por esto que algunas formulaciones sustituyen esta sustancia por otros agentes quelantes como el citrato de sodio.

Los detergentes líquidos contienen sustancias que promueven la solubilidad de los ingredientes poco afines al agua, conocidas como hidrótropos, que actúan incrementando la solubilidad de los tensoactivos, de esta manera previniendo que el producto se separe en distintas fases y permitiendo un mayor control de la viscosidad del producto.

Los hidrótropos más comunes incluyen sulfonatos aromáticos de cadena corta como los sulfonatos de cumeno, de xileno y de tolueno, alcoholes de bajo peso molecular y éteres de polietilenglicol. Usualmente se encuentran en bajas concentraciones, ya que la economía del producto se ve especialmente afectada debido a su precio relativamente alto. Las empresas buscan reducir el contenido de estas sustancias.

Algunos de los coadyuvantes más comunes, son particularmente irritantes en contacto con la piel, los ojos, las mucosas y los pulmones. Estos incluyen al sulfato y al hidróxido de sodio.

Otros coadyuvantes como el citrato de sodio que también es usado como aditivo en los productos alimenticios o el metasilicato de sodio que es básicamente inerte, resultan inofensivos a la salud humana.

Existen ingredientes ayudan a mejorar el desempeño del producto acelerando los procesos de degradación de la suciedad. En los detergentes para ropa, se han incluido cócteles de enzimas durante los últimos años lo cual permite al detergente degradar grasas y proteínas adheridas a las fibras para finalmente eliminarlas por el mecanismo convencional.

Después de los tensoactivos, los coadyuvantes, son las sustancias que se encuentran en mayor concentración en la formulación de un detergente. Por lo tanto, su ciclo de vida debe ser tomado en cuenta en el proceso de formulación.

6.1.3 SOLVENTES

En un detergente líquido, los solventes tienen la función de mantener homogéneamente mezclados a todos los componentes y participar en el proceso de limpieza al solubilizar la suciedad.

Generalmente se emplea agua como solvente en la mayoría de los detergentes líquidos, debido a su precio y sus características fisicoquímicas. Sin embargo existen algunos productos basados en otros solventes.

Tabla 6.3 Solventes encontrados en los detergentes.

Solventes encontrados en los detergentes			
Etanol	Acetona	Aceite mineral	Nafta
Tolueno	Amonio	Aceite de almendra	Etilenglicoles
Aceite de pino	Aceite de menta	Propilenglicoles	Aceite de eucalipto
Butoxietanol	Aceites cítricos	Glicerina	Metoxi-2-propanol
Glicol éteres	Xileno	Aceite de lavanda	Xileno
Tricloro etano	Diglicol	Dimetoxi metano	Hexilenglicol

Algunos solventes pueden controlar la volatilidad de algunos ingredientes del producto como la fragancia, estos solventes incluyen alcoholes, como el etanol o el isopropanol.

Algunos detergentes especiales vienen en presentaciones como spray y están diseñados para efectuar una limpieza directa, algunas veces contienen solventes como el etilenglicol siendo el más común el 2-butoxietanol.

Existen solventes que tienen propiedades activas en la formulación, como es el caso del aceite de pino, que es empleado en cantidades muy variables dependiendo de la formulación. En concentraciones cercanas al veinte por ciento, es germicida, mientras que en concentraciones mucho más bajas en otros productos, es únicamente empleado como fragancia.

El d-limoneno, es un terpeno que, en cantidades altas en la formulación, es decir, como solvente, confiere propiedades desengrasantes, por el otro lado, si se incluye en concentraciones muy bajas, tiene la función de una fragancia.

6.1.4 ANTIMICROBIALES

Los antimicrobiales son sustancias que se incluyen en la formulación, para eliminar bacterias, hongos y mohos en las superficies y para evitar que el producto se contamine, por lo tanto, si se usan en pequeñas cantidades, cumplen el rol de preservativos.

Los antimicrobiales encontrados en los detergentes, se pueden clasificar en distintas categorías, dependiendo su mecanismo de acción, todos encaminados, por supuesto a eliminar los microorganismos o impedir su reproducción:

- *Compuestos de amonio cuaternario*
- *Biguanidas*
- *Anfotéricos*
- *Alcoholes*
- *Oxidantes*

- *Aldehídos*
- *Derivados de fenol*

Ya que un detergente, se enfrenta a distintos tipos de microorganismos, es imposible usar antimicrobiales específicos. Por lo tanto, los antimicrobiales usados tienen una acción más bien corrosiva, lo cual los hace también dañinos al cuerpo humano en grandes concentraciones.

La siguiente tabla muestra los antimicrobiales más comunes de todos los tipos encontrados en los detergentes:

Tabla 6.4 Antimicrobiales más comunes en los detergentes.

Antimicrobiales más comunes en los detergentes	
Etanol	Alcohol bencílico
Propanol	Aceite de pino
DMDM hidantoina	Izotiazolinonas
Hipoclorito de calcio	Cloruro de dialquil dimetil amonio
Cloruro de alquil dimetil bencil amonio	Cloruro de alquil dimetil etilbencil amonio
Gluataraldehído	p-Cloro, o-bencil fenol
o-Fenil fenol	Hipoclorito de sodio
Dicloro-s-triazinatriona de sodio	Tricloro-s-triazinatriona de sodio
Formaldehído	Glioxal
Acido triclorocianúrico y sus sales	Perborato de sodio + activador
Acido peroxiftálico	Oligo hexameten biguanida

Los tensoactivos catiónicos, también se usan como antimicrobiales. En algunos limpiadores multiusos es común encontrar compuestos de amonio cuaternario, sin embargo su aplicación es limitada debido a que interactúan con los tensoactivos aniónicos reduciendo el desempeño de la formulación.

El hipoclorito de sodio y los compuestos fenólicos son también comunes, aunque su uso se ha visto reducido en los últimos años.

Como se ha mencionado antes, existen detergentes en donde una sustancia juega el papel de antimicrobial y fragancia, como es el caso del aceite de pino el cual tiene propiedades antisépticas por ser un compuesto fenólico.

La DMDM hidantoina es ampliamente usada en varios tipos de formulaciones detergentes como preservativo, el mecanismo de acción de esta sustancia consiste en liberar formaldehído con el paso del tiempo, eliminando cualquier microorganismo presente.

Para las empresas, es de gran importancia conocer el funcionamiento y los peligros que implica el uso de agentes antimicrobiales en sus formulaciones. La Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), regula estas sustancias tratándolas como pesticidas y requiere que todos los productos que contengan ingredientes activos con propiedades antimicrobiológicas, sean mostrados en la etiqueta aún así se encuentren en concentraciones muy bajas.

Aunque algunas encuestas a los consumidores en Estados Unidos han encontrado que estos están en contra del incluir agentes antimicrobiales en las formulaciones, ya que no son esenciales para el funcionamiento de los detergentes, estos conceden beneficios importantes para el producto que muchos otros consumidores encuentran indispensables.

Los agentes antimicrobiales, reducen los niveles de bacterias y de virus que pueden transmitirse fácilmente entre las personas por el contacto con las superficies duras, particularmente donde se prepara la comida, en el transporte público y en los baños.

6.1.5 FRAGANCIA COLOR Y OTROS INGREDIENTES

Además de los tensoactivos, builders, solventes y antimicrobiales, existen otros ingredientes en las formulaciones detergentes líquidas que no pueden ser clasificados dentro de esas categorías, estos ingredientes son usados principalmente para modificar la apariencia de los productos y así mejorar la experiencia de los

consumidores al usarlos. Por lo general se encuentran en muy bajas concentraciones en la formulación.

Estos ingredientes son los colorantes, las fragancias, los agentes espesantes y todos los ingredientes que den un “plus” a la formulación.

Estos ingredientes son inútiles para el funcionamiento del producto, pero curiosamente, están dentro de los factores más importantes (además del precio y la marca) cuando un consumidor se decanta por la compra de algún producto. Por supuesto, a final de cuentas es el desempeño el que finalmente hace decidir al consumidor cual es el producto que le ofrece el mayor grado de beneficio.

Las fragancias son por lo general mezclas multicomponente de varias esencias de origen natural o sintético. Las sustancias que aportan el color pueden ser derivados de pigmentos metálicos u orgánicos o de colorantes orgánicos, aunque los pigmentos son preferibles ya que al encontrarse dispersos en la solución, su degradación es muy lenta.

Todos los ingredientes que mejoren la estética del producto se incluyen en esta sección, tal es el caso de los agentes perlescentes, las microesferas, etc. Otros ingredientes que mejoran la imagen del producto, pueden ofrecer beneficios para el usuario como en es el caso del aloe vera o la vitamina E, que prometen cuidar las manos.

6.2 INGREDIENTES ACTIVOS ^{6;7;23;34}

Existe una gran variedad de tensoactivos en el mercado, por ende, infinidad de posibilidades para la formulación. En muchos casos, los tensoactivos con los que se llevará a cabo el proceso de formulación del nuevo detergente, se pueden elegir sin necesidad de hacer una experimentación e investigación exhaustiva, tras un análisis de costos, disponibilidad y conveniencia.

Una vez elegidos los tensoactivos para la formulación, se lleva a cabo el diseño de experimentos, cuya finalidad es determinar cuál es la proporción necesaria de cada ingrediente activo para lograr las características deseadas del producto como buena detergencia, baja cmc, buena estabilidad, robustez, biodegradabilidad, propiedades espumantes, etc. Un diseño de experimentos de mezclas es el enfoque más adecuado para comenzar a formular la columna vertebral del detergente.

En la mayoría de los detergentes, el tensoactivo aniónico es el que se encuentra en mayor proporción y se le denomina tensoactivo primario, el tensoactivo secundario, puede ser de carácter no iónico o anfotérico y tiene como función aumentar el desempeño del sistema al crear sinergia. Lo anterior no necesariamente implica que las formulaciones con mejor desempeño deban tener tensoactivo aniónico como tensoactivo primario.

6.2.1 ELECCIÓN DE TENSOACTIVOS

El desempeño de un tensoactivo, no es el factor determinante al elegir entre los candidatos potenciales para una determinada aplicación. Como se ha mencionado anteriormente, los factores económicos, regulatorios, energéticos, ecológicos, etc. son decisivos.

Generalmente, el departamento de desarrollo, conoce los precios de las materias primas así como la regulación en la región donde se introducirá el producto. Gracias a

esto, se puede establecer desde un principio, los ingredientes a los que el producto estará restringido así como su concentración máxima permisible por razones de costos.

Una vez conocidos los productos disponibles en el mercado, se debe analizar la aplicación. De esta manera se determinará qué tipo de ingredientes crearán el efecto deseado con base en su funcionalidad química, consultando información reportada en los textos científicos, por la experiencia del formulador o de la compañía, o bajo el consejo de los proveedores.

Con el fin de evitar perder tiempo en la elección de los tensoactivos y en pruebas de ensayo y error, se debe conocer:

- La aplicación para la que estará destinado el producto y los procesos superficiales e interfaciales que deberán ser controlados.
- Las propiedades fisicoquímicas de los tensoactivos.
- Las relaciones e interacciones y efectos entre los tipos de tensoactivos disponibles.
- Los requerimientos de compatibilidad fisicoquímica y biológica del sistema
- Cualquier información en materia regulatoria, de toxicidad y de impacto ecológico disponible.
- La aceptación del público con respeto a determinado ingrediente

Cuando se determinan los tensoactivos específicos a probar, se lleva a cabo un análisis experimental, para determinar las concentraciones relativas de cada tensoactivo que producen el mejor desempeño y además que cumplen una serie de restricciones como estabilidad, consistencia, costo, etc.

El tensoactivo que se usa en mayor proporción se conoce como el tensoactivo primario y por lo general es de carácter aniónico. Esto se debe, a que en el proceso de limpieza,

la solubilización de la grasa y la dispersión de materia sólida, es indispensable y solo los tensoactivos aniónicos son capaces de hacerlo eficazmente, gracias a sus partículas de cargada negativa.

Como tensoactivo secundario, los tensoactivos anfotéricos, además de participar en el proceso de limpieza, son capaces de construir viscosidad al modificar la microestructura de las fases micelares.

Algunos tensoactivos no iónicos, como los alcoholes etoxilados, aumentan en gran medida la efectividad del sistema, al ser capaces de solubilizar la suciedad aceitosa, sin embargo, son casi incapaces de dispersar la suciedad particulada, además reducen la espuma. En cambio, otros tensoactivos no iónicos, como los APG's, son muy buenos agentes espumantes, pero muy mal desengrasantes.

En algunas aplicaciones se usan tensoactivos catiónicos como tensoactivos terciarios, en mucha menor concentración, con el fin de aumentar aún más la efectividad del sistema en el caso de detergentes. En aplicaciones de cuidado personal, el tensoactivo catiónico es necesario para facilitar el enjuague y para dar un efecto de suavidad actuando como acondicionador. Estos tensoactivos también presentan actividad antimicrobiana.

En aplicaciones de alto desempeño, se usan sustancias básicas como la sosa o el carbonato de calcio como activos, dada la dificultad de la suciedad a la que se enfrentan. Este es el caso de los limpiadores de baños y de las pastas detergentes. Los fosfatos cumplen con la misma función, sin embargo han sido eliminados ya que contribuyen a la eutrofización de los sistemas acuíferos.

Los tensoactivos, poseen nombres comerciales distintos dependiendo del proveedor. Estos se venden en combinación con sustancias traza debido al proceso de producción, de hecho, los tensoactivos comerciales son mezclas de moléculas que tienen una distribución de peso molecular, de etoxilación etc., pero técnicamente la misma sustancia.

Un ejemplo interesante, es el tensoactivo comercial más vendido del mercado, el LAS. Los proveedores venden un producto que contiene moléculas con longitud de cadena diferente a doce carbonos además de alcoholes grasos no sulfatados y ácido no reaccionado. La presencia de sustancias no deseadas en los tensoactivos varía de proveedor a proveedor e incluso de lote a lote por lo que se debe analizar constantemente la composición de la materia prima cuando el producto ya se ha puesto en producción.

Espuma	Tensoactivos anfotéricos y aniónicos generan la mayor cantidad de espuma. Los no iónicos son de bajos a medios formadores de espuma.
Mojado	Los tensoactivos aniónicos son excelentes, seguidos por los no iónicos. Los catiónicos son generalmente malos.
Emulsificación	Los tensoactivos no iónicos lideran esta categoría seguidos por los aniónicos y los anfotéricos, los tensoactivos catiónicos son malos emulsificantes.
Detergencia	Los tensoactivos no iónicos, anfotéricos y aniónicos presentan de buena a excelente detergencia.
Irritación en la piel	Los tensoactivos anfotéricos son considerados poco irritantes mientras que los demás son considerados de irritantes medios a severos.
Compatibilidad	Los no iónicos y anfotéricos son generalmente compatibles con todos los otros tensoactivos. Los aniónicos y catiónicos son incompatibles.

Tabla 6.5 Comparación de tensoactivos en aspectos importantes en un detergente

6.2.2 INTERACCIONES ENTRE TENSOACTIVOS

Las interacciones entre tensoactivos determinan, en gran parte, el desempeño y apariencia del producto así como su estabilidad. Estas son el factor más importante a tomar en cuenta al elegir los tensoactivos de una formulación detergente. Raras veces se usa un solo tensoactivo en una formulación detergente (suele suceder en el caso de limpiadores con baja concentración de activo).

La sinergia, se puede definir como la interacción de dos o más sustancias de tal manera que el efecto de su mezcla es mayor al de la suma de los efectos individuales. Para los tensoactivos, el grado de sinergismo crece con el grado de diferencia en carga, por ejemplo, la sinergia entre dos tensoactivos aniónicos, es menor a la sinergia de un tensoactivo aniónico y uno no iónico, por lo tanto, el mayor grado de sinergismo se da entre los tensoactivos catiónicos y los aniónicos.



Figura 6.1 Sinergismo entre los tensoactivos.

Los tensoactivos aniónicos son los principales actores en el proceso de limpieza, se encuentran en mayor proporción e interactúan formando agregados moleculares como las micelas, que son capaces de emulsificar la grasa. También, gracias a su carga ayudan a que la suciedad particulada no se redeposite en el sustrato.

Es posible combinar distintos tensoactivos aniónicos para mejorar la efectividad del sistema, eso se logra al modificar la configuración de las micelas haciéndolas más eficientes para emulsificar la grasa. Dichas mezclas poseen mayor actividad superficial.

Los tensoactivos no iónicos tienen efectos muy deseables en la formulación, pueden actuar como controladores de espuma y como desengrasantes. Algunos estudios han demostrado que algunas mezclas de diferentes tensoactivos no iónicos presentan sinergia. Sin embargo, para un detergente, es indispensable la adición de tensoactivo aniónico, debido a que los no iónicos son incapaces de dispersar las partículas sólidas.

La presencia de un tensoactivo iónico en una solución con tensoactivo no iónico, resulta en un aumento del “punto de enturbiamiento” del tensoactivo no iónico, incluso hasta el punto de eliminarlo. Esto debido a la formación de micelas mixtas que incrementan la solubilidad y estabilidad de los tensoactivos no iónicos a mayores temperaturas

Los tensoactivos anfotéricos interactúan con los aniónicos en gran medida. Los cambios estructurales en las micelas provocan, en la mayoría de los casos, un aumento en la viscosidad además de un leve aumento en el desempeño de producto.

El tipo de interacción más fuerte y radical se da entre los tensoactivos aniónicos y los catiónicos, los cuales, forman complejos al mezclarse en solución, precipitándose en la mayoría de los casos.

Sin embargo, estudios han demostrado que no solo es posible mezclar tensoactivos catiónicos y aniónicos, sino también, crear mezclas con propiedades sinérgicas. Esto se logra determinando las concentraciones y métodos de adición adecuados para evitar que se produzca la precipitación y en su lugar, promoviendo la formación de micelas mixtas de tensoactivos catiónicos combinados con aniónicos.

Las mezclas de tensoactivos catiónicos y aniónicos presentan propiedades únicas como cmc 's más bajas que las de los tensoactivos puros, tienen mayor actividad superficial y además pueden producir micro estructuras especiales (que no se forman en otros sistemas) que aumentan el desempeño del detergente, además, se pueden llegar a formar agregados pseudo anfotéricos o pseudo no iónicos.

Para distintas mezclas de tensoactivos catiónicos y aniónicos a varias concentraciones, se tiene que entre más simétrico sea el sistema, es decir, entre más se parezcan las longitudes de cadena de ambos tipos de tensoactivos, la región de precipitación será mayor.

Generalmente, cuando se tienen mezclas de tres o más tensoactivos, la cmc de la mezcla estará en un valor entre la cmc del tensoactivo más eficiente y la del menos eficiente. El uso de mezclas de distintos tensoactivos en sistemas detergentes, debe verse como el principal método para obtener un desempeño óptimo.

Varios estudios han determinado que las soluciones de tensoactivos con concentraciones muy por arriba de su cmc, pueden presentar propiedades fisicoquímicas que indican la presencia de varios grados de estructuras distintas al arreglo micelar simple. Dichos cambios de estructura se manifiestan con cambios abruptos en la viscosidad, conductividad y otros fenómenos de transporte.

Para soluciones de tensoactivos aniónicos típicos, las micelas presentan un aspecto esférico sobre un rango amplio de concentración encima de la cmc, sin embargo, al incrementar la concentración, se forman agregados en forma de cilindros alargados.

Finalmente, a concentraciones alrededor del 20% en peso, puede aparecer una fase birrefringente y muy viscosa conocida comúnmente como cristal líquido o fase lamelar, ya que presenta cierto grado de orden al menos en una dimensión, aunque no es verdaderamente cristalina. Se ha encontrado que los tensoactivos catiónicos también son propensos a sufrir alteraciones estructurales en solución.

En general, el comportamiento de fases de los tensoactivos no iónicos, es más sensible a la estructura de la molécula que para los tensoactivos iónicos. En soluciones puras, se pueden encontrar no solo fases hexagonales y lamelares comunes, sino una o varias mas fases liquidas isotrópicas como micelas en forma de disco, debido a los requerimientos estéricos de los grupos hidratados.

La información sobre las fases que presentan los tensoactivos a distintas concentraciones, pueden ser consultadas en diagramas. La estabilidad del sistema detergente, dependerá en gran parte de las estructuras micelares formadas.

La forma en que se empaquetan los tensoactivos en solución, determinan algunas propiedades importantes del sistema, como su capacidad de emulsificación y su reología.

El parámetro de empaquetamiento crítico, ayuda a calcular la forma que tendrá la estructura micelar de un tensoactivo particular:

$$p = \frac{v}{a_0 l_0} \quad (6.1)$$

Donde v , es el volumen de la cadena hidrofóbica; α , es el área transversal de la cabeza hidrofílica; y l es la longitud de la cadena hidrofóbica.

