



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**FORMULAR UN PRODUCTO BIODEGRADABLE DE AMPLIO ESPECTRO PARA LA
INDUSTRIA DE TRANSPORTE MARÍTIMO**

Tutor Académico:

Prof. Vanessa Altomare

Jurados:

Prof. Olga Martínez Seijas

Prof. Celeste Fernández

Lugar: Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ)

Hora: 11:00 am

Fecha: 13-07-2012

Autores:

OHEP, Carlos

C.I.:20188413

Valencia, 12 de julio de 2012



RESUMEN

El presente trabajo comprendió un estudio exhaustivo en la formulación de un producto biodegradable de amplio espectro para la industria de transporte marítimo, con la finalidad de ofrecer una alternativa nueva en el país en cuanto a productos de fácil asimilación para los ecosistemas marinos, ya que en la actualidad se maneja en el comercio, la distribución de desengrasantes con buenas propiedades de remoción de suciedad, pero en formulaciones basadas en solventes derivados del petróleo y otros componentes. Cuya asimilación en el medio ambiente es difícil, ya que genera daños a corto y largo plazo, como lo es la destrucción del ecosistema, formación de organismo parásitos en el medio de descarga, y en algunos casos afectando al hombre de manera directa.

La metodología empleada consistió en la elección de activos apropiados para las formulaciones, que posteriormente se corroboró con pruebas de remoción de aceites en distintas superficies, y se determina el poder limpieza de cada producto y su desempeño en distintos materiales. Seguidamente se realizó un estudio referente a la biodegradabilidad de los productos formulados a través del método de Winkler, el cual permitió establecer la formulación con alto contenido de biodegradabilidad en medio marino. Posteriormente se comparó el producto seleccionado con uno presente en el mercado y actualmente usado por la empresa nacional DIANCA Diques y Astilleros C.A., llamado ULTRA CLEAN, en cuanto a remoción de suciedad y degradación en el medio marino. Finalmente se establecieron las etapas del proceso de producción del desengrasante a escala de laboratorio.

Entre los logros más sobresalientes, estuvo la formulación de un desengrasante cuyo activo fue el Fenilsulfonato LAS 50, el cual presentó una media de remoción de aceites en distintas superficies mayor al 97%, siendo mayor a la media de remoción presentada por el producto ULTRA CLEAN del 95%. Por otra parte el producto formulado presentó una tasa de biodegradabilidad superior al 84% al cabo de 20 días, por encima del producto ULTRA CLEAN, el cual fue del 61%. Concluyendo así en la obtención de un producto de excelente desempeño, efectividad y alta biodegradabilidad.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Introducción..... | 1 |
| Capítulo I. Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.1 Descripción del problema..... | 2 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 4 |
| 1.3 Situación actual..... | 5 |
| 1.4 Situación deseada..... | 5 |
| 1.5 Objetivos | 5 |
| 1.6 Justificación | 6 |
| 1.7 Alcance y limitaciones..... | 7 |
| | |
| Capítulo II. Marco teórico referencial..... | 8 |
| 2.1. Antecedentes. | 8 |
| 2.2. Bases teóricas..... | 10 |
| 2.2.1. Definiciones generales..... | 10 |
| 2.2.2. Formulaciones de detergentes..... | 14 |
| 2.2.3. Tipos de surfactantes..... | 19 |
| 2.2.4. Fenómenos superficiales..... | 45 |
| 2.2.5. Fenómenos interfaciales..... | 46 |
| 2.2.6. Pruebas de biodegradabilidad en medio marino..... | 55 |
| 2.2.7. Método de Winkler..... | 57 |
| 2.2.8. Corrosión..... | 58 |
| | |
| Capítulo III. Marco metodológico..... | 59 |
| 3.1. Selección de los diferentes activos en los sistemas polifásico dispersos..... | 59 |
| 3.2. Desarrollar las diferentes formulaciones a base de principios activos a escala de laboratorio. | 64 |
| 3.3. Selección los sistemas de sustratos y superficies a emplear. | 64 |
| 3.4. Analizar los parámetros involucrados en los diferentes productos obtenidos. | 67 |



| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5. Comparar con los productos existentes en el mercado. | 69 |
| 3.6. Establecer las etapas del proceso con las condiciones obtenidas a escala de laboratorio. | 70 |
| Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados | 71 |
| 4.1. Selección de los diferentes activos en los sistemas polifásicos dispersos... | 71 |
| 4.2. Desarrollo de las diferentes formulaciones a base de principios activos a escala de laboratorio. | 74 |
| 4.3. Selección de los sistemas de sustratos y superficies a emplear..... | 76 |
| 4.4. Análisis de los parámetros involucrados en los diferentes productos obtenidos. | 81 |
| 4.5. Comparación del producto ULTRAR CLEAN. | 84 |
| 4.6. Establecer las etapas del proceso con las condiciones obtenidas a escala de laboratorio. | 87 |
| Conclusiones y recomendaciones | 88 |
| 5.1. Conclusiones..... | 88 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 89 |
| Apéndices | 90 |
| Apéndice A: Información de los activos..... | 91 |
| Apéndice B: Resultados del sistema SSD-AAPP..... | 121 |
| Apéndice C: Información del ULTRAR CLEAN..... | 129 |
| Apéndice D: Cálculos típicos..... | 136 |
| Apéndice E: Tablas..... | 141 |
| Referencias bibliográficas | 174 |



ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tablas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Activos utilizados en la formulación polifásica. | 60 |
| E.1. Propiedades de las formulaciones..... | 142 |
| E.2. Remoción de aceite mineral. | 142 |
| E.3. Remoción de aceite mineral II. | 143 |
| E.4. Remoción de aceite vegetal. | 143 |
| E.5. Remoción de aceite vegetal reciclado. | 144 |
| E.6. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro negro. | 145 |
| E.7. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro negro. | 146 |
| E.8. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado. | 147 |
| E.9. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro comercial. | 148 |
| E.10. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro comercial. | 149 |
| E.11. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro comercial. | 150 |
| E.12. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado. | 151 |
| E.13. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado. | 152 |
| E.14. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado. | 153 |
| E.15. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de aluminio. | 154 |
| E.16. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de aluminio. | 155 |



| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E.17. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de aluminio. | 156 |
| E.18. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de acero. | 157 |
| E.19. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de acero. | 158 |
| E.20. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de acero. | 159 |
| E.21. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial. | 160 |
| E.22. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial. | 161 |
| E.23. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial. | 162 |
| E.24. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro. | 163 |
| E.25. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro. | 164 |
| E.26. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro. | 165 |
| E.27. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado. | 166 |
| E.28. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado. | 167 |
| E.29. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado. | 168 |
| E.30. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de acero. | 169 |
| E.31. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de acero. | 170 |



| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| E.32. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de acero. | 171 |
| E.33. Metodología de Winkler para F1. | 172 |
| E.34. Metodología de Winkler para F2. | 172 |
| E.35. Metodología de Winkler para F3. | 173 |
| E.36. Metodología de Winkler para el ULTRACLEAN..... | 173 |



ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Proceso de obtención del desengrasante para la industria marítima. | 4 |
| 2.1. Reacción general de la biodegradación de sustancias químicas. | 13 |
| 2.2. Reacciones químicas involucradas en el consumo de materia orgánica. | 13 |
| 2.3. Reacción de saponificación. | 20 |
| 2.4. Reacción de neutralización. | 20 |
| 2.5. Reacciones de condensación. | 22 |
| 2.6. Reacción de desulfatación. | 23 |
| 2.7. Adición de ácido sulfúrico sobre el doble enlace del ácido insaturado. | 24 |
| 2.8. Esterificación del grupo hidroxilo. | 24 |
| 2.9. Hidrólisis parcial en medio sulfúrico. | 25 |
| 2.10. Formación de alcanoamidas sulfatadas. | 25 |
| 2.11. Diferentes isómeros para la preparación de los ABS. | 26 |
| 2.12. Diferentes isómeros, provenientes de la deshidrocloración. | 27 |
| 2.13. Reacción de hidrogenólisis. | 31 |
| 2.14. Reducción con sodio metálico en medio alcohólico. | 32 |
| 2.15. Hidratación de alfa-olefinas en medio sulfúrico. | 32 |
| 2.16. Primera etapa de la policondensación de grupos EO. | 33 |
| 2.17. Reacción global de policondensación. | 33 |
| 2.18. Reacción de cloroparafina con fenol. | 34 |
| 2.19. Segunda vía de adición de olefina. | 34 |
| 2.20. Reacción de etoxilación del alquilfenol. | 35 |
| 2.21. Representación de la policondensación de óxido de etileno sobre un etoxilado. | 35 |
| 2.22. Adición de hidrógeno sulfurado sobre una olefina ramificada. | 36 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.23. Policondensación del óxido de etileno. | 37 |
| 2.24. Reacción de transesterificación. | 38 |
| 2.25. Esterificación del ácido graso con con polietilen-glicol. | 38 |
| 2.26. Reacción de alquilación de la cloroparafina sobre la piridina. | 39 |
| 2.27. Reacción de Friedel- Crafts sobre metil-piridinas..... | 40 |
| 2.28. Representación de la quinolina. | 40 |
| 2.29. Formación de un compuesto con dos nitrógenos. | 41 |
| 2.30. Reacción de ciclización. | 41 |
| 2.31. Derivados de piperidinio. | 42 |
| 2.32. Derivados del morfolino. | 42 |
| 2.33. Formación del N-N-cetil morfolinio lauril-sulfato. | 43 |
| 2.34. Fórmula general de los amino-ácidos propinóicos. | 43 |
| 2.35. Estructura general de los imido-ácidos propinóicos. | 43 |
| 2.36. Estructura general de las N-alkil-betaina. | 44 |
| 2.37. Estructura general de las sulfobetainas. | 44 |
| 2.38. Estructura general de las alquil-taurinas. | 45 |
| 2.39. Desestabilización de la adhesión. | 53 |
| 2.40. Reacciones implicadas en la adición del álcali y sulfato de manganeso II. | 57 |
| 2.41. Reacción ocasionada por la adición de la solución de álcali-yoduro-azida. | 57 |
| 2.42. Reacción involucrada en la titulación de la muestra. | 58 |
| 2.43. Ecuación para determinar la cantidad de yoduro en la muestra. | 58 |
| 3.1. Creación de un problema. | 61 |
| 3.2. Creación del árbol de criterios. | 62 |
| 3.3. Definición de alternativas. | 62 |
| 3.4. Puntuación de las alternativas según el criterio. | 63 |
| 3.5. Matriz de resultados. | 63 |
| 3.6. Gráfico de la matriz de resultados. | 64 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.7. Diagrama de bloque del proceso de formulación del desengrasante. | 65 |
| 3.8. Diagrama de bloque del proceso de remoción de grasa para las formulaciones. | 66 |
| 3.9. Diagrama de bloque del proceso de remoción de grasa para las formulaciones con distintas superficies. | 67 |
| 4.1. Resultados de los diferentes activos, considerados en la formulación. | 71 |
| 4.2. Estructura molecular del lauril éter sulfato de sodio. | 72 |
| 4.3. Estructura molecular del Hostapur SAS 60. | 73 |
| 4.4. Estructura molecular del Fenilsulfonato LAS 50. | 73 |
| 4.5. Estructura molecular del Arkopal N 100. | 74 |
| 4.6. Poder desengrasante de las formulaciones. | 75 |
| 4.7. Porcentaje de remoción de aceite mineral en distintas superficies. | 77 |
| 4.8. Porcentaje de remoción de aceite vegetal en distintas superficies. | 79 |
| 4.9. Porcentaje de remoción vegetal reciclado en distintas superficies. | 81 |
| 4.10. Disminución de oxígeno disuelto en las distintas formulaciones. | 83 |
| 4.11. Porcentaje de remoción del ULTRA CLEAN, en distintas superficies. | 85 |
| 4.12. Disminución de oxígeno disuelto del ULTRA CLEAN. | 86 |
| 4.13. Representación a escala piloto de la producción del desengrasante..... | 87 |
| A.1.1. Hoja de seguridad del Genpapol BD (I). | 92 |
| A.1.2. Hoja de seguridad del Genpapol BD (II). | 93 |
| A.1.3. Hoja de seguridad del Genpapol BD (III)..... | 94 |
| A.1.4. Hoja de seguridad del Genpapol BD (IV). | 95 |
| A.1.5. Hoja de seguridad del Genpapol BD (V)..... | 96 |
| A.1.6. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (I). | 97 |



| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| A.1.7. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (II). | 98 |
| A.1.8. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (III). | 99 |
| A.1.9. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (IV). | 100 |
| A.1.10. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (V). | 101 |
| A.1.11. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (I). | 102 |
| A.1.12. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (II). | 103 |
| A.1.13. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (III). | 104 |
| A.1.14. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (IV). | 105 |
| A.1.15. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (V). | 106 |
| A.1.16. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (VI). | 107 |
| A.1.17. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (I). | 108 |
| A.1.18. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (II). | 109 |
| A.1.19. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (III). | 110 |
| A.1.20. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (IV). | 111 |
| A.2.1. Aspectos generales del Genapol BD. | 113 |
| A.2.2. Aspectos generales del Hostapur SAS 60. | 114 |
| A.2.3. Aspectos generales del Arkopal N 100 (I). | 115 |
| A.2.4. Aspectos generales del Arkopal N 100 (II). | 116 |
| A.2.5. Aspectos generales del Arkopal N 100 (III). | 117 |
| A.2.6. Aspectos generales del Arkopal N 100 (IV). | 118 |
| A.2.7. Aspectos generales del Fenilsulfonato LAS 50. | 119 |
| A.2.8. Características de los activos. | 120 |
| A.2.9. Lista de precios al mayor y detal de los distintos activos. | 120 |
| C.1. Características del ULTRA CLEAN (I). | 130 |
| C.2. Características del ULTRA CLEAN (II) | 131 |
| C.3. Características del ULTRA CLEAN (III). | 132 |
| C.4. Hoja de datos de seguridad del ULTRA CLEAN (I). | 133 |
| C.5. Hoja de datos de seguridad del ULTRA CLEAN (II). | 134 |
| C.6. Lista de precios y presentaciones del ULTRA CLEAN. | 135 |



INTRODUCCIÓN

La investigación tuvo como finalidad la formulación de un desengrasante biodegradable para la industria de transporte marítimo, debido a la falta de productos en el país con estas características, lo que interviene directamente en el ecosistema marino tanto de las costas del país, como lo la de los ríos, entre otros.

Para la ejecución del objetivo principal, se seleccionaron activos diferentes, elegidos cada uno por sus características de biodegradabilidad, toxicidad, costo y sinergia; los cuales sirvieron posteriormente para las formulaciones de productos, los cuales se les aplicaron distintas pruebas para determinar al más apto y compararlo con los presentes en el mercado. Esta investigación está basada en el campo de desarrollo de formulaciones de detergentes desengrasantes bajo los parámetro de biodegradabilidad principalmente, destacando el beneficio que ofrece estas investigaciones a la preservación del medio ambiente.

El trabajo se encuentra estructurado de cinco capítulos. El capítulo uno establece lo referente al planteamiento del problema existente en la actualidad, describiendo la situación actual y deseada, por otra parte la formulación del objetivo general y los específicos que comprenden la investigación, la justificación del estudio, así como el alcance y las limitaciones.

En el segundo capítulo se incluyen los antecedentes que sirvieron de guía para la investigación y los fundamentos teóricos necesario para la comprensión del tema en estudio. Seguidamente el capítulo tres describe la metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos planteados. Posteriormente el capítulo cuatro hace referencia al análisis y discusión de los resultados obtenidos en las experiencias realizadas. Finalmente en el capítulo cinco se presentan la conclusiones y recomendaciones más relevantes de los objetivos planteados en la investigación.

Con este trabajo de grado, se pretende ofrecer al usuario una alternativa en la adquisición de un producto desengrasante, para que pueda contribuir con el medio ambiente y disminuir el consumo de productos a base de derivados del petróleo.



I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se presenta un breve resumen acerca del contenido presente en este estudio, a través de la situación actual del problema, el enfoque deseado, las justificaciones necesarias para apoyar dicho trabajo, los objetivos pertinentes al tema y finalmente los antecedentes que avalan la investigación.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en el mundo se está generando una problemática concerniente con los procesos de mantenimiento, producciones e infinidad de acciones que conllevan a la generación de lo que se llama comúnmente “desechos tóxicos”, provenientes de combustibles fósiles altamente contaminantes y con gran impacto ambiental. Estos desechos en su mayoría son agentes causantes de desequilibrios en cuanto al entorno ambiental que los rodea, tal es el caso de los desechos industriales, los cuales algunos se descargan directamente en ríos, lagos, océanos, etc., lo que perturba el ecosistema marino, provocando daños que pueden ser a corto o largo plazo. Debido a esto, en los últimos años se ha implementado decretos, leyes, sanciones, que prohíben este tipo de perturbaciones al medio ambiente, sin embargo no todas las industrias o entes que producen desechos lo acatan.

Para la industria marina, específicamente en la República Bolivariana de Venezuela, estas leyes existen, pero no siempre se aplican del todo, debido a que mucha gente que posee equipos de transporte marino, al momento de hacerles mantenimiento, muchos de los productos usados no son ecológicos, en cuanto a drenaje de los mismos, que en su mayoría se desechan al mar. Actualmente no existe un producto de limpieza cuyas características tenga propiedades de degradación rápida en el agua de mar, es por eso que se plantea la posibilidad de formular un producto de limpieza cuyas propiedades sea tanto anticorrosiva como de fácil degradación en el mar.

El Centro de Investigación Ambiental de la Universidad de Carabobo (CIA-UC) es un departamento capacitado para el estudio de fenómenos químicos, así como la formulación y elaboración de productos para uso doméstico e industrial. El área de investigación referente a la formulación del producto está dirigida a la parte de Química Orgánica Ambiental, cuya finalidad es brindar soluciones prácticas a problemas que se presentan dentro de la producción de los



productos, así como el estudio de comportamiento de compuestos dentro de condiciones dadas, siempre con una visión ecológica, ya que se enfocan mucho en la conservación del ambiente.

Para la elaboración de dicho producto se debe tener conocimiento acerca de los fenómenos involucrados en dicho proceso, así como los compuestos que conforman el producto. Los fenómenos más importantes en cuanto al estudio del detergente son los fenómenos interfaciales, el cual por definición se tiene que es una interfase o cuya existencia está ligada a la presencia de una interfase, Una interfase es el límite entre dos fases inmiscibles. La propiedad más relevante de la interfase es su área, la cual es en general grande en la mayoría de las aplicaciones de interés. Al dispersar una fase en otra, se obtienen varios sistemas, llamados dispersiones. Existen muchos tipos de dispersiones, las más importantes para esta investigación es la emulsión, suspensión y espuma (Salager *et al.*, 2002).

En la mayoría de las aplicaciones de interés se encuentra en la interfase un tercer tipo de sustancia llamada surfactante. Estas sustancias permiten controlar las propiedades del sistema y según el caso y el uso se califican como jabón, detergente, tensioactivo, emulsionante, dispersante, espumante, humectante, hidrofobante, inhibidor de corrosión, etc (Salager *et al.* 2002). El surfactante juega un papel de primera importancia en los sistemas que poseen una fase continua líquida en la cual el surfactante puede migrar por convección o difusión: las espumas, las emulsiones y las suspensiones. Existen varios tipos de surfactantes, como lo son los aniónicos, los noiónicos y los cationicos. Durante la investigación se determinará cual es el más apropiado, y si existe la factibilidad de mezclar varios tipos para obtener una mejor calidad del producto (Salager *et al.*, 2002).

La parte experimental de la investigación, en cuanto a la formulación y verificación de la capacidad biodegradable, anticorrosiva y desengrasante del producto, se hará en un tanque de agitación continua. En la siguiente figura 1.1 se muestra el proceso de obtención del detergente en estudio:

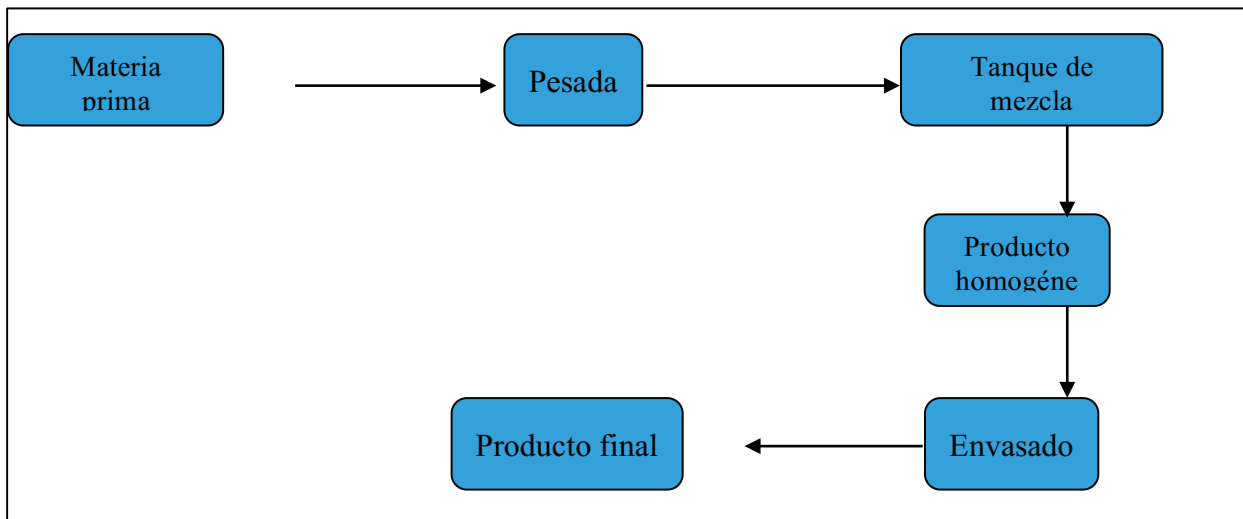


Figura 1.1. Proceso de obtención del desengrasante para la industria marítima.

Una vez realizada las evaluaciones pertinentes con respecto a los productos a emplear, se verificará o no la excelencia del producto en cuanto a las necesidades requeridas por los eventuales clientes, para así poder desplazar un poco lo que son los detergentes cuyas materias primas provienen de combustibles fósiles, fosfatos, álcalis fuertes, solventes clorados, entre otros.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la industria de limpieza marítima, a nivel comercial no se conoce de manera pública un producto cuyas características tengan propiedades biodegradables y cumplan con las funciones esenciales de un desengrasante en el agua marina. A raíz de esta situación y con la iniciativa de promover un producto de conocimiento general para los clientes a momento de realizar el mantenimiento al transporte marítimo, se plantea la investigación que promueva el conocimiento de una formula cuyas propiedades cumpla con las condiciones establecida anteriormente, a fin de reducir la contaminación realizada por los desengrasantes actuales, debido a su descarga directa en el agua marina.



1.2.1 SITUACION ACTUAL

Actualmente no se tiene una fuente de información que avale o no la comercialización de este tipo de producto marino, ya que existen varias empresas que desarrollan tecnologías de detergentes biodegradables, pero enfocados más a lo que es la industria y la limpieza doméstica. A ciencia cierta hay que evaluar la posibilidad de que los productos usados para la limpieza de transporte marino presten o no propiedades biodegradables, y que estos sean de conocimiento para el público en general, ya que la falta de orientación también es una causa por la que se sigue usando productos contaminantes, de difícil degradación natural.

1.2.2 SITUACION DESEADA

Se desea elaborar un producto biodegradable y de fácil producción, que presente las características de otros productos asociados a la industria marítima en cuanto a su mantenimiento, ya que se debe pensar en nuevas soluciones ecológicas para los diferentes problemas que se presentan a causa de los distintos productos que son descargados a las aguas marinas, las cuales llevan consigo daños colaterales que en exceso son irreversibles para el ecosistema marino, acabando con la vida del mismo en sus alrededores. Con la implementación del nuevo producto, se busca disminuir la contaminación de efluentes y prolongar la vida marina, respecto de los productos actuales.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Formular un producto biodegradable de amplio espectro para la industria de transporte marítimo.

1.3.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

1. Seleccionar los diferentes activos en los sistemas polifásicos dispersos, para así establecer el más eficiente.
2. Desarrollar diferentes formulaciones a base de principios activos a escala de laboratorio y así obtener un rango de selección de producto.
3. Seleccionar las superficies en donde el desengrasante presente un desempeño adecuado, para determinar el tipo de producto a emplear.



4. Analizar los parámetros involucrados en los diferentes productos obtenidos, para determinar la factibilidad de producción.
5. Comparar el producto elaborado con los productos existentes en el mercado para evaluar la posibilidad de comercializar el mismo.
6. Establecer las etapas del proceso con las condiciones obtenidas a escala de laboratorio.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende disminuir las emisiones de los productos desengrasantes utilizados en la actualidad, a fin de solventar de una forma el impacto ambiental que dichos productos generan, facilitando la degradación de los desechos que producirán, de manera rápida, comparado con otros productos. Ya que en la actualidad no se tiene conocimiento acerca de los productos biodegradables referentes a la industria marítima, con la implementación de este detergente, se busca concientizar al cliente acerca del impacto que los desechos originados por los productos de limpieza afectan el medio ambiente marino. Por medio de la formulación de un desengrasante que pueda ser aplicado en la industria marítima en el área de mantenimiento, desarrollado a escala de laboratorio, de manera que exista una amplia gama de productos, a fin de suplir las carencias de los otros productos o simplemente presentar una vía alterna a los actuales, referido al costo, o también, que presenten una mayor degradación en medio marino. El desarrollo del desengrasante en los laboratorios de la facultad de Ingeniería, permitirá tener antecedentes para investigaciones futuras, además de establecer la capacitación de los laboratorios para tales investigaciones, permitiendo que el estudiante tenga una vía alterna a la parte privada de las investigaciones, que conlleva a una inversión por parte de una entidad empresarial o del mismo estudiante.

Es de importancia que las personas manejen conocimientos acerca de lo que es la limpieza con productos biodegradables, porque estos a la larga reemplazarán los usados actualmente, que no poseen una propiedad de fácil degradación, teniendo en cuenta también las futuras normas y leyes que se propondrán para minimizar los efectos dañinos de los productos de limpieza actuales. La nueva formulación servirá como base para el desarrollo de productos de limpieza enfatizados en el área de transporte marítimo, ya que se dispondrá de una base concreta para partir en los experimentos realizados.



1.5 LIMITACIONES Y ALCANCES

Como limitación para esta investigación se puede acarrear a la obtención de materias primas, ya que conseguir compuestos que presenten propiedades biodegradables, desengrasantes y anticorrosivas no es del todo fácil, tomando en cuenta el aspecto económico, la disposición de los distribuidores a despachar pequeñas cantidades, además de permisos para el pedido del mismo.

Como alcance, se desea sustituir los productos del mercado actual, que degradan la vida marina y contaminan el ecosistema, así de brindar otras alternativas de limpieza en cuanto a la industria de transporte marino.



II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Torres, R. (2001), hizo estudios acerca del modelaje de la influencia de la mezcla de surfactantes en el desempeño de un lavaplatos líquido y de la mezcla de reforzadores en un detergente. En este trabajo se plantea modelar la influencia de la mezcla de surfactantes en el desempeño de un lavaplatos líquido y de la mezcla de reforzadores de un detergente en polvo, para explicar la variabilidad de desempeño debida a cambios en las proporciones de las mezclas.

Entre las principales conclusiones se tiene que el poder quita grasa para el lavaplatos líquido presenta un sinergismo en mezclas binarias de aquil benceno sulfonato lineal (LAS) y lauril éter sulfonato de sodio (LESS) y la detergencia primaria, secundaria y re deposición de sucios en los tejidos aumenta en mezcla de reforzadores con alto contenido de tripolisfosfato (TPP).

Este trabajo constituye un antecedente importante, ya que presenta una metodología que sirve de base para el trabajo a realizar al estimar una relación desempeño/costo de un lavaplatos líquido y un detergente en polvo además hace referencia a la influencia de la mezcla de surfactantes en el desempeño de los mismos;

Se diferencia en que esta investigación no hace referencia a estudios de biodegradabilidad de jabones y detergentes, y en la presente investigación se realizarán análisis de biodegradabilidad del desengrasante elaborado.

Altmajer, D. (2004), investigó sobre el estudio de formulación de detergentes biodegradables. El presente trabajo habla del desarrollo de un dispositivo experimental que permite el estudio del proceso de lavado de superficies duras así como el desarrollo de formulaciones de detergentes de aplicaciones específicas. Dicho sistema ha sido denominado Baño-Sustrato-Flujo (BSF) puesto que permite modificar los diferentes elementos que actúan en el proceso deteritivo (sustrato, suciedad y baño) así como las condiciones hidrodinámicas, lo que posibilita simular el funcionamiento de sistemas industriales de lavado.

Entre los objetivos más resaltantes que se desenvuelven en la actual tesis se tiene el desarrollo de un sistema que permita analizar la eficacia de diferentes formulaciones para



suciedades grasas, obtener formulaciones de detergentes que utilicen tensioactivos provenientes de fuentes naturales como alquipoliglucósidos y alcoholes grasos etoxilados y que por lo tanto sean fácilmente biodegradables y que no produzcan productos de biodegradación tóxicos.

A través de esta investigación se podrá tener una visión de una metodología nueva para la formulación de detergentes con las características de biodegradabilidad, además de ofrecer otras alternativas de investigación en cuanto al área de estudio, dado que la investigación que se hace referencia es de nivel doctoral, lo que permite garantizar la credibilidad de los estudios realizados y resultados obtenidos.

Salón, N. (2008) investigó acerca de la formulación de un desengrasante biodegradable a base de d-limoneo para la empresa de manufactura de productos químicos Induchem C.A. El presente trabajo tuvo como objetivo principal la formulación de un detergente desengrasante biodegradable a base de d-limoneno para la empresa INDUCHEM C.A. La metodología empleada para la realización de los objetivos, se enfocó en la selección de la materia prima apropiada para la elaboración del producto, la cual se realizó empleando como herramienta una matriz de selección, posteriormente se determinó las variables que influyen en la formulación del detergente empleando un diagrama causa-efecto, las cuales fueron las composiciones másicas: del ingrediente activo d-limoneno, de la mezcla de tensioactivo y del aditivo en este caso el alcohol isopropílico. La implementación de un diseño experimental 3^3 permitió determinar el número mínimo de corridas necesarias. Una vez obtenido el producto de apariencia física aceptable se procedió a realizarle las pruebas de desempeño variando los diferentes parámetros que influyen en la limpieza de un detergente (tipo de suciedad, tipo de sustrato y concentración de la dilución), comparando la limpieza de este nuevo producto con un producto existente en la empresa de nombre comercial CHEM-448, producto elaborado a base de ingredientes contaminantes para el medio ambiente y otros productos existentes en el mercado. Mediante esta comparación se determinó que el producto resultó eficiente en limpieza, luego se procedió a evaluar los costos los cuales resultaron elevados con respecto a los detergentes que emplean materias primas contaminantes ya que el inconveniente de esta nueva tecnología biodegradable corresponde a los elevados costos de la materia prima. Los ensayos de biodegradabilidad se efectuaron en el laboratorio Hidrolab Toro Consultores, C.A.



García, J. (2009) realizó estudios sobre la evaluación del proceso de producción de un detergente líquido a escala de laboratorio para establecer mejores condiciones de operación a fin de incrementar su viscosidad. Este trabajo de investigación se basó en la evaluación del proceso de elaboración de un detergente líquido a escala de laboratorio, para establecer mejores condiciones de operación a fin de incrementar su viscosidad. Se ejecutó un diagnóstico del proceso, identificando sus variables y posibles fallas para precisar los factores con mayor influencia y seguidamente, proponer opciones de mejoras y analizarlas a fin de establecer la más adecuada en conformidad con las necesidades y recursos de la empresa. Finalmente se determinó la factibilidad económica de las propuestas planteadas. Las materias primas ácido sulfónico, ácido oleico, salcare®, sal bruta y el pH fueron los factores más influyentes en las características de calidad del detergente líquido, por su parte, los factores mano de obra, medición y método, no son significativos en la viscosidad del detergente líquido. Se establecieron dos formulaciones como alternativas de mejoramiento, incorporando al nuevo producto tres nuevos componentes y así disminuir el porcentaje de ácido sulfónico. Se recomienda aplicar una metodología alternativa para determinar la viscosidad del detergente líquido elaborado y garantizar en la medida de lo posible la dotación de materias primas involucradas en el proceso a fin de evitar retrasos en el desarrollo de este.

2.2. BASES TEÓRICAS

En esta sección se hará una revisión bibliográfica acerca a conceptos básicos, información general y específica, investigaciones y métodos experimentales referente al presente trabajo de grado

2.2.1 DEFINICIONES GENERALES

Detergentes

Los detergentes están referidos a una combinación de surfactantes con otras sustancias que le incrementan la eficiencia respecto a su poder de limpieza. Los detergentes son compuestos que permiten variar la tensión superficial del agua y son los causantes de la humectación, penetración, emulsión y suspensión de las partículas de (mugre) sucios. Su estructura está compuesta por dos partes: una hidrófila (afinidad con el agua) y otra lipofílica (afinidad con aceites), lo que permite



formar puentes de agua y aceite, ayudando a remover las suciedades (Fernández y Salager *et al.*, 2004).

Para la elaboración de dicho producto se debe tener conocimiento acerca de los fenómenos involucrados en dicho proceso, así como los compuestos que conforman el producto. Los fenómenos más importantes en cuanto al estudio del detergente son los fenómenos interfaciales, el cual por definición se tiene que es una interfase o cuya existencia está ligada a la presencia de una interfase, Una interfase es el límite entre dos fases inmiscibles. La propiedad más relevante de la interfase es su área, la cual es en general grande en la mayoría de las aplicaciones de interés. Al dispersar una fase en otra, se obtienen varios sistemas, llamados dispersiones. Existen muchos tipos de dispersiones, las más importantes para esta investigación es la emulsión, suspensión y espuma (Salager *et al.*, 2002).

Se conoce bajo el nombre de detergencia, el conjunto de fenómenos involucrados en la remoción de un "sucio" de un sustrato sólido. Se define como sucio una partícula sólida o una gota líquida de sustancia indeseable que puede ser más o menos polar que el sustrato. Los casos más corriente son aquellos de un sucio polar o apolar (partícula o gota grasosa) sobre un sustrato polar (Salager *et al.*, 2002).

Surfactantes

En la mayoría de las aplicaciones de interés se encuentra en la interfase un tercer tipo de sustancia llamada surfactante. Estas sustancias permiten controlar las propiedades del sistema y según el caso y el uso se califican como jabón, detergente, tensioactivo, emulsionante, dispersante, espumante, humectante, hidrofobante, inhibidor de corrosión, etc. El surfactante juega un papel de primera importancia en los sistemas que poseen una fase continua líquida en la cual el surfactante puede migrar por convección o difusión: las espumas, las emulsiones y las suspensiones. Existen varios tipos de surfactantes, como lo son los aniónicos, los noiónicos y los catiónicos (Salager *et al.* 2002).

Los surfactantes son sustancias cuyas moléculas poseen a la vez un grupo polar y un grupo apolar. El grupo polar es en general un grupo funcional que contiene heteroátomos como O, S, N o P; los grupos polares más comunes son los grupos: carboxilato, sulfonato, sulfato, amonio y



fosfato. Los grupos hidroxilo y éter deben tener un cierto orden de multiplicidad para producir un grupo polar apropiado (poliol, poliéter). En cuanto al grupo apolar es en general una cadena hidrocarbonada de tipo alquilo ó alquil-arilo con típicamente 12 a 20 átomos de carbonos (Salager *et al.* 2002).

Usualmente se clasifican los surfactantes de acuerdo a su ionización en medio acuoso. Aquellos que se disocian en un ion surfactante cargado negativamente (anión) y un catión metálico se llaman surfactantes aniónicos. A esta categoría pertenecen los jabones o carboxilatos, los alquilbenceno sulfonatos (detergentes en polvo), el dodecil (éster) sulfato (agente espumante más corriente) y los xantatos (agentes colectores para flotación de minerales). Estos son los surfactantes más importantes desde el punto de vista de la producción ya que representan más del 50% del total (Salager *et al.* 2002).

Después de los surfactantes aniónicos, los más importantes son los surfactantes noiónicos que representan un 40% de la producción total. Estos surfactantes no producen iones cuando se encuentran en solución acuosa y sus grupos polares son del tipo polialcohol y/o poliéter (poli-óxido de etileno o de propileno). A esa categoría pertenecen los alcoholes, alquilfenoles polietoxilados, y los esteres de sorbitan etoxilados o no. Los surfactantes noiónicos son mucho menos sensibles a los electrólitos que los surfactantes aniónicos y por tanto pueden usarse en medio salino, particularmente en agua dura que contiene iones bivalentes calcio y magnesio. Los demás surfactantes son los catiónicos que poseen una carga positiva y los anfóteros que tienen a la vez una carga positiva y una carga negativa. Se usan, exclusivamente en aplicaciones especiales que justifican su costo (Salager *et al.* 2002).

Biodegradabilidad

La biodegradabilidad ha sido definida como la capacidad intrínseca de una sustancia a ser transformada en una estructura química más simple por vía microbiana. La biodegradabilidad es un parámetro determinante en el comportamiento ambiental de las sustancias químicas y una propiedad deseable de los productos que se liberan en grandes cantidades al medio natural, tales como detergentes, pesticidas, materiales de embalaje, etc. Mediante el proceso conocido como biodegradación, los microorganismos transforman los compuestos orgánicos, la mayoría de las

veces en productos menos tóxicos que los compuestos originales. La biodegradación puede ser ‘primaria’ y conducir a simples alteraciones estructurales del compuesto, o bien implicar su conversión a productos inorgánicos de bajo peso molecular y constituyentes celulares, en cuyo caso se denomina ‘biodegradación última’ o ‘mineralización’ (Vázquez y Beltrán *et al.* 2004). A continuación se presenta la reacción general de la biodegradación de sustancias químicas:

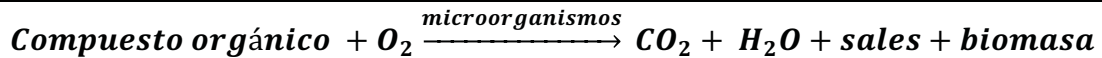


Figura 2.1. Reacción general de la biodegradación de sustancias químicas.

Degradación de la materia orgánica en el agua.

La existencia del agua como medio en donde ocurren dichos procesos, es el primer requisito. Una vez que se cuenta con materia orgánica y suficiente agua, se desencadena espontáneamente una serie de procesos que conduce a la descomposición de la materia orgánica y que en esencia, es igual para cada cuerpo de aguas, lagos, ríos, lixiviados orgánicos, etc. Cuando existe abundante cantidad de materia orgánica, el crecimiento bacteriano se ve favorecido enormemente y, como consecuencia de ello, los niveles de oxígeno disuelto dentro de la masa de agua se reducen rápidamente. Tanto el metabolismo bacteriano, como las consecuencias de un medio fuertemente reductor, son responsables de la acidificación progresiva del medio (Bravo *et al.* 1992).

A continuación se describe la secuencia de reacciones bioquímicas que pueden ocurrir en cualquier cuerpo de aguas con alto contenido de materia orgánica (Bravo, 1992).

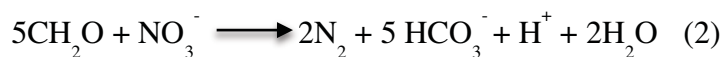


Figura 2.2. Reacciones químicas involucradas en el consumo de materia orgánica.

Las anteriores ecuaciones están escritas secuencialmente en términos del potencial redox, de ambiente oxidante a ambiente reductor. Son excluyentes en el sentido de que una no ocurre mientras la anterior no se haya agotado. Todas ellas involucran la participación de microorganismos específicos ((Bravo *et al.* 1992).

Así, por ejemplo, la ecuación (1) representa la oxidación de la materia orgánica en medio aeróbico, fácilmente perceptible en los cuerpos de agua bien oxigenados. La ecuación (2) representa los procesos de desnitrificación y las ecuaciones (3) y (4), la reducción de hierro y manganeso respectivamente. Nótese como la solubilización de hierro y manganeso (elementos presentes en algunas fuentes naturales) en el agua, se halla estrechamente relacionada con la presencia de materia orgánica, capaz de crear y mantener un medio reductor. Estas condiciones suelen encontrarse naturalmente en las aguas subterráneas profundas de algunas cuencas sedimentarias y en el fondo de los grandes lagos y embalses (Bravo *et al.* 1992).

La ecuación (5) representa la generación de sulfuros, fácilmente perceptible por simples análisis organoléptico en las aguas estancadas. La ecuación (6) representa el estado reductor más bajo posible y su concurrencia esta supeditada no solamente a la existencia de abundante materia orgánica, sino a que se hallan agotado las reservas de los otros oxidantes disponibles en la masa de agua: oxígeno, nitratos, manganeso IV, hierro III y sulfatos. La reacción (6) se conoce como “metano-génesis” y puede observarse en el interior de los rellenos sanitarios y en las aguas subterráneas de largos tiempos de residencia, presentes en algunas cuencas sedimentarias (Bravo *et al.* 1992).

2.2.2. FORMULACIONES DE DETERGENTES

Para lograr su papel limpiador, un detergente debe producir numerosos fenómenos, los cuales dependen en general del tipo de sustrato, del tipo de sucio y de las condiciones. Así se han diseñado fórmulas específicas capaces de actuar con eficiencia en casos particulares, y fórmulas generales con resultados más o menos satisfactorios en la mayoría de los casos. En estas formulaciones entran un gran número de componentes cuyos papeles se complementan uno a otro, a menudo con un efecto de sinergia, es decir un resultado mejor que la suma de los efectos independientes de cada uno de los componentes (Salager *et al.* 1988).

A continuación se mencionan los diferentes tipos de componentes que se encuentran en formulaciones detergentes y el papel que juegan:

- **Surfactantes**

Los surfactantes aniónicos (sulfonatos, éster-sulfatos, jabones) y noiónicos (alcoholes o fenoles etoxilados) actúan como agentes de mojabilidad del sustrato, rebajan la tensión interfacial, se adsorben y cambian el potencial superficial, emulsionan el sucio líquido, y dispersan las partículas sólidas. En algunas aplicaciones especiales se usan las propiedades bactericidas de los surfactantes catiónicos, tales como en formulaciones desinfectantes, en los cuales están a menudo asociados con surfactantes noiónicos. Los surfactantes anfóteros no se usan generalmente como surfactantes únicos en formulaciones detergentes por su alto costo, sino como aditivos dispersantes de jabones de calcio (*Lime soap dispersing agents* — LSDA — en inglés) (Salager *et al.* 1988).

- **Agentes secuestrantes mejoradores (Builders)**

Estos agentes tienen como propósito mejorar la acción limpiadora del surfactante mediante varios efectos. Su principal acción es secuestrar a los cationes divalentes del agua dura (calcio, magnesio) para evitar la interacción de estos iones con los surfactantes. La eliminación se hace en forma de solubilización (quelato), precipitación, o intercambio iónico. Otra de las acciones de los mejoradores es mantener el pH de la solución detergente a un valor alcalino, neutralizar los ácidos grasos libres y formar jabones in-situ en la interfase. También aumentan el potencial (negativo) de superficie de los textiles y de los sucios y por tanto inhiben la redeposición.

Existen dos tipos de agentes mejoradores: los inorgánicos y los orgánicos. Los más utilizados en la actualidad son los agentes mejoradores inorgánicos solubles, principalmente fosfatos, y en menor grado silicatos y carbonatos de sodio, o insolubles como las zeolitas (alumino-silicatos naturales o sintéticos). He aquí algunos de dichos compuestos:

- Sodio tri(poli)fosfato $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (STP).
- Sodio pirofosfato $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.
- Sodio silicato $x \text{Na}_2\text{O} - y \text{SiO}_2$.
- Sodio carbonato Na_2CO_3 .



- Sodio aluminosilicato SASIL ; Zeolita A $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2 \text{SiO}_2 - x \text{H}_2\text{O}$.

Estas sustancias secuestran los cationes divalentes por quelatación (soluble) o intercambio iónico (insoluble). La figura 1 indica estos dos mecanismos. La utilización extensiva de fosfatos en formulaciones detergentes ha producido un nuevo tipo de contaminación de aguas llamada eutroficación. Este fenómeno proviene del enriquecimiento excesivo de las aguas en fitonutrientes, el cual resulta en un crecimiento abundante de las algas y otras plantas, lo que agota el oxígeno disuelto y acaba con la fauna acuática. Este fenómeno, que había sido observado hace varias décadas cerca de la salida de aguas negras conteniendo materias orgánicas, se ha vuelto incontrolable en ciertos casos por la acción fertilizante adicional de los fosfatos proviniendo del uso extensivo de detergentes.

La química orgánica puede proveer numerosas estructuras con capacidad secuestrante con heteroátomos S, N, P ú O. Sin embargo los tres primeros pueden provocar problemas de contaminación ambiental, por lo tanto queda sólo el último. (Salager *et al.* 1988).

- **Agentes dispersantes de jabones de calcio (LSDA)**

Los agentes dispersantes de jabones de calcio (*Lime soap dispersing agents o LSDA*) son surfactantes aniónicos o anfóteros que se comicelizan con los jabones para formar soluciones que no producen precipitado en agua dura. Entre los agentes dispersantes de jabones de calcio se encuentran los alfa-sulfo-esteres de ácido grasos que son de los productos menos costosos, aunque con eficiencia relativamente moderada. Otros compuestos del mismo tipo son los alquil-gliceril éster sulfonatos (AGES): $\text{R-CH}(\text{SO}_3\text{Na})\text{-COO-CH}_3$ con $\text{R} = \text{C}_{16}\text{-C}_{18}$ (Salager *et al.* 1988).

- **Agentes anti(re)deposición**

Los agentes anti(re)deposición más utilizados son la carboximetil celulosa (CMC), y otros derivados noiónicos de la celulosa. Se usan también comercialmente la polivinil pirolidona, los polivinil alcoholes, y otros copolímeros entre moléculas de este tipo (Salager *et al.* 1988).

- **Agentes espumantes y no espumantes**



Los agentes espumantes más utilizados son el lauril sulfato (aniónico), y los surfactantes noiónicos nitrogenados como óxido de aminas, alcanol amidas, aminas y amidas etoxiladas: También se usan compuestos complejos como alcanolamidas o monoglicéridos sulfatados. En los detergentes de baja espuma se usan principalmente jabones, pero también sulfonatos de parafinas, copolímeros bloques de óxido de etileno y óxido de propileno, polietoxi ésteres de ácidos grasos, glicoles acetilénicos etoxilados y ésteres de etilen glicol o de glycerol (Salager *et al.* 1988).

- **Agentes suavizadores**

Después de un lavado con detergentes sintéticos del tipo alquilbenceno sulfonatos formulados con secuestradores, el textil seco presenta una superficie cuyo contacto no es siempre agradable sobre la piel, especialmente si se trata de fibras naturales. Esta sensación de falta de suavidad proviene del hecho de que el textil es demasiado limpio, al igual del cabello después de un lavado con un champú muy detergente. El residuo de surfactante sintético adsorbido tiende a aumentar la carga eléctrica estática de las fibras y la ausencia de sustancias con acción lubricante vuelve el textil relativamente rígido ya que las fibras no pueden deslizarse una sobre otra. El papel de los agentes suavizadores es contrarrestar estos fenómenos, los cuales se aplican también a los acondicionadores para cabello. De una parte se debe reducir la carga estática remanente y de otra parte se debe depositar una sustancia con acción lubricante.

Muchos surfactantes catiónicos producen estos efectos, pero son incompatibles con los surfactantes aniónicos utilizados en las formulaciones. Por lo tanto deben usarse en un baño separado, o en máquinas de lavar, durante el ciclo de enjuague. Los mejores suavizadores de este tipo son los alquil amonios cuaternarios y las sales de imidazolinio (Salager *et al.* 1988).

- **Agentes blanqueadores**

Hay actualmente en el mercado dos tipos de agentes blanqueadores para textiles, ambos con propiedades oxidantes: los hipohaluros, esencialmente el hipoclorito de sodio, y las sales inorgánicas peroxigenadas, principalmente el perborato de sodio. Los agentes blanqueadores oxidantes deben ser intrínsecamente inestables para cumplir con su función, que consiste en oxidar, es decir en ganar electrones. De manera paradójica deben ser lo más estables posible cuando están almacenados solo o en la mezcla detergente, e inestables cuando están en el baño de



lavado.

Las propiedades generales de los blanqueadores son las siguientes: 1) Un aumento de temperatura aumenta la velocidad de descomposición; 2) Ciertos metales pesados a nivel de traza catalizan la descomposición ; 3) La actividad blanqueadora aumenta con la concentración pero no linealmente; 4) El pH tiene un efecto importante; un pH ácido acelera la descomposición del hipoclorito, mientras que se requiere un pH alcalino para acelerar la descomposición de las sales inorgánicas peroxigenadas (Salager *et al.* 1988).

- **Mejoradores ópticos fluorescentes**

Ciertos colorantes orgánicos poliaromáticos pueden absorber la luz ultravioleta y re emitir una luz visible azulada mediante el proceso conocido como fluorescencia. A la luz del sol, añaden un tono azulado que compensa el tono amarillento del textil y mejora la blancura o la profundidad de los colores. Son los granitos azules de ciertos polvos de lavar. En alumbrado con luz exclusivamente ultra-violeta (luz negra) producen una fluorescencia muy notable. Se ha podido desarrollar hoy en día agentes fluorescentes solubles en agua que resisten al hipoclorito u otros blanqueadores. Dicha resistencia se debe a que los átomos de nitrógenos de tales sustancias están presentes en estructuras altamente aromáticas de tipo benzo-triazole o benzo-furano (Salager *et al.* 1988).

- **Enzimas**

Los surfactantes con actividad biológica contienen enzimas tales como esperasa, savinasa o alcalasa. Estas enzimas son proteasas capaces de degradar rápidamente manchas de proteínas en un medio de pH alcalino y a temperatura de hasta 60°C. Su actividad permite la utilización de un medio detergente en frío, particularmente en detergentes líquido, para remojo a temperatura ambiente (Salager *et al.* 1988).

- **Perfumes**

En detergentes de uso doméstico, particularmente para lavaplatos y desinfectantes, se incorporan perfumes, la mayoría de los cuales son terpenos, es decir sustancias cuyo esqueleto está compuesto de con 2, 3 ó más unidades del isopreno (2 metil-butadieno). Desde hace unos años se

han encontrado métodos de síntesis a partir de materias primas petroleras tales como etileno, isobutileno e isopreno. Las vías sintéticas son en general menos costosas que las purificaciones y conversiones de los productos naturales, aunque produzcan sustancias más puras, lo que en el campo de los perfumes puede ser un inconveniente al resultar en fragancias que carecen de la sutileza de las naturales. Hoy en día los productos sintéticos han desplazado los productos naturales del mercado de gran consumo (detergentes y jabones ordinarios) (Salager *et al.* 1988).