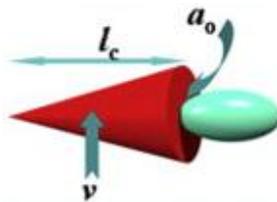


Figura 6.2 Geometría de un tensoactivo.

De acuerdo al valor de este parámetro se tendrán las siguientes formas de empaque micelar:

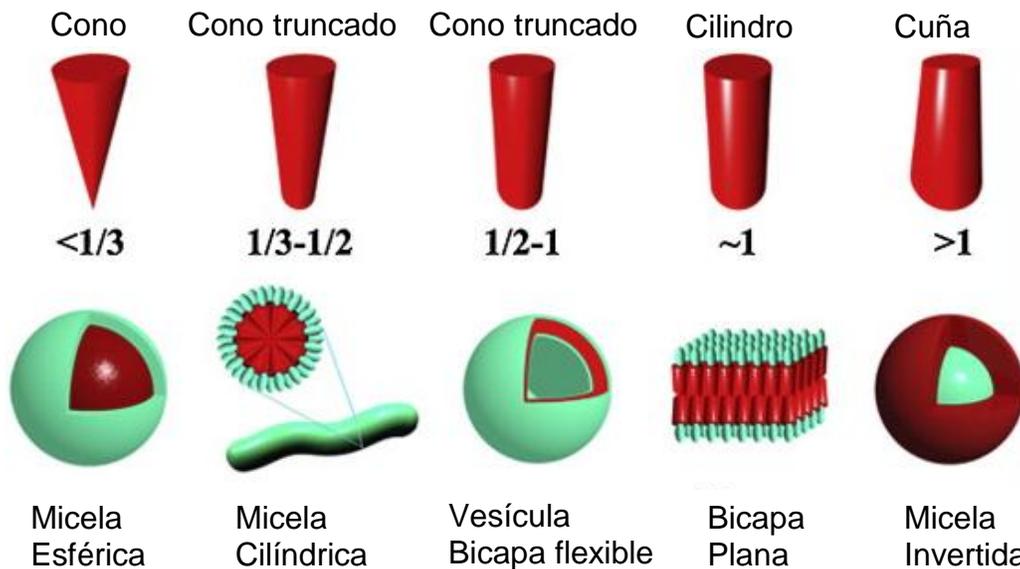


Figura 6.3 Estructuras micelares formadas dependiendo la geometría de los tensoactivos.

El empaquetamiento, se ve afectado por varios factores como la temperatura, el tipo de solvente, si existe más de un tensoactivo, los electrolitos y no electrolitos en el sistema, etc.

6.3 INGREDIENTES SECUNDARIOS ⁴¹

Una vez que se ha determinado la composición de la columna vertebral del detergente, se deben controlar las propiedades fisicoquímicas del sistema mediante la adición de los ingredientes secundarios. Estos pueden o no incrementar la eficiencia del sistema o incluso pueden comportarse como ingredientes activos. Estos ingredientes incluyen a los coadyuvantes, los hidrótropos, estabilizadores, preservativos, antimicrobiales etc. y por supuesto, varían de aplicación a aplicación.

Muchas veces es necesario llevar a cabo diseños de experimentos de mezclas para formular la base del detergente completamente, ya que los ingredientes secundarios, si bien se agregan en muy bajas proporciones con respecto a los activos para la mayoría de los detergentes, influyen en gran medida sobre las propiedades del sistema. Una vez determinada la formulación de la base, es posible optimizar el uso de los ingredientes secundarios por medio de diseños de experimentos factoriales.

Si se ve desde un punto de vista práctico, la mayoría de estos ingredientes, son innecesarios para el producto, por lo que su uso debe tratar de minimizarse lo más posible. De hecho, en algunos de los países más avanzados en materia de regulación, se prohíbe el uso de muchos de los ingredientes secundarios por considerarse innecesarios aunado a sus posibles efectos adversos en el medio ambiente.

Por el lado económico, la forma inmediata de reducir costos en muchos productos detergentes es reduciendo la concentración de los ingredientes secundarios en la formulación o intercambiándolos por otros ingredientes de menor costo y con efectos parecidos.

Como los costos de estos ingredientes varían de región a región al igual que los de los tensoactivos, se debe tomar en cuenta su disponibilidad y la fluctuación los precios antes de elegirlos.

A medida que se agregan más componentes a un sistema detergente, las interacciones se vuelven más complejas, sobre todo en los sistemas concentrados. Los ingredientes que suelen tener mayor impacto en la estabilidad, son los electrolitos, los hidrótropos y los polímeros.

6.3.1 ELECTROLITOS EN EL SISTEMA

Los electrolitos, son sustancias que se disuelven generando iones libres dando a la solución propiedades de conductividad. Debido a su carga, estos interactúan fuertemente con las demás moléculas que poseen cargas o dipolos.

El nivel de interacción de estos ingredientes con los tensoactivos, depende de la naturaleza del electrolito, por ejemplo el cloruro de sodio, presenta interacciones más débiles que el hidróxido de magnesio. Con el cloruro de sodio, se puede controlar fácilmente la viscosidad de la formulación, sin embargo los iones bivalentes se precipitan en presencia de algunos tensoactivos como los óxidos de amina, además es bien sabido que el desempeño de un detergente disminuye importantemente con el aumento en la dureza del agua.

Las sales afectan la solubilidad de los tensoactivos en agua ya que neutralizan o apantallan las carga. Estas también afectan las microestructuras de fases, razón por la cual, se usan para controlar la viscosidad en los productos.

El mecanismo de acción de iones monovalentes consiste en la alteración de la curvatura en los empaques micelares de tensoactivos, lo cual promueve la formación de estructuras tipo barra o cilíndricas. Mientras que algunos iones bivalentes promueven la formación de bicapas de tensoactivo y posteriormente vesículas (si no es que se forman precipitados).

Al agregar sales a un sistema de tensoactivos, se observa un fenómeno importante. Al aumentar la concentración de sal, se llega a un máximo de viscosidad, para luego disminuir tras un mayor aumento en la concentración hasta llegar a un mínimo. La siguiente figura muestra una esquematización de este efecto:

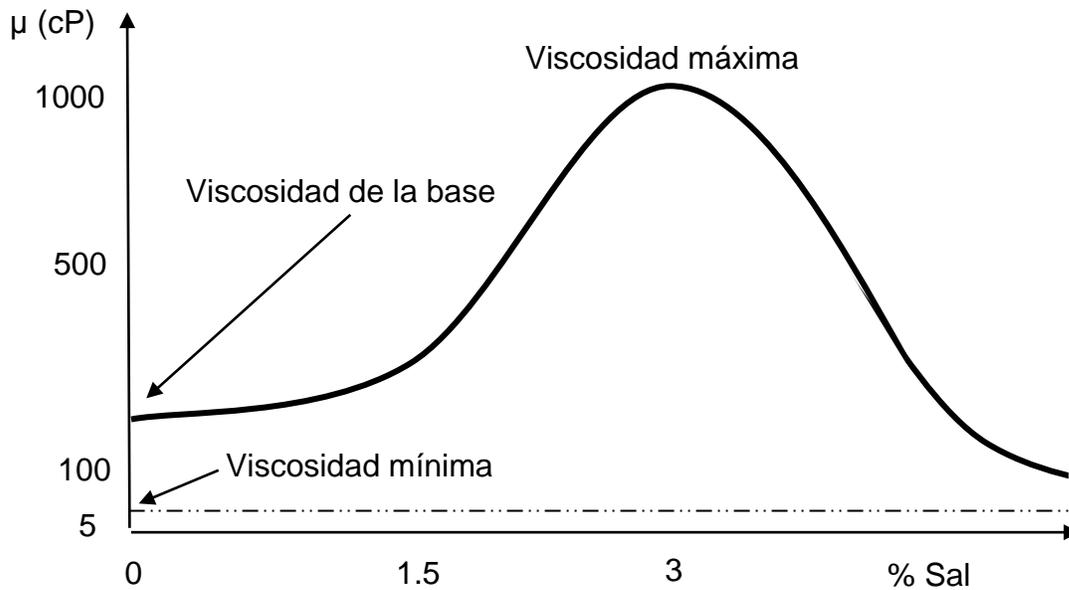
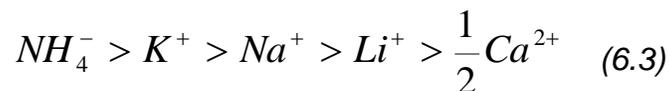
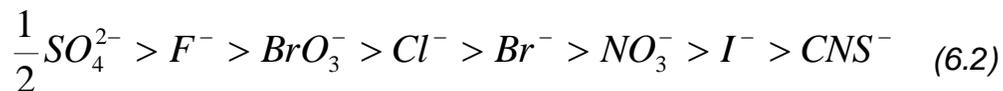


Figura 6.4 Efecto de la sal en la viscosidad del sistema.

Los iones monovalentes suelen disminuir la cmc de los tensoactivos o del sistema al reducir la solubilidad de las moléculas de tensoactivo libres en solución, este fenómeno, incrementa la eficiencia del sistema. La disminución en la cmc se puede calcular por medio de relaciones empíricas.

La efectividad de un ion dado para alterar el proceso de micelización, está relacionado con su radio de hidratación, siendo la contribución de los aniones y los cationes, aditiva. En general, entre menor sea el radio de hidratación del ión, el efecto sobre la cmc será mayor. El orden aproximado de efectividad en la reducción de la cmc para aniones y cationes en soluciones detergentes es el siguiente:



Para tensoactivos no iónicos y anfotéricos, el efecto de la adición de sales no es tan dramático debido a que las variaciones en la cmc se dan más bien por cambios en las propiedades del solvente.

Se ha encontrado que cuando las sales de tetra alquilamonio de los tensoactivos catiónicos están presentes, se da un incremento en la cmc del sistema en el siguiente orden:



Otra característica interesante del efecto de las sales en el sistema, es que pueden impedir la formación de geles en formulaciones concentradas tras una disminución en la temperatura. Sin embargo, cuando las concentraciones de sal aumentan, la temperatura Krafft del sistema aumenta, por lo que se deben balancear los efectos y no abusar del uso de sales para el control de estas propiedades.

Las sales no deben exceder cierta concentración en la formulación dependiendo el sistema por estas razones y por otros factores como el aumento en la densidad del producto, generalmente, a mayores densidades menores ganancias.

6.3.2 NO ELECTROLITOS EN EL SISTEMA

Los hidrótopos aumentan la solubilidad de los tensoactivos en el agua, se trata de moléculas orgánicas polares de cadena corta como el alcohol etílico o derivados del benceno como el cumeno, tolueno, xileno, etc. Su presencia incide directamente en la disminución de la viscosidad y en el aumento de la estabilidad del sistema.

Aunque promueven la solubilidad de los tensoactivos, la presencia de alcoholes de cadena corta como el etanol u otras sustancias polares como acetona, dioxano y compuestos relacionados, pueden llegar a reducir significativamente el poder solubilizante de los tensoactivos, al incrementar su cmc de tal manera que la micelización puede llegar a verse inhibida.

En cambio, la adición de alcoholes de cadena larga y fenoles a un sistema con tensoactivo aniónico, provoca una reducción en la curvatura de la micela debido al efecto de espaciado, lo cual incrementa la capacidad de poder admitir más material no polar solubilizado en su interior. Esto es de gran importancia, sobre todo en sistemas

donde se tiene que solubilizar una gran cantidad de material no polar, como es el caso de los limpiadores multiusos.

Estas sustancias se pueden empaquetar entre las moléculas de tensoactivo de mayor tamaño, disminuyendo la constante dieléctrica efectiva de la solución en el área de los grupos cargados, ayudando a aislar de alguna manera las cargas vecinas.

La presencia de alcohol mono hídrico, puede llevar a la aparición de estructuras lamelares ordenadas e incluso se pueden formar fases isotrópicas donde el alcohol funge como solvente secundario.

Estos alcoholes actúan como co-tensoactivos en la formación de micro emulsiones, favoreciendo la adsorción en las interfases. La capacidad de moderar las interacciones electrostáticas y estéricas entre las cabezas de los tensoactivos, resulta en una capa interfacial más densamente empaquetada, es decir un valor mucho mayor de Γ , haciendo posibles tensiones superficiales muy bajas y aumentando la movilidad de la capa interfacial.

6.3.3 POLÍMEROS EN EL SISTEMA

En muchos productos detergentes, están presentes materiales poliméricos naturales o sintéticos y cumplen con varias funciones dependiendo de la aplicación y el sistema. Muchos polímeros usados son anfífilicos por lo que se debe considerar su actividad superficial para predecir sus efectos en la formulación.

Los polímeros en las formulaciones pueden tener función de espesantes, estabilizadores, aglutinantes, etc. Algunos de los polímeros más usados provienen de fuentes naturales como es el caso de la carboximetil celulosa, un polímero que funciona como espesante para controlar la viscosidad de formulaciones con bajo contenido de activo.

Los tensoactivos poliméricos, funcionan en principio, de la misma manera que los tensoactivos monoméricos, la principal diferencia es por supuesto, la gran masa

molecular de los polímeros lo cual supone conformaciones estructurales más complejas en solución lo cual tiene implicaciones energéticas y cinéticas importantes.

Las interacciones entre los polímeros y los tensoactivos han sido objeto de gran estudio en los últimos años. Estas interacciones se pueden dar entre moléculas de tensoactivo y la cadena polimérica o en forma de complejos agregados como los agregados premicelares o submicelares, cristales líquidos y fases bicontínuas.

Los tensoactivos del sistema se pueden adsorber en las cadenas poliméricas, lo cual sirve para dar estabilidad al sistema y para controlar variables como la viscosidad. Los polímeros son un buen recurso para tomar en cuenta al explorar soluciones novedosas a problemas que surgen en las formulaciones.

6.3.4 CONTROL DEL pH

El control del pH en el producto, es de suma importancia por cuestiones de calidad, salud, funcionalidad y de estabilidad del sistema detergente. El pH del producto puede variar dependiendo la aplicación, para detergentes, el intervalo va de un pH desde 3 hasta 12. El pH de una formulación se define en el proceso de desarrollo de acuerdo a su aplicación, es decir, el pH será aquel que permita el correcto desempeño y estabilidad del sistema para determinada aplicación.

Generalmente, los limpiadores tienen pH ácidos, por las características de las suciedades a las que se enfrentan. Los detergentes que entran en contacto con la piel humana, deben tener un pH muy cercano al 7 o dentro del rango de 6.5 a 7.5, con el fin de evitar afectaciones en la piel. Por otro lado, algunos detergentes de gran poder como los limpiadores para baño, tienen valores de pH muy altos, lo que es necesario para un buen desempeño.

La mayoría de las veces, es necesario ajustar el pH del producto dentro de especificación. Esto debido a que las materias primas, es decir los tensoactivos, poseen valores de pH alejados de la neutralidad por las condiciones y los procesos en que se obtienen.

La mayoría de los tensoactivos aniónicos, poseen un pH básico, al tener residuos de bases o por las mismas características de sus grupos funcionales. Los tensoactivos anfotéricos pueden contener amoníaco, lo cual les confiere un pH básico. En cuanto a los tensoactivos no iónicos, por su naturaleza tienden a tener pH menos extremistas, sin embargo por cuestiones de preservación, se pueden agregar otras sustancias, este es el caso del APG al cual se le adiciona sosa en bajas concentraciones como conservador.

Algunos tensoactivos, se deben neutralizar para ser funcionales. Los ácidos alquilbencensulfónicos, deben hacerse reaccionar con sosa para obtener el alquilbencensulfonato de sodio, uno de los tensoactivos más usados del mundo.

Las sustancias usadas para ajustar el pH del producto, son naturalmente, ácidos o bases. Los ácidos pueden ser débiles como el ácido láctico o el cítrico, o fuertes como el ácido sulfúrico. En cuanto a las bases, es común emplear sosa caustica.

Los ácidos y bases débiles, pueden formar amortiguadores de pH lo cual puede servir para dar estabilidad al sistema, sin embargo, este efecto puede implicar el uso de una gran cantidad de ácido para alcanzar el pH deseado, lo cual puede afectar la estabilidad del sistema.

No se debe olvidar que una reacción de neutralización produce sales, mismas que, como se mencionó anteriormente, tienen un gran efecto sobre las propiedades del sistema. Se debe tomar en cuenta la cantidad de ácido o base necesaria para ajustar el valor dentro de especificación durante el proceso de formulación, para considerar el efecto de las sales producidas en el contenido de electrolitos final.

En cuanto a la actividad de los tensoactivos aniónicos, puede considerarse que el desempeño no se ve afectado en gran medida por las variaciones de pH, ya que la mayoría de estos son sales con largas cadenas de alquiles derivadas de sus ácidos fuertes. Cuando un tensoactivo se encuentra totalmente disociado o ionizado, la base o ácido en exceso, actúa simplemente como un electrolito neutro.

El valor de la cmc para las sales catiónicas de alquilamonio cerca o sobre su pK_b , se puede ver muy disminuido tras la adición de ácidos debido a su significativa sensibilidad al pH.

Para tensoactivos no iónicos, el pH no tiene efecto alguno en la cmc, sin embargo a valores de pH muy bajos, es posible que ocurra una protonación del oxígeno en los grupos éter de los tensoactivos etoxilados, lo cual impactaría importantemente en las propiedades del sistema.

Algunos tensoactivos anfotéricos, muestran sensibilidad al pH que se relaciona con los valores de pK de sus grupos sustituyentes. Los tensoactivos que contienen grupos carboxilo o amina se comportan como tensoactivos catiónicos a valores de pH bajos y como aniónicos a valores altos. Sin embargo, si el catión es una sal de amonio cuaternario, no hay sensibilidad al pH.

La viscosidad de la formulación se puede ver muy afectada por las variaciones de pH debido a los iones libres.

6.3.5 CONTROL REOLÓGICO

El control de la reología del producto es importante, sobre todo en formulaciones concentradas. La viscosidad final de un producto, se elige por varios factores, entre los más importantes están la apariencia, la funcionalidad y la estabilidad de los sistemas dispersos. Los consumidores pueden percibir un producto más viscoso como un mejor producto.

En cuanto a los factores de la formulación que afectan la viscosidad, el principal es, por supuesto, la concentración de activo. Cuando se tienen distintos componentes en el sistema, la viscosidad estará definida por la estructura de las fases que se formen. Como se ha mencionado anteriormente, los hidrótrofos y las sales así como los polímeros juegan el papel más importante en el control de las propiedades reológicas de un sistema detergente.

La viscosidad de los detergentes puede ir de valores muy cercanos a 1cP para productos de baja concentración, hasta valores de cerca de los 2000cP para productos concentrados.

Por lo general, entre más ingrediente activo tenga una formulación, la viscosidad será mayor, además la combinación de distintos tipos de tensoactivos, a veces, produce mayores viscosidades debido a cambios importantes en la estructura de fases micelares. En cambio, para productos poco concentrados como los limpiadores multiusos, los incrementos en la viscosidad se logran con la adición de polímeros solubles como la carboximetil celulosa o la goma de xantana.

Además de estabilizar o cambiar la viscosidad de una formulación, los modificadores reológicos en una formulación concentrada, permiten ajustar las propiedades del producto en función del esfuerzo cortante. Para el producto en reposo, es deseable una viscosidad alta con respecto a la que se tiene cuando se aplica presión para servir producto del envase, es decir, la viscosidad debe ceder tras una aplicación de presión, y luego recuperarse tras un tiempo, este fenómeno se conoce como tixotropía.

Los modificadores reológicos poliméricos, pueden actuar por mecanismos asociativos o no asociativos. Los agentes no asociativos, se refieren a que no existen interacciones con los tensoactivos, solo con el solvente, estructurando únicamente la fase continua y dando estabilidad cinética a la fase dispersa. Los agentes asociativos interactúan con los tensoactivos y generalmente lo hacen por mecanismos electrostáticos como extensiones de su parte hidrofóbica dando estabilidad fisicoquímica y estructural a la fase dispersa.

6.3.6 CONTROL DE ESPUMA ^{22;47}

La generación de espuma es un factor clave en los detergentes. La cantidad en que se forma y su persistencia dependen de cada aplicación. En un lavatrastes, por ejemplo, se busca la máxima generación de espuma con la mayor persistencia posible. En

cambio, para limpiadores multiusos, se busca una buena generación de espuma pero con una persistencia baja.

En una formulación detergente, la formación de espuma depende principalmente de los tensoactivos, cuya capacidad puede verse mejorada o disminuida por cambios en la composición del sistema y con ayuda de los aditivos adecuados.

Los efectos que favorecen la estabilidad y formación de la espuma en el sistema son: el incremento en el efecto Gibbs-Marangoni, aumento en la viscosidad, aumento de la repulsiones de las capas lamelares, retardo del drenaje de la película y la inhibición de efectos o factores antiespumantes ya sean físicos o químicos.