- **Otros componentes**

Las formulaciones detergentes pueden contener también otras sustancias, dependiendo del uso final del producto. Los hidrótopos son sustancias muy hidrofílicas destinadas a mejorar la solubilización del surfactante en formulaciones líquidas. Los hidrótopos no tienen en si-mismos propiedades surfactantes pero actúan como cosolubilizadores a alta concentración. Los más utilizados son los sulfonatos de tolueno, etil-benceno y xileno. Ciertos agentes anticorrosión se añaden a las formulaciones detergentes para proteger las partes metálicas de los artefactos de lavar. En general se usa el silicato de sodio que posee además un papel secundario como mejorador. Ciertas formulas desinfectantes contienen bactericidas, los cuales pueden ser surfactantes anfóteros que actúan también como dispersantes de jabones de calcio o catiónicos que además producen un efecto suavizador por sus propiedades antiestáticas. Los desinfectantes pueden también contener productos clorados bactericidas y sustancias con propiedades desodorantes. (Salager *et al.* 1988).

2.2.3. TIPOS DE SURFACTANTES

Desde el punto de vista comercial los surfactantes se clasifican según su aplicación. Sin embargo se observa que muchos surfactantes son susceptibles de ser utilizados en aplicaciones diferentes, lo que provoca confusiones. Por tanto, se prefiere, clasificarlos de acuerdo a la estructura de su molécula, o más exactamente según la forma de disociación en el agua (Salager *et al.* 2002).

- **Surfactantes Aniónicos**

Son aquellos que en solución acuosa, se disocian en un anión anfífilo y un catión metálico o amonio. En esta categoría entran más del 60% de la producción de surfactantes: jabones, detergentes en polvo y líquido (Salager y Fernandez *et al.* 2004). A continuación se hará una

breve descripción de los diferentes surfactantes aniónicos que se encuentran en el mercado, haciendo énfasis en los sulfatos y alquil aril sulfonatos, ya que las algunas de las materias primas utilizadas en la presente investigación provienen de estos grupos.

- Jabones

Se llaman jabones las sales de sodio o de potasio de los ácidos grasos. Por extensión el ácido puede ser cualquier carboxilato ("*tall-oil*", "*rosin-oil*"), y el metal alcalino puede reemplazarse por una amina, amida o etanol amina. Si se usa un metal pesado polivalente se obtiene una sustancia liposoluble. El jabón se prepara mediante saponificación de los triglicéridos de origen vegetal o animal por una solución de hidróxido alcalino. Por ejemplo con un triglicérido del ácido esteárico , se produce del estearato de sodio (jabón) y glicerol.

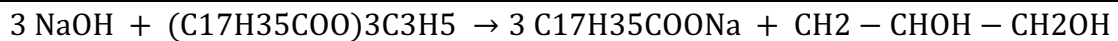


Figura 2.3. Reacción de saponificación.

Si se dispone de un ácido graso obtenido por hidrólisis del triglicérido o por síntesis, se hace simplemente una neutralización (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

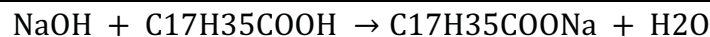


Figura 2.4. Reacción de neutralización.

○ **Sulfonación y Sulfatación**

Los productos sulfonados o sulfatados representan aproximadamente la mitad de la producción de surfactantes. Con pocas excepciones de menor importancia, se fabrican por sulfonación o sulfatación de alquil-bencenos, alfa-olefinas, y alcoholes con o sin grupos óxido de etileno. Los principales reactivos son el ácido sulfúrico, el oleum, el ácido clorosulfónico, y mas que todo el trióxido de azufre desde hace unas dos décadas (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

○ **Sulfatos**

Los alquil-1-sulfatos son, después de los jabones, los surfactantes de uso más antiguo. Fueron preparados por primera vez por Dumas en 1836, y fueron introducidos en el mercado de los productos detergentes en los años 1930. Los surfactantes sulfatados son excelentes humectantes,



espumantes y detergentes. Se usan en una gran variedad de productos de uso doméstico en los que resulta en una mayor hidrofiliidad. Sin embargo el enlace (éster) -C-O- puede hidrolizarse a pH ácido, lo que restringe el uso de los sulfatos.

Existe una variedad de productos que pueden clasificarse bajo el nombre de alcohol éster sulfato, y alcohol-etoxi-sulfato. La sulfatación puede realizarse con trióxido de azufre SO_3 , o compuestos del mismo, H_2SO_4 , oleum, $ClSO_3H$, etc. (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Sulfatos de alcoholes primarios.**

Los alcoholes primarios pueden sulfatarse con trióxido de azufre, ácido sulfúrico, óleum y ácido clorosulfúrico. Como en los demás casos, la reacción es estequiométrica con trióxido de azufre y ácido clorosulfúrico mientras que se requiere un exceso de ácido sulfúrico, lo que resulta en una alta proporción de sulfato alcalino en el producto final.

Se sulfatan los alcoholes grasos principalmente en C12 y C14, de origen natural (coco, almendra de palma) o sintético (alfa-olefinas). El producto más utilizado es el lauril sulfato de sodio (C12) que está comercializado por numerosas compañías como surfactante muy hidrofílico y como espumante para detergentes, champús, pasta de diente, etc.

Se fabrican también alquil-sulfatos más cortos (C8) y más largos (C20) para variar la hidrofiliidad relativa. Los sulfatos de cadena corta pueden presentar una buena solubilidad en agua aún con cationes polivalentes, mientras que los sulfatos alcalinos de cadena larga presentan excelentes propiedades detergentes a temperatura moderada (60°C).

La temperatura de Kraft, a la cual la solubilidad en agua de un surfactante de tipo n-alquil sulfato aumenta considerablemente [porqué se alcanza la concentración micelar crítica (CMC)] se incrementa de aproximadamente 12°C por grupo metileno, siendo 18, 30, 42, 55 (°C) para los sulfatos de sodio en C12, 14, 16 y 18 respectivamente. Eso significa que el dodecil-sulfato de sodio es muy soluble en agua y forma fácilmente micelas, mientras que el hexadecil-sulfato es muy poco soluble a temperatura ambiente y no forma micela.

Al aumentar el peso molecular aumenta también el carácter higroscópico. El catión influye sobre el carácter hidrofílico del n-alquil-sulfato. Las sales alcalinas son más solubles e hidrofílicas en el orden decreciente K^+ , Na^+ , NH_4^+ (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Sulfatos de alcoholes secundarios.**

No se puede sulfatar un alcohol secundario con trióxido de azufre, ya que se produce la deshidratación, lo cual ocurre parcialmente con ácido sulfúrico. Se prefiere utilizar ácido clorosulfónico. Sin embargo este tipo de sulfato es poco usado, ya que a pesar de tener propiedades semejantes a los sulfatos de alcohol primario, la materia prima (alcohol) no es disponible fácilmente (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Sulfatos de n-extoxialcoholes alifáticos y etoxifenoles.**

El óxido de etileno tiene la propiedad de policondensarse sobre un alcohol o un fenol. Esto es la base de fabricación de muchos surfactantes no iónicos. La acción tensoactiva aumenta en general con la longitud de cadena lipofílica. Sin embargo, también se reduce la solubilidad. Para poder utilizar sulfatos con larga cadena (C18-24), se aumenta la hidrofiliicidad al condensar algunos moles de óxido de etileno sobre el alcohol, antes de la sulfatación. El etoxi-alcohol es un alcohol primario y se sulfata fácilmente con trióxido de azufre o ácido clorosulfónico. Con ácido sulfúrico y oleum se debe proceder a baja temperatura.

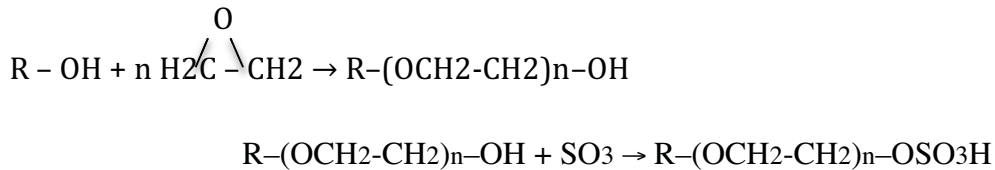


Figura 2.5. Reacciones de condensación.

El mismo tipo de reacción puede producirse con óxido de propileno, sin embargo el propiloxi-alcohol es secundario, y la condensación de más moles de oxialqueno es menos probable que en el caso del óxido de etileno.

Para producir un sulfato de etoxialcohol bien balanceado, se debe evitar tener un grupo hidrofílico demasiado importante. En general se usan cadenas de alcohol grasos entre C14 y C20 con 1 a 4 moles de óxido de etileno. Así se obtiene un sulfato de etoxialcohol netamente más soluble en solventes ambos polares y orgánicos.

Si se añade varios moles de óxido de etileno sobre el alcohol láurico, se obtiene un sulfato con una alta tolerancia a los electrolitos, en particular los que contienen iones polivalentes Ca^{++} o Mg^{++} . En este caso los grupos óxido de etileno confieren al surfactante aniónico ciertas características de los surfactantes noiónicos, en el presente caso la tolerancia a los cationes divalentes. Por eso se usan los alcohol-etoxi-sulfatos como dispersantes de los jabones de calcio susceptibles de formarse al disolver un jabón en agua dura.

De igual forma se puede etoxilar un alquil-fenol y luego sulfatarlo. Sin embargo existe siempre la posibilidad de que se produzca a sulfonación del anillo aromático en lugar de la sulfatación del hidróxilo terminal. La introducción de una cadena polietoxileno en el alcohol-sulfato tiende a aumentar el poder espumante del surfactante, especialmente en agua dura, porque permite un aumento de la adsorción interfacial. También tiende a mejorarse las propiedades humectantes y emulsionantes. Por esto se usan en formulaciones de jabón en barras, en productos cosméticos y farmacéuticos y en tratamiento de textiles (Salager y Fernández *et al.* 2004).

- **Alcohol sulfatos como intermediarios**

Por tener excelentes propiedades surfactantes, los alcohol-sulfatos se usan tal cual. Sin embargo, en ciertos casos se usan como intermediarios para producir otras sustancias. Al tratar el lauril sulfato en autoclave con amoníaco o con una amina, se obtiene una mezcla de aminas primaria, secundaria y terciaria por desulfatación (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

En condiciones alcalinas, el lauril sulfato puede usarse como agente de alquilación como por ejemplo en:

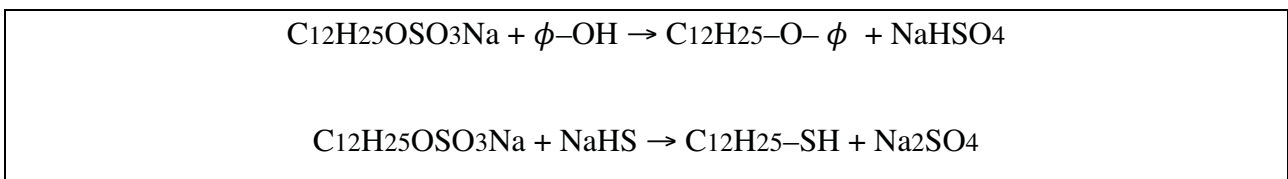


Figura 2.6. Reacción de desulfatación.

- **Aceites y grasas sulfatadas**

Existen dos métodos para sulfatar ciertos compuestos contenidos en aceites y grasas vegetales o

animales. El primero es la adición de ácido sulfúrico sobre el doble enlace de un ácido insaturado:

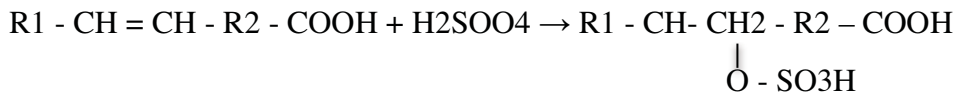


Figura 2.7. Adición de ácido sulfúrico sobre el doble enlace del ácido insaturado.

El ácido graso insaturado puede tener el grupo ácido libre, o bien estar esterificado dentro de un glicérido. Ciertos ácidos grasos como el ricinoléico contienen un grupo hoxidrilo, y el segundo método consiste en esterificar este grupo (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

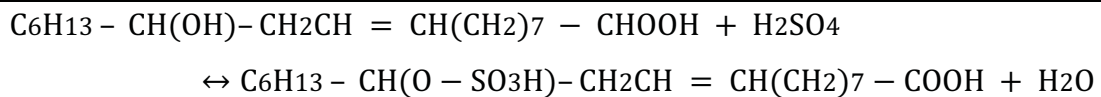


Figura 2.8. Esterificación del grupo hidroxilo.

La neutralización con hidróxido alcalino procede en dos etapas. Primero se neutraliza el ácido sulfónico, y luego a más alta pH el ácido carboxílico. Se puede si es necesario usar dos hidróxidos diferentes para eso. En la práctica una alta fracción del aceite queda sin sulfatarse ya que no contiene ni doble enlace ni grupo hidróxilo, y el producto final es una mezcla de aceite sulfatado y de ácidos grasos los cuales pueden estar parcialmente esterificados. El pH debe mantenerse levemente alcalino para evitar la hidrólisis del sulfato (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Monoglicéridos sulfatados**

La preparación de alcohol-sulfatos a partir de los ácidos grasos naturales implica la conversión del ácido a alcohol, lo que representa una parte notable del costo. Al hidrolizar a un glicérido se forma un grupo alcohol, el cual puede sulfatarse. Si se usa el ácido sulfúrico como catalizador de hidrólisis, se pueden producir las dos reacciones a la vez (Salager y Fernandez *et al.* 2004). Por ejemplo la hidrólisis parcial en medio sulfúrico de un diglicérido puede escribirse:

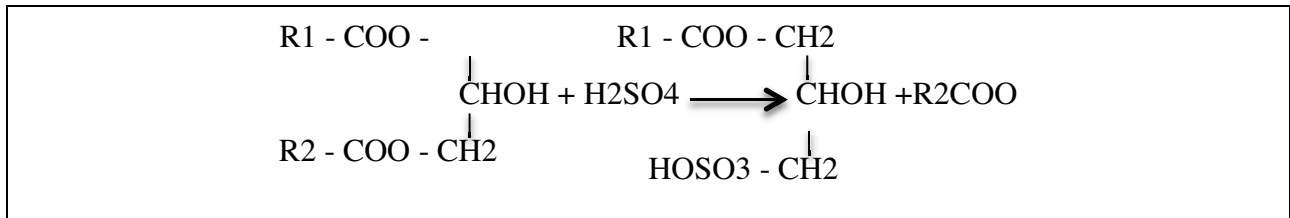


Figura 2.9. Hidrólisis parcial en medio sulfúrico.

Debido a su bajo costo tal reacción es la mejor para producir comercialmente un monoglicérido sulfatado. Sin embargo un control preciso de las condiciones es necesario para minimizar las reacciones secundarias y evitar recombinaciones del monoglicérido (Salager y Fernández *et al.* 2004).

- **Alcanoamidas sulfatadas**

Las alcanolamidas se preparan mediante reacción de una hidroxilamina (en general etanolamina) con un éster de ácido graso, en presencia de un catalizador alcalino (NaOCH₃ o sodio metálico).

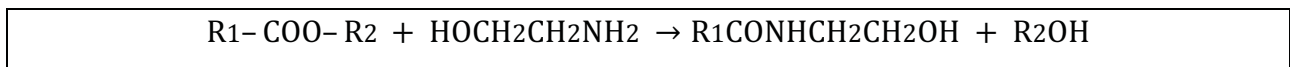


Figura 2.10. Formación de alcanoamidas sulfatadas.

Los alcanolamidas sulfatados son buenos dispersantes de jabones de calcio, y producen espumas estables. Se usan en formulaciones de jabón en barra y champús (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Alquil aril sulfonatos**

Los n-alquil-aril sulfonatos son hoy en día la categoría de surfactante de mayor producción para la fabricación de detergentes en polvo. El tipo más representativo es el dodecil benceno sulfonato que es el principal componente activo de esencialmente casi todos los detergentes en polvo de uso doméstico.

- **Dodecil-benceno sulfonato: ABS y LAS**

En el contexto de la industria de los surfactantes, el dodecil benceno sulfonatos no es una sustancia pura, sino una mezcla de compuestos alquil bencénicos con una cadena alquilo entre C₁₀ y C₁₅, la cual puede estar más o menos ramificada. Se llaman ABS (*alkyl benzene*

sulfonates) los sulfonatos cuya cadena alquilo es cualquiera, es decir ramificada en la mayoría de los casos. Los ABS no son biodegradables fácilmente y se llaman también detergentes "duros". Los LAS (*linear alkyl benzene sulfonates*) son aquellos cuya cadena alquilo es lineal, o con muy poca ramificación. Estos son fácilmente biodegradables y se llaman detergentes "suaves" (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

El agente principal de alquilación de las ABS es el tetrámero de propileno, el cual es en realidad una mezcla compleja de olefinas, con alta ramificación. Aún para un mismo peso molecular pueden existir numerosos isómeros:

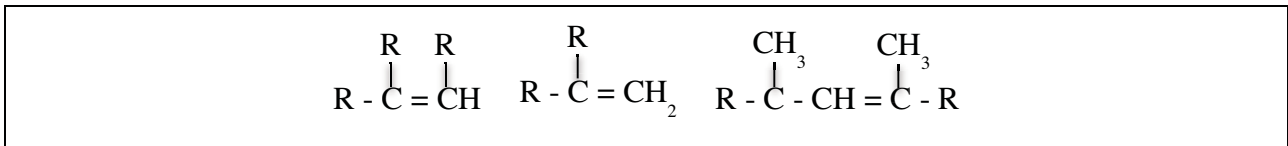


Figura 2.11. Diferentes isómeros para la preparación de los ABS.

La utilización de kerosene como agente de alquilación produce un alquilato relativamente ramificado, así como la pirólisis (craqueo térmico) del petróleo o de la lignina. La obtención de agentes de alquilación lineales requiere métodos particulares, o bien físicos, o bien estereoselectivos (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

El proceso Fisher-Tropsch (CO + H₂) produce olefinas poco ramificadas que se usan en Alemania y en Africa del Sur como base para LAS. El proceso de oligomerización (del etileno) de Ziegler produce alfa-olefinas altamente lineales. Sin embargo el principio mismo de la policondensación resulta en una amplia distribución de pesos moleculares. El proceso es costoso y no se usa sino en casos particulares.

Las n-parafinas pueden separarse con tamices moleculares o con el complejo de aducción con urea. Una vez separadas las n-parafinas y ceras, se realiza un craqueo térmico para producir olefinas altamente lineales. Sin embargo el proceso de separación es costoso, y es a menudo parcial.

El proceso más utilizado para producir el alquilato de LAS consiste en seleccionar un corte de

buena linealidad, eventualmente con una filtración sobre tamices moleculares, y producir una n-cloroparafina. La cloración se realiza con una cantidad de cloro muy inferior a la estequiometría, para evitar las policloraciones. En vista de que el átomo de cloro aumenta considerablemente el peso molecular, es fácil separar las cloroparafinas y reciclar la fracción n-clorada. Las n-cloroparafinas pueden deshidroclorarse para producir una n-olefina directamente como agente de alquilación en una reacción de Friedel-Crafts (Salager y Fernandez *et al.* 2004). Según la posición del doble enlace o del átomo de cloro, se obtienen varios isómeros, como por ejemplo:

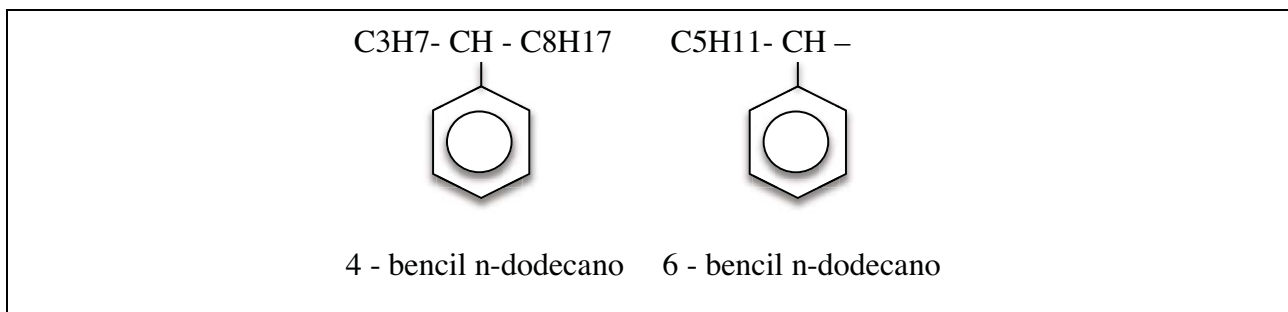


Figura 2.12. Diferentes isómeros, provenientes de la deshidrocloración.

La tendencia actual es usar el trióxido de azufre diluido como agente de sulfonación. Debido a impedimento estérico la sulfonación se hace en general en posición *para* de la posición del alquilato (Salager y Fernández *et al.* 2004).

La neutralización se realiza en forma paulatina en aparatos previstos de sistemas de extracción del calor de reacción. Se usa en general el hidróxido de sodio en solución acuosa, lo cual hidroliza los anhídridos. Se utiliza también a veces el carbonato de sodio, el hidróxido de amonio o una etanolamina. Se puede mejorar el color del sulfonato por blanqueo con hipoclorito de sodio o agua oxigenada, y luego estabilizarlo con pequeñas cantidades de amina o de urea. La pasta de sulfonatos puede usarse como tal en formulaciones líquidas, o transformarse en polvo en secadores de atomización (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Los alquil benceno sulfonatos son sustancias muy solubles en agua en el rango de cadena C10-15. El máximo poder detergente y espumante corresponde a C12-C13 a temperatura ambiente y C14 a 60 °C. Las mezclas tienden a producir mejores detergentes pero es más difícil producir polvos, especialmente por la higroscopicidad de los sulfonatos de alto peso molecular. Los alquil-



benceno sulfonatos en C9-12 se usan como humectantes, los C12-13 como detergentes y espumantes, los C15-18 como agentes tensoactivos y emulsionantes por ejemplo de polimerización, formulaciones pesticidas, etc. (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Los ABS son mejores emulsionantes y espumantes que los LAS, mientras que las propiedades detergentes son esencialmente idénticas. Los alquil-bencenos sulfonatos tienen muchísimas aplicaciones como detergentes, espumantes, tensoactivos, emulsionantes, etc. Fuera de los productos de uso doméstico se puede citar otras aplicaciones como la polimerización en emulsión, los concentrados agrícolas, los lodos de perforación, las espumas en cerámicas y cementos expandidos, los lubricantes para fibras textiles, los dispersantes de cal, los dispersantes de pigmentos en pinturas, la gelificación de hidrocarburos, los baños de galvanoplastia, los agentes anticorrosión, la recuperación mejorada del petróleo, la flotación de minerales, etc. (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Ciertas sales de metales pesados se usan como detergente liposolubles para lavado en seco, como inhibidor de corrosión, o gelificador de grasa, etc. (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

○ **Biodegradación**

Durante los años 50, apareció en numerosos lugares poblados de Europa y Norteamérica un nuevo tipo de contaminación en forma de espumas persistentes en plantas de tratamiento de aguas negras, ríos y lagos. Los productos de mayor uso en aquella época (ABS) eran solamente biodegradados en un 50-60% en la primera semana. La parte residual no degradada provocaba espumas y también otros efectos biológicos detrimentales sobre plantas y animales (Salager y Fernández *et al.* 2004).

Numerosas investigaciones adelantadas a fines de los años 50 mostraron que la biodegradación se hacía muy lenta en presencia de un carbono terciario, es decir una ramificación de la cadena lateral. Con jabones de ácidos grasos tal problema no se presentaba por la linealidad de la cadena de los ácidos grasos. Se identificó una relación muy clara entre el grado de isomerización de la cadena alquilo y la resistencia a la biodegradación (Salager y Fernandez *et al.* 2004).



A continuación se da la lista de los surfactantes más comunes en orden creciente de resistencia a la biodegradación, es decir que los primeros son los más fácilmente biodegradados:

- Jabones de ácidos grasos y alcohol sulfatos.
- Alquil eter sulfatos lineales.
- n-alcano y n-olefina sulfonatos.
- Alquil benceno sulfonatos lineales (LAS).
- Jabones y alcohol sulfatos ramificados.
- Alquil eter sulfatos ramificados.
- Alquil benceno sulfonatos ramificados (ABS).