Por lo general, los tensoactivos aniónicos son buenos espumantes. Los tensoactivos anfotéricos ayudan a la formación de espuma en el sistema, las betainas muestran las mejores características espumantes. En cuanto a los tensoactivos no iónicos, hay una menor formación de espuma en comparación con los anteriores. Inclusive, algunos tensoactivos no iónicos como los alcoholes etoxilados se usan en aplicaciones de baja espuma. Sin embargo, el APG es un tensoactivo no iónico que muestra una excelente formación de espuma.

No necesariamente existe una relación entre la habilidad de una determinada estructura de tensoactivo para producir espuma y para sostenerla. Comúnmente, la cantidad de espuma, producida por un tensoactivo a determinadas condiciones, aumentará con un aumento en la concentración, hasta llegar a un máximo, en un punto muy cercano a la cmc. Por dicha razón, la cmc de un tensoactivo, puede ser usada para predecir su capacidad de generar espuma pero no su persistencia, es decir, predecir la espuma inicial o "flash foam".

La cantidad de espuma que puede ser generada por una solución de tensoactivo a unas condiciones dadas, se relaciona con el producto de la tensión superficial y la nueva área superficial generada durante el proceso de espumación. Por lo tanto, entre menor sea la tensión superficial del sistema se podrá crear más área superficial a una determinada cantidad de trabajo aplicado.

Entre mayor sea la longitud de la cadena de carbono de un tensoactivo, se tiene una menor cmc y una disminución de la tensión superficial más rápida, sin embargo, si la cadena es muy larga, la solubilidad y la baja difusión se convierten en un problema.

Se ha encontrado que cuando la longitud de la cadena hidrofóbica se incrementa, la cantidad de espuma producida por tensoactivos miembros de series homologas llega a un máximo.

Dado que las propiedades espumantes de los tensoactivos se pueden relacionar con la cmc, se puede deducir que el agregar aditivos a una formulación, puede afectar las propiedades espumantes de la misma manera en que afectan otras propiedades como la viscosidad.

Al elegir correctamente un aditivo, se puede aumentar en gran medida la generación de espuma o incluso de manera opuesta, se puede reducir la capacidad espumante del sistema con el antiespumante correcto, ejemplos de antiespumantes son silicones o aceites especiales que ayudan a liberar el aire atrapado en el líquido. En teoría, es posible crear una formulación detergente con la generación de espuma deseada con un correcto uso de aditivos.

Los aditivos que promueven la formación de espuma, se pueden clasificar en tres grupos: electrolitos inorgánicos, que son más efectivos con los tensoactivos iónicos; aditivos orgánicos polares, que pueden ayudar a cualquier tipo de tensoactivo; los materiales poliméricos que afectan al sistema de muchas maneras.

La adición de iones monovalentes a una solución con tensoactivo iónico disminuye la cmc, por lo tanto aumenta la capacidad espumante del sistema aunque no de una manera muy espectacular. La adición de iones polivalentes, en cantidades significativas, a un sistema de tensoactivos aniónicos, provoca problemas de solubilidad, reduciendo las capacidades espumantes de en gran medida. Por esta razón, conocer la dureza del agua en la región donde se consumirá el producto es un factor muy importante a tomar en cuenta cuando se formula un detergente.

Sin embargo, la presencia de iones polivalentes en sistemas no acuosos ayuda a la generación de espuma.

Para tensoactivos iónicos, se puede asumir que cualquier aditivo iónico que reduzca su cmc, incrementará su efectividad como agente espumante. Desde un punto de vista práctico, quizá, los aditivos más importantes para incrementar la generación de espuma son los orgánicos.

Los hidrocarburos con longitud de cadena aproximadamente igual a la cadena hidrofóbica del tensoactivo, son más efectivos para reducir la cmc e incrementar la formación de espuma. Entre más difieren las cadenas del aditivo a las del tensoactivo, se tiene un menor efecto sobre la reducción de la cmc.

En cuanto a la estabilización de la espuma, es decir, la persistencia de esta una vez que se ha formado, los efectos de aditivos polares como estabilizadores de espumas, se pueden ordenar por efectividad de acuerdo a sus grupos funcionales de la siguiente manera: amidas N-sustituidas > amidas > éteres de sulfonilo > éteres de glicerol > alcoholes primarios. Este orden es el mismo que se observa con respecto a los efectos sobre la cmc del tensoactivo.

Un ejemplo interesante, son los shampoos, que generalmente contienen amidas de cadena larga, las cuales confiere al sistema excelentes propiedades espumantes buscadas por razones estéticas más que por efectividad del producto.

Entre mayor sea la cantidad de aditivo que se adsorbe en la interfase, es mayor la estabilidad de la espuma formada. Se ha encontrado que los sistemas espumantes más estables, tienen capas superficiales compuestas de 60% hasta 90% de porcentaje mol de aditivo

Como sea mencionado antes, la adición de polímeros al sistema aumenta su efectividad de espumación. Los polímeros pueden no afectar la cmc, pero sí la reología de la fase fluida.

Los agentes antiespumantes pueden actuar bajo dos mecanismos: los que se expanden sobre la superficie desplazando los tensoactivos; o los que actúan como

puntos de ruptura al acumularse en regiones de la superficie creando puntos débiles. Los antiespumantes más comunes son derivados de silicones.

6.3.7 CONSERVADORES

Algunos ingredientes en la formulación, tienen la función de conservar la funcionalidad y la estabilidad del sistema además de protegerlo de proliferaciones microbiológicas. Estas sustancias se incluyen en concentraciones muy bajas (menores a 0.5%) y pueden llegar a ser nocivas para la salud.

La regulación y la información toxicológica, juegan un papel muy importante en cuanto al uso de estas sustancias, por esta razón se debe analizar cuidadosamente su elección y su concentración en la formulación. Por lo general, estas no afectan las propiedades del sistema.

Estos ingredientes pueden tener acción antimicrobial, quelante o antioxidante. Un ejemplo de cada categoría sería el Kathon, el EDTA y el bisulfito de sodio respectivamente. El Kathon está compuesto por metil-clorisotiazolinona y el metil lizotiazolina y puede producir irritación de la piel por lo que no se recomienda para productos que entren en contacto con ella.

Los agentes quelantes mantienen la estabilidad del producto, así como su claridad, previenen los olores desagradables, entre otras ventajas, por lo que son una parte esencial de la formulación. Otros ejemplos de sustancias quelantes además del EDTA son el citrato de sodio, el ácido cítrico, el fosfato de trisodio y el pirofosfato de trisodio.

Los preservativos tienen la función de inhibir el desarrollo de microorganismos en la formulación, estos incluyen sustancias como las isotiazolinonas, glutaraldehído y el benzoato.

Uno de los preservativos más usados en las formulaciones detergentes es la DMDM hidantoina que se adiciona en concentraciones de 0.15% a 0.4%. Esta sustancia libera formaldehído con el paso del tiempo por lo que está regulada y se recomienda no exceder dichas concentraciones para no tener concentraciones dañinas de formaldehído en el producto.

6.3.8 CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA FORMULACIÓN

La gran mayoría de los productos en la industria de consumo están expuestos a la acción de los microorganismos. Esto debido a que los ingredientes de la formulación pueden servir como factores de crecimiento o como nutrientes de bacterias, mohos, hongos e incluso parásitos.

Los microorganismos provocan la descomposición del producto o incluso peor, problemas de salud en los consumidores. En la industria hay grandes pérdidas provocadas por la acción de los microorganismos y es necesario hacer todo lo posible para contrarrestar el problema.

Dependiendo de las condiciones de cada sistema, una variedad de microorganismos sería capaz de proliferar si no se tomaran las medidas necesarias para evitarlo. Los detergentes líquidos, contienen agua, minerales y materia orgánica que pueden servir como alimento para una gran gama de microorganismos.

Medidas como la esterilización y el uso de agentes antimicrobiales en la producción y formulación de un producto, así como las buenas prácticas de manufactura, pueden evitar muchos problemas.

Todo empezó con los trabajos de Pasteur y en la actualidad se puede decir que los problemas de contaminación microbiológica en los productos de consumo se han reducido en un 99%, sin embargo el surgimiento de un solo caso puede llegar a resultar catastrófico para la empresa y para el consumidor en estos días donde la contaminación puede propagarse tan rápidamente.

El control antimicrobial en un producto se debe llevar a cabo en distintos niveles para asegurar la eliminación de cualquier amenaza de contaminación. Los principales niveles a tomar en cuenta son el de la materia prima y el envase, la robustez microbiológica de la formulación y las condiciones de proceso en la producción. Si se llegase a dar un caso de contaminación, se deben analizar cuidadosamente estos tres aspectos del producto.

Es importante monitorear y analizar las materias primas del producto por ser una fuente potencial de contaminación al posiblemente estar contaminados o fuera de especificación.

En muchas ocasiones, un problema de contaminación se produce por combinación de fallos en dos o más factores. Se puede decir que formulación del producto es el aspecto más crítico en la prevención de estos problemas.

Además del uso de antimicrobiales, hay varios parámetros de la formulación que ayudan a inhibir el crecimiento de alguno o varios tipos de microorganismos, el pH, la actividad del agua, y otros ingredientes de la formulación contribuyen a la robustez microbiológica del detergente.

El pH juega un papel importante en cuanto al tipo de microorganismos que pueden desarrollarse, a un pH bajo los mohos y las levaduras encuentran un ambiente agradable para su desarrollo, a un pH cercano a la neutralidad o a la basicidad, muchas bacterias pueden desarrollarse con mayor facilidad. Generalmente los microorganismos no extremófilos crecen a valores de pH de entre 5 y 9, teniendo un máximo de desarrollo en algún valor de pH para ese rango.

Los microorganismos son especialmente vulnerables a algunos ácidos débiles no disociados como el ácido benzoico, ya que estos son capaces de penetrar la membrana celular y modificar el metabolismo del microorganismo. Aunque el control del pH puede ayudar a evitar la presencia de algunos microorganismos, no es suficiente para un buen control microbiológico.

La presencia o disponibilidad del agua para ser usada por los microorganismos, afecta de manera importante su capacidad para colonizar un producto. En los detergentes secos, la disponibilidad del agua es extremadamente baja, sin embargo, en los detergentes líquidos, se usa agua en gran proporción. La disponibilidad del agua en la formulación, puede ser modificada por la adición de solutos como las sales.

El agua del producto es el factor más importante a cuidar ya que es la principal fuente de contaminación en la mayoría de los casos, si el agua de proceso está contaminada, es probable que persista y aumente en el producto.

La disponibilidad del agua se mide en términos de actividad " a_w ". Básicamente, esta representa la proporción de la humedad relativa del aire sobre una solución comparada con la del agua pura (diferencia en presión del vapor) teniendo el valor de 1 para agua pura. Cuando se agregan grandes cantidades de electrolitos o sustancias solubles al producto, la actividad del agua disminuye y los microorganismos comienzan deshidratarse por las condiciones hipertónicas de la solución lo cual inhibe su crecimiento. Entre más baja es la actividad del agua, se puede decir que está menos disponible para su aprovechamiento por los microorganismos.

Sin embargo, incluso bajo condiciones adversas, los organismos osmófilos o xerófilos, pueden llegar a desarrollarse arruinando el producto. Los hongos y mohos, son más resistentes y pueden crecer en ambientes con actividad del agua de hasta 0.5. Generalmente, las bacterias soportan actividades de hasta 0.85, siendo las bacterias gram negativas (al grupo que pertenecen los coliformes) más resistentes por su configuración extracelular. A valores de actividad menores, las bacterias tienden a formar esporas esperando por condiciones más adecuadas para desarrollarse.

Por lo anterior, la estrategia para atacar la proliferación de microorganismos en la formulación, por el lado de la actividad del agua, es agregar sustancias que reduzcan o absorban el agua "libre", estos pueden ser humectantes como la glicerina y el sorbitol y polímeros solubles. Incrementar la fuerza iónica del sistema con la adición de sales y la adición de hidrótopos como el alcohol disminuyen la disponibilidad del agua. Los tensoactivos, también afectan la actividad del agua por obvias razones, aunque sus efectos a concentraciones altas llegan a ser de tan solo una magnitud de 0.05.

El potencial de óxido reducción del producto también influencia la aparición de microorganismos, cuando se tienen muchos factores de crecimiento, bacterias anaerobias peligrosas como las clostridium pueden llegar a desarrollarse.

La presencia de agentes quelantes elimina la disponibilidad de minerales como el calcio y el hierro importantes para el desarrollo de las bacterias.

Finalmente, los preservativos en la formulación, tienen la función de garantizar la inhibición de la reproducción de los microorganismos en caso de que todos los aspectos anteriormente descritos no fueran suficientes para obtener un producto microbiológicamente robusto por alguna razón o problema involuntario.

Los preservativos deben ser apropiados para las condiciones del producto debido a que estas sustancias se ven afectadas por los demás ingredientes del sistema además de factores como el pH, que pueden inactivarlos y dejar el producto a expensas de los microorganismos.

Como se ha mencionado antes en este trabajo, existe una diferencia importante entre un producto antimicrobial y un producto con preservativo. Todos los productos deben contener preservativo y este tiene el objetivo de inhibir el crecimiento microbiano. Un producto antimicrobial, en cambio, contiene estas sustancias a una mayor concentración con el objetivo de eliminar los microorganismos que se encuentran en el sustrato a limpiar y dejar un efecto duradero.

Es posible que los organismos desarrollen mecanismos de resistencia a los preservativos que actúan por la vía metabólica. En cambio, los preservativos corrosivos son más difíciles de evitar por las bacterias. El combinar más de un preservativo puede resultar en una protección mejorada, sin embargo en algunos casos puede producirse un efecto antagónico por lo que no es conveniente mezclar distintas sustancias sin el estudio adecuado.

6.3.9 INGREDIENTES DISPERSOS

En varias ocasiones, la formulación incluye ingredientes que no interactúan con el sistema pero se encuentran dispersos en el ya que aportan cualidades deseables, dichas características pueden ser olor, color, u otro factor organoléptico.

Otros ingredientes pueden dar valor agregado a la formulación al ser atractivos para el cliente. Estos ingredientes no interactúan con los ingredientes activos ni tienen efecto alguno en la efectividad de limpieza. Sin embargo sus ventajas se pueden observar después del uso del producto.

Ejemplos de este tipo de ingredientes, son los silicones que sirven para dar brillo al cabello en el shampoo o las sustancias humectantes que suavizan la piel del usuario en detergentes para manos.

Otro ejemplo de un ingrediente disperso, es el tensoactivo catiónico que se adiciona en algunas formulaciones, con el objetivo de facilitar el enjuague y mejorar la sensación al tacto.

La adición de este tipo de ingredientes, depende de la aplicación, del efecto deseado y de la capacidad del sistema de soportarlos. Por lo general las concentraciones varían dependiendo de estos factores y por supuesto de las recomendaciones de los proveedores.

6.3.10 FRAGANCIA Y COLOR ^{38;55}

Las fragancias y extractos, son ingredientes usados en la mayoría de productos detergentes. Como ya se mencionó antes, estas no tienen otra función en la formulación más que dar una agradable sensación al usuario, dejar un olor agradable y en algunos casos, camuflar el mal olor.

La fragancia no hace ninguna contribución a la detergencia, sin embargo, los usuarios asocian el olor agradable con una buena limpieza e incluso llegan a evaluar el desempeño de acuerdo a ella. El olor es importante y debe ir acorde al producto para crear esa sensación en el usuario.

No es posible encontrar una lista completa del número CAS de fragancias, ya que la mayoría de ellas son compuestos no especificados que varían de proveedor a proveedor. Existe mucha confidencialidad en torno a estas sustancias por parte de los

fabricantes ya que se ha usado al misticismo como concepto. Debido a los potenciales problemas que pudiesen surgir, se ha presionado a las autoridades competentes para que los productores de fragancias muestren más datos acerca de sus productos.

La Asociación Internacional de Fragancias (IFRA), señala que las fragancias contienen un gran número de ingredientes. Algunas fragancias pueden tener propiedades antimicrobiales debido a sus componentes o a los agentes preservativos que se les adicionan.

Las fragancias, contienen alrededor de 22% de aceites, junto con alcohol, pigmentos, agua y propilenglicol, mientras que el porcentaje restante, corresponde a extensores, fijadores y estabilizadores.

La fragancia consiste en una mezcla de muchos componentes de olor básicos ya sea de origen vegetal o animal. Muchas veces las formulaciones se encuentran patentadas y es común encontrar al menos unos 250 compuestos identificables.

Debido esa gran variedad de componentes, después de la adición de la fragancia se llegan a presentar variaciones en las propiedades de la base detergente como cambios en la viscosidad o en el pH. La cantidad de fragancia adicionada a una formulación detergente, varía de acuerdo a los ingredientes de la fragancia y a la aplicación de los productos.

Por lo general, para productos concentrados no habrá ningún problema en solubilizar la fragancia, ya que su emulsificación es muy sencilla y estable debido a que su concentración es muy baja (de alrededor de 0.1 a 0.5%) en comparación con los ingredientes principales.

Sin embargo, para productos con baja concentración de activo como los limpiadores multiusos, la emulsificación de la fragancia se convierte en uno de los factores clave para el desarrollo de la formulación. Además de la baja concentración de activos, la concentración de la fragancia (hasta 1%) es muy alta en comparación con la de otros detergentes. En estos sistemas, las fragancias se solubilizan en forma de microemulsiones y no siempre son estables. Por lo anterior lo más recomendable en el

caso de los limpiadores con bajo nivel de activo, es tomar en cuenta a la fragancia desde la formulación de la base.

Las fragancias son algunos de los ingredientes que cambian constantemente en los productos detergentes. Por esta razón, una fragancia suele tener un corto periodo de vida y son los consumidores los que controlan la demanda y el uso de diferentes fragancias.

En cuanto al color en el producto, la cantidad empleada es muy baja en comparación con todos los demás ingredientes. La concentración de colorante en la mayoría de los productos es de alrededor de 0.01% o lo suficiente para llegar a la coloración requerida.

Generalmente, las fuentes de color son dispersiones pigmentarias base agua, estas tienen un gran poder tintóreo y se adicionan en tan bajas cantidades que los tensoactivos de la dispersión no afectan ni se ven afectados por los tensoactivos del sistema detergente. Éstas, además, tienen la ventaja de ser estables, por encontrarse en una fase dispersa no se ven afectadas por cambios en el sistema detergente.

Otra opción para dar color al producto, son los colorantes, estas sustancias orgánicas, son solubles en agua y son relativamente baratas, sin embargo, al estar en contacto con el sistema (a diferencia de las dispersiones de pigmento), se ven afectadas por los cambios, por ejemplo la variación de pH puede hacer que el colorante presente un color distinto al de la especificación, o incluso se puede llegar a degradar.

El color junto con la fragancia, son algunos de los elementos más importantes para el consumidor. Se ha demostrado que las emociones de la gente son afectadas por el color y el olor, como también es bien sabido, cerca del noventa por ciento de lo que aprendemos del mundo es por medio de la vista.

Por lo anterior, elegir la fragancia y el color apropiados es una de las tareas más importantes en el desarrollo de una formulación detergente. Es fácil asociar fragancias con colores una vez que se ha elegido la fragancia correcta, sin embargo es importante conocer las posibles sensaciones que cada color despierta en el consumidor:

Por ejemplo, el rojo, emociona, llena de energía y de vida; el amarillo, puede tener un efecto de optimismo o de irritabilidad dependiendo de la personalidad del consumidor; el verde, es el color de la naturaleza por lo que deja un sentimiento de paz y armonía, además se ha observado que reduce la presión arterial; el azul, da una sensación de calma y frescura; el morado, reconforta y espiritualiza; el naranja, anima y comanda; el blanco da una sensación de calma absoluta y de limpieza.

El color del producto, se ha convertido en una poderosa herramienta de mercadotecnia. Puede parecer irrelevante pero si no se usa el color adecuado, el producto simplemente no se venderá. El color está dentro del top tres en las consideraciones del consumidor en la decisión de compra.

6.3.11 ENVASE DEL PRODUCTO

El envase del producto está influenciado por muchos factores además del estético y el económico que son los principales. Estos aspectos pueden ser el tipo de material, el color, la transparencia y la forma, así como su funcionalidad

El tipo de envase que contendrá al producto puede tener gran influencia sobre la estabilidad del sistema. Por ejemplo, hay productos que no pueden estar expuestos a la luz, por lo que se venden en envases opacos de polietileno.

Es recomendable que las pruebas de estabilidad se lleven a cabo con el producto contenido en su envase comercial para tener resultados cercanos a la realidad.

El plástico es por mucho el principal material del que están hechos los envases de los detergentes, los plásticos más usados son el polietileno de alta densidad (HDPE) y el polietilentereftalato (PET).

La mayoría de los envases en el mercado están hechos con plástico virgen, sin embargo la tendencia y lo más ecológicamente correcto es el incluir materiales reciclados en la composición de los envases.