Las investigaciones realizadas mostraron también que otras características estructurales podían influenciar la velocidad de biodegradación. La presencia de un carbón cuaternario enlazado con el anillo bencénico retrasa considerablemente la biodegradación. Los productos cíclicos obtenidos a veces por el proceso del kerosil-benceno también son poco biodegradables (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Aún con cadenas perfectamente lineales, existen diferencias entre isómeros. Las cadenas cortas se degradan más lentamente que la cadenas largas, por lo tanto los LAS con el grupo fenil en posición 2-4 son menos biodegradables que las LAS con el grupo fenil en posición 1 ó 6-7. Los di-alquil-aril sulfonatos son menos biodegradables que los mono-alquil-aril sulfonatos aunque no hay mayor diferencia en cuanto a los metil benceno (tolueno, xilenos). Hay evidencia que los grupos metil del tolueno y de los xilenos se degradan rápidamente. Ciertos enzimas son capaces de romper también el núcleo aromático (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Todos estos estudios promovieron el desarrollo de procesos nuevos que utilizan agentes de alquilación con poca o ninguna ramificación, para producir los llamados LAS. A pesar del costo adicional, y con la promulgación de nuevas leyes, la compañías de fabricación de detergentes cambiaron sus procesos de ABS a LAS, en Europa y Norteamérica en los años 1963-65. Los estudios permitieron también diseñar surfactantes particularmente resistentes a la biodegradación para aplicaciones bactericidas, como los di-isobutil-naftaleno sulfonatos usados como humectantes en aplicaciones medicales (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

○ **Hidrótropos**

Los hidrótropos (del griego *tropos* volver), que se llaman también agentes de acoplamiento, son sustancias muy hidrosolubles capaces de cosolubilizar surfactantes de alto peso molecular y de poca solubilidad. Como su nombre lo indica, "vuelven" hidrofílicas a las demás sustancias. Compuestos como los alcoholes (etanol, isopropanol) o el urea permiten cosolubilizar sustancias orgánicas. Sin embargo o bien son volátiles (etanol) o bien son susceptibles de hidrolizarse (urea a pH alcalino) (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Por eso es en general más simple y menos costoso usar un alquil-aril sulfonato de cadena muy corta, tales como tolueno, xileno, etil benceno o cumeno sulfonatos, los cuales son los principales hidrótropos. En vista de la alta hidrofiliidad del grupo sulfonato, estas sustancias no están balanceadas en cuanto a sus afinidades hidrofílica y lipofílica. Son demasiado hidrofílicas para ser surfactantes, pero se combinan con los surfactantes en un mecanismo de cosolubilización semejante al que se observa con alcoholes. Sin embargo son en general más adecuados que los alcoholes porque tienen mejores interacciones a la vez con el agua y con la parte lipofílica de los surfactantes (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Los hidrótropos principales son los xileno y etilbenceno sulfonatos, especialmente el que proviene del metaxileno que tiene poco uso comercial. La sulfonación debe realizarse a baja concentración de agente sulfonante para evitar la disulfonación. Se remueve el agua formada por destilación azeotrópica para desplazar el equilibrio (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

Los hidrótropos se usan en formulaciones detergentes como cosolubilizantes, pero también para reducir el carácter higroscópico de los polvos, y disminuir la viscosidad de las pastas o soluciones concentradas. En tal sentido mejoran las operaciones de neutralización de ácidos sulfónicos o ácidos alquil sulfúricos permitiendo una mejor agitación, la cual es imprescindible para remover el calor de reacción y evitar la hidrólisis. Los hidrótropos se usan también en formulaciones que contienen sustancias poliméricas poco hidrosolubles, colorantes, etc. (Salager y Fernández *et al.* 2004).

- Surfactantes Noiónicos

Estos surfactantes no producen iones en solución acuosa y por lo tanto son compatibles con los demás tipos de surfactantes y pueden integrarse en formulaciones complejas. Por otra parte son muchos menos sensibles que los surfactantes iónicos a la presencia de electrolitos, especialmente cationes divalentes. Los surfactantes noiónicos son en general buenos detergentes humectantes y emulsionantes. Algunos de ellos tienen excelentes propiedades espumantes. Por todas estas propiedades, se encuentran hoy en día en todos los tipos de formulaciones detergentes líquidos o en polvo, y en otras aplicaciones (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

Existen diferentes tipos de surfactantes noiónicos, pero el mercado está dominado (70%) por los derivados conteniendo una cadena polióxido de etileno fijada sobre un grupo hidróxilo o amina (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004). Entre los tipos de surfactantes noiónicos usados en la presente investigación se tienen los alcoholes y fenoles etoxilados y los ésteres de ácidos grasos.

▪ Alcoholes y fenoles etoxilados

Los surfactantes que poseen una cadena PEO amarrada a un grupo OH representan la gran mayoría de la producción (70%) de noiónicos, particularmente para uso detergente (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

▪ Alcoholes lineales etoxilados

Los alcoholes lineales utilizados provienen de varias fuentes, pero en general se trata de utilizar alcoholes suficientemente lineales para asegurar una biodegradación rápida. Tienden a desplazar la segunda categoría (alquil fenoles basados sobre alquilatos ramificados) por esta razón. Los alcoholes primarios pueden obtenerse por hidrogenólisis de ácidos grasos o derivados a temperatura y presión variables (50-300°C, 10-200 atm) en presencia de un catalizador, generalmente cromito de cobre (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

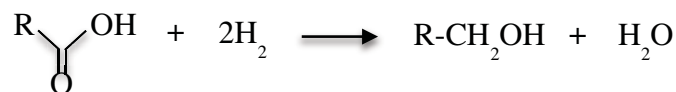


Figura 2.13. Reacción de hidrogenólisis.

También se puede realizar una reducción con sodio metálico de los ésteres de ácidos grasos en medio alcohólico anhidro en condiciones ambientales, seguido de una hidrólisis del alcoholato.

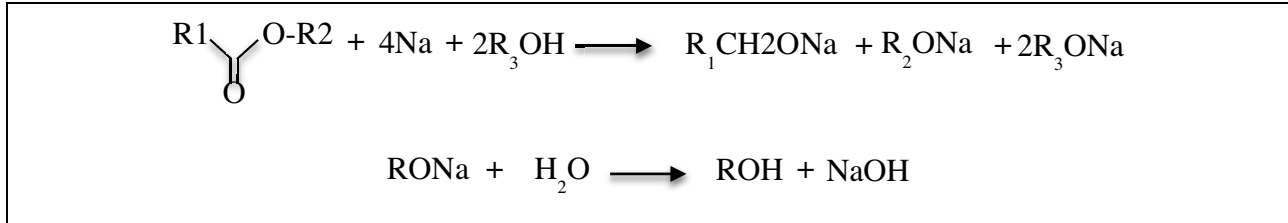


Figura 2.14. Reducción con sodio metálico en medio alcohólico.

Desde 1960 se producen alcoholes primarios por vía sintética, por oligomerización de Ziegler, hidroformulación de olefinas (proceso oxo), u oxidación de parafinas. Los alcoholes secundarios con el grupo hidroxilo en posición beta se obtienen por hidratación de alfa-olefinas en medio sulfúrico, en dos etapas: sulfación e hidrólisis del ester sulfónico (Fernandez, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

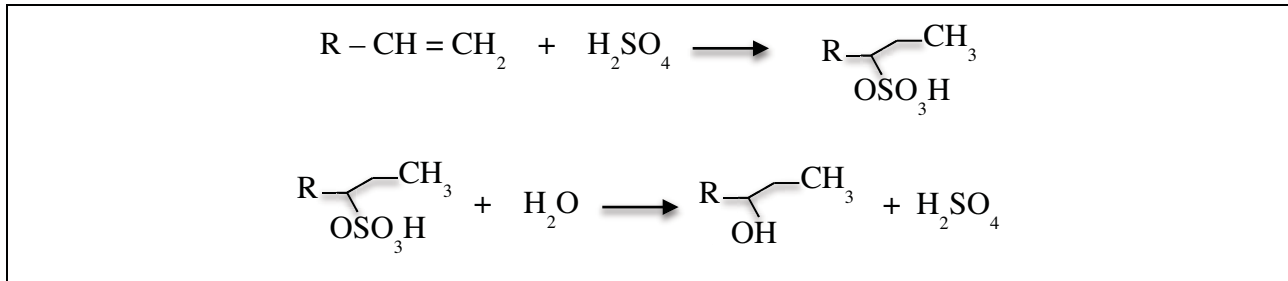


Figura 2.15. Hidratación de alfa-olefinas en medio sulfúrico.

Los alcoholes utilizados para productos surfactantes poseen entre 10 y 18 átomos de carbono, típicamente 12-15. La reacción de policondensación de grupos EO (etoxilación) se realiza en presencia de un catalizador alcalino (KOH, NaOH, NaOCH₃, Na). La velocidad de reacción aumenta con la temperatura y la presión. Típicamente se trabaja a 120-200oC y 1,5-7 atmósferas. La primera etapa consiste en la condensación de un mol de óxido de etileno sobre el alcohol el cual está en forma de alcoholato. La reacción ocurre por ataque nucleofílico (lento) seguido por intercambio de protón (rápido) (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

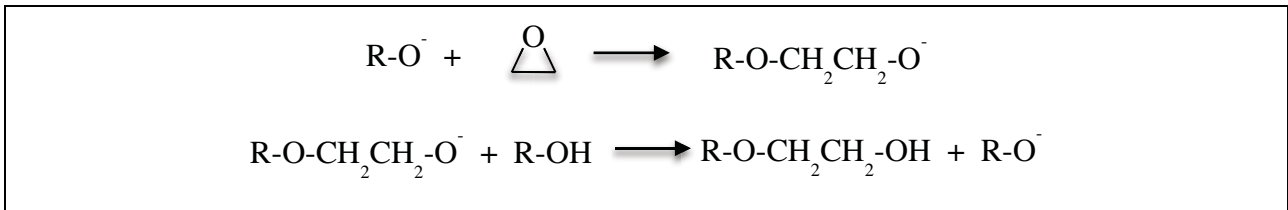


Figura 2.16. Primera etapa de la policondensación de grupos EO.

Una vez formadas las primeras moléculas de etoxilato, el óxido de etileno se condensa o bien sobre el remanente de alcohol, o bien sobre el etoxilato ya formado. Como el alcoholato y el etoxilato tienen acideces comparables, ambas reacciones ocurren con velocidad similar, lo que produce una amplia distribución de EON en el producto (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004). La reacción global es la siguiente:

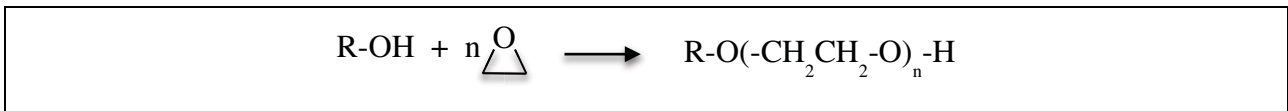


Figura 2.17. Reacción global de policondensación.

El óxido de etileno es una sustancia explosiva y se deben tomar las precauciones particulares, tales como la evacuación previa del aire y el enfriamiento controlado para remover el calor de reacción. Sin embargo también se debe evitar un sobreenfriamiento que pararía la reacción y produciría una absorción excesiva de óxido de etileno, el cual acumularía en la fase alcohol y podría reaccionar más tarde en forma incontrolable.

En general se prefiere una operación por cochada, la cual se puede controlar más fácilmente. Primero se introduce el alcohol anhidro con 0,5-2% de catalizador. Se purga el reactor con nitrógeno y se calienta el alcohol a 120-180°C. Luego se introduce lentamente el óxido de etileno hasta llegar a la presión de trabajo (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

Se mantiene la temperatura al valor prefijado (180-200°C) y se interrumpe el alimento de óxido de etileno cuando se ha llegado a la relación EO/alcohol deseada. Los productos comerciales poseen en general una cierta distribución de peso molecular del lipofílico R (C12-C15) y una amplia distribución de tipo poisson del EON. El EON promedio es del orden de 6-10 para detergentes, 5-7 para tensoactivos, y más de 10 para dispersantes de jabones de calcio,

detergentes muy hidrofílicos y humectantes. En cuanto al poder espumante, para cada grupo lipofílico del alcohol (R) existe un cierto EON para el cual se presenta un máximo de estabilización de espuma (R=C12, EON=10; R=C18, EON=30). Los alcoholes etoxilados de bajo peso molecular (R = C10-14) poseen menor poder espumante que los alcoholes en C16-20, y por eso se usan en detergentes para máquina de lavar ropa o platos (baja espuma) (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

▪ 1.2. Alquil fenoles etoxilados

Los alquil-fenoles se producen por dos métodos, dependiendo del tipo de materia prima disponible. La primera vía consiste en producir cloroparafinas en las cuales el átomo de cloro está distribuido aleatoriamente. Luego se hace reaccionar la cloroparafina con el fenol en presencia de un catalizador de tipo Friedel-Crafts (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

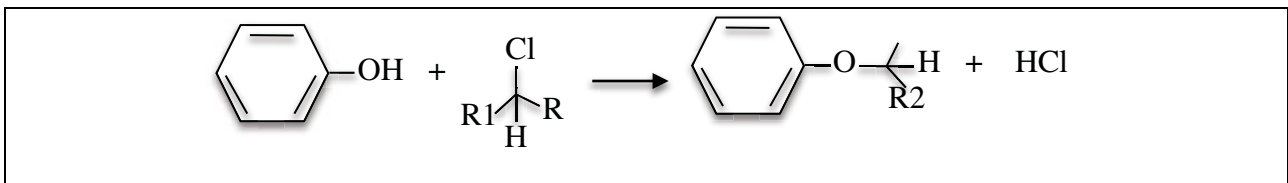


Figura 2.18. Reacción de cloroparafina con fenol.

Con n-parafinas se obtienen así alquil fenoles con cadena alquilo lineal y por lo tanto fácilmente biodegradable. Se utiliza todavía la segunda vía de adición de olefina, generalmente trímero o tetrámero de propileno, o dímero del isobutileno, los cuales producen alquil fenoles altamente ramificados de tipo nonil, dodecil y octil respectivamente. La siguiente reacción del dímero del isobutileno con fenol produce un ter-octil fenol, base de los surfactantes TRITON X (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

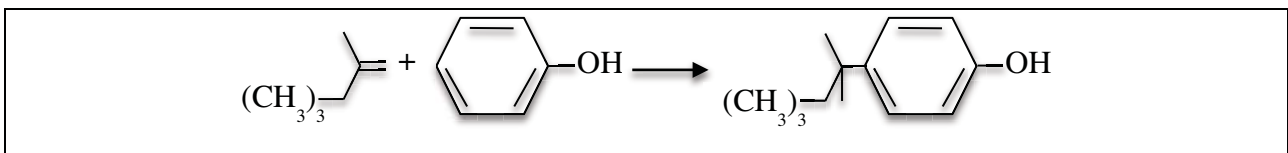


Figura 2.19. Segunda vía de adición de olefina.

En presencia del catalizador trifloruro de boro, se obtiene más de 90% de alquilación en posición para. Con exceso de olefina se obtiene una cierta cantidad de dialquil (orto/para) fenoles, que en general no tienen mucho interés. La etoxilación del alquilfenol se realiza a 150-200°C con una

presión de óxido de etileno de 1,5 a 5 atmósferas y en presencia de 0,5-1% de catalizador alcalino (KOH). El proceso es similar al caso de la etoxilación de los alcoholes. Sin embargo la reacción ocurre en dos etapas distintas. Ya que ión fenolato es mas ácido que el etoxilato, se produce primero la condensación de un mol de óxido de etileno sobre todos los radicales fenol (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

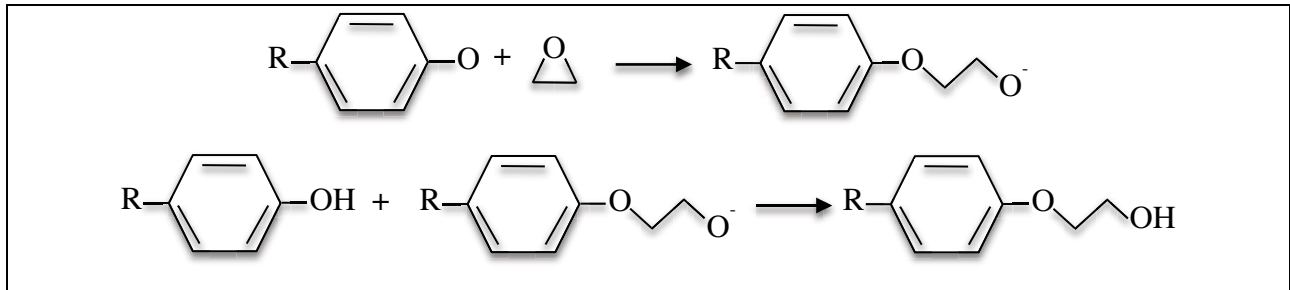


Figura 2.20. Reacción de etoxilación del alquilfenol.

Luego se produce la policondensación de óxido de etileno sobre el etoxilado formado, con la velocidad independiente del número de grupos de óxido que puede expresarse por:

$$\text{Mol \% con EON} = \frac{e - \text{EON} + 1}{\text{EON} - 1}$$

Figura 2.21. Representación de la policondensación de óxido de etileno sobre un etoxilado.

Donde EONM es el valor promedio de EON en la distribución. Los productos comerciales mas corrientes son los octil, nonil, dodecil fenoles etoxilados con 4 a 40 grupos EO. Para uso de detergentes se prefieren los octil o nonil fenoles con EON entre 8 y 12. Con EON inferior a 5, se usan como agentes antiespumantes y tensoactivos liposolubles. Con EON entre 6 y 8, son excelentes tensoactivos. Para EON superiores a 10 son agentes humectantes, detergentes o dispersantes liposolubles. Cuando el EON supera 20, ya son buenos detergentes a alta temperatura y en presencia de electrolito, y se usan como dispersantes de jabones de calcio. El mayor uso de los alquil fenoles etoxilados es la preparación de detergentes domésticos e industriales. Los detergentes líquidos contienen típicamente 20% de materia activa noiónica de este tipo. Se usan en productos de limpieza para piso, y en detergentes industriales para metales (en medio ácido), en emulsiones herbicidas y pesticidas, en los procesos de polimerización en

emulsión de acetato de vinilo y acrilatos, en emulsiones de ceras etc (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

Con el aumento del uso de los noiónicos, se está presentando el mismo problema de bidegradabilidad que con los alquil benceno sulfonatos, los alquilfenoles etoxilados con cadena alquil ramificada son poco biodegradables y además poseen una cierta toxicidad biológica, por lo cual tenderán en el futuro a desaparecer para ser reemplazados por los alcoholes alquilfenoles lineales (Fernandez, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

▪ **Tioles o mercaptanos etoxilados**

De forma semejante a los alcoholes y a los alquilfenoles, los alquil y los alquil-aril mercaptanos producen sustancias tensoactivas al policondensar óxido de etileno sobre un grupo de tiol. Los productos comerciales son esencialmente alquil mercaptanos etoxilados con dos tipos de cadena alquil lineal o ramificada (Fernandez, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

Los alquil-mercaptanos lineales se obtienen por reacción de un bromo-alcano con hidrógeno sulfurado. Este método es sin embargo costoso y se utiliza actualmente mercaptanos terciarios proveniente de la adición de hidrógeno sulfurado sobre una olefina ramificada de tipo copolímero de propileno-butileno, a 80°C – 70 atmósferas y con catalizador de sílico-alúmina (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

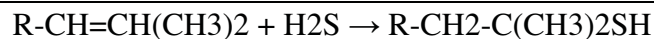


Figura 2.22. Adición de hidrógeno sulfurado sobre una olefina ramificada.

Además de su uso como base de surfactantes, los alquil-mercaptanos terciarios se utilizan para favorecer la copolimerización del butadieno y del estireno en la fabricación del caucho sintético BSR. La etoxilación se realiza como para los alcoholes y los fenoles, en presencia de un catalizador alcalino, hidróxido de potasio u otro. Los ter-alquil mercaptanos etoxilados son excelentes agentes humectantes, mejores que los productos correspondientes con cadena lineal. El ter-dodecil mercaptano con 8-9 moles de óxido de etileno presenta una buena solubilidad tanto en agua como en la mayoría de los solventes orgánicos. Estos surfactantes tienen un poder detergente comparable y aún mejor que otros noiónicos y alquil-sulfatos (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

Han sido poco utilizados en productos de uso doméstico por el riesgo que presentan de contener o producir tioéteres de olor desagradable. Sin embargo se usan en ciertas formulaciones de champu, y como dispersantes de jabones de calcio. Se encuentran en varias aplicaciones industriales donde el color eventual no es un problema: limpieza de lana, aplicación de colorantes, emulsión de pesticidas chlorados donde el poder humectante mejora la expansión, como inhibidor de corrosión en baño de ácidos de limpieza de metals (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

▪ Ésteres de ácidos grasos

La esterificación de un ácido graso por un grupo hidrofílico conteniendo un radical hidróxilo (polietilen-glicol o polioles naturales) produce una clase de surfactantes noiónicos muy importante, no solo por su volumen de producción (20% de los noiónicos), sino también porque muchos de estos surfactantes pueden usarse en las industrias alimenticias, farmacéuticas o cosméticas en las cuales una muy baja toxicidad es de primera importancia (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

▪ Ácidos grasos etoxilados: polietoxi-ésteres

La condensación de óxido de etileno sobre un grupo ácido se realiza en presencia de un catalizador alcalino, para generar la especie activa, a saber el ión carboxilato. Como el ión carboxilato es mas ácido que el etoxilato resultando de la condensación, se produce primero la adición de un mol de óxido de etileno sobre las moléculas de ácido, y después la policondensación del óxido de etileno (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

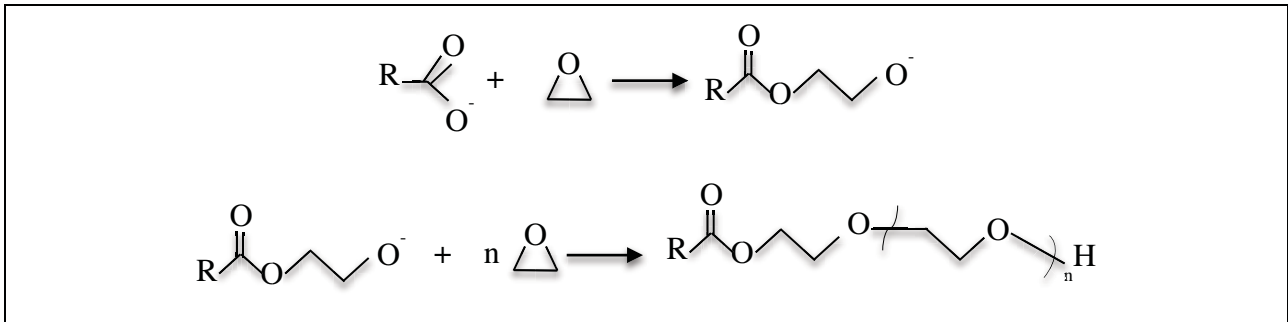


Figura 2.23. Policondensación del óxido de etileno.

Esta reacción se acompaña de una reacción parásita de transesterificación (intercambio de ester),

que produce una mezcla de polietilen-glicol y de sus mono y di-esteres (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

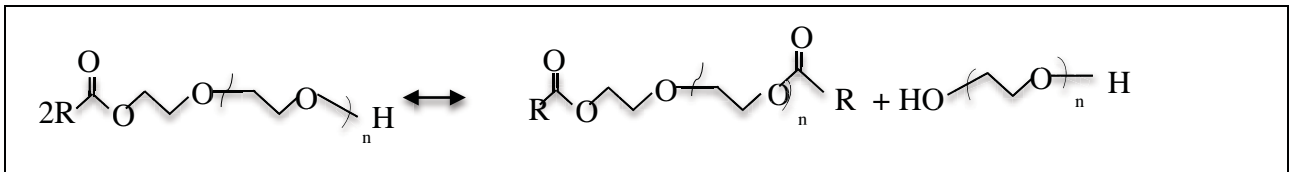


Figura 2.24. Reacción de transesterificación.

Tal mezcla se obtiene también al esterificar un ácido graso con un polietilen-glicol.

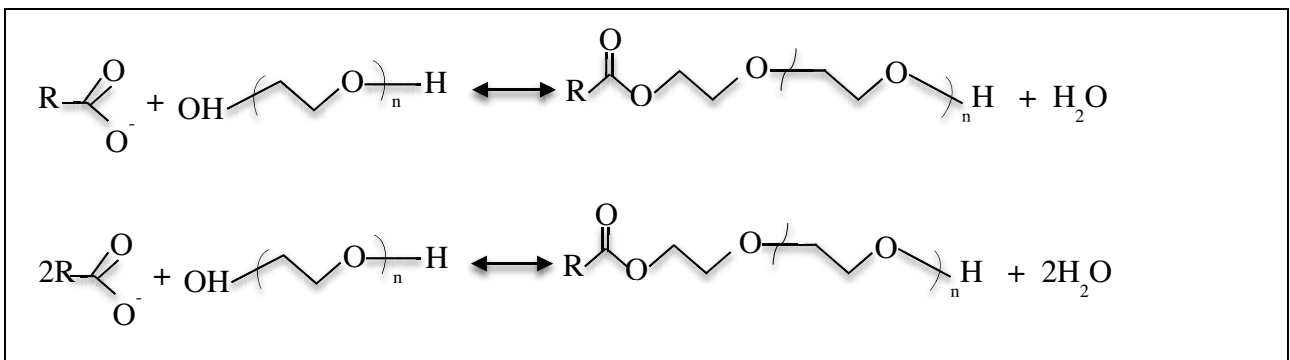


Figura 2.25. Esterificación del ácido graso con con polietilen-glicol.

Para favorecer la producción de monoéster, se usa un exceso de polietilenglicol respecto al ácido y se remueve el agua por un método físico (destilación azeotrópica, esterificación bajo vacío). La reacción de esterificación se produce entre 100 y 200oC en presencia de un catalizador ácido, generalmente un ácido sulfónico liviano (benceno, tuoleno) que no posee la acción carbonizante del ácido sulfúrico. Los polietoxi-esteres de ácidos grasos y de otros ácidos naturales (tall oil, rosin) son los surfactantes noiónicos con menor costo de fabricación. No son en general buenos humectantes, y producen detergentes de baja espuma. Sin embargo permiten realizar, con agentes mejoradores, excelentes formulaciones detergentes de uso tanto doméstico como industrial. Son bien adaptados a las máquinas de lavar ropa o platos (baja espuma), limpieza de textiles, limpieza de metales, emulsionantes para pesticidas y herbicidas. Debido a su bajo costo son ampliamente utilizados cuando no hay posibilidad de un pH alcalino, el cual puede hidrolizarlos (Fernández, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

- **Etilen-glicol y glicerol ésteres**

El etilenglicol es el diol mas simple; reacciona con un ácido graso para producir un mono o un

diéster según los casos. Con excepción de los ácidos grasos muy cortos (C8-C10), los etilenglicol ésteres no son suficientemente hidrosolubles y tienen pocas aplicaciones. Al contrario los mono y diésteres de glicerol (propano triol), glicerol sustituido o poliglicerol tienen numerosas aplicaciones, y su balance anfifílico puede variarse prácticamente a voluntad (Fernandez, Salager y Scorzza *et al.* 2004).