Algunas tecnologías actuales usan tres capas en los envases, la interna y externa hechas de plástico virgen, incluyendo una capa intermedia del material reciclado, la cual todavía puede contener algunos residuos por sus usos anteriores que de no existir la capa de plástico virgen, podrían afectar la estabilidad del sistema.

El PET es un plástico que ha tomado popularidad entre los detergentes, debido a su precio y a la posibilidad de comprar material reciclado a precios competitivos por la gran generación de desechos.

El departamento de mercadotecnia tiene una gran influencia sobre la presentación final del envase y la imagen del producto el cual debe captar la atención de los consumidores y al mismo tiempo ser compatible con el producto.

6.3.12 CONTENIDO DE AGUA DEL PRODUCTO

En un limpiador líquido, el agua es el ingrediente que se encuentra en mayor porcentaje, llegando a alcanzar un 90% o más en masa en algunas formulaciones.

Los detergentes concentrados, es decir los lavaplatos y detergentes para ropa contienen alrededor de 75% de agua. Los detergentes menos concentrados como los que vienen en spray llegan a contener alrededor de 99% de agua.

El contenido de agua en una formulación es un aspecto crítico, por lo general, los consumidores, no toman en cuenta las indicaciones de las botellas en cuanto a la concentración de ingredientes activos y por ende la cantidad de producto que deben diluir para lograr una limpieza eficiente. Este problema lleva a la percepción de que un limpiador con una presentación de mayor volumen durará más tiempo.

Esta situación tiene implicaciones ambientales y sobre todo de costo para las empresas. El hecho de producir formulaciones con concentraciones bajas de ingrediente activo, conlleva a la fabricación de presentaciones con mayor volumen, esto se traduce en un gran gasto de energía al tener que transportar pesos muy grandes

que se deben principalmente al agua, que está disponible también donde se encuentra el consumidor y bien este podría rebajar un producto más concentrado.

El transportar tanta agua, incluye el uso de más empaque por lo tanto el desperdicio de más sólidos. La reducción del contenido de agua en los algunos productos detergentes tendría un efecto ambiental positivo y ahorros para las empresas y para el consumidor.

6.3.13 CARACTERÍSTICAS DESEABLES EN UN DETERGENTE

El objetivo de un detergente es remover la suciedad (grasa, polvo mugre, etc.) que se adhiere a determinado sustrato o superficie. La suciedad proviene de una variada gama de fuentes, las superficies son muy distintas en cuanto a su estructura química y su textura por lo que la energía necesaria para limpiar cada tipo de superficie es muy distinta.

El desempeño de un detergente depende de varios factores, siendo la “columna vertebral” o base formada por los ingredientes activos, la parte más importante. Los ingredientes activos de una formulación detergente, son las sustancias que llevan a cabo el proceso de limpieza. Los detergentes están diseñados para facilitar la remoción de suciedad, lo cual sería muy difícil, (en algunos casos imposible) con el solo uso de agua.

La espuma que se forma después de la aplicación del producto, debe comportarse de una manera determinada dependiendo la aplicación. Por ejemplo, para limpiadores multiusos, la espuma debe decaer rápidamente con el tiempo para evitar el uso excesivo de agua y la sensación del usuario de que el limpiador deja residuos “jabonosos”, por el contrario, para detergentes lavaplatos para manos, entre más y mejor espuma se forme, el usuario se sentirá más satisfecho.

Una de las características más importantes de la experiencia que el consumidor tiene al usar el producto es la esencia, ésta es un factor muy importante así como uno de las principales razones por las que el comprador elige un producto.

Cuando el usuario se enfrenta a suciedades difíciles de desprender, generalmente aplica una mayor cantidad de producto así como un mayor esfuerzo mecánico. Un detergente con buen desempeño, debe tomar en cuenta las características de las suciedades más difíciles a las que se enfrentará y un entendimiento profundo del proceso de limpieza, para así reducir al mínimo el esfuerzo que realizará el usuario, creando una experiencia mucho más agradable y la sensación de que se está usando un producto poderoso.

Para el usuario, el brillo o apariencia lustrosa es una señal de que se ha llevado a cabo una buena limpieza, y por ende que el producto es eficiente en la remoción de suciedad. El tiempo que una superficie permanezca con una apariencia impecable después de la limpieza y la cantidad de veces que puede usar el producto son también indicadores muy importantes del valor que el consumidor dará a este.

Existen además una serie de características adicionales que dan un plus al detergente y estas son, muchas veces, las que hacen a un cliente escoger determinado producto.

6.4 EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS ^{2;3;7;8;9;32;37;39}

La efectividad de una formulación detergente, se ve afectada por muchas variables. Estas variables se deben conocer y cuantificar perfectamente, así como determinar los factores que las modifican, a su vez, se deben definir las restricciones a las que se someterá el sistema con respecto a esas variables, es decir las especificaciones del producto.

Las variables de más comunes a tomar en cuenta durante el desarrollo de un sistema detergente son: el costo, el desempeño, la generación de espuma, la viscosidad, el pH, el cloud point, la temperatura Krafft, la estabilidad de la formula, entre otras.

La experiencia y la información científica son de gran ayuda para una primera predicción a cerca las propiedades que tendrá el sistema.

Dado lo anterior, la formulación se lleva a cabo variando las condiciones experimentales y las concentraciones de los componentes, para observar el efecto sobre cada una de las variables mencionadas. Al analizar estos resultados, se puede obtener un prototipo de producto que cumpla con todas las restricciones establecidas.

Después del “ensayo y error”, la forma más básica de llevar a cabo esta experimentación, es modificando la concentración de cada componente de uno a uno y observando el efecto sobre cada variable, manteniendo los demás componentes constantes. Sin embargo, esto implica un gran tiempo de experimentación y los resultados obtenidos no son muy confiables al no poder distinguirse con exactitud las dependencias entre cada uno de los componentes.

El diseño de experimentos, es un método, que se basa en modelos matemáticos, que permiten predecir el efecto de cada componente sobre todas las variables en un sistema simultáneamente, así como las interacciones entre componentes.

Estos métodos reducen el tiempo de experimentación ya que solo es necesario hacer un número reducido de experimentos dependiendo del número de factores o componentes involucrados en el sistema y del grado de “definición” del método estadístico. También permiten optimizar y reformular productos ya existentes.

Las etapas que se deben seguir al crear un diseño de experimentos son:

- *Definir los objetivos del experimento con claridad*
- *Identificar todas las fuentes de variación posibles*
- *Determinar la estructura del diseño así como el número de experimentos*
- *Escoger las variables respuesta así como el procedimiento experimental*
- *Realizar un experimento de prueba*
- *Definir el modelo matemático a utilizarse*
- *Esquematizar cada paso del análisis*
- *Determinar el tamaño de experimentos o muestras necesarias*
- *Revisar todo lo anterior, modificándolo de ser necesario*

Se pueden definir entradas controlables por el formulador (x_i) y entradas no controlables (z_i), así como salidas (y), que corresponden a la respuesta del sistema cuando se modifican las entradas.

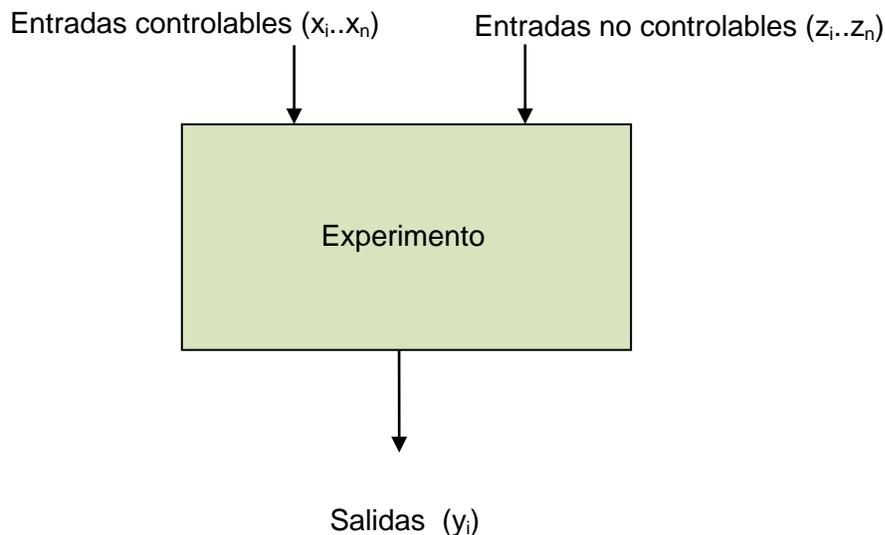


Figura 6.5 Esquema de las variables involucradas en un diseño de experimentos.

El diseño experimental tiene como finalidad, el encontrar la relación entre todos los factores y las respuestas a su variación, realizando el número mínimo de experimentos posibles. Comúnmente se usan funciones polinómicas para tratar de representar esas relaciones.

El modelo más sencillo y no tan útil cuando hay más de dos componentes es el lineal, sin embargo se pueden agregar términos adicionales para representar las interacciones.

Los parámetros se definen a partir de los datos experimentales. Por medio de regresiones se puede determinar el coeficiente de correlación para conocer que tan precisas son las predicciones del modelo con los parámetros obtenidos. A continuación se muestran los modelos de ecuaciones básicas usadas en los diseños de experimentos:

$$\text{Lineal, } y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon \quad (6.5)$$

$$\text{Lineal con interacción, } y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i,j=2}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (6.6)$$

$$\text{Cuadrático con interacción, } y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i^2 + \sum_{i,j=2}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (6.7)$$

Dependiendo la naturaleza del sistema, del tiempo con que se disponga así como el grado de reproducibilidad necesario, se puede elegir entre distintas técnicas estadísticas para diseños de experimentos.

6.4.1 EL DISEÑO FACTORIAL

Un diseño de experimentos factorial mide la variable respuesta para todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores elegidos. Se entiende por nivel, a los máximos y mínimos (o algún nivel intermedio) de cada factor definidos por el experimentador.

Este es un tipo de diseño de experimentos aplicado en la formulación y existen muchas variantes y casos. Montgomery (2002), sugiere que el caso más importante es el de “K” factores estudiados a dos niveles, el alto y el bajo, representados +1 y -1 respectivamente. El número de factores determinan el número de experimentos para dos niveles (alto y bajo) de acuerdo a la expresión 2^K .

Se puede pensar en la optimización de una base de detergente sencilla con solo dos componentes, tensoactivo aniónico (F1) y tensoactivo no iónico (F2), se puede crear un diseño de experimentos muy básico definiendo los valores altos y bajos de cada componente, los cuales corresponderían a la concentración máxima y mínima permisible de cada tensoactivo. Después, a partir de cada mezcla o experimento, se evaluarían las salidas o variables de interés (viscosidad, desempeño, etc.) y tomando en cuenta las restricciones se podría interpolar y encontrar la región donde la mezcla tiene las características más cercanas las buscado.

La siguiente tabla muestra un arreglo para probar dos factores en los niveles alto y bajo, con cuatro experimentos.

K = 2	F1	F2
EXP 1	-	-
EXP 2	+	-
EXP 3	-	+
EXP 4	+	+

Figura 6.6 Diseño de experimentos de dos factores a dos niveles.

Para un diseño más complejo donde se pudieran tomar en cuenta cuatro factores, por ejemplo, tensoactivo aniónico, tensoactivo no iónico, fragancia y un hidrótopo, se tendría el siguiente arreglo experimental:

K = 4	F1	F2	F3	F4
EXP 1	-	-	-	-
EXP 2	+	-	-	-
EXP 3	-	+	-	-
EXP 4	+	+	-	-
EXP 5	-	-	+	-
EXP 6	+	-	+	-
EXP 7	-	+	+	-
EXP 8	+	+	+	-
EXP 9	-	-	-	+
EXP 10	+	-	-	+
EXP 11	-	+	-	+
EXP 12	+	+	-	+
EXP 13	-	-	+	+
EXP 14	+	-	+	+
EXP 15	-	+	+	+
EXP 16	+	+	+	+

Figura 6.7 Diseño de experimentos de cuatro factores a dos niveles.

Es muy importante aleatorizar el orden de los experimentos, para de esta manera, reducir el efecto de desviaciones externas. Los datos obtenidos de los experimentos del diseño se usan para ajustar los modelos polinómicos con regresiones como los mínimos cuadrados.

El efecto de cada factor se evalúa como el cambio en una respuesta producido por el cambio de su nivel, siendo todo lo demás constante. Se puede asumir que existe una interacción entre dos factores cuando el efecto de uno de ellos depende del nivel de otro. La determinación de los coeficientes y las interacciones se lleva a cabo por medio

de un análisis de la varianza conocido como ANOVA, de esta manera se excluyen los factores que no parecen tener efecto alguno.

Una vez que se tiene un modelo, es importante repetir los experimentos para confirmar los resultados en los puntos centrales es decir los que se encuentran entre los valores alto y bajo.

Se han desarrollado métodos con los cuales, es posible efectuar un análisis a partir de un número de experimentos menor al que se requeriría para un diseño factorial simple con un nivel de definición o reproducibilidad muy confiable, por ejemplo, un diseño que involucra seis factores con solo dieciséis experimentos.

6.4.2 SUPERFICIES DE RESPUESTA

Cuando la respuesta de interés está influenciada por muchas variables, se puede recurrir a los diseños de superficies de respuesta. Éste método se basa en diseños factoriales con la finalidad de optimizar, en nuestro caso, una formulación detergente.

Si se tiene que una variable de respuesta como el desempeño de un detergente (y), es función de dos variables, como el tensoactivo aniónico (x_1) y el no iónico (x_2) se puede expresar:

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon \quad (6.8)$$

La respuesta “ y ” depende de las variables independientes x_1 y x_2 , el error experimental se denota como ε y representa cualquier error de medición en la respuesta y otras variaciones y se asume que se distribuye normalmente, con media y varianza iguales a cero.

La función f , es desconocida en la mayoría de los problemas. Para llevar a cabo una buena aproximación, usualmente el experimentador debe empezar con un polinomio de bajo orden en alguna región pequeña. Si la respuesta puede ser definida por una función lineal de variables independientes, entonces se puede asumir que la función es

un modelo de primer orden. Un modelo de primer orden con dos variables independientes se expresaría:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (6.9)$$

Si existe una curvatura en la superficie, se debe usar un polinomio de mayor grado. La función aproximada de segundo orden para dos variables sería:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \varepsilon \quad (6.10)$$

En general, todos los problemas de superficie de respuesta usan uno de los modelos anteriores o son la mezcla de ambos. En cada modelo, los niveles de cada factor son independientes de los niveles de otros factores.

Para obtener una aproximación eficiente, se debe usar un diseño experimental apropiado para recolectar los datos. Una vez que los datos sean obtenidos, se usa el método de los mínimos cuadrados para estimar los parámetros de los polinomios.

El análisis de la superficie de respuesta se hace con el fin de poder representar a la misma con el modelo, entendiendo la topografía de la superficie de respuesta (máximos locales, mínimos locales, crestas, "sillas de montar".etc.) y encontrando la región en donde ocurre la respuesta óptima.

El primer objetivo de este tipo de diseños, es encontrar una solución óptima. Cuando existe más de una respuesta, es importante encontrar un óptimo que no solo funcione para una respuesta. El segundo objetivo es entender cómo cambia la respuesta en una dirección dada al ajustar las variables del diseño. Cuando existen restricciones en los datos, el diseño debe cumplir los requerimientos de esas restricciones.

Las superficies de respuesta se visualizan gráficamente, lo cual es muy ilustrativo para observar la forma de la respuesta a los diferentes niveles de las variables.

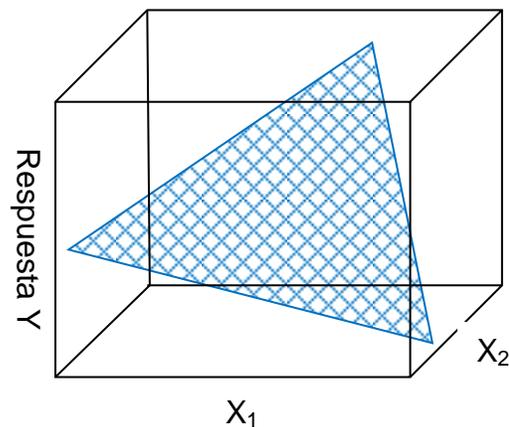


Figura 6.8 Ejemplo de superficie de respuesta.

Algunas veces es menos complicado ver la respuesta en gráficos bidimensionales. Las gráficas de contorno muestran líneas de pares de variables que tienen el mismo valor para la variable respuesta:

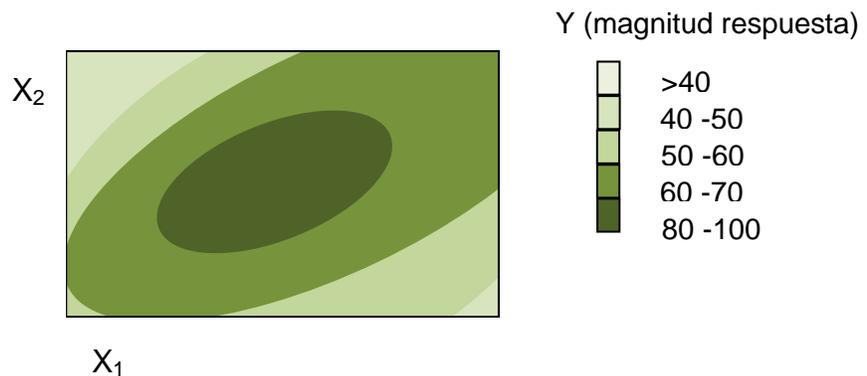


Figura 6.9 Ejemplo de gráfica de contorno.

La aplicación de los diseños de superficie de respuesta es de gran importancia para identificar los factores significativos que la afectan, cuando se considera necesario explorar no solo en las fronteras (como sucede con los diseños factoriales de 2^k).

Estos diseños utilizan estructuras estándar para elaborar las matrices de experiencias. Por razones de extensión, el desarrollo matemático y las técnicas para identificar interacciones entre componentes no se incluyen en este trabajo, sin embargo se pueden consultar en textos de estadística aplicada a diseño de experimentos.

6.4.3 DISEÑOS DE MEZCLAS

Los diseños de mezclas se aplican cuando la respuesta depende de las proporciones relativas de cada ingrediente en la formulación y no necesariamente de las cantidades. Por esta razón, son la mejor opción para comenzar a formular un detergente a partir de los ingredientes activos elegidos. La siguiente expresión simplifica la definición para un diseño de mezclas:

$$\text{Para } 0 \leq x_i \leq 1, \quad y = \sum_{i=1}^k x_i = 1 \quad (6.11)$$

Siendo “k” el número de componentes de la mezcla, “y” la variable respuesta y “x_i” la fracción del componente “i” en la mezcla. La restricción indica que todas las mezclas del experimento conservarán la misma cantidad de materia.

Los diseños de mezclas en donde los componentes son variados entre cero y uno sin restricciones reciben el nombre de “simplex” y sirven como una primera determinación de la región con las posibles mejores características. Para posteriores análisis se pueden añadir restricciones para componentes en específico, atribuyéndoles valores límite inferiores y superiores.

El espacio experimental de un diseño de mezclas tiene k-1 dimensiones, una para dos factores, dos para tres, tres para cuatro, etc.

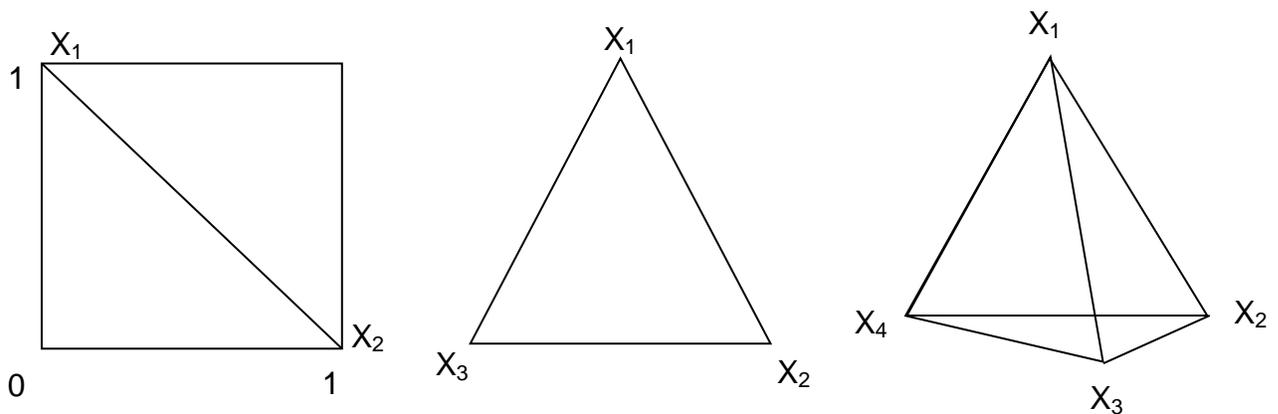


Figura 6.10 Espacios experimentales en diseños de mezclas.