- Surfactantes Catiónicos

Los surfactantes catiónicos representan en cuanto en su consumo, la tercera categoría con aproximadamente 5% del total, es decir considerablemente menos que los surfactantes aniónicos y no iónicos. En general no son buenos detergentes, y tampoco buenos espumantes con excepción de los óxidos de amina en su forma cuaternizada a pH ácido. No se usan en formulaciones con surfactantes aniónicos ya que no son compatibles con estos (forman compuestos insolubles). Sin embargo tienen dos propiedades importantes y casi únicas. Primero se absorben sobre sustratos cargados negativamente, y segundo muchos de ellos tienen propiedades bactericidas (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

▪ Alquil amonios en heterociclos insaturados

▪ Sales de alquil piridino

Se obtiene la alquilación sobre el nitrógeno al hacer reaccionar la piridina con una cloroparafina; la relación de cuaternización es la misma que para aminas lineales. El cloruro de N- dodecil piridinio es uno de los surfactantes catiónicos de referencia

(Salager y Fernandez *et al.* 2004).

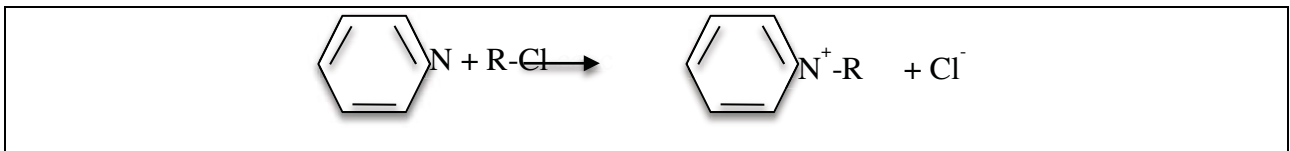


Figura 2.26. Reacción de alquilación de la cloroparafina sobre la piridina.

La reacción de Friedel-Crafts no permite alquilar el núcleo piridínico, y si se quiere un grupo alquil sobre el anillo, se debe empezar con metil-piridinas (picolinas), los cuales se encuentran en alquitrán de hulla. La sustitución se realiza sobre el grupo metil en medio alcalino anhidro

(Salager y Fernandez *et al.* 2004).

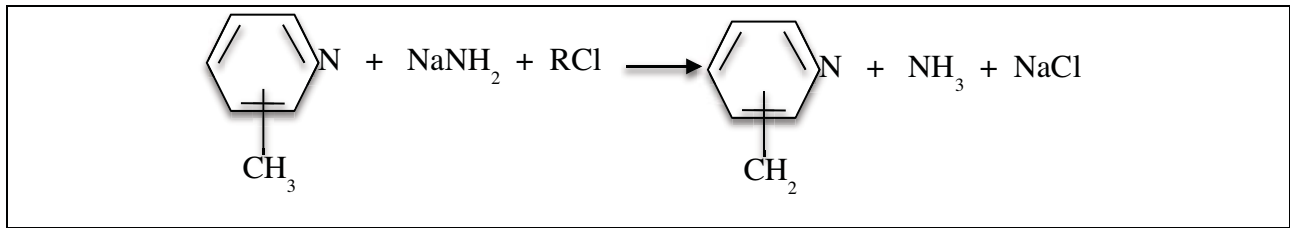


Figura 2.27. Reacción de Friedel- Crafts sobre metil-piridinas,

Se puede también partir del ácido nicotínico (piridina-3-ácido carboxílico), producir el éster, reaccionar este como una base para llegar a la cetona, la cual se reduce. La cuaternización se realiza como anteriormente y el grupo alquilo largo puede estar sobre el nitrógeno o bien sobre el anillo. El número de derivados con grupos bencil, eter, tioeter, anilina, metil, pirolidina (nicotina), amida, óxido de etileno etc... es extremadamente grande. Sin embargo la mayoría de los productos comerciales usados como bactericidas son del tipo sal (cloruro, bromuro, sulfato) de N-alquil piridina (C12-C16) (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

La adición de un segundo anillo piridina, o de un amonio cuaternario o de grupos hieroglíficos (amidas, óxido de etileno) puede mejorar la solubilidad en agua, o conferirle algunas propiedades detergentes (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

▪ Derivados del núcleo quinolinio

La quinolina es el equivalente del naftaleno, pero con un anillo piridina. El hetero-anillo cuaternario, llamado quinolinio, puede tener uno o varios alquilo funcionales (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

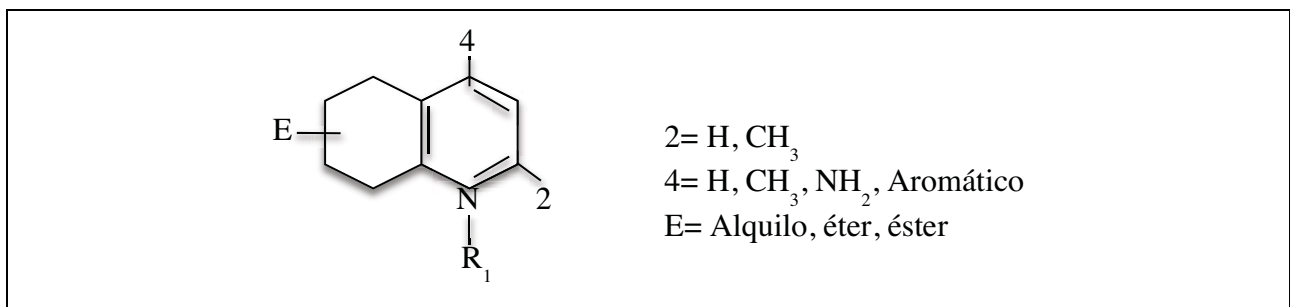


Figura 2.28. Representación de la quinolina.

- **Compuestos con dos nitrógenos**

Son los compuestos (N-alkil) del ftalazinio, el cual se obtiene al ciclar el ácido orto-ftálico con una alquil hidrazine, y luego al neutralizar con hidróxido de sodio (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

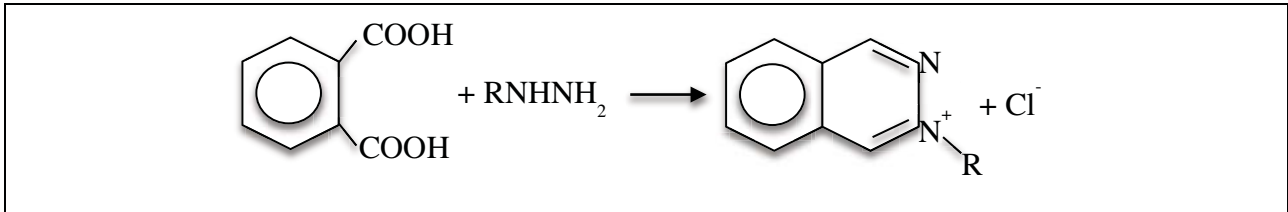


Figura 2.29. Formación de un compuesto con dos nitrógenos.

- **Compuesto con heterociclos con 5 átomos**

Los más importantes son los derivados del imidazolinio que usan como suavizadores de textiles. Se fabrican por ciclización de una etilen-diamina con un ácido carboxílico (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

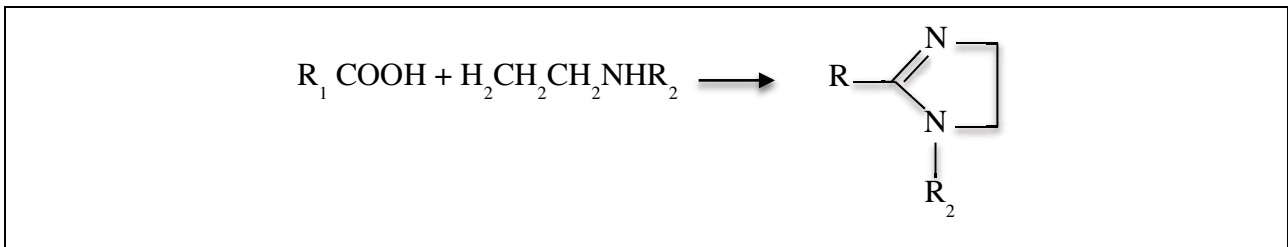


Figura 2.30. Reacción de ciclización.

A menudo el grupo R_2 contiene un grupo amida, u otro, que puede eventualmente modificarse. La cuaternización se realiza como en los demás casos. En la literatura se representa a menudo dos grupos alquilos sobre el mismo átomo de nitrógeno; esto es parcialmente incorrecto, ya que puede existir un fenómeno de resonancia entre los dos nitrógenos. La forma probablemente más estable es aquella en la cual la carga positiva se distribuye entre los dos átomos de nitrógeno. Existen otros compuestos en esta clase como los alquil-bencimidazolios, bencitriazolios, y pirolidinos, pero no son importantes en cuanto a las aplicaciones (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Alquil amonio en heterociclos saturados**
- **Derivados del piperidino**

Al hacer reaccionar una N-alquil piperidina con una halogeno-parafina se obtiene el amonio cuaternario, N-N-piperidinio. Si se usa un dialquil sulfato no-simétrico, es el grupo más corto (R_2) que se enlaza con el nitrógeno, mientras que el grupo largo (R_3) queda en el anión (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

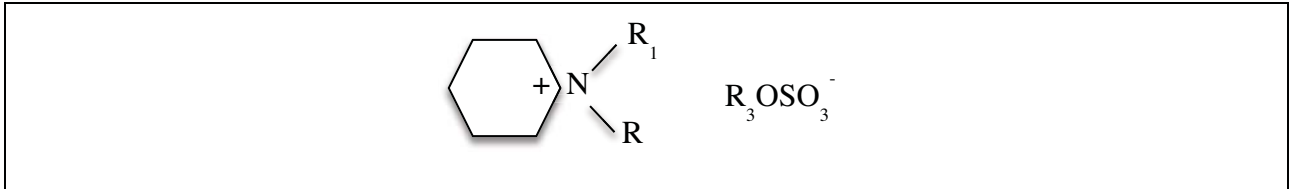


Figura 2.31. Derivados de piperidinio.

En este caso, como por ejemplo $R_1 = C_{14}$, $R_2 = C_2$ y $R_3 = C_{12}$, se puede obtener una actividad surfactante tanto de parte del catión, como de parte del anión (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

- **Derivados del morfolino**

La morfolina es un ciclo saturado conteniendo un átomo de nitrógeno y un átomo de oxígeno. El puente eter está en general en posición 4 respecto al nitrógeno. Los compuestos cuaternizados, N-N dialquil morfolinios se usan en ciertas aplicaciones comerciales y tienen la siguiente formula (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

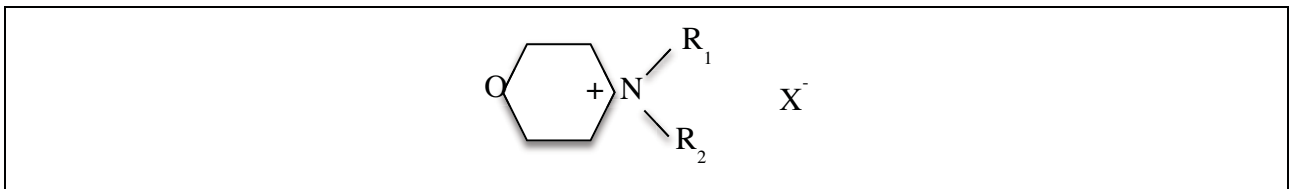


Figura 2.32. Derivados del morfolino.

Como para la piperidina, si se cuaterniza con un dialquil sulfato asimétrico, el grupo alquil más corto es el que se enlaza con el nitrógeno, mientras que el otro permanece en el anión alquil sulfato. Así se obtienen compuestos con actividad surfactante tanto por su anión que su catión, como por ejemplo el N-N-cetil morfolinio lauril-sulfato (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

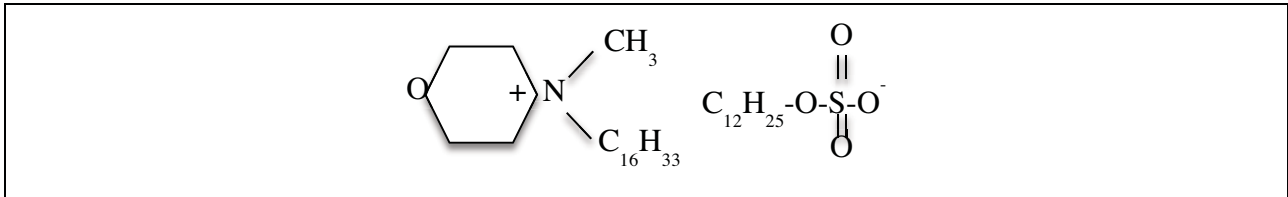


Figura 2.33. Formación del N-N-cetil morfolinio lauril-sulfato.

- Surfactantes Anfóteros

Los surfactantes anfóteros tienen dos grupos funcionales: uno aniónico y otro catiónico. Según el pH una de las dos disociaciones domina (aniónico al alto pH, catiónico a bajo pH). Cerca del punto isoeléctrico, son realmente anfóteros y presentan una mínima actividad superficial. Estos surfactantes son poco irritantes, y según el pH pueden presentar adsorción sobre superficies con cargas positivas o negativas. Son compatibles con los demás tipos de surfactantes y se usan en formulaciones no-tóxicas (Salager y Fernandez *et al.* 2004). Entre los surfactantes de este tipo, se tienen los siguientes:

▪ Amonio-ácidos propinóicos

La fórmula general para esta familia de beta-N-alquil-amino-ácido propinóico es:

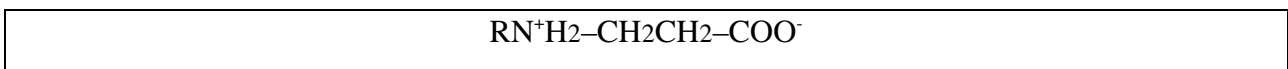


Figura 2.34. Fórmula general de los amino-ácidos propinóicos.

El punto isoeléctrico está aproximadamente a $\text{pH} = 4$. Son muy solubles en soluciones acuosas a alto o bajo pH, y se absorben fácilmente sobre la piel, las fibras textiles y el cabello. Se usan como inhibidores de corrosión en superficies metálicas. Se usan en cosméticos como agentes de limpieza de alto pH, a los cuales son además espumante (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

▪ Imido-ácidos propinóicos

La fórmula general para esta familia de N-alquil-beta-imido-ácidos propinóicos es:

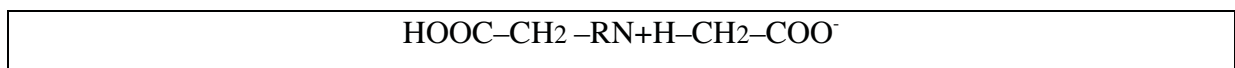


Figura 2.35. Estructura general de los imido-ácidos propinóicos.

Su punto isoeléctrico está a pH 2-3, y estos surfactantes son más solubles en agua que los anteriores. Se usan como agentes suavizantes para textiles. Los compuestos dicarboxílicos de la imidazolina (pentaciclo con dos nitrógenos) alquilada sobre el carbón intermedio entre los nitrógeno y con los grupos carboxilatos sobre los nitrógenos, se utilizan en cosméticos y jabones ya que no son irritantes (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

▪ N-alkil-betaina

Tiene una estructura similar a la de los amino-ácidos propiónicos pero con un sólo grupo metileno entre el grupo aminop y el grupo ácido. Adicionalmente el nitrógeno se hace cuaternario en permanencia sustituyendo los hidrógenos por grupo metil.

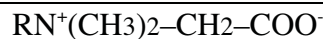


Figura 2.36. Estructura general de las N-alkil-betaina.

Son anfóteros a pH neutro y pH alcalino, y catiónicos a pH ácido. Nunca presentan propiedades exclusivamente aniónicas por la cuaternización del nitrógeno. Toleran un alto contenido electrolítico, particularmente metales divalentes. Se usan como agentes suavizadores para textiles y para cabello, y como inhibidores de corrosión ya que se adsorben sobre superficies negativas cualquier sea el pH. Presentan buenas propiedades espumantes aún en agua dura (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

▪ Sulfobetainas

Si además de cuaternizar el nitrógeno con dos grupos metil u otros, se usa un grupo aniónico completamente dissociado a todo pH como un ácido sulfónico, se obtiene un surfactante anfótero a todo pH llamado sulfobetaina.

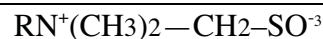


Figura 2.37. Estructura general de las sulfobetainas.

Si existe más de un grupo metil entre el nitrógeno y el grupo sulfonato, lleva el nombre de sultaina. Se utilizan como agentes dispersantes en presencia de iones divalentes como calcio o

magnesio, en formulaciones de jabones o detergentes (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

▪ Otros anfóteros

Cuando se sustituye el grupo carboxilato por un grupo sulfonato en los amino-ácidos propiónicos se obtienen las alquil-taurinas, que presentan un carácter anfótero sobre un amplio rango de pH.

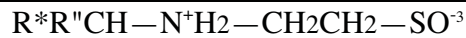


Figura 2.38. Estructura general de las alquil-taurinas.

Donde R* y R'' pueden ser grupos ésteres de ácidos grasos, lo que reduce el carácter irritante de estas sustancias. Al alquilar un grupo aromático ya sustituido con un grupo amina y un grupo ácido sulfónico, se puede obtener un surfactante anfótero de tipo alquil aromático. Otra vía es sulfonar y luego nitrar cortes petroleros alquil aromáticos que han encontrado aplicaciones como agente demulsionantes (Salager y Fernandez *et al.* 2004).

2.2.4. FENÓMENOS SUPERFICIALES

Los sólidos. Líquidos y soluciones presentan muchas propiedades que son explicables sólo en función de la acción de sus superficies, que incluyen a las tensiones superficiales e interfaciales, de adsorción, la dispersión de líquidos en las superficies, filmes de superficies insolubles, y la actividad catalítica de diversas superficies de sólidos en muchos tipos de reacciones químicas (Maron y Prutton *et al.* 2002).

- Tensión superficial

Dentro del cuerpo de un líquido alrededor de una molécula, actúan atracciones casi simétricas. En la superficie, sin embargo, dicha molécula se encuentra sólo parcialmente rodeada por otras y, en consecuencia, experimenta una atracción hacia el cuerpo del líquido. Esta atracción tiende a arrastrar las moléculas superficiales hacia el interior, y al hacerlo, el líquido se comporta como si estuviera rodeado por una membrana invisible. Esta conducta se llama *tensión superficial*, y es el efecto responsable de la resistencia que un líquido presenta a la penetración superficial; observable en la forma casi esférica de las gotas de lluvia, la forma esférica de las partículas de mercurio, etc. Desde el punto de vista puramente termodinámico, la tensión superficial puede considerarse como al tendencia de un líquido a disminuir su superficie hasta un punto en que su



energía de superficie potencial es mínima, condición necesaria para que el equilibrio sea estable. Puesto que una esfera presenta un área mínima para un volumen dado, la tendencia de una partícula líquida deberá ser la de adquirir forma esférica, bajo la acción de la tensión superficial. Como la tendencia natural de un líquido es la de reducir su superficie, un incremento de ésta, sólo se lleva a cabo a expensas de cierto trabajo aplicado (Maron y Prutton *et al.* 2002).

2.2.5. FENÓMENOS INTERFACIALES

Dentro de la investigación en la elaboración de un detergente/desengrasante, nos encontramos con distintos fenómenos ocurridos a nivel de las moléculas del solvente, sustrato, medio, etc., que influyen directamente en la calidad del producto y en su desempeño. Son llamados fenómenos interfaciales a aquellos sucesos producidos en una interfase o cuya existencia está ligada a la presencia de una interfase. Una interfase es el límite entre dos fases inmiscibles. La propiedad más relevante de la interfase es su área, la cual es en general grande en la mayoría de las aplicaciones de interés. Al dispersar una fase en otra, se obtienen varios sistemas, llamados dispersiones en forma genérica (Salager *et al.* 2002).

- **Dispersiones polifásicas**

Entre las características de los fenómenos interfaciales, encontramos las dispersiones polifásicas. Este término es algo redundante, ya que si existe una dispersión, ésta es necesariamente polifásica. Sin embargo se guarda el calificativo polifásico para insistir en que no se trata solamente de dos fases inmiscibles presentando una interfase entre sí, sino que en muchos casos el fenómeno de interés involucra dos interfases, y por tanto tres fases (distintas o no) como se discutirá más adelante (Salager *et al.* 2002).

Cuanto más dividida la dispersión de una fase (discontinua, interna, o dispersa) en la otra fase (continua o externa), mayor es el área interfacial o superficial, y por tanto mayor la importancia de los fenómenos interfaciales. Tomando la geometría esférica como base, se puede calcular que el área específica de una dispersión (superficie por unidad de volumen) varía en forma inversamente proporcional al tamaño del "grano" elemental de la dispersión. Cuando dicho tamaño se torne muy pequeño (por ejemplo algunos micrómetros), entonces el área interfacial puede volverse considerable: varios metros cuadrados por gramo. Nótese que los surfactantes son sustancias que se adsorben sobre la superficie, y por tanto que su efecto está relacionado con el



recubrimiento de dicha superficie (Salager *et al.* 2002).

- **Propiedades de las soluciones de los surfactantes**

Los surfactantes poseen dos propiedades fundamentales. Son capaces de ubicarse en una interfase según el fenómeno llamado adsorción, y también son capaces de asociarse para formar polímeros de agregación llamados micelas. Todas las propiedades de las soluciones de surfactantes provienen de estas dos propiedades fundamentales (Salager *et al.* 2002).

▪ **Carácter anfífilo**

Los surfactantes son sustancias que poseen a la vez un grupo polar y un grupo apolar. Como tales pertenecen a la clase de las sustancias anfífilas. El vocablo anfífilo fue propuesto por Winsor por su significado etimológico: de *ambos lados* ("anfi" como anfiteatro o anfibio) y *amigo* ("filo" como en filósofo o filántropo). Un anfífilo es por lo tanto una sustancia química cuya molécula posee una afinidad a la vez por las sustancias polares y por las sustancias apolares. Se habla también de afinidad hieroglífica y lipofílica (o hidrófoba). La gran mayoría de los anfífilos son surfactantes porque se ubican preferencialmente en una superficie o una interfase (Salager *et al.* 2002).

▪ **Adsorción**

Cuando una molécula de surfactante se ubica en forma orientada en una interfase o una superficie, se dice que se adsorbe. La adsorción es un fenómeno espontáneo impulsado por la disminución de energía libre del surfactante al ubicarse en la interfase y satisfacer parcial o totalmente su doble afinidad. Tal adsorción ocurre también cuando una sola afinidad está satisfecha como en el caso de la adsorción en la superficie aire-agua o líquido-sólido. En tal caso el llamado efecto hidrófobo es la principal fuerza motriz, ya que remueve el grupo apolar del agua (Salager *et al.* 2002).

En presencia de una interfase entre un sólido y un líquido, la polaridad relativa del sólido y del líquido puede inducir al surfactante a adsorberse por la parte polar (cabeza) o por la parte apolar (cola). En presencia de un sólido, la adsorción puede también deberse a atracciones de tipo electrostático, y por tanto no está limitada a las sustancias surfactantes. El agua contiene iones H⁺ y OH⁻ susceptibles de adsorberse en una superficie sólida, dependiendo del pH; en consecuencia



una superficie sólida mojada por agua posee en general una carga superficial no nula (Salager *et al.* 2002).

La adsorción es un fenómeno dinámico que está contrarrestado por la desorción. El equilibrio adsorción-desorción se establece entre la interfase y la o las fases líquidas, pero típicamente está muy desplazado hacia la adsorción en la interfase donde el surfactante posee una energía libre menor. En consecuencia se llega muy rápidamente a una saturación de todo el espacio disponible a la interfase, lo que resulta en lo que se llama una monocapa. En tal monocapa las moléculas de surfactantes están arregladas en forma geométrica apropiada (de acuerdo a su orientación polar-apolar y a las atracciones o repulsiones) (Salager *et al.* 2002).

Cuando se produce una monocapa, todo ocurre como si la interfase estuviera recubierta por una fina capa de material. Por ejemplo, una capa de surfactante catiónico adsorbido en la interfase entre la solución acuosa y una superficie metálica, está orientada con la cabeza hacia el metal (por atracción electrostática); en consecuencia las colas apolares de las moléculas adsorbidas producen una capa hidrófoba que protege el metal del medio acuoso por un proceso llamado hidrofobación. Tal hidrofobación se utiliza en la flotación de minerales o en la inhibición de la corrosión. El grado de hidrofobación se mide mediante el ángulo de contacto aire-agua- sólido que define el concepto de mojabilidad el cual se discutirá más adelante (Salager *et al.* 2002).

1.3 .Asociación

La segunda propiedad fundamental de los surfactantes en solución acuosa es su capacidad de auto-asociación. Las primeras moléculas de surfactante presentes en una solución tienen una fuerte tendencia a migrar hacia una interfase y adsorberse en ella, y que la fuerza motriz de tal adsorción es el efecto hidrófobo, a saber la sustracción de la cola apolar (hidrocarbonada) del medio acuoso. La formación de una monocapa más o menos densa de surfactante en una interfase es la primera manifestación de la tendencia a asociarse (Salager *et al.* 2002).

Cuando la concentración de surfactante aumenta en la fase acuosa, se produce rápidamente la saturación del área interfacial, y como consecuencia el número de moléculas disueltas tiende a aumentar. A partir de cierta concentración, llamada concentración micelar crítica, el surfactante

produce estructuras poliméricas de asociación llamadas micelas. Las micelas son a menudo esféricas y contienen varias decenas de moléculas orientadas de tal forma que la parte apolar del surfactante se sustraiga al ambiente acuoso. La concentración micelar crítica o CMC es la concentración a partir de la cual las fuerzas que favorecen la formación de las micelas (efecto hidrófobo), dominan a las fuerzas que se oponen a esta (repulsión entre partes polares) (Salager *et al.* 2002).