Es útil replicar los puntos centrales en algún del diseño para poder comprobar la efectividad del modelo y estimar el error entre el valor observado y el calculado. Una vez realizado un primer diseño, se puede restringir el área que haya dado mejores resultados y hacer un nuevo diseño de mezclas del tipo simplex en torno a esa zona con la definición de pseudocomponentes que también varían de cero a uno:

$$x_i^\bullet = \frac{x_i - L_i}{1 - \sum_{i=1}^k L_i} \quad (6.12)$$

Donde x^\bullet es la pseudofracción del componente i , x es la fracción original del componente i y L es el límite inferior del componente i , impuesto para el nuevo diseño de mezclas de acuerdo a los resultados obtenidos en el primer diseño. Una vez determinada la zona deseada en el nuevo diseño, los valores de x se ajustan a los originales.

Un diseño simplex deja de serlo, cuando se aplican restricciones superiores e inferiores pasando a ser un prototipo irregular.

Para modelar los resultados de los diseños de mezclas, hay que tomar en cuenta que los componentes están relacionados al tener interacciones de sinergismo o antagonismo. Se llevan a cabo regresiones múltiples o mínimos cuadrados parciales tomando en cuenta un factor de interacción y la restricción de que la suma de todas las k es igual a uno:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k-1} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{k-1} \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j=1}^{k-1} \beta_{ij} x_i x_j \quad (6.13)$$

Otros modelos como el de Sheffé, permiten hacer cálculos más rápidos para mezclas de dos a cuatro componentes.

Los diseños de mezclas también pueden tomar en cuenta las variaciones de proceso, combinando un diseño de mezclas con uno de proceso en lo que se conoce como diseño de mezclas con variables de proceso.

Esto permite alcanzar un mayor grado de optimización del producto en los niveles de formulación y de proceso. Estos diseños híbridos, combinan el de mezclas para la formulación y el factorial para las condiciones de proceso que expresan sus valores alto y bajo.

La siguiente tabla muestra la combinación de un diseño de mezclas para tres componentes y uno factorial para dos condiciones de proceso. Poniéndolo en el contexto de un detergente, podría tratarse de un diseño para tres tensoactivos uno aniónico, uno no iónico y uno anfotérico, probándolo a dos condiciones de proceso que bien podrían ser temperatura y alguna variación en alimentación del tanque.

	Diseño de mezclas (fórmula)			Diseño factorial (proceso)	
	X1	X2	X3	C1	C2
1	0	0	1	+	+
2	1	0	0	-	-
3	0	1	0	-	-
4	0	0	1	-	-
5	0.333	0.333	0.333	-	-
6	1	0	0	+	-
7	0	1	0	+	-
8	0	0	1	+	-
9	0.333	0.333	0.333	+	-
10	1	0	0	-	+
11	0	1	0	-	+
12	0	0	1	-	+
13	0.333	0.333	0.333	-	+
14	1	0	0	+	+
15	0	1	0	+	+
16	0.333	0.333	0.333	+	

Figura 6.11 Ejemplo de diseño de experimentos combinado.

Una manera de representar gráficamente el diseño planteado anteriormente sería de la siguiente manera. Adicional e ilustrativamente, se presenta un contorno para los tres componentes a unas determinadas condiciones de proceso:

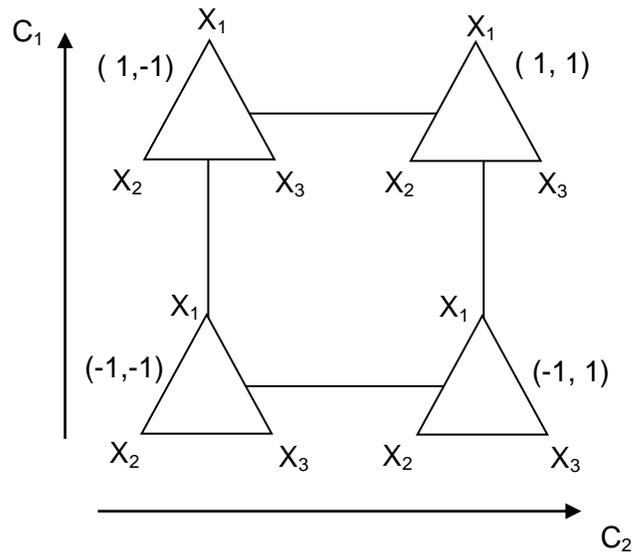


Figura 6.12 Representación gráfica del diseño de experimentos combinado.

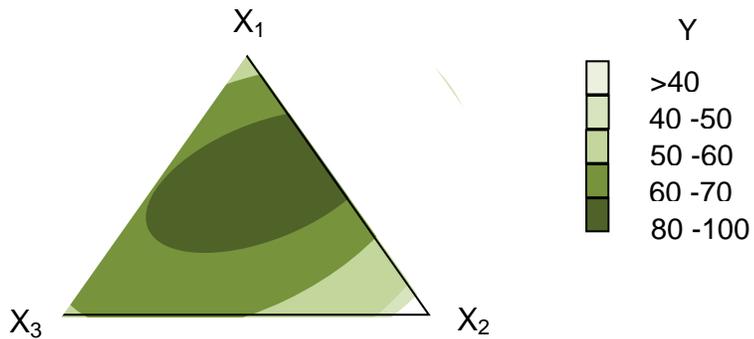


Figura 6.13 Gráfica de contorno.

Estos diseños también son de gran importancia cuando se presentan problemas de producción y es necesario reformular el producto para hacerlo más robusto. Gracias al software computacional es posible resolver estos sistemas complejos y obtener soluciones optimizadas con un alto grado de confiabilidad.

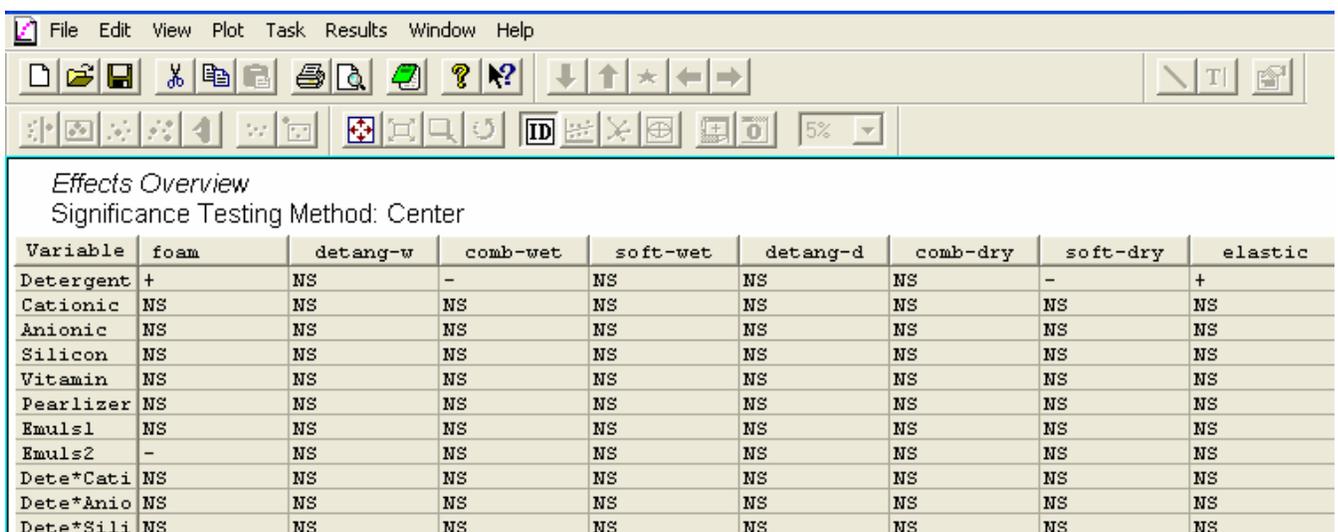
6.4.4 HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES DE APOYO

Los programas de ordenador son una potente herramienta para generar diseños de experimentos así como analizarlos, modelar resultados y llevar a cabo optimizaciones, de manera rápida y sencilla. Existen varios paquetes estadísticos que incluyen aplicaciones de diseños de experimentos que a la vez tienen una interfaz muy amigable e intuitiva.

En ellas se pueden generar distintos tipos de diseños dependiendo del sistema y de la razón por la que se está planteando un experimento. El software es capaz de generar la matriz de experiencias más adecuada y el formulador simplemente debe preparar cada experimento y evalúa la función o funciones respuesta.

Una vez obtenidas las respuestas, se alimentan al programa y este lleva a cabo el modelado matemático, el formulador puede elegir entre distintos métodos para determinar qué modelo se ajusta más a la realidad, basado en los coeficientes de correlación que calcula el programa. Finalmente se hacen pruebas confirmatorias para los puntos clave y así determinar el error del modelo.

La mayoría de los programas tienen una interfaz gráfica, por lo que pueden mostrar superficies de respuesta y contornos de los resultados para una experiencia más ilustrativa.



The screenshot shows a software window titled 'Effects Overview' with a menu bar (File, Edit, View, Plot, Task, Results, Window, Help) and a toolbar. Below the toolbar is a table showing the results of a significance test. The table has 9 columns: Variable, foam, detang-w, comb-wet, soft-wet, detang-d, comb-dry, soft-dry, and elastic. The rows list various variables and their corresponding significance results (NS or + or -).

Variable	foam	detang-w	comb-wet	soft-wet	detang-d	comb-dry	soft-dry	elastic
Detergent	+	NS	-	NS	NS	NS	-	+
Cationic	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Anionic	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Silicon	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Vitamin	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Pearlizer	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Emuls1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Emuls2	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dete*Cati	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dete*Anio	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dete*Sili	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Figura 6.13 Programa estadístico aplicado al diseño de un producto.

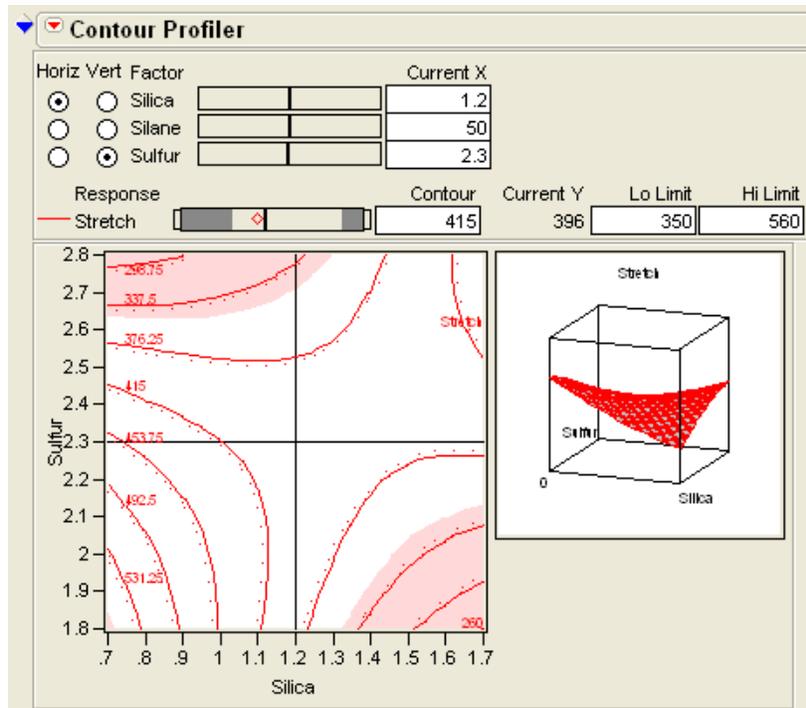


Figura 6.14 Grafica de contorno generada a partir de una superficie de respuesta.

Una de las características más atractivas de estos programas, es que es posible optimizar una formulación al tomar en cuenta un gran número de variables respuesta, lo cual es de gran importancia sobre todo por el factor económico y el de desempeño del producto.

Los diseños de experimentos se modelan por medio de regresiones múltiples, las pruebas de hipótesis son cruciales para definir la efectividad de los modelos así como determinar cuáles elementos presentan interacciones.

Un método a veces usado es el del análisis gráfico de probabilidad normal de los residuos. El análisis de residuos permite identificar rápidamente si el modelo es representativo.

El método más usado y el que arrojan los modelos computacionales es el de los coeficientes R^2 y Q^2 , que corresponden a la variabilidad explicada y a la variabilidad predicha, entre más cercano a la unidad sea su valor, significa que el modelo es más representativo, a su vez estos dos valores no deben variar por más de 0.3 entre sí.

Se puede decir que un modelo es representativo cuando: $R^2 \geq 0.8$ y $Q^2 \geq 0.5$. La R^2 relaciona el cuadrado medio de la regresión con el cuadrado medio total de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} \quad (6.14)$$

7 VALORACIÓN DEL PRODUCTO

Paralelo a la formulación de un producto, es necesario llevar a cabo una serie de pruebas y metodologías para asegurar que el producto final tendrá las características deseadas.

El desempeño del producto se puede medir de manera comparativa con otros productos siguiendo metodologías estándar o métodos creados por la misma empresa. Generalmente las comparaciones se hacen entre los productos de la competencia y el producto que se está formulando, o entre el nuevo producto y un producto anterior (a mejorar).

Cuando se obtiene el prototipo con las características deseadas como bajo costo, buen desempeño, etc., se deben llevar a cabo pruebas de robustez para evaluar el efecto que tendrán las variaciones de proceso o en los ingredientes sobre las propiedades del sistema. También es necesario llevar a cabo pruebas de estabilidad para asegurar que el producto se mantendrá estable a las variadas condiciones en las que se pudiera llegar a encontrar.

Cuando las características técnicas del producto se han definido y aprobado los análisis de toxicidad y microbiológicos, es necesario evaluar el producto, pero esta vez desde el punto de vista de los mismos consumidores, estas pruebas sirven para definir los aspectos estéticos del producto como la elección de fragancias y terminar de afinar otros pequeños aspectos del producto.

Por último, uno de los aspectos más importantes y en los que más injerencia tiene el departamento de mercadotecnia, es el de la presentación, el cual engloba el envase, el etiquetado y el nombre del producto.

7.1 EVALUACIÓN PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO ⁶³

Las propiedades fisicoquímicas más importantes de los detergentes y en las que se basa el estudio de su estabilidad así como el control de calidad, suelen ser el pH, el porcentaje de ingrediente activo, los sólidos totales y en el caso de los detergentes concentrados (como los lavatrastes), también la viscosidad. Dependiendo del tipo de producto, se evalúan otras características por ejemplo el contenido de agua, la densidad, la gravedad específica, el contenido de catiónicos etc. Factores organolépticos como el olor de la fragancia, color y apariencia del producto también son de gran importancia en la valoración del producto.

La siguiente tabla muestra las características más importantes para distintos detergentes para el cuidado del hogar:

Tabla 7.1 características fisicoquímicas de algunos detergentes

	Lavatrastes	Limpiador Multiusos	Limpiador para baño	Limpiador desengrasante	Limpiavidrios
Viscosidad	400-1500 cP	<100 cP	<100cP	<100cP	<10cP
pH	5-8	6.5-7	1.5-3	10.5-11.5	3-4
% IA	7-20	< 3	< 4	< 4	<1

7.2 DESEMPEÑO DEL PRODUCTO ^{5;}

El desempeño de un detergente, se puede definir como la habilidad o capacidad que tiene de limpiar, el tipo de sustrato para el que ha sido formulado. Este se puede medir cuantitativamente por medio de métodos diseñados para emular las condiciones reales de aplicación y se puede correlacionar para dar un valor de desempeño, que sirve para comparar entre distintos productos.

Los métodos de evaluación pueden ser diseñados por la propia empresa, o pueden apearse a métodos presentados por organizaciones como la ASTM, ISO, ANSI, DIN, etc.

Ya que el propósito de una prueba de desempeño es comparar la capacidad del producto probado con la de un producto de referencia, es posible crear y aplicar una

amplia gama de pruebas siempre y cuando se sigan ciertos requerimientos que tienen que ver con la reproducibilidad de las pruebas.

A continuación se enlistan algunas de las características que debe tener una prueba de desempeño para detergentes:

Tipo de prueba

En la mayoría de los casos la prueba es llevada a cabo por mecanismos automatizados, los cuales permiten una mejor reproducibilidad. En algunos casos los métodos pueden ser llevados a cabo por personas simulando la aplicación real.

La prueba puede medir otras cualidades del producto y no necesariamente el desempeño, estas pueden ser la formación de espuma, la apariencia del sustrato después de la limpieza, etc.

Número de repeticiones

Se debe realizar un número de repeticiones adecuado (al menos cinco) en donde se compare el producto de referencia o control con el producto a probar.

Parámetros del agua

En los métodos que incluyen la dilución del producto, la misma cantidad de agua debe emplearse en cada prueba.

Se debe controlar la dureza del agua, la relación calcio – magnesio debe ser conocida.

Se debe controlar la temperatura del agua, esta debe ser la misma durante y en todas las repeticiones. Sin embargo una variación en la temperatura durante la prueba es aceptable si la misma variación es documentada para todas las repeticiones.

Concentración del producto

En las pruebas que incluyan la dilución del producto, la concentración de este debe ser constante y cuidadosamente controlada tomando en cuenta el porcentaje de activo del producto.

El método puede requerir la aplicación directa del producto sin necesidad de diluir.

Suciedad

La suciedad es un factor muy importante en las pruebas ya que en la mayoría de los casos servirá para determinar la capacidad del detergente de acuerdo al porcentaje de remoción.

Se debe usar al menos un tipo de suciedad la cual debe ser preparada y formulada cuidadosamente para ser representativa de la que el producto encontrará en una aplicación real. La misma suciedad debe ser usada en todas las repeticiones.

La suciedad debe ser homogénea, se debe preparar en un solo lote, y la cantidad aplicada al sustrato de prueba debe ser la misma en todas las repeticiones.

Procedimiento de la prueba

Se recomienda que las repeticiones se hagan aleatoriamente para tener un mejor tratamiento estadístico de los datos.

Los elementos y las etapas de cada repetición deben ser idénticos. Es recomendable controlar y mantener constantes los factores como la temperatura y la humedad.

El procedimiento debe incluir una estandarización para la aplicación de la suciedad.

El número de repeticiones puede ser fijo o puede prolongarse hasta que la totalidad de la suciedad sea eliminada o la capacidad limpiadora del detergente se vea totalmente inhabilitada.

Evaluación de la capacidad limpiadora

El método debe ser capaz de generar resultados que provean de una medida de la capacidad limpiadora del producto. Esta puede expresada en el porcentaje de suciedad removido tomando en cuenta otros factores que pudieran influir en el resultado.

Se debe contar con un procedimiento para evaluar la cantidad de suciedad removida del sustrato como la diferencia de peso, reflectancia, apariencia, etc.

Comparación de resultados

Se obtiene un resultado positivo, cuando después de una ronda de repeticiones, la capacidad limpiadora del producto, es mayor comparada con la del producto referencia.

Con la ayuda de métodos estadísticos, se puede determinar para qué muestra se obtienen los mejores resultados con un determinado grado de confianza.

Documentación de la prueba

Se debe documentar y describir como se prepararon las muestras, el agua, la suciedad u otras sustancias y el equipo si es el caso.

Se debe registrar las condiciones a las que se lleva a cabo la prueba y la descripción de sus variaciones.

Se deben registrar los resultados para cada repetición.

Por último y de ser posible, los resultados deben ser evaluados estadísticamente.

La ASTM (American Society for Testing and Materials), ha compilado algunas pruebas de desempeño para detergentes, además provee de un gran número de pruebas estandarizadas para evaluar otras características relacionadas con los detergentes o los ingredientes activos, que pueden llegar a ser de gran utilidad.

A continuación se presenta una lista de algunas pruebas de la ASTM para la evaluación de detergentes, extraídas del “2003 Annual Book of ASTM Standards, Volume 15.04, Standards Relating to Soaps and Other Detergents; Polishes; Leather; Resilient Floor Coverings.”:

D 1173-53 Método estándar de prueba para las propiedades espumantes de agentes con actividad superficial.

Éste método cubre la determinación de las propiedades espumantes de tensoactivos, aplicado bajo condiciones controladas y limitadas.

D 4488-95 Guía estándar para determinar el desempeño de limpieza de productos para pisos flexibles y muros lavables.

Esta evaluación excluye ventanas, espejos, alfombras, losetas cerámicas y laminados.

D 5343-97 Guía estándar para la evaluación del desempeño de limpiadores para losetas cerámicas.

Provee de técnicas para la aplicación de suciedad, limpieza y evaluación del desempeño de sistemas detergentes, bajo condiciones controladas pero prácticas de limpieza de superficies duras.

D 4009-92 Guía estándar para la determinación de la estabilidad de espuma de detergentes lavatrastes para manos.

Provee los lineamientos de varias técnicas para medir la estabilidad de la espuma en detergentes lavatrastes para manos en la presencia de suciedad de prueba, aplicada artificialmente.

D 3556-85 Método estándar de prueba para la determinación de la deposición sobre cristalería durante el lavado mecánico de trastes.

Método adecuado para medir el desempeño de detergentes lavatrastes para máquinas automáticas en términos de la formación de puntos y capas sobre la cristalería.

D 3565 -89 Método estándar de prueba para la determinación del patrón de remoción en vajillas por detergentes lavatrastes mecánicos.

D 4265-98 Guía estándar para la evaluación del desempeño de remoción de manchas en el lavado de ropa en casa.

D 2960-98 Método estándar de prueba de lavado controlado usando telas ensuciadas naturalmente y lavadoras domésticas.

D 3050-98 Guía de estándares para la medición de remoción de suciedad de telas ensuciadas artificialmente.

D 4008-95 Método estándar de prueba para la medición de propiedades de antideposición de suciedad para detergentes para ropa.

D 1331-89 Métodos estándar de prueba para la medición de la tensión superficial e interfacial de soluciones de agentes con actividad superficial.

Estos métodos cubren la determinación de la tensión superficial (A) o interfacial (B) de soluciones de tensoactivos.

D 6215-98a Guía estándar para la determinación de la remoción de suciedad aceitosa en superficies metálicas.

Además de la ASTM existen muchas otras organizaciones que han creado métodos para evaluar el desempeño de los detergentes, entre ellos están los siguientes ejemplos:

La CSPA (Consumer Specialty Products Association), como se define, es una asociación estadounidense que representa los intereses de las compañías dedicadas a la manufactura, formulación, distribución y venta de productos de consumo familiar ayudando a los consumidores a crear ambientes más limpios y saludables. Esta organización ha creado estándares de desempeño para detergentes a partir de la información obtenida de sus asociados, entre esos estándares se encuentran:

CSPA DCC-09 Métodos y guías para pruebas de desempeño – Limpiadores para vidrio.

CSPA DCC-09A Métodos y guías para pruebas de desempeño – Guía estándar para evaluar la formación de películas de limpiadores para vidrio.

CSPA DCC-10 Métodos y guías para pruebas de desempeño – Estabilidad de espumas en detergentes lavatrastes para manos.

CSPA DCC-11 Métodos y guías para pruebas de desempeño – Remoción de manchas en el lavado de ropa.

CSPA DCC-12 Métodos y guías para pruebas de desempeño – Guía para determinar la eficacia de limpiadores para hornos.

CSPA DCC-14 Guía para determinar las propiedades antidepositantes de detergentes para ropa.

CSPA DCC-15 Guía para evaluar la eficacia de limpiadores para baño.

CSPA DCC-17 Método de prueba de suciedad grasosa para evaluar limpiadores en spray usados sobre superficies duras no lustrosas.

The Chemical Specialties Manufacturers Association (CSMA), una asociación de comercio para fabricantes de limpiadores, ha desarrollado dos métodos para la medición del desempeño de algunos limpiadores multiusos: **CSMA DCC-04** para limpiadores de superficies duras (julio de 1973) y **CSMA DCC-02** para limpiadores de pisos de loseta (mayo de 1983).

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) cuenta con dos estándares en este campo:

ISO 4198 Agentes con actividad superficial – Detergentes lavatrastes para manos – Guía para la prueba comparativa de desempeño.

ISO 7535 Agentes con actividad superficial – Detergentes para máquinas lavaplatos domésticas – Guía para la prueba comparativa de desempeño.

7.3 PRUEBAS DE ROBUSTEZ ²¹;

Las pruebas de robustez se llevan a cabo para evaluar si el producto se mantiene estable a las variaciones en la formulación, en el proceso, o por algún efecto externo como la contaminación microbiológica y así determinar los cambios en sus propiedades o especificaciones.

Este estudio es importante ya que pueden llegar a surgir variaciones en las especificaciones de las materias primas o en el proceso de producción.

Se pueden designar valores altos y bajos de cada componente en los que se cree pueda darse esa variación, para luego fabricar muestras de producto con distintos niveles de en los ingredientes, al igual que un diseño de experimentos factorial.

El personal de producción, puede aportar información importante sobre las fuentes de variación más comunes, las cuales se deben tomar en cuenta en la prueba de robustez.

Las formulaciones preparadas con variaciones, se analizan para determinar el grado de diferencia en las propiedades y especificaciones del sistema. Además se pueden realizar pruebas de estabilidad con el objetivo de determinar que problemas relacionados con las variaciones en la formulación se podrían enfrentar en un futuro cuando el producto se encuentre en producción.

Una vez realizado este análisis, se pueden determinar los niveles de ingredientes adecuados para tener los menores efectos por las variaciones posibles sobre las especificaciones del producto.

7.4 PRUEBAS DE ESTABILIDAD ^{17;51}

Las pruebas de estabilidad sirven para determinar si el producto terminado llegará íntegramente a las manos del consumidor y asegurar que así permanecerá al menos por el tiempo que marca la caducidad.

También se realizan para determinar si la formulación es capaz de soportar condiciones extremas, mismas que se pudieran llegar a presentar en un entorno real. Estas condiciones pueden ser de temperatura, microbiológicas, de exposición a la intemperie, etc.

Estas pruebas consisten en exponer el producto a condiciones que simulan las condiciones reales para luego evaluar: los cambios producidos en la apariencia del

producto (como el olor y color); en la estabilidad física como los cambios en la consistencia, separación de fases, viscosidad, etc.; en las propiedades químicas, como el pH y el contenido de conservadores y la pérdida de activos; y en las propiedades microbiológicas.

Tabla 7.2 Pruebas más comunes para evaluar la estabilidad de un detergente

Pruebas físicas	Pruebas analíticas	Pruebas microbiológicas (valores aceptables)
Textura, Olor, Color	pH	Cuenta aeróbica total (<500ufc)
Cloud point	Aniónicos totales	Levaduras y Mohos (<500ufc)
Viscosidad	Contenido de sólidos	Bacilos Gram negativos (negativo a la prueba)
Gravedad específica	Tensoactivos Catiónicos	Estafilococos Aureus (negativo a la prueba)

En las pruebas aceleradas, el producto se puede someter a temperaturas altas para evaluar su estabilidad a aproximadamente 40 °C controlando la humedad durante el número de días o semanas que se determinen.

El producto también se puede evaluar a temperaturas bajas para analizar el efecto del frío, generalmente 5°C y 4°C, de igual manera el producto se puede mantener a temperaturas por debajo de los - 10°C o incluso -30°C para determinar el efecto de condiciones extremas sobre la estabilidad.

Un proceso muy común para evaluar la estabilidad de un producto a las variaciones de temperatura en la industria, es el ciclo de congelamiento y descongelamiento (freeze and thaw) donde se evalúan los cambios en las propiedades del producto tras cada ciclo, generalmente se llevan a cabo tres ciclos para determinar si un producto es estable.

Las pruebas microbiológicas consisten en análisis para determinar la presencia de unidades formadoras de colonias (UFC) de microorganismos en las muestras del producto.

Las pruebas de intemperismo, buscan simular las condiciones ambientales a las que puede estar expuesto el producto, la ICH distingue cuatro zonas climáticas para las

condiciones a las que se llevan a cabo dichas pruebas: I 21°C a 45% h.r., II 25°C a 60% h.r., III 30°C a 35% h.r. y IV 30°C a 70% h.r. Las condiciones de intemperismo se pueden lograr con cámaras especiales para simular un proceso acelerado, estos equipos son capaces de simular la luz solar, lluvia, humedad así como la oscuridad.

Otra prueba muy común es la de exponer el producto únicamente a la radiación solar, lo cual se puede hacer con exposición directa o también en cámaras de intemperismo acelerado ya que usan luces de xenón para simular la luz solar, la cual puede ser ajustada para simular la radiación solar en la región a la que estará dirigido el producto.

Todas estas pruebas se deben llevar a cabo con la formulación final y en su empaque comercial. De ser el resultado de alguna prueba insatisfactorio, se debe corregir el problema haciendo ajustes en la formulación o determinando el agente causante del problema.

La vida de anaquel del producto se puede estimar con estas pruebas, los desarrolladores deben tener una idea del tiempo que el producto durará íntegro en el empaque y apegarse a varias metodologías determinadas por las regulaciones para determinar la fecha de caducidad del producto. Para conocer con exactitud el tiempo de integridad del producto se llevan a cabo análisis de estabilidad a largo plazo (dos o tres años), a productos de retención mantenidos a temperatura ambiente.

Generalmente, cuando un detergente excede su fecha de caducidad, este no representa ningún peligro para la salud de los consumidores, sino una simple reducción de su efectividad debido al rompimiento de la estabilidad del sistema. Los problemas más graves que podrían surgir tras este rompimiento de la estabilidad, son la proliferación microbiana y la liberación de sustancias tóxicas como producto de la descomposición de los ingredientes.

Algunos criterios para estimar la caducidad de un producto son la determinación del momento en que se comienzan a dar cambios abruptos en el sistema, como pueden ser los cambios en las UFC de microorganismo (hongos y bacterias) en el producto tras la destrucción del sistema preservativo; la pérdida de efectividad de los ingredientes

activos; los cambios físicos como la separación de fases, cambios de color, mal olor, consistencia, etc.

7.5 PRUEBAS DE CONSUMIDOR ^{26;44}

Dentro de las evaluaciones a las que se somete el nuevo detergente, están las llamadas pruebas de consumidor. A final de cuentas, el consumidor es el que tiene la última palabra en cuanto a la valoración de un producto.

Las pruebas de consumidor son todas las evaluaciones que se hacen con el fin de conocer la opinión de los consumidores así como proyectar el nivel de aceptación del nuevo producto. Estas pruebas también sirven para definir los pequeños cambios (sobre todo estéticos y organolépticos) o ajustes que pudieran ser necesarios para adecuar el producto de una mejor manera a los gustos del consumidor, dichos cambios suelen ser menores en complejidad en relación con el proceso de desarrollo completo.

Un importante requerimiento del producto, es que el consumidor en verdad perciba las características que se pretendieron al momento de desarrollarlo. Las pruebas sensoriales se deben llevar a cabo rigurosamente, con un diseño experimental apropiado y con panelistas entrenados para minimizar los errores y desviaciones.

Los datos obtenidos por estas pruebas requieren tratamientos estadísticos, para su análisis e interpretación.

Se puede distinguir entre dos tipos de evaluaciones sensoriales: la subjetiva y la objetiva. La primera se refiere a la elección entre distintas muestras por parte de los panelistas (los cuales no necesariamente deben estar entrenados), por el otro lado, la segunda requiere la participación de panelistas expertos ya que se trata de una evaluación descriptiva.

Cada tipo de método, sirve a diferentes propósitos y no pueden ser intercambiados. Las compañías usan los resultados de las pruebas subjetivas como un indicador de la preferencia de un producto sobre otro.

La evaluación sensorial objetiva, es también llamada evaluación analítica y se ayuda de preguntas como: ¿Existe alguna diferencia entre las muestras?, ¿Cómo calificaría la muestra de acuerdo a determinada característica?, ¿Cómo describiría las características que puede identificar en la muestra?. Se usa para determinar la calidad sensorial entre productos o entre una referencia y una muestra.

La evaluación subjetiva o de preferencias tiene que ver con la elección por parte del panelista de la muestra que percibe como “mejor” en cuanto a la característica evaluada. Existen tres categorías de evaluaciones subjetivas: el “focus group”, el “central location test” y las pruebas en casa.

En un focus group, panelistas selectos llenan cuestionarios con algunos consumidores objetivo seleccionados. Estas pruebas involucran de ocho a doce participantes cuidadosamente entrenados, la prueba se repite de dos a tres veces. Se requiere un profesional dirigiendo la prueba.

En este tipo de prueba, la preparación y el control sobre las muestras es bueno, los resultados se obtienen rápidamente y son de carácter cualitativo.

En el CLT, el equipo de desarrollo lleva a cabo pruebas de consumidor en una locación central e interactúa con los consumidores para obtener todas las ideas posibles sobre el producto, además se aplican cuestionarios cuidadosamente preparados para evaluar las preferencias del consumidor.

Estas pruebas involucran una gran cantidad de gente (más de 100), hay una pobre selectividad en los participantes, sin embargo dado el gran número de participantes las pruebas se pueden repetir fácilmente aumentando la confiabilidad de los resultados.

El CLT es relativamente caro, sin embargo el control sobre la preparación y las muestras es excelente y los resultados se obtienen de manera rápida, sin embargo, dada la baja selectividad de los participantes, los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos deben ser analizados cuidadosamente.

Tanto en el focus group como en el CLT, permiten un mayor control sobre las muestras ya que estas son preparadas uniformemente,

Las pruebas en casa consisten en mandar muestras codificadas a consumidores preseleccionados, por esta razón los desarrolladores no tienen control sobre la manera de uso del producto. Al final de la prueba, los consumidores llenan un cuestionario o son entrevistados.

Esta prueba involucra a varios cientos de participantes, por lo que es mucho más cara que los otros dos tipos de pruebas. Estas requieren un seguimiento intensivo y un cuestionario muy bien preparado, toda vez que la obtención de resultados es lenta.

La elección de los panelistas para las pruebas, está influenciada por el tipo de datos requeridos y para que serán usados. Los panelistas entrenados no deben requerirse para estas pruebas ya que no son representativos de los consumidores objetivo.

Muchas veces, se usan panelistas que provienen del mismo equipo de la empresa para una primera proyección, sin embargo estos pueden tener prejuicios sobre el producto al estar relacionados con su desarrollo e inducir desviaciones.

Las marcas tienen una gran influencia sobre los consumidores, su imagen puede comunicar confort, valores y seguridad, por esta razón se debe decidir si un producto se probará haciendo saber a los participantes el origen de este.

Existe evidencia de que las marcas influyen a los participantes en la manera en que califican y aceptan un producto. Los usuarios que no son capaces de distinguir entre las diferencias sensoriales de dos productos, elegirán su marca favorita.

7.6 EVALUACIÓN DE RIESGOS EN EL PRODUCTO ^{4;13;15;46}

En la industria, existe una preocupación continua por asegurar la seguridad de los productos, además de cumplir las expectativas de los consumidores. Esto implica construir y mantener una relación de confianza sobre la seguridad de los productos entre la empresa y los consumidores, las autoridades y otras organizaciones no gubernamentales por medio de regulaciones eficientes basadas en la caracterización del riesgo toxicológico de los ingredientes usados en los productos.

HERA (Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning Products), es un programa industrial europeo voluntario creado en sociedad por el AISE (Productores de limpiadores para el hogar) y el Cefic (industria química), para llevar a cabo evaluaciones de riesgos a la salud y ambientales de los ingredientes de los productos de limpieza para el hogar.

Este organismo, ofrece una gran cantidad de información, asesoría, estudios y metodología para determinar el efecto de los ingredientes usados por la industria sobre la salud humana y el ambiente. Europa es la región más avanzada en cuanto a investigación y regulación en materia de detergentes (al igual que en muchas otras áreas).

La evaluación de riesgos de HERA comprende: evaluación de la exposición, evaluación de peligrosidad y la caracterización del riesgo (margen de exposición).

Evaluación de exposición

La evaluación de exposición se lleva a cabo tomando en cuenta los tipos de producto, los niveles de cada ingrediente y las maneras de uso (datos de hábitos y prácticas), aplicando modelos para estimar el nivel de exposición del usuario dependiendo de los distintos escenarios de uso del producto.

Una tabla de hábitos y prácticas es representativa de la población de una región y contiene por categoría de producto, la cantidad usada, la frecuencia de uso, la duración de la tarea y otros usos que se dan al producto.

Como la principal zona de contacto corporal del consumidor con los detergentes, es la piel, se pueden correlacionar los datos obtenidos de la tabla de hábitos, con una tabla de parámetros para calcular la exposición sistémica dérmica a un determinado ingrediente en el detergente.

La siguiente ecuación sirve para calcular la exposición sistémica para un contacto indirecto con el medio detergente, EXP_{sys} , es la exposición sistémica en mg/kg/día.

:

$$EXP_{sys} = \frac{F_1 C' S_{der} n F_2 F_3 F_4}{BW} \quad (7.1)$$

Donde F_1 , es la fracción masa en porcentaje de la sustancia en el producto; C' es la carga de producto en mg/cm^2 ; S_{der} , es el área superficial de piel expuesta en cm^2 ; n es la frecuencia de exposición en número de eventos por día, F_2 , es la fracción masa en porcentaje transferida del medio a la piel, F_3 , es la fracción masa en porcentaje que se queda en la piel; F_4 , es la fracción masa en porcentaje absorbida vía dérmica; BW es el peso corporal en kg.

Los factores se pueden consultar en tablas proporcionadas por HERA y también se puede evaluar el efecto sobre la salud de la cantidad de ingrediente absorbida a través de la piel consultando los datos disponibles.

Como un ejemplo, a continuación se calcula la exposición sistémica a alquilsulfonato al usar lavatrastes líquido para manos donde hay contacto directo con la piel. HERA recomienda el siguiente algoritmo para estimar dicho valor en el peor escenario:

$$EXP_{sys} = \frac{F_1 C t S_{der} n K_p}{BW} \quad (7.2)$$

F_1 = 16.5% de AS en el producto (de acuerdo a datos internos del AISE)

C = concentración del producto diluido: 1mg/ml (AISE/HERA Tabla de H. y P. 2002)

K_p = coeficiente de penetración dérmica: $3.9 \times 10^{-5} cm/h$ (Prottey, 1975)

t = duración de la exposición o contacto: 45min (0.75h) (AISE/HERA Tabla de H. y P. 2002)

S_{der} = área superficial de la piel expuesta: $1980 cm^2$ (TGD, 1996, manos y antebrazos)

n = frecuencia de uso del producto (usos por día): 3 (AISE/HERA Tabla de H. y P. 2002)

BW = peso corporal: 60kg (TGD, 1996)

$$EXP_{sys}(AS_{lavatrast\epsilon}) = 0.47 \mu g / kg / día \quad (7.3)$$

Evaluación de la peligrosidad

Se refiere a la compilación de estudios toxicológicos relevantes, la identificación de los puntos críticos, las dosis de referencia (RfD), el nivel de ningún efecto observable (NOEL), y el nivel de ningún efecto adverso observable (NOAEL), etc.

La dosis de referencia según la EPA (US Environmental Protection Agency), es la dosis oral máxima aceptable de una sustancia tóxica (aunque son más comúnmente definidas para pesticidas).

El NOEL por sus siglas en inglés, es el máximo nivel de exposición a una sustancia donde no se observan efectos en el individuo. Mientras que el NOAEL es el máximo nivel de exposición a una sustancia donde no se observa ningún efecto adverso.

La mayoría de estos parámetros son estimados a partir de estudios en ratas.

Caracterización del riesgo

Una vez obtenidos los valores de exposición a determinado ingrediente por medio de la evaluación de la exposición, dependiendo el producto y la aplicación y teniendo toda la información referente a la peligrosidad de dicho ingrediente (RfD, NOEL/NOAEL, etc.), es posible llevar a cabo una caracterización del riesgo al que está expuesto el consumidor por el uso del producto.

Esta caracterización incluye la comparación de la exposición al NOEL/NOAEL y su comparación agregada, así como la discusión para la adecuación del MoE (margen de exposición).

HERA describe en detalle, condiciones de exposición específicas asociadas con el uso del producto. Considera todos los productos donde determinada sustancia esta presente, así como todas las rutas de exposición potenciales relevantes para las formas de uso de cada producto.

Además toma en cuenta la exposición agregada de todos los usos hipotéticos potenciales del producto, cuantificando la exposición con simples algoritmos basados en la TGD (European Union Technical Guidance Document).

A septiembre de 2006, HERA ha publicado información toxicológica completa para más de 30 sustancias comunes en los detergentes que representan el 90% de la composición de dichos productos.

Muchos de los agentes constituyentes de los detergentes pueden ser contaminantes si se encuentran en grandes concentraciones y debido a que algunos tardan mucho tiempo en degradarse, el incrementar su concentración en los cuerpos de agua provoca eutrofización además de problemas fisiológicos a los animales y plantas por sustancias que son tóxicas como los compuestos clorados.

Aún no se conocen suficientemente los efectos de los ingredientes sobre la salud humana pero estos pueden ser dermatológicos, neurológicos, cardiológicos, cancerígenos etc.

En el desarrollo de detergentes, se debe descartar cualquier sustancia con efectos nocivos evidentes de la formulación así como investigar a fondo la toxicidad de las sustancias elegidas en la medida de lo posible, así como su degradación e impacto ambiental.

Un requisito indispensable, debería ser que los ingredientes de la formulación se degradasen bajo condiciones naturales, debido a que con el paso del tiempo estos deberán pasar al ecosistema.