Las soluciones micelares poseen una propiedad muy importante, llamada capacidad de solubilización. Pueden solubilizar sustancias apolares (aceites) o anfífilas en cantidades considerables dentro o en la superficie de las micelas. En casos extremos se pueden producir soluciones micelares que contienen más aceite que agua. Tales sistemas de alta solubilización se llaman microemulsiones o cristales líquidos según su estado de fluidez (Salager *et al.* 2002).

- **Fenómenos interfaciales de equilibrio**

▪ **Cohesión y Adhesión**

La cohesión entre las moléculas de un fragmento de una sustancia se debe a las llamadas fuerzas de interacción molecular de Van der Waals. Estas fuerzas son el "cemento" de la materia y actúan a muy corta distancia, típicamente en función del inverso de la sexta potencia de la distancia. Existen tres tipos de fuerzas de Van der Waals, llamadas de Keesom (interacción entre dipolos permanentes), de Debye (interacción entre dipolo permanente y dipolo inducido) y de London (fuerzas de dispersión). Las dos primeras involucran moléculas polares y poseen valores del orden de algunos Kcal/mol, mientras que la tercera se aplica a moléculas apolares y tienen un valor diez veces menor (Salager *et al.* 2002).

La diferencia entre cohesión y adhesión, es que la primera hace referencia a la energía requerida para despegar un área unitaria entre dos caras de una misma sustancia, mientras que la adhesión aplica el mismo concepto, pero a dos caras de sustancias diferentes (Salager *et al.* 2002).

El llamado "parámetro de solubilidad", δ suministra un estimado de las fuerzas de cohesión; δ^2 se define tal que su cuadrado es igual a la entalpía molar de vaporización (ΔH_{VAP}) dividida por el volumen molar en estado líquido, v_{LIQ} (Salager *et al.* 2002).

$$\delta^2 = \frac{\Delta H_{VAP}}{\vartheta_{LIQ}}$$

La adhesión entre dos sustancias diferentes 1 y 2 se obtiene tomando la media geométrica entre los valores de cohesión correspondientes a las sustancias respectivas:

$$\delta_{12} = \sqrt{\delta_{11}\delta_{22}}$$

Esta relación ilustra la diferencia entre adhesión y cohesión. Si las sustancias 1 y 2 poseen una cohesión muy diferente (por ejemplo una es polar y la otra apolar), el valor de la adhesión será muy distinto a ambos valores de cohesión y como consecuencia no habrá adhesión fuerte. Al contrario si las sustancias son de la misma naturaleza y por lo tanto poseen una cohesión semejante, será la adhesión también semejante (Salager *et al.* 2002).

Los conceptos de cohesión y adhesión son los que determinan las fuerzas atractivas entre partículas, gotas o burbujas dispersadas en una fase continua líquida. Estas fuerzas atractivas tienden a reunir los fragmentos de fase dispersada y por lo tanto tienden a desestabilizar la dispersión (Salager *et al.* 2002).

▪ Los tres tipos de repulsión

En presencia de surfactante iónico, por ejemplo un jabón y de partículas apolares, la adsorción del surfactante se produce por la cola lipofílica, quedando el grupo polar del surfactante hacia el agua. Las cargas eléctricas asociadas con el grupo polar están por lo tanto fijadas en la interfase, mientras que los contraiones se encuentran en la fase agua, distribuidos en lo que se llama la capa difusa de la doble capa eléctrica (Salager *et al.* 2002). El resultado de esta situación es la formación de un potencial que decrece exponencialmente con la distancia con un "período" (término consagrado para los fenómenos radioactivos) λ llamado longitud de Debye:

$$\psi = \psi_0 e^{-x/\lambda}$$

La longitud de Debye es típicamente 100 Å. Por lo tanto la repulsión electrostática producida por el solapamiento de los potenciales de dos interfases se vuelve significativa a tales distancias, lo que es a veces suficientemente "lejos" para impedir que las fuerzas atractivas dominen la situación (Salager *et al.* 2002).

$$\lambda = \sqrt{\frac{RT\varepsilon}{F^2 \sum C_{i\infty} Z_i^2}}$$



Donde Σ es la permisividad del medio, C_i° la concentración de la especie iónica "i" fuera de la doble capa, y Z_i su valencia. Por tanto el espesor de la doble capa eléctrica se reduce en presencia de electrólitos, particularmente los polivalentes.

Existe otro tipo de repulsión llamado repulsión estérica de la raíz "estéreo" que está asociada con la idea de volumen de espacio (Salager *et al.* 2002). El tercer tipo de repulsión es el llamado "entrópico" que se presenta cuando macromoléculas, por ejemplo polímeros bloques de óxido de etileno y óxido de propileno u otro polímero está "amarrado" en la interfase por uno o varios puntos donde están los grupos que tiene afinidad para la otra fase. Si bien es cierto que el tiempo de relajación de un surfactante en la interfase es muy corto (millionésimo de segundo), no es lo mismo para un polímero que está adsorbido en varios puntos. En consecuencia un polímero adsorbido es mucho más estable en la interfase que una molécula de surfactante común y corriente (Salager *et al.* 2002).

Por otra parte los segmentos del polímero que se encuentran en el solvente interactúan con este, y puede formar hasta mesofases de tipo gel. Al acercar las dos interfases el polímero está "aplastado" y dos fenómenos se producen: de un lado una mayor organización de la cadena polimérica que pierde grados de libertad y de otro lado una desolvatación de estas cadenas. Ambos fenómenos resultan en un mayor orden de donde el nombre repulsión entrópica o a veces repulsión osmótica (Salager *et al.* 2002).

▪ Teoría DLVO

Hace medio siglo Derjaguin y Landau en Rusia, y Verwey y Overbeek en Holanda propusieron independientemente una interpretación de la estabilidad de los coloides liofóbicos, que fue una de las primeras cuantificaciones en el campo. En su honor se llamó dicha teoría DLVO. La teoría DLVO (véase Cuaderno FIRP # 614) se aplica a los coloides, pero puede extrapolarse cualitativamente al campo de la dispersiones microscópicas (Salager *et al.* 2002)

Esta teoría considera que cuando se acercan dos interfases, la fuerza resultante es la combinación de las fuerzas atractivas de Van der Waals y de la fuerza de repulsión eléctrica. Además existe por supuesto la fuerza repulsiva de contacto, es decir aquella que se produce cuando la distancia

es esencialmente cero, y que corresponde al concepto usual de compresibilidad. Esas tres fuerzas tienen una expresión matemática diferente, en particular en las que se refiere a su variación con la distancia de las dos interfases que se acercan (Salager *et al.* 2002).

La fuerza de repulsión de contacto varía como el inverso de una potencia muy elevada de la distancia, típicamente la potencia 6 ó 12.

La fuerza de repulsión eléctrica no es más que lo indicado por la ley de Coulomb, a saber una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas. En cuanto a las fuerzas atractivas de Van der Waals tienen en general una expresión inversamente proporcional a la potencia seis de la distancia intermolecular (Salager *et al.* 2002).

- **Fenómenos interfaciales en los detergentes**

Existen varios fenómenos capaces de promover la remoción de un sucio, particularmente el cambio de mojabilidad y la desestabilización de la floculación, los cuales se detallan a continuación (Salager *et al.* 2002).

▪ **Cambio de Mojabilidad**

La presencia de un agente surfactante en una interfase produce en general un cambio de tensión; como consecuencia la igualdad vectorial que define el ángulo de contacto, varía con la presencia de un surfactante (Salager *et al.* 2002).

▪ **Desestabilización de la adhesión**

La segunda forma de remover un sucio de un sustrato es desestabilizando las fuerzas de adhesión sucio-sustrato. La figura 27 ilustra tal desestabilización para el caso de un sucio y de un sustrato ambos apolares, lo que se aplica por ejemplo al caso de una partícula de tierra y un sustrato textil (Salager *et al.* 2002).Ç

Primero el surfactante penetra por difusión en el intersticio entre el sucio y el sustrato. El intersticio corresponde al mínimo potencial (punto a) (Salager *et al.* 2002). Al inmiscuirse el surfactante y adsorberse sobre ambas caras, y eventualmente repelerse (si es un surfactante iónico), la distancia entre las dos caras llega a la situación b, en la cual el potencial atractivo Ve

es muchísimo menor que V_a . Esto significa que en la posición b, se requiere muy poca energía (V_e) para llegar a la zona de fuerza repulsiva. En consecuencia basta un poco de agitación mecánica para vencer el potencial V_e y despegar la partícula de sucio (Salager *et al.* 2002).

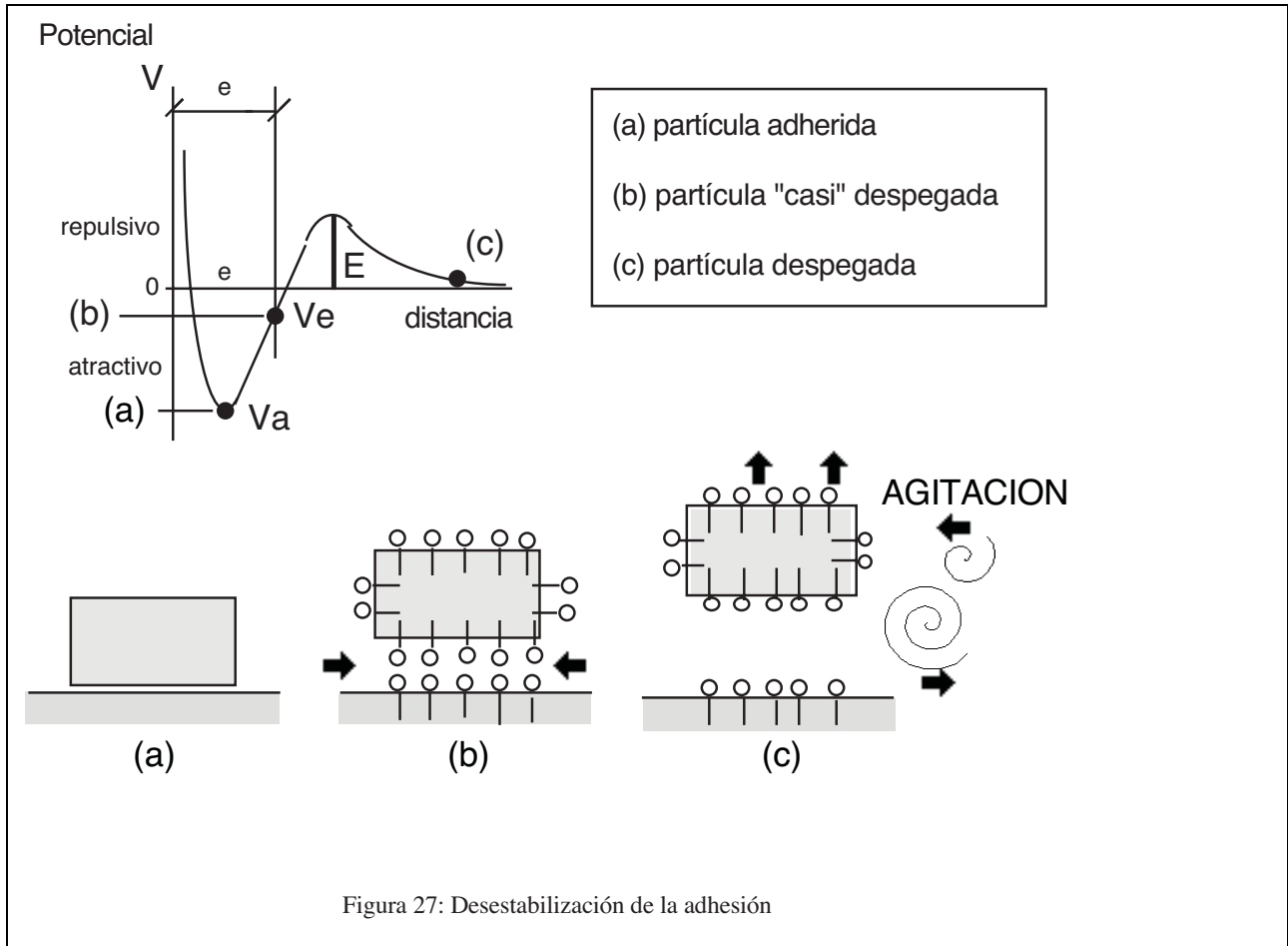


Figura 27: Desestabilización de la adhesión

Figura 2.39. Desestabilización de la adhesión.

▪ **Estabilización de la dispersión**

Nótese que una vez despegada la partícula, es importante que no vaya a depositarse en otro sitio, y que no vaya a coagularse con otras partículas. Es por ello que una de las características fundamentales de la detergencia es la acción dispersante y la variante llamada acción anti-redeposición. La figura 27 permite interpretar esta acción: una vez que se ha despegado el sucio, se debe vencer la barrera E para llegar a la adhesión. Si la barrera E es suficientemente grande (mayor de 30 kT) no se van a depositar las partículas ni van a coagularse entre si (Salager *et al.* 2002).



La adsorción de surfactante "por la cola" tiende a hidrofilar tanto la superficie del sustrato como la de la partícula de sucio. Si el surfactante está cargado (iónico) o si posee una interacción estérica grande (no iónico polietoxilado), entonces las fuerzas repulsivas son suficientes para impedir que las dos caras se acerquen a distancia en la cual prevalecerían las fuerzas de atracción (Salager *et al.* 2002).

Además pueden intervenir los fenómenos interfaciales dinámicos (potencial de flujo y viscosidad interfacial) con su acción retardadora. En todo caso, una agitación mecánica es por supuesto más eficiente que el movimiento Browniano.

Esta acción dispersante y anti-redeposición se utiliza en el proceso de "enjuague" cuando se arrastran las partículas suspendidas por una corriente de agua. Los agentes dispersantes utilizados a tales fines son bien sea surfactantes, particularmente surfactantes poliméricos como lignosulfonatos, bien sea polímeros hidrosolubles llamados coloides protectores como la hidroximetil-celulosa (HMC) o la carboxi-metil-celulosa (CMC) (Salager *et al.* 2002).

▪ **Otros fenómenos involucrados.**

Además del cambio de mojabilidad y de la desestabilización de la adhesión, la detergencia involucra otros fenómenos más o menos importantes según el caso.

De un lado la combinación de los efectos anteriores y de la agitación, y a veces de la deformación del sustrato, en particular por hinchamiento, puede producir el fraccionamiento del sucio en partículas o gotas más pequeñas (Salager *et al.* 2002).

Si el surfactante usado es apropiado, se puede producir una fina emulsión con gotas del orden del micrómetro lo que prácticamente produce una eliminación del sucio del sustrato (Salager *et al.* 2002).

Si la fase acuosa contiene surfactantes en concentración superior a la concentración micelar crítica, lo que es generalmente el caso, entonces una parte del sucio apolar puede solubilizarse en forma molecular en el interior de las micelas. Se piensa que la mejora notada al añadir un poco de surfactante catiónico al surfactante aniónico de las fórmulas de detergente para lavar ropa actúa entre otras cosas para rebajar la CMC (Salager *et al.* 2002).

2.2.6. PRUEBAS DE BIODEGRADABILIDAD EN MEDIO MARINO.

En virtud de las particularidades del medio marino, sobre todo en lo que respecta a las características de las bacterias responsables de los procesos de biodegradación (i.e., su halotolerancia), la OCDE propone una prueba de simulación de este compartimiento ambiental (306). Esta prueba estática usa agua marina como medio e inóculo a la vez, y existe en dos variantes: el ensayo en matraz agitado que mide el consumo de COD durante 60 días, y la prueba de DBO en botella cerrada, con una duración de 28 días. Dado que se utiliza el compuesto de prueba como única fuente de C y de energía, así como una cantidad muy reducida de biomasa, frecuentemente se considera este método como una prueba de biodegradabilidad inmediata (Vázquez y Beltrán *et al.* 2004).

- Efectos de los detergentes en aguas marinas

Los principales responsables en la contaminación de los mares a raíz de los detergentes son los siguientes (Seoáñez *et al.* 2000).

- Vertidos urbanos de ciudades costeras.
 - Emisarios submarinos.
 - Vertidos directos.

- Arrastres de los ríos.
 - Ríos que han recibidos vertidos urbanos.
 - Ríos que han recibido vertidos industriales.

- Vertidos industriales en la costa.
- Uso de detergentes contra las mareas negras.
 - Como dispersantes.
 - Como emulsionantes.

- Alteraciones básicas del medio marino por detergentes.

A continuación se nombran algunas alteraciones en el medio marino a causa de los detergentes (Seoáñez *et al.* 2000).

- Modificación de las características de la microflora.

- Modificación de las características de la microfauna.
- Modificación de las características del agua marina.
- Modificación de las características del agua dulce que los transporta, si se trata de un vertido del continente.
- Inhiben los fenómenos de oxidación (fundamentalmente los aniónicos).
- Provocan formación de espumas.

- Efectos de los detergentes aniónicos, noiónicos y catiónicos sobre las aguas marinas

En general este tipo de detergentes se utiliza sobre todo en actividades domésticas, por lo que su origen proviene básicamente de las aguas residuales urbanas. Para minimizar los problemas de contaminación por estos detergentes, es recomendable usar los surfactantes del tipo LAS, los cuales presentan buena biodegradabilidad. En principio, existen infinidad de seres vivos marinos que sufren gravemente los daños que provocan estos tipos de detergentes, siendo la gravedad de los daños en función de la sensibilidad de la especie afectada, de la edad del individuo y de la salud (Seoáñez *et al.* 2000).

Los detergentes noiónicos son muchos más agresivos que los aniónicos. Las corrientes marinas, el oleaje, las mareas y los vientos, influyen mucho sobre la dispersión de los detergentes aniónicos y noiónicos en el mar. Se debe resaltar que el objetivo de los detergentes es hacer espumas, solubilizar, emulsionar y mojar, alterando sobre todo la tensión superficial de los líquidos receptores, con todo lo que esto afecta a los ecosistemas marinos que reciban, además de la capacidad que tienen para fijarse en los sedimentos (Seoáñez *et al.* 2000).

Los detergentes catiónicos suelen aplicarse en actividades industriales, casi siempre en menores cantidades que los aniónicos. Son mucho más tóxicos para las biocenosis marinas que los aniónicos y representan un peligro grave para todo el medio marino (Seoáñez *et al.* 2000).

El grado de toxicidad de los detergentes en las aguas marinas, se presenta en un orden de mayor a menor, entre los cuales están los catiónicos, noiónicos, anfóteros y por último los aniónicos (Seoáñez *et al.* 2000).

2.2.7. Método de Winkler

Este método permite determinar la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra, por medio de una valoración química. Para esto es necesario acondicionar la solución, para poder llevar a cabo la titulación. A la solución a estudiar, se añade sulfato de manganeso (MnSO_4) y luego una solución preparada de álcali-yoduro-azida, que posee hidróxido de sodio (NaOH), yoduro de sodio (NaI) y azida de sodio (NaN_3). La adición de sulfato de manganeso y álcali-yoduro-azida, conlleva a varios fenómenos, presentes en las figuras 2.40 y 2.41 (Standar methods, 1998).

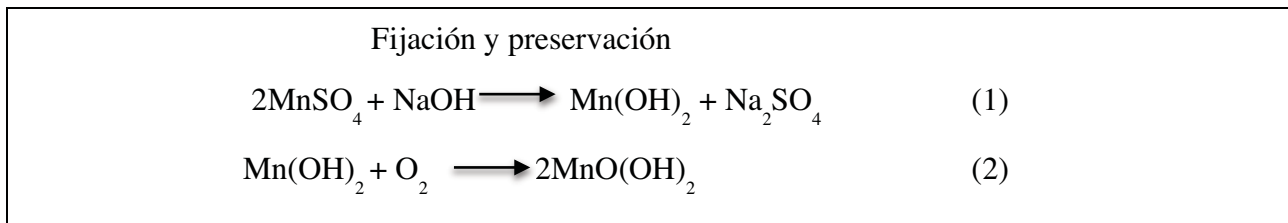


Figura 2.40. Reacciones implicadas en la adición del álcali y sulfato de manganeso II.

En la reacción 1, el precipitado blanco (Mn(OH)_2) se formará cuando haya ausencia de oxígeno (O_2), mientras que el precipitado amarillo (MnO(OH)_2) de la reacción 2 se formará en presencia de oxígeno (O_2) (Standar methods, 1998).

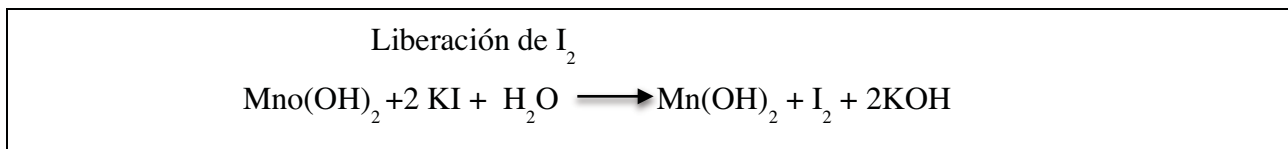


Figura 2.41. Reacción ocasionada por la adición de la solución de álcali-yoduro-azida.

La reacción muestra la presencia del yodo (I_2) en la solución, la cual es indispensable para determinar el valor de oxígeno disuelto en la muestra, ya que a partir del volumen que se tome para la titulación y con los valores de tiosulfato de sodio, se determina la concentración de yoduro en la muestra y consecuentemente la

cantidad de oxígeno disuelto. Luego de la formación de los precipitados, se añade ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), para disolver los hidróxidos y proseguir con la titulación (Standar methods, 1998).

Durante la titulación del yodo presente en la muestra con tiosulfato de sodio, es necesario adicionar un indicador, como lo es el almidón, el cual en presencia del yodo libre se torna púrpura, mientras que en presencia de yoduro permanece incoloro. Una vez obtenido el volumen de tiosulfato de sodio necesario para que el yodo libre pase a ser yoduro, como se muestra en la figura 2.42. Luego se determina la cantidad de yoduro presente en la muestra (Standar methods, 1998).

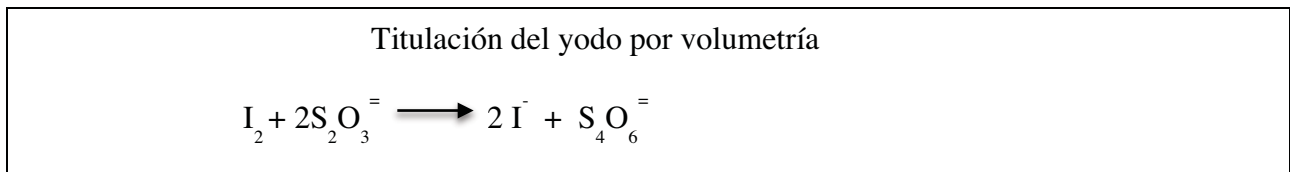


Figura 2.42. Reacción involucrada en la titulación de la muestra.

$$V_{Na_2S_2O_3} \times N_{Na_2S_2O_3} = V_{I^-} \times N_{I^-}$$

Figura 2.43. Ecuación para determinar la cantidad de yoduro en la muestra.

Una vez calculado e valor del yoduro presente en la muestra, el cual está expresado en eq/L, se establece la relación de éste con el oxígeno disuelto, donde se lleva a meq/L y luego se multiplica por 8, para así tener los mg/L presentes en la muestra que se estudió (Standar methods, 1998).

2.2.8. CORROSIÓN

El término corrosión se refiere al deterioro de una sustancia (usualmente un metal) o sus propiedades, debido a una reacción con su ambiente. En los metales, la reacción es de naturaleza electroquímica. Los cerámicos y los polímeros no sufren ataque electroquímico, pero pueden ser deteriorados por ataque químico directo; ejemplos: los cerámicos, mediante sales fundidas a altas temperaturas y los polímeros, por el agua, aceites, oxígeno o luz ultravioleta. La corrosión electroquímica implica transporte simultáneo de electricidad en un electrolito. Una reacción electroquímica es una reacción química que involucra la transferencia de electrones y también una reacción que involucra oxidación y reducción simultáneamente (Guanipa *et al.* 2007).



III. MARCO METODÓLOGICO.

En este capítulo se explica detalladamente los pasos a seguir para cada uno de los objetivos propuestos para la formulación del desengrasante, destacando los procedimientos correspondientes a las pruebas de biodegradabilidad, control, elaboración y análisis de calidad. También evaluando otros criterios como la factibilidad, el costo, toxicidad, entre otros menos imprescindibles en esta investigación.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

La estrategia metodológica de esta investigación según lo redactado por Arnau, Argliaga y Benito (1993), es del tipo experimental de serie temporal, el cual requiere generalmente cantidades pequeñas de sujetos e incluso un solo sujeto, cuya finalidad en la obtención de información. La estrategia de serie temporal se caracteriza como un conjunto de observaciones que se registran secuencialmente, a lo largo de una serie de períodos o fases, en consecuencia el investigador no sólo posee información acerca de la efectividad de un tratamiento (resultado), sino que posee información de cómo ha ido cambiando la conducta a lo largo del tiempo (proceso).

3.1 Selección de los diferentes activos en los sistemas polifásicos dispersos.

En la elaboración de este objetivo se procedió primordialmente a investigar acerca de las distintas materias primas posibles para la elaboración de dicho producto, teniendo como finalidad principal la biodegradabilidad del mismo en el agua marina. Para esto se indagó en diferentes fuentes bibliográficas, artículos, material en línea, publicaciones y con el asesoramiento de algunas empresas en cuanto al desempeño del mismo.