La norma UNE 55-844-91 considera que los tensoactivos son biodegradables si existe un nivel mínimo de degradación del 80%, empleando ensayo continuo y simulado de

lodos activos. Existe una cantidad considerable de sustancias tóxicas usadas para limpieza y de muchas otras aún se desconocen sus efectos nocivos a largo plazo.

<i>Sustancia</i>	<i>Peligro</i>
Hidróxido de Potasio	Irritante
Hidróxido de Sodio	Corrosivo
Ácido fosfórico	Irritante, Corrosivo, Eutrófico
Ácido nítrico	Irritante, necrosante
Ácido clorhídrico	Corrosivo
Amonio	Problemas respiratorios
Hipoclorito	Corrosivo
Di y Tri fosfatos	Tóxicos, irritantes
Ácido nítrico triacético	Tóxico
Alquilbencensulfonatos	Eutróficos
Alquilsulfatos	Eutróficos
Alquiletersulfatos	Espuma persistente, degradabilidad lenta
Haluros	Tóxicos
Nonilfenol etoxilado	Productos de degradación tóxicos
EDTA	Excesivo poder quelante

Figura 8.1 Algunas sustancias peligrosas presentes en los detergentes y sus efectos adversos.

8 CALIDAD, LEGISLACIÓN Y REGULACIÓN

8.1 CALIDAD Y SEGURIDAD ^{17;42}

El departamento de calidad juega un rol muy importante en el proceso de desarrollo de un producto. Este, toma todas las medidas necesarias para asegurar la calidad, reproducibilidad y alineamiento del trabajo, con las metodologías y procesos involucrados, dentro de límites especificados por escrito.

El producto, debe ser desarrollado en conformidad con las necesidades regulatorias y de acuerdo a procedimientos y estándares propiamente establecidos. Además todo el trabajo debe ser documentado por calidad, con todos los cambios registrados y regulados.

Se requiere realizar auditorías durante todo el proceso de desarrollo, con especial atención en las etapas críticas antes de avanzar al siguiente paso y la calidad del producto se debe poner a prueba en cada etapa del escalamiento, incluyendo las pruebas de producción.

El diseño del producto debe hacer énfasis en una formulación con calidad, estabilidad, conformidad. Las empresas tienen sistemas de gestión de calidad que pueden basarse en normativas como las emitidas por ISO.

Además de mantener las características de calidad necesarias, es de carácter crítico, el monitorear y controlar los aspectos del producto en materia de amenazas a salud pública y procurar mantener su integridad durante el desarrollo, producción, almacenamiento, distribución y venta, ya que un error puede llegar a traducirse en un gran problema.

Los mecanismos de monitoreo deben existir en las BPM (buenas prácticas de manufactura) de la empresa y en los sistemas de control y aseguramiento de la calidad. Las buenas prácticas de fabricación son acciones encaminadas a asegurar que el producto llegue íntegro y bajo los estándares de calidad al cliente.

Cada vez que se introduzca un nuevo producto o ingrediente, se debe reevaluar la integridad de los productos existentes y la de los que se produzcan en las mismas líneas.

Entre más tiempo, dinero y esfuerzo se invierta en la prevención, habrá menos probabilidad de tener pérdidas por fallas. Los aspectos que ayudan a asegurar la calidad y seguridad en la creación de un producto son:

- *Control microbiológico y sanitización de equipos*
- *Procedimientos de control de calidad*
- *Programas de seguridad e higiene*
- *Buenas prácticas de manufactura*
- *Seguridad ambiental*
- *Capacitación y entrenamiento del personal*

El equipo de desarrollo tiene la responsabilidad de establecer especificaciones y estándares para el producto así como para sus materias primas, materiales de empaque, etiquetado, leyendas de la etiqueta y su colocación.

Los mercados en expansión son la meta de varias compañías para introducir nuevos productos, esto implica importaciones y exportaciones. Al vender productos en varios mercados, es necesario apegarse a estándares internacionales de calidad así como conocer las regulaciones en cada región así como la legislación.

ISO (International Organization for Standardization), es un organismo internacional que se encarga de integrar y publicar normas internacionales en materia de calidad, que muchas compañías están dispuestas a seguir con el objetivo de estar certificadas, aumentando la confianza del consumidor sobre la empresa y sus productos.

A continuación se muestran las normativas emitidas por ISO en materia de calidad y otros aspectos importantes en la industria:

- *ISO 9000, gestión de la calidad y estándares para el aseguramiento de la calidad, guías para la selección.*
- *ISO 9001, describe los requerimientos para los sistemas de calidad entre dos compañías requiriendo pruebas sobre la capacidad del proveedor para producir al nivel de calidad adecuado.*
- *ISO 9002, describe los requerimientos en un arreglo contractual mediante el cual, el proveedor debe demostrar habilidades para controlar un proceso dentro de especificaciones.*
- *ISO 9003, requerimientos de sistemas de calidad necesarios para inspección y detección en el producto final.*
- *ISO 9004, una guía para el establecimiento de una gestión de la calidad total en la compañía.*
- *ISO 14000, establecimiento de un sistema de gestión ambiental efectivo.*
- *ISO 18000, establecimiento de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.*
- *ISO 10012, guía para la gestión de sistemas de medición y confirmación metrológica de equipo de medición.*
- *ISO/IEC 17025, requerimientos generales para la competencia de laboratorios de prueba y calibración.*

La BSI (British Standards Institution), ha creado una serie de especificaciones en materia de seguridad y salud ocupacional conocidas como OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) 18001 y 18002.

8.2 LEGISLACIÓN ^{48;49;50;64}

La legislación, se refiere a las leyes y normas que por ley, debe cumplir el producto durante su proceso y ciclo de vida en un país o región, con el fin de proteger a los consumidores y al medio ambiente.

En México, la COFEPRIS (Comisión Federal Para la Protección contra Riesgos Sanitarios, Ley Federal de Salud) es un organismo del gobierno supervisado por la Secretaría de Salud, encargado del control sanitario de productos y servicios y de su importación y exportación así como de los establecimientos dedicados al proceso de los productos, el control sanitario de su publicidad, entre muchas otras atribuciones, también tiene injerencia en aspectos como la salud ocupacional y el saneamiento básico.

PROFECO (Procuraduría Federal del Consumidor, Ley federal de Protección al Consumidor), es un organismo dependiente de la Secretaría de Economía, que tiene como misión, promover y proteger los derechos del consumidor, fomentar el consumo inteligente y procurar la equidad y seguridad jurídica en las relaciones entre proveedores y consumidores. Entre algunas de sus atribuciones, destacan la capacidad de propiciar y vigilar el cumplimiento de la normatividad por los proveedores e incidir en la política regulatoria.

La PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), es el organismo encargado de proteger al medio ambiente, una de sus principales tareas es incrementar los niveles de observancia a la normatividad en materia ambiental por la industria y la población.

Las leyes que interesan en el caso del desarrollo de productos contemplan principalmente las buenas prácticas en el proceso, el contenido de producto, los requerimientos mínimos de calidad y el etiquetado del producto.

En México, esta información está contenida en las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales tienen como objetivo asegurar valores, cantidades y características mínimas o máximas en el diseño, producción o servicio de los bienes de consumo. Estas se

dividen en NOM (Normas Oficiales Mexicanas) y NMX (Normas Mexicanas), las primeras son obligatorias, mientras que las segundas son de carácter recomendable y voluntario. Entre las Normas Oficiales que aplican a productos detergentes, se encuentran:

NOM-002-SCFI-2011, Productos pre envasados-Contenido neto-Tolerancias y métodos de verificación.

Establece las tolerancias y los métodos de prueba para la verificación de los contenidos netos de productos pre envasados y los planes de muestreo usados en la verificación de productos que declaran su contenido neto en unidades de masa o volumen.

NOM-189-SSA/SCF1-2002, Productos y servicios. Etiquetado y envasado para productos de aseo doméstico.

Tiene como objetivo establecer los requisitos de información sanitaria y comercial que deben contener las etiquetas de los productos de aseo de uso doméstico, para elegir una mejor opción de compra, así como los lineamientos sanitarios para su envasado para evitar que su uso represente un riesgo a la salud.

NOM-030-SCFI-2006 Información comercial – declaración de cantidad en la etiqueta-especificaciones.

Establece la ubicación y dimensiones del dato cuantitativo referente a la declaración de cantidad, así como las unidades de medida que deben emplearse conforme al Sistema General de Unidades de Medida y las leyendas, contenido, contenido neto y masa drenada, según se requiera, en los productos pre envasados que se comercializan en el territorio nacional.

En México, no existe una amplia regulación en materia de sustancias químicas. Cuando en otros países se evalúa el riesgo que supone cada sustancia para la salud

humana y para el medio ambiente, llegando a prohibir algunas en específico, en nuestro país es posible que algunos productores todavía utilicen sustancias consideradas de alto riesgo.

Por esta razón es responsabilidad de los productores utilizar ingredientes de calidad y basarse en la información emitida por organismos internacionales para evaluar el riesgo potencial de cada ingrediente.

En México, los documentos normativos más importantes que rigen a las sustancias químicas, son la Ley General de Salud (LGS) y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (LGEEPA).

En materia ambiental, de la LGEEPA y su reglamento de manejo de residuos peligrosos, han emanado normas para controlar el manejo uso y disposición de sustancias peligrosas.

Un ejemplo es la NOM-005-STPS-1998, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

La Ley General de Salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos productos y servicios, establece las bases mínimas sobre las cuales se llevaran a cabo actividades de la industria para minimizar los riesgos sanitarios y de trabajo así como las sanciones por incumplimiento.

En los países desarrollados, existen diversos organismos gubernamentales dedicados a investigar y regular el uso de sustancias con efectos potenciales sobre el medio ambiente y a la salud humana, como la EPA (United States Environmental Protection Agency) y la FDA (US Food and Drug Administration), agencias del gobierno estadounidense.

La EPA ha tomado medidas para identificar las sustancias que pueden tener riesgos sobre la salud humana y el ambiente y en respuesta, ha desarrollado planes que consideran regulaciones potenciales, así como incentivar acciones de administración de riesgo voluntarias por parte de las empresas.

Un ejemplo interesante es que en agosto de 2010, la EPA, publicó el plan de acción para el Nonilfenol y el Nonilfenol Etoxilado, donde se señalan los peligros ecológicos y otros efectos potenciales sobre el uso de estos tensoactivos, que, por su gran eficiencia y efectividad eran ampliamente usados en el pasado. Esta acción fue en concordancia con acciones regulatorias tomadas por gobiernos como el canadiense y el de la Unión Europea tras determinarse el gran impacto ambiental de esta sustancia.

La Comisión Europea del Medio Ambiente, es uno de los principales organismos encargados de coordinar la creación de regulaciones en materia de sustancias químicas en esa región.

8.3 ENTIDADES NO GUBERNAMENTALES ^{19;46}

Además de las regulaciones gubernamentales, existen cuerpos internacionales y cuasi gubernamentales, que establecen normas ambientales, de salud y de calidad como es el caso de las series ISO, que pueden ser adoptadas voluntariamente por los productores.

Si bien, no tienen poderes legislativos, como de los que gozan las instituciones de los gobiernos, estas tienen el apoyo del gobierno por lo que pueden llegar a influir en gran medida la creación de leyes o incluso las mismas leyes pueden llegar a estar basadas en los trabajos de instituciones no gubernamentales.

En Estados Unidos, existe una organización sin fines de lucro llamada Green Seal, cuya misión es implementar programas con bases científicas para animar a los consumidores, productores y compañías a crear un mundo más sustentable.

Green Seal crea estándares de liderazgo que intentan reducir al máximo, en el contexto tecnológico y científico, los impactos ambientales, en la salud y sociales a través de los ciclos de vida de los productos, los servicios y las compañías. Además ofrece certificaciones en productos, servicios y compañías en conformidad con estos estándares.

En Europa, el proyecto llamado HERA (Human and Environmental Risk Assesment), cita a todos los ingredientes encontrados en los productos detergentes usados en el hogar. El objetivo de esta iniciativa es proveer un marco de información común y asesoría sobre los riesgos de la industria de productos de limpieza en los hogares europeos.

El enfoque de esta iniciativa dar asesoría sobre exposición y riesgo a las emisiones de sustancias que ocurren durante y después del uso del producto, estas no incluyen a las emisiones industriales en las plantas de producción.

En Estados Unidos, La EPA, ha lanzado una iniciativa para sustituir paulatinamente todas los tensoactivos encontrados en los productos de limpieza que suponen peligros potenciales al medio ambiente, dentro de la iniciativa DfE (Design For The Environment), la cual, insta a los fabricantes a dejar de usar las sustancias peligrosas voluntariamente y sustituirlas por un amplia gama de tensoactivos recomendados por la EPA (Cleangridients®), otorgando un certificado a los productos que cumplen con las características designadas.

Existe una gran variedad de recomendaciones dadas por las distintas organizaciones promotoras de las formulaciones ecológicas de productos, orientadas, naturalmente, al empleo de sustancias que no tengan impactos adversos sobre el ambiente. A grandes rasgos, se establecen requerimientos en cuanto a la toxicidad, los efectos a la salud humana, los efectos ambientales sobre los organismos acuáticos, la biodegradabilidad, y el empaque y la etiqueta.



Figura 8.2 Organismos que promueven el uso de ingredientes amigables.

8.4 LOS DETERGENTES ECOLÓGICOS ^{15;19;57;64}

En la actualidad existe una creciente preocupación por el medio ambiente, la cual ha llegado inclusive a los fabricantes de detergentes. Innumerables compañías han comenzado a lanzar productos que dicen ser ecológicos o a crear variantes ecológicas de algunos de sus productos.

El carácter “ecológico” de un producto puede estar determinado por los ingredientes usados, por la manera en que se produce o por el material de su empaque entre otros aspectos. Por esta razón la denominación ecológica es algo todavía muy subjetivo en los productos detergentes.

Por ejemplo, un detergente que use materias primas derivadas de productos vegetales o uno que use plástico reciclado en su envase puede venderse como ecológico aunque no sea así estrictamente hablando.

Para crear un verdadero producto ambientalmente superior, es necesario tomar en cuenta cada fase del ciclo de vida de todos sus ingredientes, incluyendo al envase y tratar de minimizar al máximo el impacto ambiental del producto por medio los desechos que se derivan de este.

Como se ha mencionado anteriormente, algunos organismos no gubernamentales han lanzado iniciativas para incentivar la creación de productos ambientalmente amigables (Design for Environment), así como productos ecológicos (Green Seal). En las cuales algunos productores se basan para la formulación.

A continuación se enlistan algunos estándares de Green Seal en detergentes que establecen los lineamientos para obtener certificación ambiental de dichos productos:

Estándar Green Seal, **GS-08** Productos de limpieza para uso doméstico. Incluye limpiadores multiusos, limpiadores para baños, limpiadores para vidrio, entre otros.

Estándar Green Seal, **GS-34** Productos desengrasantes y de limpieza.

Estándar Green Seal, **GS-37** Productos de limpieza para uso industrial e institucional.

Estándar Green Seal, **GS-48** productos para lavado de ropa.

Estándar Green Seal, **GS-51** productos para lavado de ropa para uso institucional e industrial.

Estándar Green Seal, **GS-52** Productos de limpieza de especialidad para uso doméstico. Limpiadores de tapicería, removedores de grafiti, limpiadores biológicamente activos, etc.

El estándar de la **EPA, Design for Environment Standard for Safer Cleaning Products (SSCP)**, establece los requerimientos mínimos para identificar a los productos de limpieza que cumplan con los requerimientos del programa de Design for Environment.

Un detergente ecológico, no debe contener ningún ingrediente clasificado como tóxico o con peligro potencial a su concentración en el producto de acuerdo con los requerimientos de DfE. Entre otros requisitos se encuentran que el material de etiquetas o envase debe ser reciclado al menos en un 25% y se deben eliminar componentes innecesarios como el color o la fragancia.

DfE, ayuda a seleccionar alternativas a los ingredientes, para un diseño de productos más seguros y alternativas de química verde a través de una sustitución informada. Un producto con la etiqueta de DfE, contiene los ingredientes más seguros posibles mientras que esta formulado para mantener su desempeño original.

8.5 MARCAS, PATENTES Y MODELOS INDUSTRIALES ⁴³

El desarrollo de un producto implica la creación de marcas, modelos industriales, sistemas fisicoquímicos, etc. Una de las mayores fortalezas de las empresas, radica en la protección de los elementos que integran sus productos y que son el fruto de una inversión de tiempo, dinero y de la innovación de sus empleados, es decir, su propiedad intelectual.

La mayoría de las empresas cuida celosamente su información evitando que esta llegue a manos de la competencia, lo cual se conoce como secreto industrial. Un secreto industrial puede permitir a la compañía obtener beneficios por exclusividad indefinidamente, sólo hasta que la competencia logre descifrar su tecnología.

Los mecanismos legales para impedir que la información o tecnología que había sido mantenida en secreto industrial por una compañía y que llega a manos de la competencia, sea usada, son muy limitados. Estos se reducen a contratos restrictivos con empleados y a acciones por competencia desleal.

En muchos casos un producto innovador puede protegerse para asegurar la exclusividad de la compañía a producir beneficio de este. La tecnología de una formulación detergente innovadora, por ejemplo, puede ser protegida por una patente, lo cual permitiría a la empresa gozar de exclusividad por un tiempo definido. Mientras tanto, la forma del envase o el diseño del producto, pueden ser protegidos por medio de la legislación en materia de modelos industriales.

En México, el organismo competente para otorgar estos derechos, es el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Ante este organismo es posible llevar a cabo trámites de patentes y de otro tipo de protecciones de la creación industrial como dibujos y modelos industriales, así como el registro de marcas. Cabe señalar que la protección otorgada por dicho organismo solo cubre el territorio nacional.

Para solicitar protección en otros países, es necesario apearse a los tratados internacionales en materia de propiedad intelectual y en el caso de las patentes se

deberá acudir a la oficina de patentes de cada país en el que la compañía tiene intenciones de obtener protección.

Una patente es una de las formas más antiguas de protección de la propiedad intelectual y el objeto de un sistema de patentes, es alentar el desarrollo económico y tecnológico recompensando la creatividad intelectual. En pocas palabras, una patente protege una invención y otorga al creador, el derecho exclusivo de explotación de esta por un periodo determinado (usualmente 20 años).

Se puede patentar cualquier producto o proceso en todos los ámbitos de la tecnología. Obviamente existen elementos que quedan fuera del ámbito de la patentabilidad, como son los genes humanos, las cosas que ya existen en la naturaleza y elementos que alteren contra el orden público o la moral.

El acuerdo sobre los APDIC, establece tres criterios y condiciones para que una invención sea patentable. El primer criterio es que la invención sea nueva; el segundo, establece que debe existir un elemento inventivo, es decir, debe representar un avance suficiente en relación con el estado actual de la técnica, también se usa el término “no evidente”, es decir, no debe ser evidente para una persona que tenga un conocimiento medio en el ámbito de la técnica en cuestión. El tercer criterio, es que la invención pueda aplicarse industrialmente.

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), funge como intermediario entre los países que han firmado sus tratados internacionales para facilitar la solicitud de protección en materia de patentes, llevando a cabo las etapas iniciales del proceso y entregando las solicitudes a las oficinas de protección de cada país para que estas evalúen si otorgan o no protección en su territorio.

Las marcas han existido desde la antigüedad, sin embargo, en la actualidad estas han cobrado mayor importancia debido a su gran impacto como una potente herramienta para atraer consumidores, por esta razón, es que se han convertido en objeto de protección.

Una marca es un signo, palabra, letras, dibujos, etc. que individualiza los productos de una compañía determinada y los distingue de los productos de los competidores. Las dos características que debe presentar una marca son la distinción y la no inducción al engaño. El mecanismo para proteger una marca es registrándola en el registro de marcas.

Las marcas pueden ser, también, colectivas, lo cual distingue a un grupo de productos de otros por poseer una característica especial, tal es el caso de los productos con etiquetados con el Green Seal o Design for Environment.

Tras el registro de una marca, la protección solo aplica en el territorio en el que se llevo a cabo la solicitud, por esta razón es necesario registrarla en cada país en el que la empresa esté planeando vender el producto.

Un modelo o dibujo industrial es el aspecto ornamental o estético de un artículo, que puede consistir en elementos tridimensionales o bidimensionales. Este añade valor comercial al producto al ser estéticamente atractivo, por lo tanto es posible protegerlo legalmente. Cuando se protege un modelo o dibujo, el dueño goza del derecho exclusivo contra la copia no autorizada o imitación por parte de terceros.

En la mayoría de las legislaciones, un dibujo o modelo, debe ser atractivo para poder conceder la protección. El plazo de protección varía de país a país pero por lo general tiene una duración de cinco años con posibilidad de renovar la protección hasta un máximo de 15 a 25 años.

En el caso de los dibujos y modelos industriales, es también necesario registrar o hacer un depósito en cada país en el que se desea obtener protección, proceso que es facilitado por medio del Arreglo de la Haya.

9 TRANSFERENCIA DE LA TECNOLOGIA

La transferencia de la tecnología, se refiere al proceso sistemático de transferir conocimientos, documentación, procedimientos, etc. a otros equipos relacionados con el proceso de desarrollo, haciendo que la información esté disponible para todos, monitoreándola y controlándola.

En el desarrollo de un detergente, el equipo de científicos del laboratorio debe transferir la tecnología al equipo encargado del escalamiento, quienes a su vez deben llevar a cabo el estudio para el equipo de producción en planta.

La transferencia de tecnología es uno de los pasos más críticos en el desarrollo técnico de un nuevo producto por lo que se requiere de una muy buena comunicación entre equipos de los distintos departamentos, así como un excelente sistema de calidad para asegurar un proceso exitoso.

Los elementos más importantes para la transferencia de tecnología son los parámetros de proceso, la composición del producto, las especificaciones de la materia prima, así como las especificaciones finales del producto.

Todas las variaciones y fallos deben ser documentados de acuerdo a metodologías estandarizadas para encontrar las fuentes de variación y aplicar las acciones correctivas, a cualquier nivel.

Una vez que se tiene un producto final, es necesario llevar a cabo una determinación de las características y especificaciones que deberá cumplir, de acuerdo con los lineamientos de calidad.

Estas características incluyen el perfil reológico, contenido de ingredientes activos, niveles máximos y mínimos permisibles, pH, consistencia, etc.

9.1 PLANTA PILOTO ^{10;63}

Una vez que se ha llegado a un prototipo aceptable del producto, es necesario llevar a cabo pruebas de manufactura en planta piloto.

Estas pruebas ayudan a determinar los parámetros que deben ajustarse para la producción así como la determinación de procedimiento de preparación, el cual puede variar del proceso en el laboratorio.

Las plantas piloto de detergentes líquidos suelen no ser tan complejas debido a que los procesos se llevan a cabo por lotes. Sin embargo, la producción de detergentes por medio de proceso continuo, está sustituyendo a la producción por lotes en las grandes plantas, por esta razón, es necesario llevar a cabo pruebas en plantas piloto de proceso continuo para desarrollar un proceso de producción adecuado para este modo de producción.

Estas pruebas proveen de datos preliminares necesarios para comenzar el proceso de escalamiento, diseño y optimización del proceso. Cada nivel de escalamiento provee con nueva información para asegurar que el producto final cumpla con las especificaciones requeridas.

9.2 MANUFACTURA EXPERIMENTAL ⁶⁰

Las pruebas de manufactura experimental, se llevan a cabo en la planta de producción, es decir, a escala real y es el paso final antes de la implementación.

Estas sirven para comprobar que el proceso de transferencia de tecnología se ha llevado a cabo de manera correcta y para observar las variaciones del producto así como llevar a cabo los ajustes necesarios en el proceso para obtener un producto dentro de especificaciones.

Se deben analizar las capacidades de la planta para la producción de este nuevo producto así como tratar de predecir los posibles problemas con relación a las materias

primas, el equipo y las limitaciones del sistema evaluando la posibilidad de la necesidad de equipo nuevo o especial.

Si se trata de un producto innovador, los ingenieros deben evaluar la posibilidad de modificar el equipo o el proceso actual de la línea para adecuarlo ya sea por medio de modelado matemático y de simulación o por medio de experimentación y análisis estadísticos.

10 ASPECTO ECONÓMICO ⁶³

La sensibilidad de los clientes hacia el precio varía dependiendo de muchos factores como el precio de los productos competidores o sustitutos, su percepción de calidad, el dinero que llevan consigo, la percepción de la relación costo beneficio, etc.

Sin embargo, entre más innovador resulte un producto a la vista del consumidor, su capacidad de evaluar el precio y el valor se ve disminuida.

Los consumidores están dispuestos a pagar más por un producto que perciben como de alta calidad. La marca del producto es por supuesto uno de los factores más importantes, si se trata de una marca prestigiosa, el comprador puede estar dispuesto a desembolsar una mayor cantidad. Otros clientes están dispuestos a sacrificar la calidad a cambio de ahorrar.

Los métodos cualitativos para determinación de precios no son tan confiables. Es por esto que ciertos métodos cuantitativos como el de la curva de la elasticidad del precio, pueden ser de gran ayuda para evaluar el precio que los clientes están dispuestos a pagar cómodamente.

La curva de elasticidad del precio se proyecta a partir de las respuestas de interés/intención de compra de los consumidores y luego se localiza un punto óptimo de acuerdo al número de unidades vendidas a un determinado precio, y la ganancia generada.

El precio del producto debe fijarse en un rango encontrado entre el precio de los productos del mismo segmento en el mercado.

Otro método de determinación de precio consiste en determinar la importancia relativa de cada atributo identificable del producto por el consumidor y la cantidad que están dispuestos a pagar por esto, tras un tratamiento estadístico, surge el precio del producto.

En muchas ocasiones, el precio del producto se define después de que ha salido al mercado, tras reajustarlo.

En resumen, el precio de un producto debe fijarse de acuerdo a lo que el mercado objetivo esté dispuesto a pagar, al mismo tiempo de producir las ganancias necesarias.

En la mayoría de los casos, el departamento de mercadotecnia se encarga de determinar los precios finales de un producto de acuerdo a los factores internos y externos de la empresa, como los objetivos corporativos y los competidores, respectivamente. Se pueden emplear estrategias para atraer consumidores, como establecer precios bajos, lo cual aumenta la posesión del mercado por la empresa.

El costo de un producto, es el “suelo” para el precio de este, es decir, un precio menor al costo del producto se traduciría en pérdidas. Los costos totales de fabricación del producto deben ser calculados tomando en cuenta los costos fijos y variables.

Si el precio de un producto se fija a precios altos, surgirán competidores debido el gran margen de diferencia, sin embargo a precios bajos será más difícil que los competidores vean atractivo entrar al mercado con un producto similar.

Otro factor que puede llegar a ser muy importante en la fijación de precios es el gobierno, por medio de su política económica o fiscal, así como el marco regulatorio en materia de protección al consumidor.

Existen varios métodos para evaluar el impacto de los cambios del producto en los costos y el mantenimiento de la calidad. Estos pueden ser, análisis de minimización de costos, análisis costo-beneficio y los análisis costo-utilidad.

Los análisis de costo-beneficio, son análisis de la efectividad de costos para diferentes alternativas para determinar si los beneficios obtenidos por cada una sobrepasan o contrapesan los costos. Los beneficios se estiman en términos monetarios de acuerdo a lo que el consumidor está dispuesto a pagar por el producto final y tomando en cuenta los costos de oportunidad.

Los indicadores que se toman en cuenta para este análisis, incluyen al valor presente neto (VPN), el valor presente de los beneficios (VPB), el valor presente de los costos (VPC), la razón costo-beneficio (RCB) = VPB/VPC , el beneficio neto = $VPB-VPC$, etc.

La evaluación de costos consta de varios pasos: definir las expectativas del estudio, determinación de la tecnología o factor a evaluarse, la elección de un diseño de estudio, evaluación del costo y beneficio de los factores o tecnologías alternas y por último un análisis de sensibilidad.

11 COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO ⁶¹;

Una vez que el largo proceso de desarrollo de un nuevo producto ha terminado, la decisión de lanzarlo al mercado, se toma después de un trabajo paralelo de investigación de mercado y de la toma de decisiones de los ejecutivos involucrados a cerca de la prueba de mercado.

Tras la prueba de mercado, se decide si el producto se comercializará o no y donde se comercializará, de hecho muchos productos no pasan esta prueba, por lo que tras un resultado inesperado es necesario determinar las causas y hacer cambios necesarios en el producto rápidamente.

Una vez que se obtiene un producto adecuado a las necesidades y gustos del cliente, es momento de iniciar la comercialización. Este es un proceso que puede tomar de pocas semanas hasta meses dependiendo de su complejidad, el cual depende de muchos de los departamentos de la empresa.

La iniciación de la comercialización, depende principalmente del inicio y adecuación de la producción, la cual está determinada a la vez por la adecuación de equipos o procesos, la instalación de nuevos equipos, la optimización del proceso, etc.

Cuando la producción comienza, el departamento de calidad entra de nuevo en escena para asegurar que todos los productos cumplan perfectamente con los estándares establecidos, que de no ser así, atrasaran la comercialización hasta solucionar el problema.

Una vez que el producto se encuentra en los puntos de venta, el proceso de desarrollo no se ha detenido, es necesario monitorearlo continuamente en busca de variaciones y problemas. El departamento de desarrollo ahora se encargará de dar soporte al departamento de producción para resolver cualquiera de estos inconvenientes.

12 CONCLUSIONES

Al definir las actividades y conceptos involucrados en el diseño y desarrollo de un producto detergente líquido, desde su concepción hasta el análisis de su producción, este trabajo constituye una guía integral para las personas que no tengan un amplio conocimiento del tema y que estén interesadas en tener una visión general del desarrollo de productos aplicado a detergentes así como para aquellas que deseen formular un producto detergente.

Tomando en cuenta todos los aspectos mencionados a lo largo de esta investigación, es posible llevar a la práctica dichos conocimientos y materializarlos en un detergente que cumpla las necesidades planteadas por el desarrollador sin importar si se trata de un emprendedor individual o de un empleado de alguna de las empresas más fuertes de la industria.

A lo largo de la investigación, queda claro que, si bien la innovación técnica y la investigación aplicada pueden dar una gran ventaja competitiva a un desarrollador, lo más importante en un producto es cubrir las expectativas del consumidor, para lograrlo no es necesaria una gran inversión financiera, sino una comprensión profunda de las necesidades del cliente y un manejo adecuado de los conceptos presentados, esto aunado a la innovación y una mercadotecnia adecuados, puede proyectar un producto al éxito en el mercado.

Personalmente, he tenido la oportunidad de aplicar la gran mayoría los conceptos técnicos mencionados en este trabajo, tanto en la industria como a nivel laboratorio en el día a día hasta estos momentos, el enfoque que he tratado de dar en este trabajo está lo más cercano posible a la realidad del mercado y por ende los conceptos planteados son muy comunes en el ámbito.

El conocimiento sobre desarrollo de productos y más específicamente, productos de consumo contenido en este escrito, puede ser fácilmente trasladado a otras áreas de la industria ya que el proceso de desarrollo suele conllevar pasos equivalentes sin importar el tipo de producto, esto se hace constar a lo largo del texto.

En este texto se ha hecho un claro énfasis en el aspecto técnico y se ha demostrado la importancia de las capacidades de las demás áreas de la empresa, principalmente las comerciales para el éxito de los productos en desarrollo.

El trabajo, abarcó un breve análisis del mercado de detergentes en México, así como lo correspondiente al proceso de desarrollo de productos en su aspecto administrativo, lo cual incluye el ciclo de vida del producto, las fases en el proceso de desarrollo y el rol de los distintos departamentos de la empresa en el desarrollo del producto, entre otros.

Así mismo, se presentan las bases teóricas de la fisicoquímica de superficies, que es la ciencia que explica los fenómenos que se manifiestan en el proceso de limpieza y sobre la cual los desarrolladores fundamentan sus proyectos.

Una vez presentados los fundamentos, se ahonda en el proceso de formulación de un detergente, con un análisis de los distintos tipos de detergentes en el hogar y los ingredientes presentes. Se discuten los distintos tipos de diseño de experimentos aplicables al desarrollo de detergentes, así como el control de las propiedades del sistema detergente.

En el apartado de valoración del producto, se explica la importancia, los tipos y los estándares para llevar a cabo pruebas de desempeño del producto formulado. Se tratan las pruebas de robustez y de estabilidad así como las pruebas de consumidor, que son unos de los aspectos más críticos en el desarrollo del producto.

A continuación, se presentó un análisis del marco regulatorio con aspectos como el aseguramiento de la calidad y la seguridad, la legislación en materia de detergentes, ingredientes y desechos derivados y lo relacionado con las marcas y patentes que pudieran derivar de un nuevo desarrollo. Finalmente se trata brevemente, el aspecto económico y de la comercialización del producto.

13 REFERENCIAS

- 1- Adamson, Arthur W. Physical Chemistry of Surfaces, 6th ed., Wiley, New York, 1997
- 2- Alkhairy A., Optimal Product and Manufacturing Process Selection - Issues of Formulation and Methods for Parameter Design, RLE Technical Report No. 572, 1992.
- 3- Altmajer D., "Formulaciones Detergentes Biodegradables: Ensayos de Lavado", Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2004.
- 4- American Cleaning Institute, "Consumer Product Ingredient Safety, Exposure and Risk Screening Methods for Consumer Product Ingredients" Segunda Edición, Septiembre 2010.
- 5- American Society for Testing and Materials (ASTM), "Compendio de Normas 2003".
- 6- ApliChem, Detergents, Guide to Detergent Selection, Brochure 2008.
- 7- Bozetine I., Optimization of an alkylpolyglucoside-based dishwashing detergent formulation, J Surfact Deterg (2008) 11:299-305
- 8- Bradley N., The Response Surface Methodology, Department of Mathematical Sciences, University South Bend 2007.
- 9- CAMO, "Case Study: An Efficient Product Re-Formulation Using The Unscrambler®", Consultado en 2013.
- 10- Chemical Processing, "Pilot Plants, Special Report", 2009
- 11- Clariant, Industrial Home Care News, Public, Functional Chemicals, 2006.
- 12- Colgate - Palmolive, Nuestra Copañía, 2013, <http://www.colgate.com.mx/app/Colgate/MX/Corp/HomePage.cvsp>, Consultado en 2013
- 13- Consumer Product Ingredient Safety, "Exposure and Risk Screening Methods for Consumer Product Ingredients", Segunda Edición Septiembre 2010.
- 14- Creusen and Schoormans, "The Different Roles of Product Appearance on Consumer Choice" Delft University of Technology Press 2012.
- 15- Davis, G. "Environmental Evaluation and Proposed Standards for General Purpose Household Cleaners", Julio 1992

- 16- De paz, Musso C., Rebentisch E. and Gupta N., *The Path to Developing Successful New Products*. MIT Sloan Management Review Press 2007.
- 17- Entidad Mexicana Para la Acreditación (EMA), Sitio web: www.ema.org.mx, Consultado en 2013.
- 18- Fábrica de Jabón La Corona S.A. de C.V., "Nosotros", 2013, <http://www.lacorona.com.mx/aboutus.php>, Consultado en 2013
- 19- Fiksel, J., *Design for the Environment, Creating Eco-Efficient Products and Processes*", 1997, Mc Graw Hill EUA.
- 20- Fuller G., "New Food Product Development, From Concept to Marketplace", CRC Press, Tercera Edición 2011.
- 21- Gani R., "Chemical Product (Formulation) Design", Lecture Technical University of Denmark, 2011.
- 22- Garret, P.R. *Formulating Products for Optimum Foam Performance*, 2012, Pag 1-13.
- 23- G-Biosciences, *Detergents: A Handbook and Selection Guide to Detergents and Detergent Removal*, Brochure 2013.
- 24- Global Industry Analysts Inc., "Household Cleaning Agents- A Global Strategic Business Report". Marzo 2008.E12.
- 25- Green Seal Inc. "GS-37 Green Seal Standard for cleaning Products for Industrial and Institutional Use", Sexta Edición, Septiembre 2011.
- 26- Hernández A., *Evaluación sensorial de productos alimentarios*, Universidad Autónoma de Chapingo, Primera Edición 2007.
- 27- Herrmann, C. *Total Life Cycle Management – An Integrated Approach Towards Sustainability*, Technical University Braunschweig, Germany 2007.
- 28- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Banco de información económica: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>, Consultado en 2013.
- 29- International Specialty Products, *HI&I Formulation Guide*, Brochure 2010.
- 30- IUPAC, "Compendium of Chemical Terminology - the Gold Book": <http://goldbook.iupac.org/S05721.html>, Consultado en 2013.

- 31- Jensen A., Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources, Environmental Issues Series No. 6, Environment Agency European Union 1997.
- 32- JMP, "Design of Experiments, Release 6", 2006.
- 33- Kavanagh L., Introduction to Chemical Product Design, A hands-on Approach, Education for Chemical Engineers , 1:66-71, 2006.
- 34- Kume, Gallotti, Nunez; "Review on Anionic/Cationic Surfactant Mixtures", J Surfact Deterg (2008) 11:1-11.
- 35- Kurlat, J. Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina, Cuadernillo para unidades de Producción, Elaboración de Detergente Lavavajilla, 2010.
- 36- Lai K., Liquid Detergents, Surfactant Sciences Series, Volumen 129, Taylor & Francis Segunda Edición 2006.
- 37- Lazic Z., Anderson M., Optimal Blending Via Statistical Design of Experiments (DOE) Tailored to Formulation, Basf Brochure, 2010.
- 38- Leichtling C., "How Color Affects Marketing", The TABS Journal, Pags. 23-31, 2001.
- 39- Montgomery, Runger; "Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería, Mc Graw Hill, Segunda edición 2002".
- 40- Morris, Pitt, Honeycutt; "Business to Business Marketing a Strategic Approach", Pearson Education Inc. Tercera Edición 2001.
- 41- Myers D., "Surfactant Science and Technology", Tercera Edición, Octubre 2005.
- 42- Organización Internacional para la Estandarización (ISO), Sitio web <http://www.iso.org/iso/home.html>, consultado en 2013.
- 43- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), Pagina web: www.wipo.int, Consultado en 2013.
- 44- Pedrero F., Pangborn R., Evaluación sensorial de los alimentos, Alhambra mexicana Edición reimpressa 1989.
- 45- Procter & Gamble, Mas de 60 años de presencia en México, 2011, http://www.pg.com/es_LATAM/company/heritage.shtml, Consultado en 2013.
- 46- Rodriguez C., HERA, "Risk Assessment of Chemicals in Detergents and Cleaning

- Products, Present Practices and Needs of Industry”, 2006.
- 47- Salager, Anderéz, Forgiarini; “Influencia de la Formulación Sobre las Espumas”, Abril 1999.
 - 48- Secretaría de Economía, Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCFI-2011, Productos preenvasados-Contenido neto-Tolerancias y métodos de verificación. Diario Oficial de la Federación 10 de Agosto de 2012, Segunda Sección.
 - 49- Secretaría de Economía, Norma Oficial Mexicana NOM-030-SCFI-2006. Información Comercial-Declaración de cantidad en la etiqueta-Especificaciones, Diario Oficial de la Federación 6 de Noviembre de 2006 pag. 47.
 - 50- Secretaría de Salud, Norma Oficial Mexicana NOM-189-SSA1/SCFI-2002, Productos y Servicios. Etiquetado y envasado para productos de aseo de uso doméstico, Diario Oficial de la Federación 2 de Diciembre de 2002 pag. 56.
 - 51- SGS México, “Sitio web <http://www.sgs.mx/es-ES/Chemical/Finished-Product-Services/Consumer-Chemicals/Soaps-Detergents-and-Household-Chemicals/Stability-Studies.aspx>” Consultado en 2013.
 - 52- Sierra Club, “Nonylphenol Etoxylates: A Safer Alternative Exists to This Toxic Cleaning Agent”, Noviembre 2005.
 - 53- Sitio de la Cámara Nacional de la Industria de Aceites, Grasas, Jabones y Detergentes, Junio 2013, www.canajad.org.mx”.
 - 54- Source Category Survey: Detergent Industry, EPA Contract No. 68-02-3059, June 1980.
 - 55- Swedish Society for Nature Conservation, “Fragrances 2000, Draft for Public hearing”, 2000.
 - 56- Tang, D., "The Complete Guide to Product Adoption: from Product Life Cycle to Customer Decision Journey". Mayo 2013.
 - 57- The New Zealand Ecolabelling Trust, License Criteria for Dish Washing Detergents EC-01-08, Pages 1-30, 2011.
 - 58- Todini O., Highthroughput and modelling in consumer product development, Procter & Gamble Innovation Center, 2011.
 - 59- ToxEcology-Environmental Consulting Ltd. “Alternatives to Nonylphenol Etoxylates, Review of Toxicity, Biodegradation & Technical-Economic Aspects”. Mayo de 2002.

- 60- U.S. Consumer Product Safety Commission, Handbook for Manufacturing Safer Consumer Products, Pag. 1-49, 2011.
- 61- Ulrich, Karl T. and Eppinger, Product Design and Development, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, 2004.
- 62- United States Environmental Protection Agency, "EPA's DfE Standard for Safer Cleaning Products", Junio 2009.
- 63- Urban D., How to Formulate and Compound Industrial Detergents, David Grant Urban Primera Edición 2007.
- 64- US Environmental Protection Agency, "Sitio web www.epa.gov", Estados Unidos De América 2013.
- 65- Westkämper, E., Alting, L., Arndt, G., 2000, Life Cycle Management and Assessment: Approaches and Visions Towards Sustainable Manufacturing, in: Annals of the CIRP, Vol. 49/2/2000, pp.501-522.