Una vez ubicada la información del tipo de materia para la formulación, se procedió a contactar a diferentes empresas que dispusieran de productos con las características necesarias y acorde a lo investigado en la bibliografía y antecedentes, haciendo hincapié a la biodegradabilidad y toxicidad de las materias primas con los otros compuestos presentes en la formulación.

Entre los activos de desengrasantes, están los expuestos en la tabla 3.1, que especifica el tipo de surfactante al que pertenece, nombre comercial, características químicas y observaciones.



Tabla 3.1. Activos utilizados en la formulación polifásica.

| Surfactantes Aniónicos | | |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fenilsulfonato LAS 50 | Alquibenceno sulfonato de Sodio | Fabricación de detergentes y limpiadores. Poder detergente y espumante. |
| Hostapur SAS 60 | Alcano sulfonato de Sodio | Acción tensoactiva pronunciada. |
| Genapol BD | Blend de surfactantes | Alto poder de detergencia. Poder espumante. |
| Surfactantes Noiónicos | | |
| Arkopal N 100 | Nonifenol etoxilado 10 moles | Aplicable en detergentes, estabilizantes, solubilizantes, dispersantes y aditivos. Poder espumante. |

Los parámetros analizados para la determinación el activo mas apropiado fueron los siguientes: biodegradabilidad, la biodegradabilidad es un parámetro determinante en el comportamiento ambiental de las sustancias químicas y una propiedad deseable de los productos que se liberan en grandes cantidades al medio natural, tales como detergentes, pesticidas, materiales de embalaje, etc. (Vázquez y Beltrán, 2004). Toxicidad, El rango de toxicidad vino dado por cada activo por medio de las hojas de seguridad, donde se verificó la rata de mortalidad con la que se hizo el análisis del producto donde se chequeó cual es el más toxico; el costo, como parámetro de escogencia, fue un carácter subjetivo, ya que se derivó de la adquisición de las materias primas en las distintas empresas, teniendo menor o mayor costo en unas empresas que en otras, siendo la disponibilidad diferente en todas.

También se tiene en cuenta que por ser surfactantes con características de biodegradabilidad, su costo fue mayor que los demás tensioactivos usados para estas formulaciones. La compatibilidad (sinergia), analizó la afinidad que tuvieron los distintos activos con los demás componentes de la formulación, basado en la formación de emulsiones en el producto final o no, donde el mejor activo fue el que no presentó alguna emulsión en la formulación (Salager, 2002).

Para la parte estadística, aplicada para la selección del activo más apropiado, se procedió a usar un software llamado “Sistema de Soporte a la Decisión de las Administraciones Públicas (SSD-AAPP)”, el cual permitió por medio de 3 métodos estadísticos presentados en gráfica, determinar el activo o materia prima mas apropiado en la elaboración del desengrasante.

Aplicación de un software de sistemas de soporte a la decisión SSD-AAPP®

A través de un software de sistemas de soporte a la decisión SSD-AAPP®, se logró la resolución de la matriz de selección de las alternativas más factibles económicamente. Para ello se deben realizar las siguientes actividades:

Creación de la matriz de decisión

Se realizó siguiendo diferentes pasos. **Archivo** → **Nuevo**; se introdujo el nombre y el título del problema (Figura 3.1).

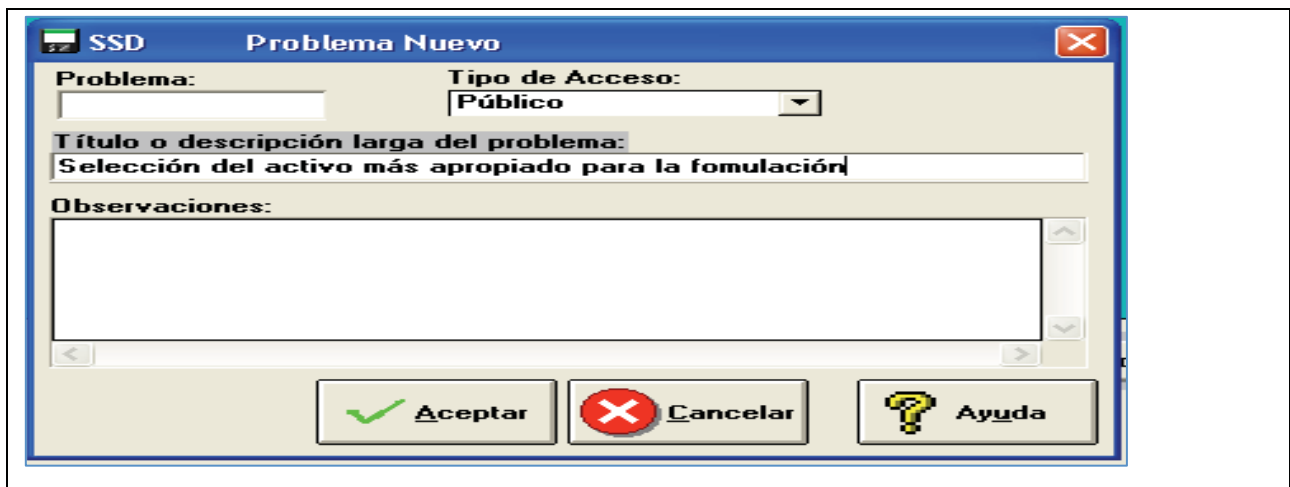


Figura 3.1. Creación de un problema.

Definir los criterios de evaluación

Se posicionó en el árbol de criterios y se activó la comprobación de suma de pesos. Se procedió a introducir los criterios en la columna de descripción del criterio asignándole a cada uno un valor según su grado de importancia.

| ÁRBOL DE CRITERIOS | | | | | |
|--------------------|-------------------|----------|-------------|---------------|---------|
| Código | Criterio | Peso Abs | Peso /Nivel | Escala Medida | Sentido |
| 1 | BIODEGRADABILIDAD | 50.00 | - | 1 | 1 |
| 2 | TOXICIDAD | 25.00 | - | 1 | 1 |
| 3 | SINERGIA | 15.00 | - | 1 | 1 |
| 4 | COSTO | 10.00 | - | 1 | 1 |

Comprobar Suma de Pesos Suma de pesos del Nodo: 0 Peso: 100

1 Árbol de criterios 2 Matriz de Puntuaciones 3 Comparaciones Binarias(Saaty)

Figura 3.2 Creación del árbol de criterios.

Definir las alternativas que van a ser jerarquizadas

Para la definición de las alternativas a seleccionar en la matriz se siguió el siguiente camino. → Edición → Alternativa → Mantenimiento Alternativas.

| SSD EDICION DE ALTERNATIVAS | |
|-----------------------------|-----------------|
| Nombre | Descripcion |
| LAS50 | FENILSULFONATO |
| ARKOPAL | ARKOPAL N 100 |
| HOSTAPUR | HOSTAPUR SAS 60 |
| GENAPOL | GENAPOL 8D |
| * | |

Figura 3.3. Definición de alternativas.

Definir la ponderación de cada uno de los criterios según cada alternativa

Posicionándose en la primera celda de la matriz de puntuaciones donde se deseó introducir la correspondiente al criterio 1 y alternativa 1, se colocó de una manera cuantitativa un valor que permitió identificar la importancia que tiene el criterio de esa alternativa, de la misma manera se realizó para las celdas siguientes.

| MATRIZ DE PUNTUACIONES | | | | | | |
|------------------------|-------------------|----------------|-------|---------|----------|---------|
| Código | Criterio | Peso Final (N) | LAS50 | ARKOPAL | HOSTAPUR | GENAPOL |
| 1 | BIODEGRADABILIDAD | | 25 | 20 | 25 | 30 |
| 2 | TOXICIDAD | 0.25000 | 20 | 10 | 20 | 50 |
| 3 | SINERGIA | 0.15000 | 20 | 25 | 25 | 30 |
| 4 | COSTO | 0.10000 | 30 | 17 | 23 | 30 |

Figura 3.4. Puntuación de las alternativas según el criterio.

Aplicación de la matriz de selección

Basándose en los datos introducidos anteriormente al programa, se obtuvo una matriz de resultados donde, por diferentes métodos y modelos matemáticos se arrojó el mejor método tanto en tablas como gráficamente (Figura 3.5 y 3.6).

Visualizar puntuaciones normalizadas por fracción de: Ideal Suma Máximo

Matriz de Resultados [VALORACIÓN TÉCNICA]

Resultados de Ponderación Lineal con la mejor alternativa normalizado a 100: Sí No

| | GENAPOL | HOSTAPUR | LAS50 | ARKOPAL |
|--------------------|---------|----------|---------|---------|
| Ponderación Lineal | 100 | 71.8333 | 71.6667 | 56.5 |
| Promethée | 98.3333 | 48.3333 | 45.8333 | 7.5 |
| Topsis (M.Ciudad) | 100 | 38.7681 | 38.4058 | 5.4348 |

Matriz de Resultados [ÍNDICE BENEFICIO/COSTE] - Agregación Lineal

| | GENAPOL | HOSTAPUR | LAS50 | ARKOPAL |
|--------------------|---------|----------|-------|---------|
| Ponderación Lineal | - | - | - | - |
| Promethée | - | - | - | - |
| Topsis (M.Ciudad) | - | - | - | - |

Datos no actualizados Datos actualizados

El método Lexicográfico calcula directamente la ordenación de las alternativas y es independiente del método de normalización de las puntuaciones

Figura 3.5. Matriz de resultados.

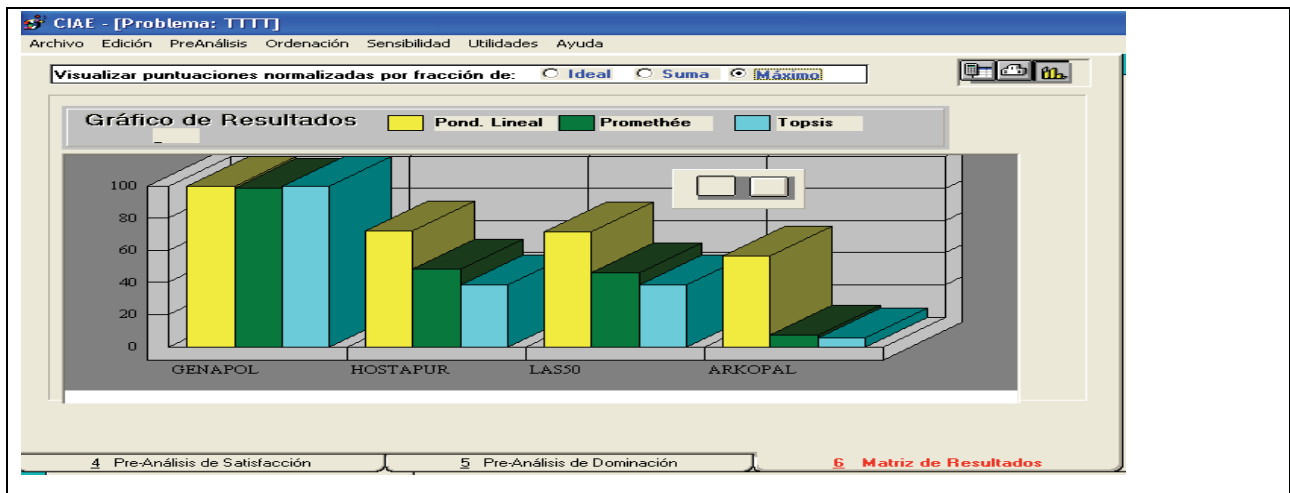


Figura 3.6. Gráfico de la matriz de resultados.

Una vez analizados los resultados de las gráficas, se procedió a determinar los activos más apropiados a la formulación del producto, basado en los parámetros establecidos anteriormente.

3.2 Desarrollar las diferentes formulaciones a base de principios activos a escala de laboratorio.

Una vez establecido los activos, se procedió a ubicar los elementos que sirvieron de complemento en la formulación de un detergente, en este caso desengrasante.

Para ello se dispuso a investigar en artículos, investigaciones, publicaciones, libros, asesoramiento de personal con conocimientos del área de estudio, que permitieran tener una ida clara de los demás compuestos presentes en la formulación. Habiendo utilizado los medios necesarios para determinar los demás componentes de los productos, se tomaron como complementos: agentes antirreposición, agentes secuestrantes o builders, optimizadores, disolventes, conservantes. Por medio de los distintos distribuidores en el área regional o nacional. Una vez localizados los productos, se verificó tanto con sus respectivas hojas técnicas y de seguridad, todos los aspectos necesarios para considerar aptos los mismos en la formulación.

- Identificación del producto y de la empresa
- Composición/información de los componentes
- Identificación de peligros
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios

- Medidas a tomar en caso de vertido accidental
- Manipulación y almacenamiento
- Límites de exposición y medidas de protección personal
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Informaciones toxicológicas
- Informaciones ecológicas
- Eliminación de residuos
- Información relativa al transporte

Para la parte experimental, teniendo los componentes para las distintas formulaciones, se procedió a la elaboración de los productos, siendo 3 desengrasantes los preparados. En la figura 3.8 se hizo referencia al procedimiento que se siguió en la formulación. Flick (1989).

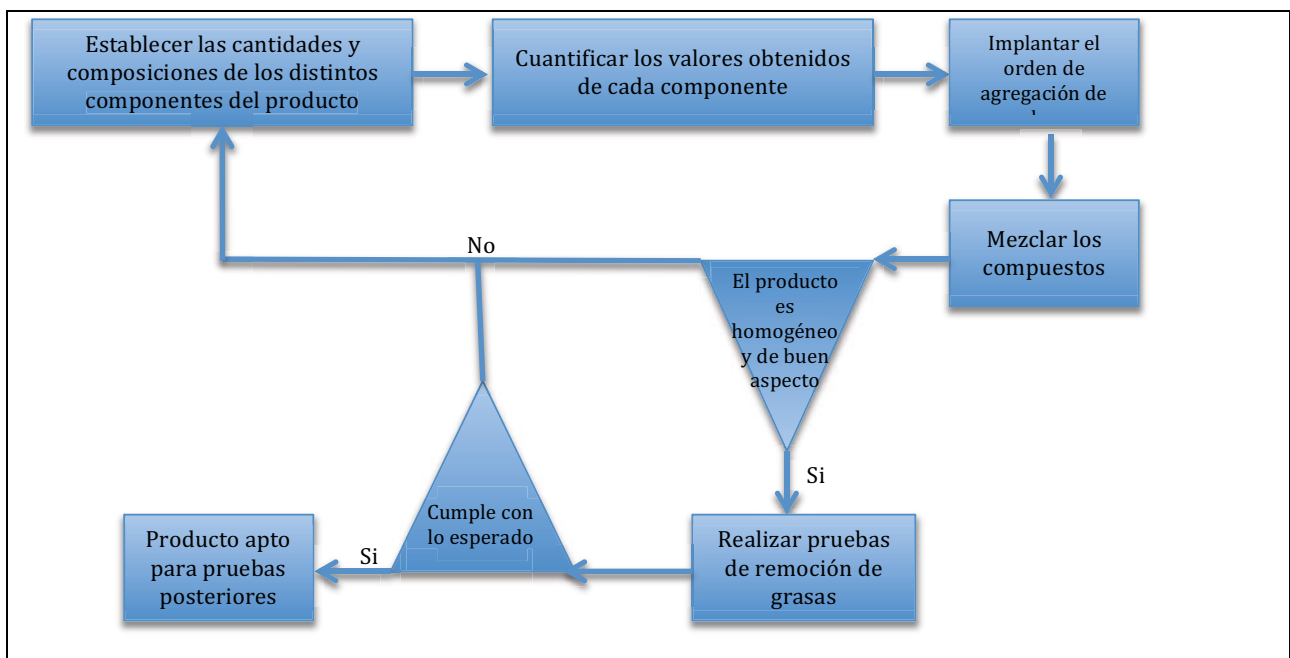


Figura 3.7. Diagrama de bloque del proceso de formulación del desengrasante.

Para F1 el activo fue el Genapol BD, para F2 se hizo una mezcla de dos activos, los cuales fueron el Hostapur SAS 60 y el Arkopal N 100, mientras que para F3, el activo usado fue el Fenilsulfonato LAS 50. En las 3 formulaciones se adicionaron los compuestos como los builders, agentes secuestrantes, antirreposición, optimizadores y conservantes; en el caso de F1 y F3

también se añadió un disolvente, debido a la consistencia que éstos adquirirían en el momento de la preparación. Obtenida las 3 formulaciones, se procedió a realizar pruebas de remoción grasa, aplicando el método señalado en la figura 3.9. Flick (1989).

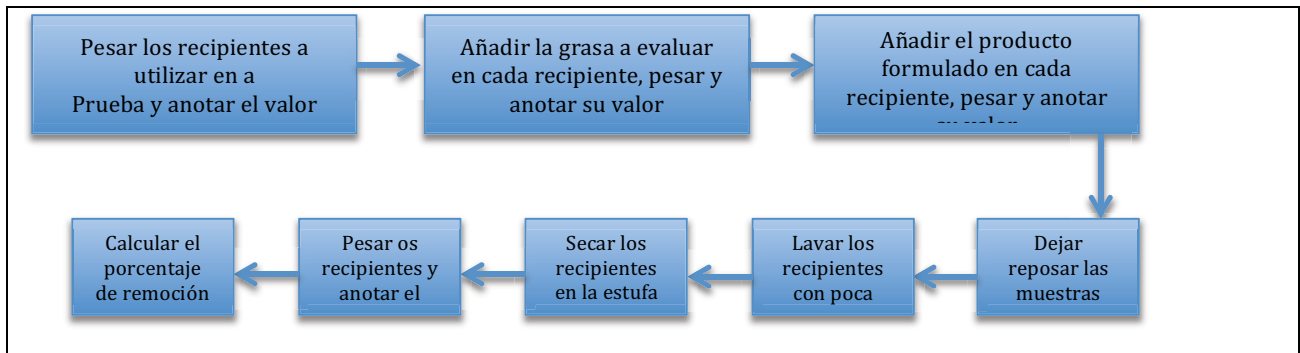


Figura 3.8. Diagrama de bloque del proceso de remoción de grasa para las formulaciones.

Se verificó si está dentro de los parámetros establecidos en la investigación y se prosiguió a hacer nuevas pruebas, tanto de remoción de grasas en distintos sustratos, como pruebas de biodegradabilidad.

3.3 Selección los sistemas de sustratos y superficies a emplear.

Una vez obtenida las formulaciones, con los activos más apropiados, se procedió a establecer la capacidad de remoción de grasa de dichos productos. Para ello se dispuso a ubicar diferentes materiales usados en la elaboración de medios de transporte marítimo. Una vez ubicados, se analizó la disponibilidad de los mismos en cuanto a la entrega de pequeñas piezas para el estudio del desengrasante.

De los materiales utilizados en la industria marítima para verificar el poder desengrasante de las formulaciones (Guanipa, 2007), se obtuvieron los siguientes:

- Hierro galvanizado.
- Hierro.
- Aluminio.
- Hierro negro.
- Acero inoxidable.

El estudio de la selección de las 3 productos formulados, tratados con sustratos (aceite mineral y vegetal) y con distintas superficies, se llevo a cabo por medio del diagrama de bloques referido en la figura 3.10. Flick (1989).

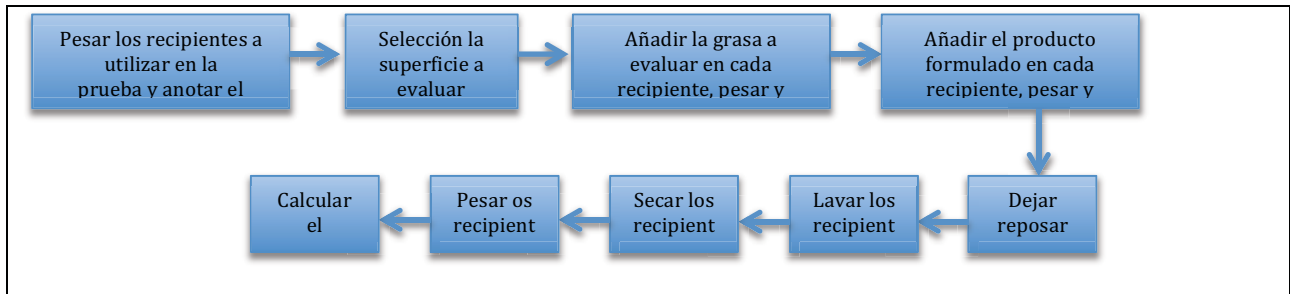


Figura 3.9. Diagrama de bloque del proceso de remoción de grasa para las formulaciones con distintas superficies.

3.4. Analizar los parámetros involucrados en los diferentes productos obtenidos.

Algunos de los parámetros referidos a este objetivo fueron analizados en los objetivos anteriores, como pH, aspecto físico, poder de dispersión en cuanto a los resultados obtenidos en las pruebas de remoción de grasas, tanto en la formulación, como con distintas superficies y distintos sustratos. El último parámetro que se estudió, fue la biodegradabilidad. Para la determinación de este parámetro, se procedió a realizar el método de Winkler.

El método partió de un acondicionamiento de la solución en las botellas. Primero se hizo una solución del producto a estudiar, es este caso los 3 productos formulados, a una composición del 5% en agua destilada. Pero antes se debió airear el agua que se usó para preparar las soluciones. Se aireó el agua alrededor de 2 horas. Antes de comenzar a hacer el estudio de las soluciones, se fijó el valor inicial de oxígeno disuelto en la muestra, para tener un patrón de comparación luego (Standar methods, 1998).

Para esto se prepararon soluciones de sulfato manganoso ($MnSO_4$), tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) 0,02N y de álcali-ioduro-azida. Preparadas las soluciones, se añadió en el agua aireada 1mL de sulfato manganoso, luego 1mL de solución de álcali-ioduro-azida, se agitó y se dejó reposar hasta la aparición de dos precipitados, que son de color marrón y blanco (Standar methods, 1998).



Luego de que se depositó completamente el precipitado, se añadió 1mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, se agitó y se esperó a que el precipitado se disolviera. Ya disuelto el precipitado, la solución presenta un color amarillo intenso. Posteriormente se tomaron alícuotas de 100mL para hacer las titulaciones correspondientes con tiosulfato de sodio. Se tituló hasta que el amarillo de la solución se torne tenue, en ese momento se añadió unas gotas de almidón, luego se continuó la titulación hasta observar una decoloración de la solución significativa, en ese momento se obtuvo el punto final. Se procedió a hacer los cálculos para la determinación de la cantidad de oxígeno disuelto en la solución patrón. En ese momento se comenzó a preparar las soluciones con los productos formulados anteriormente (Standar methods, 1998).

Una vez preparadas la soluciones, se ubicó un conjunto de microorganismos, éstos se podían cultivar o buscar en cualquier fuente de agua donde estén presentes, como cuencas, ríos, aguas estancadas, etc. (Vázquez y Beltrán 2004). Ya conseguido los microorganismos, se agregaron unas gotas a la solución preparada y se adicionaron a las botellas de winkler, las cuales debieron ser llenadas en su totalidad, para luego taparlas, asegurándose que se rebosara el agua de las botellas para garantizar que no haya oxígeno dentro, salvo el contenido en la solución. Se prepararon 12 botellas, las cuales correspondieron 4 botellas por producto formulado, los cuales representaron el estudio del consumo de oxígeno disuelto (OD), al cabo de 20 días, haciendo el estudio de la cantidad de oxígeno en las muestras cada 5 días. En el lapso comprendido de 20 días, se obtuvo una gráfica con tendencia de los valores de consumo de oxígeno disuelto en las muestras, que debió tener un carácter decreciente y con tendencia a cero. Una vez analizado las muestras durante el período contemplado, se procedió a analizar el comportamiento de la gráfica obtenida, para así determinar concordancia o no en el estudio. El carácter de biodegradabilidad en las muestras se hizo con una simple analogía en cuanto a los valores que arrojaron las pruebas, ya que se consideró que la cantidad de oxígeno disuelto consumido en la muestra es directamente proporcional a la biodegradabilidad del producto (Standar methods, 1998).

Ya finalizado el estudio de biodegradabilidad de las distintas formulaciones, se verificó las propiedades anticorrosivas de los productos, solo sí en el análisis del gravimétrico en las distintas superficies, se observaba una variación resaltante en la remoción de aceites. De ser así, se



aplicaría la prueba de corrosión por inmersión a estos materiales, en soluciones al 5% en agua destilada de los productos formulados durante un período de estudio de 7 días (González, 1989).

La prueba se realizó de la siguiente forma, primero se obtuvieron las láminas de los materiales a estudiar, se pesaron para tener un valor inicial. Luego se prepararon las soluciones de los productos al 5% utilizando agua destilada. Una vez preparadas las soluciones, se sumergieron las láminas en un tubo de ensayo con tapas y se dejó reposar durante 7 días. Transcurrido el tiempo establecido, se observó el estado del material para verificar presencia de óxidos u otros compuestos, o de algún desgaste en las láminas. Se retiraron las láminas de las soluciones, se lavaron y secaron para luego finalmente aplicar gravimetría y determinar si hubo o no algún ataque por parte del producto. Una vez aplicada todas las pruebas a las distintas formulaciones, se determinó en base a los resultados obtenidos, el producto más apto para la posterior comparación con el desengrasante existente en el mercado.

3.5 Comparar con los productos existentes en el mercado.

Se llevó a cabo una visita a la empresa DIANCA, ubicada en Puerto Cabello, Edo Carabobo. Dicha empresa se encarga de realizar mantenimientos a buques, astilleros, entre otros medios de transporte marítimos. Ya en las instalaciones de la empresa, se visitó el área de “Tratamientos y superficies” donde hace uso de un desengrasante con las mismas características que el formulado en la investigación.

El desengrasante a comparar lleva por nombre “ULTRA CLEAN” distribuido por la empresa Latiqum C.A., ubicada en el municipio San Diego, Edo. Carabobo. Ya ubicado el desengrasante a comparar, se efectuaron las mismas evaluaciones a los productos formulados, tales como: desempeño del desengrasante en distintas superficies y con los sustratos. Aplicando también el criterio de prueba de corrosión usado en los productos formulados a éste. Se obtuvo la información necesaria del desengrasante, como hoja técnica y de seguridad. Se le aplicó también la prueba de disminución de oxígeno disuelto a través del método de Winkler. Una vez realizada todas las pruebas pertinentes al desengrasante, se compararon los resultados con las formulaciones preparadas y se determinó que producto es el más apto para la posible elaboración industrial, no



necesariamente debió existir un producto, pudo ser mas de uno o que ninguno haya cumplido con las demandas requeridas.

Para determinar la factibilidad económica, simplemente se estableció el costo que se requirió para la producción de los productos, ya que el análisis de disponibilidad, entre otros factores ya han sido analizados en los objetivos anteriores, aunque no con las finalidades que se establecieron en este objetivo.

3.6 Establecer las etapas del proceso con las condiciones obtenidas a escala de laboratorio.

El proceso se basó en establecer los distintos equipos necesarios para llevar a cabo la formulación a escala de laboratorio, para ello se ubicó una plancha térmica con agitación magnética, se debió hacer el diseño de un tanque que contuviera los componentes de la formulación, el cual llevó a cabo toda la producción del desengrasante. Las etapas anteriores y posteriores no llevaron dimensión alguna, ya que se trató de la pesada de los compuestos, equipos presentes en el laboratorio y el envasado del producto respectivamente. Para el diseño del tanque de agitación se procedió a determinar el volumen a través del flujo másico del producto, el cual se estableció como la mezcla de los componentes de la formulación y no por separado; y su densidad, con estos datos y diversos factores de conversión se llegó al volumen deseado del tanque. En la dimensión se incluyó un factor de sobredimensionamiento que según Peters (1968) se debe encontrar entre un 10 % y 30 %. Una vez determinado el volumen, se implementó el tanque en un diagrama de proceso, el cual consistió en la etapa de pesada de los componentes del desengrasante, el tanque de agitación continua y finalmente el envasado del mismo.

IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se muestra en esta sección todo lo referente a la consecución de los distintos objetivos establecidos, destacando las tablas de datos, resultados, estudios realizados y análisis pertinentes en cada experimento, para llegar a los propuesto durante la investigación.

4.1 Selección de los diferentes activos en los sistemas polifásicos dispersos.

En la figura 4.1, se aprecia como el Genapol BD, en base a los criterios de biodegradabilidad, costo, toxicidad, sinergia, con los tres métodos estadísticos (Ponderación Lineal, Promethée, Topsis), es el mas apto para llevar a cabo la formulación del desengrasante.

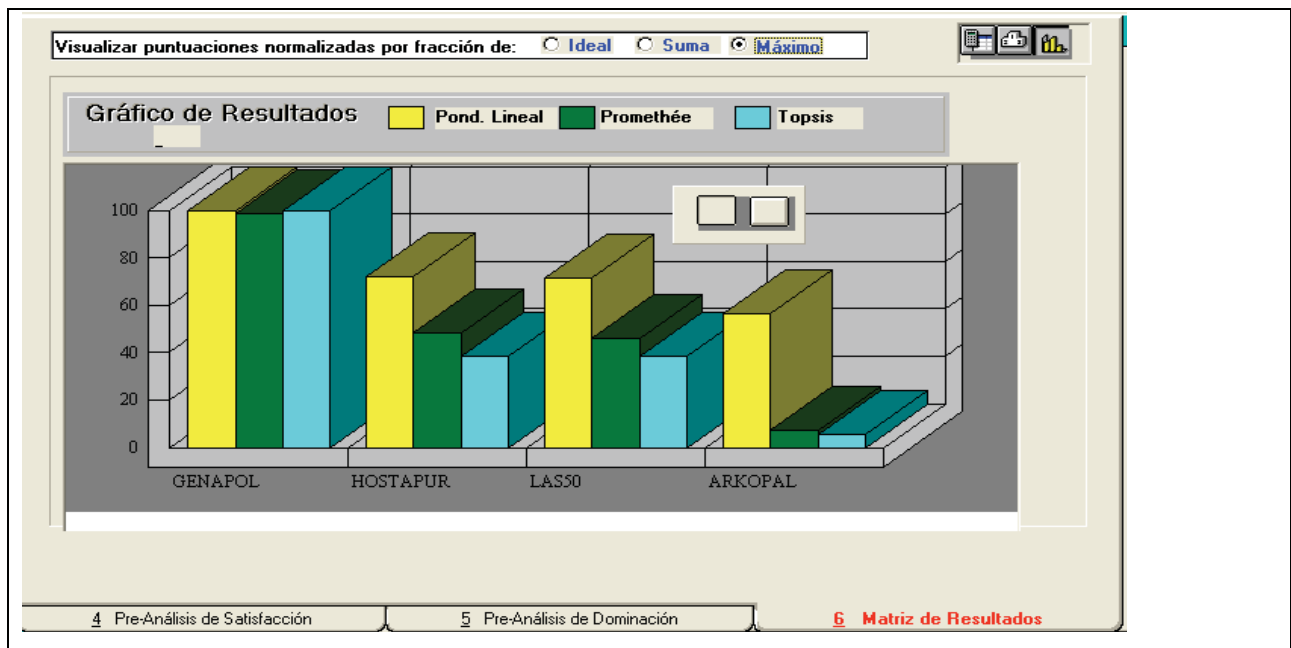


Figura 4.1. Resultados de los diferentes activos, considerados en la formulación.

Para comprender en mayor medida los resultados obtenidos por los distintos métodos, considerando que cada uno generó ponderaciones distintas en los diferentes activos, a pesar de tener las mismas bases a evaluar; se hace referencia al apéndice B, donde se habla detalladamente del funcionamiento del programa estadístico y los modelos matemáticos empleados para cada método.



Ahora bien, si ya se conoce el mecanismo en el cual el programa estableció los valores que definieron al Genapol BD como la alternativa mas viable para la formulación del producto, se debe analizar su estructura, así como para los demás activos, para justificar la puntuación de las alternativas según el criterio.

Todos los activos exceptuando el Arkopal, son surfactantes aniónicos. Esta selección se debe a que según Almatjer (2004) los tensioactivos aniónicos son sin lugar a duda, los agentes de superficie mas utilizados en composiciones de detergentes. Entre los aniónicos, se destaca el ácido dodecilbenceno sulfónico lineal (LAS), los alquilsulfatos, alquilsulfatos, alquil poli éter sulfatos, dialquil sulfosuccinatos y n-lefinsulfonatos, se disocian en un anión anfífilo y un catión, el cual en general es un metal alcalino o un amonio cuaternario (Salager, 2002).

El Genapol BD resulta de la combinación del lauril éter sulfato de sodio y la cocoamido propil N,N dimetilcarboxilbetaina (Clariant C.A.). El primer componente según Salager y Fernández (2004), proviene de los sulfatos de alcoholes primarios, con inclusión de una molécula éter en la misma, como se muestra en la figura 4.2.

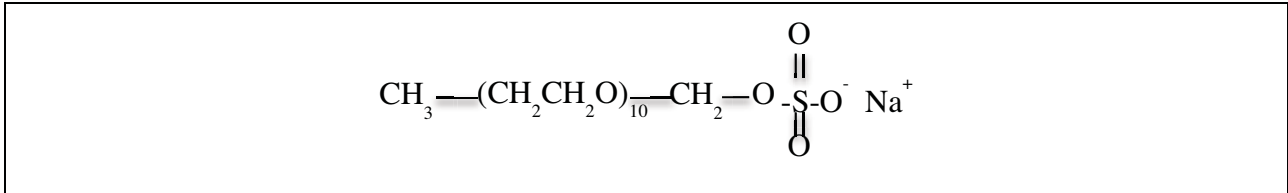


Figura 4.2. Estructura molecular del lauril éter sulfato de sodio.

El segundo compuesto acoplado al activo es del tipo surfactante anfótero. Según Almatjer (2004), estos si ionizan en disoluciones acuosas formando tanto aniones como cationes, según el pH del medio. Presentan baja sensibilidad a la dureza del agua, buena compatibilidad con electrolitos y demás tensioactivos, además de poseer buen poder de limpieza . Salager (2003) establece que estos surfactantes son en general poco irritantes, compatibles con los otros surfactantes y en la mayoría de los casos, ellos pueden utilizarse en fórmulas farmacéuticas o cosméticas. Casi todos los anfóteros poseen un grupo catiónico del tipo amina o amonio, el cual puede estar eventualmente bloqueado por una cuaternización.

El Hostapur SAS 60 y el Fenilsulfonato LAS 50, son compuestos muy similares, del tipo surfactante aniónico. Es por ello que en la figura 4.1 los valores reflejados son prácticamente

iguales, su discrepancia se basó en el valor otorgado al efecto sinergista de ambos y al costo, en el que el Fenilsulfonato LAS 50 es mayor. Del rango de los aniónicos, según Salager (2002), el Hostapur SAS 60 pertenece a los sulfonatos de parafina, estos son alcano sulfonatos con una cadena hidrocarbonada en C14-C18. Los sulfonatos de parafina en C16 poseen excelentes propiedades detergentes y humectantes, pero producen menos espumas que los alquilbencenos sulfonatos. Son también menos tóxicos que estos últimos, menos irritantes y mas fácilmente biodegradables. La estructura del Hostapur, se muestra en la figura 4.3.

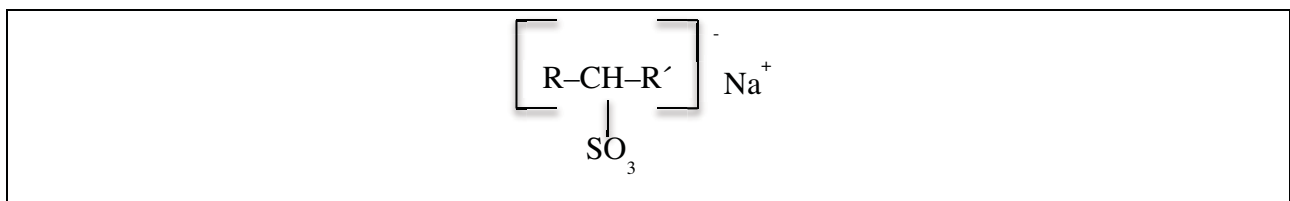


Figura 4.3. Estructura molecular del Hostapur SAS 60.

Para el Fenilsulfonato LAS 50, la clasificación en el área de los aniónicos basado en Salager y Fernández (2004), está otorgada a los dodecil-benceno-sulfonato, los cuales no son una sustancia pura, sino una mezcla de compuestos alquil bencénicos con una cadena alquilo C10 y C15, la cual puede estar o no ramificada. Los LAS (lineal alkyl benzene sulfonates), son aquellos cuya cadena alquilo es lineal o con muy poca ramificación. Estos son fácilmente biodegradables y son llamados también detergentes “suaves”. En la figura 4.4 se muestra la estructura del Fenilsulfonato LAS 50.

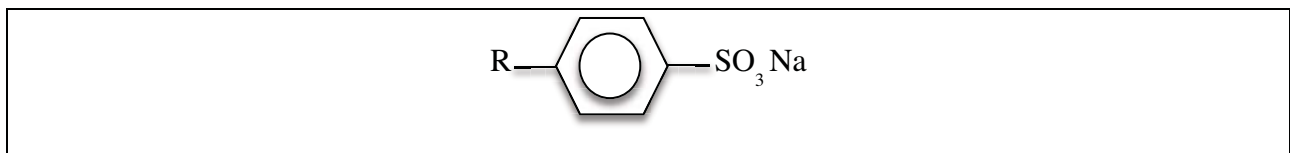


Figura 4.4. Estructura molecular del Fenilsulfonato LAS 50.

El Arkopal N 100, es el único de los activos estudiados que no pertenecía al tipo de surfactante aniónico, éste forma parte de los surfactantes no iónicos. Almatjer (2004), hace referencia a estos surfactantes como buenos agentes humectantes y emulsionantes, compatibles con todos los tipos de tensioactivos y de un poder espumante reducido. Presentan comportamiento en solución acuosa diferente al de los aniónicos, puesto que no se ionizan en dicho medio. Su hidrofília proviene de la hidratación de los grupos polares presentes en la molécula (grupos hidroxí, éteres,

amina o amidas), siendo su solubilidad función de la relación existente entre el grupo de números de grupos hidrofílicos y los bloques hidrófobos. Por otra parte, son muchos menos sensibles que los tensioactivos aniónicos a la presencia de electrolitos, especialmente cationes divalentes. La estructura del Arkopal N 100, se observa en la figura 4.5.

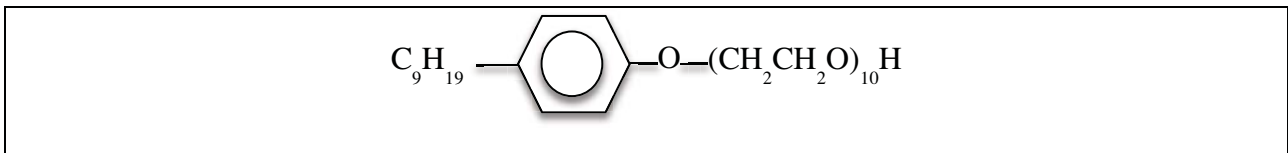


Figura 4.5. Estructura molecular del Arkopal N 100.

4.2 Desarrollo de las diferentes formulaciones a base de principios activos a escala de laboratorio.

Los 3 productos presentaron buen efecto sinergista, en parte por la estructura de los activos, los cuales son de cadena lineal todos, o pocos ramificados. También se debió a que uno de los optimizadores aplicados en la formulación según la información proporcionada por Clariant C.A., puede ser clasificado como un surfactante catiónico típico con características de solubilidad e hidrofilicas mejoradas por la presencia del grupo hidroxilo en su estructura. Estas características hacen posible su uso en formulaciones aniónicas y muestra beneficios particulares de acción sinérgica en remover manchas difíciles como aceites y grasas presentes en telas y otras superficies.

Se observa como en la figura 4.6, la formulación F2 fue la que obtuvo mayor porcentaje de remoción de aceite mineral con $(97,7836 \pm 0,0001)\%$, mientras que F3 removió mas grasa vegetal con un $(98,2919 \pm 0,0001)\%$ y aceite vegetal reciclado con un $(99,5106 \pm 0,0001)\%$. Aunque F2 y F3 fueron las formulaciones predominantes en los resultados de remoción de grasas, para cada tipo de sustrato, los productos formulados presentaron buen desempeño, ya que el orden de remoción está por encima del 95%. Según Salager (2002), los surfactantes son moléculas que poseen a su vez un grupo polar y un grupo apolar. El grupo polar generalmente es un grupo funcional que contiene O, S, N, o P, siendo los grupos mas comunes los sulfonato, sulfato, amonio y fosfato. Los grupos hidroxilo deben tener cierto orden de multiplicidad para

producir un grupo polar apropiado. El grupo apolar generalmente es una cadena hidrocarbonada del tipo alquilo o alquil-arilo con 12 a 20 átomos de carbono.

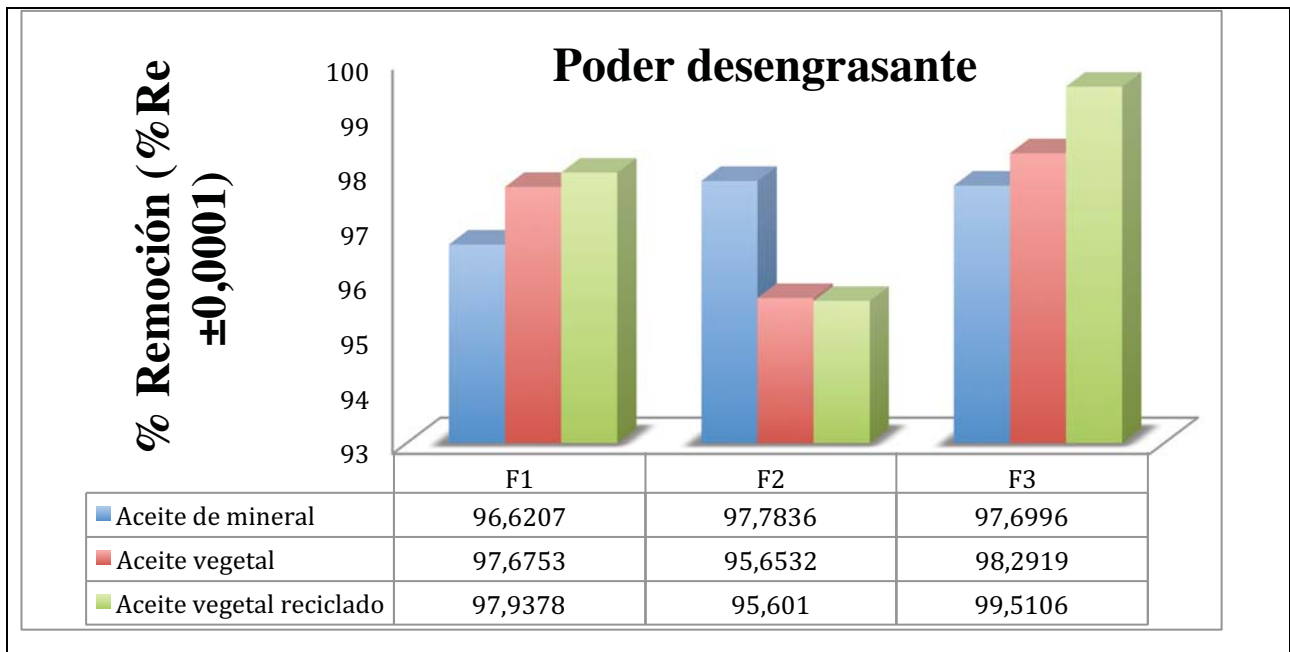


Figura 4.6. Poder desengrasante de las formulaciones.

Con esta aseveración se explica la capacidad removedora de dichas formulaciones, ya que en el caso de F1, cuyo activo es el Genapol BD posee una cadena hidrocarbonada de 12 carbonos y luego un grupo sulfato, por otra parte también está compuesto del cocoamido propil N,N dimetilcarboxilbetaina. Éste por ser un surfactante del tipo anfótero, proporciona mejoras en el efecto sinergista de la molécula, pero también al no ser irritables y ser usados generalmente es productos farmacéuticos y cosméticos, su estructura molecular no posee una gran capacidad para que interactúen de una manera mas eficaz a la remoción de aceites que no sean del tipo vegetal, y que presenten interacciones débiles con respecto al producto. Debido a las características del surfactante anfótero y a la concentración a la que está presente el surfactante aniónico en el Genapol BD, el cual es menor al 50 %, el valor de remoción en aceite vegetal y aceite vegetal reciclado es mayor que otras formulaciones, pero en cuanto al aceite mineral, su valor resultó ser el menor de las tres formulaciones.

Para el caso de F2, cuyo activo es el Hostapur SAS 60, presenta un grupo funcional sulfonato y una cadena hidrocarbonada, de 13 a 16 carbonos, además de que este producto también tiene el



activo Arkopal, el cual es un buen emulsionante, lo que facilitó la dispersión del producto en el sustrato, para su remoción. Con estas características, se explica la capacidad limpiadora con los distintos sustratos, aunque para el caso de los aceites tanto vegetal como vegetal reciclado, los valores de remoción fueron los más bajos. Esto se puede estar asociado al área de contacto del producto y el sustrato, ya que en el método no se aplica la acción mecánica, y dado que los valores varían en un 1%, no se puede atribuir a alguna interacción entre el sustrato y el producto.

Con respecto a F3, los efectos que produce el activo en los sustratos, son esperados, debido a la estructura que presenta una cadena de hidrocarbonada de 10 a 15 carbonos, además de presentar un compuesto aromático como el benceno, el cual es buen disolvente en soluciones apolares, lo que complementa el carácter liposoluble de la molécula, de esta forma se le atribuye los valores más altos de remoción de aceite vegetal y aceite vegetal reciclado, los cuales fueron cercano al 100%. El poder desengrasante de él y F2 son casi similares, y la leve discrepancia entre ambos se puede atribuir a la concentración y al área de contacto.

4.3. Selección de los sistemas de sustratos y superficies a emplear.

Se obtuvieron los distintos valores de remoción de grasa, tanto mineral como vegetal de las 3 formulaciones elaboradas, con las distintas superficies. En la figura 4.7, se observa el desempeño de remoción de aceite mineral con las distintas formulaciones en las superficies de acero inoxidable, hierro negro, hierro, hierro galvanizado y aluminio.

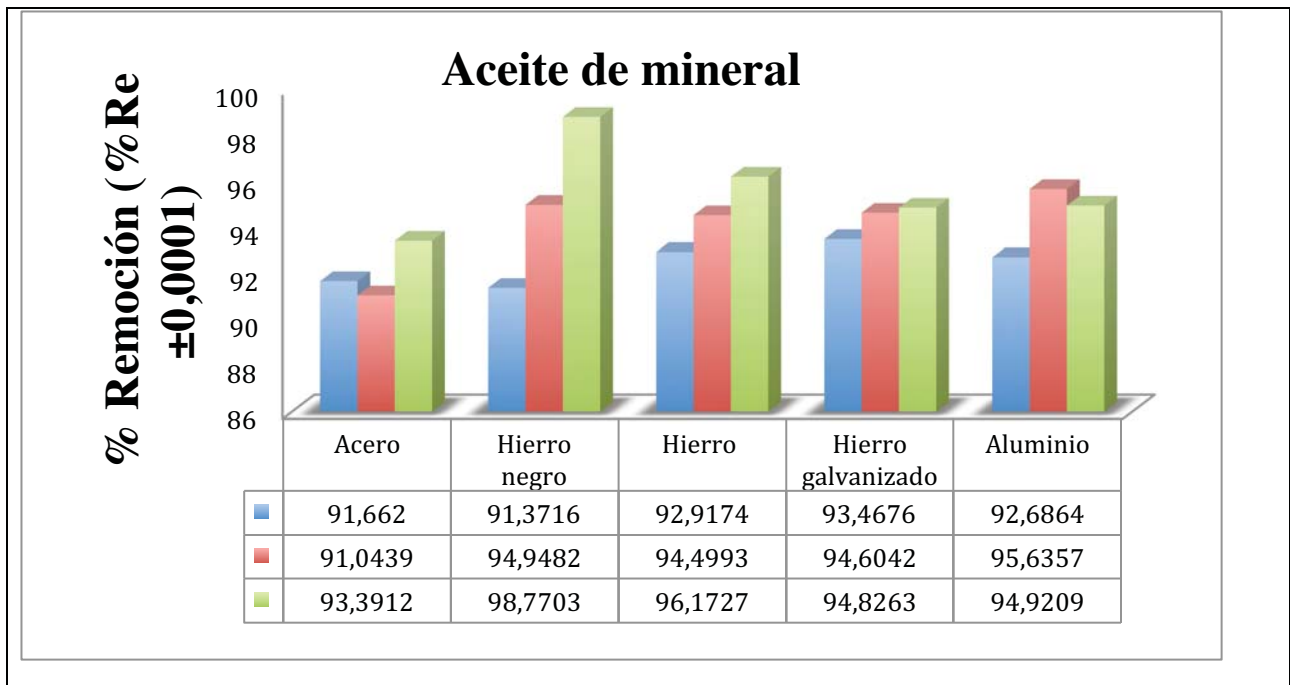


Figura 4.7. Porcentaje de remoción de aceite mineral en distintas superficies.

La interacción de los productos formulados con el sustrato y la superficie, se evidencia los fenómenos involucrados en la remoción de suciedad, como lo es la alteración de la tensión interfacial, donde al agregar cada producto al sistema sustrato-superficie, las fuerzas de adhesión que coexisten en el aceite con el acero se rompen, debido a que F1, F2 y F3 se ubican en la interfase del sistema polifásico mencionado anteriormente, dispersando la fase acuosa del sustrato con la superficie, dispersando el aceite a lo largo de la superficie, pero a través de cada producto, siendo éste el que presentó contacto directo con el acero. En cada prueba de remoción se observó como se generaba emulsiones, debido a la desestabilización de la adhesión del aceite con el acero. Estos fenómenos permitieron generar la remoción de la grasa, ya que no existían fuerzas que promovieran a la adhesión o redistribución del aceite en la superficie. Se pudo determinar en la pruebas, que F1 dispersó en mejor forma el aceite que F2, mientras que F3 por ser un producto con consistencia pastosa, no se logró ver de manera directa, pero al eliminar estos sistemas con agua, la remoción del aceite fue efectiva.

De igual forma, el hierro negro, cuya característica principal es el contenido de carbono en su estructura, la cual es mayor a la del hierro comercial, denominado fundición por tener un contenido de carbono mayor al 2.4%. Las formulaciones penetran en el sistema sustrato-



superficie a través de difusión, venciendo de igual forma que para el acero, la afinidad que existía. Este metal, al poseer en su composición mayor cantidad de carbono fijo, presenta mayor porosidad en su superficie, lo que se traduce en que al momento de ponerse en contacto el aceite o el desengrasante, parte de ellos se adhiere a la superficie del metal. Tal es el caso de F1, el cual presenta en su estructura molecular, gran cantidad de oxígeno, lo que ocasiona que exista afinidad con el hierro, evitando que haya una completa interacción en el sistema sustrato-superficie, debido a esto y a que la remoción de la dispersión polifásica que se genera al momento de agregar el desengrasante, se lleva a cabo con la adición de agua, sin energía mecánica, al momento de realizar la granulometría final, los valores dados de remoción de grasa son menores que F2 y F3. El producto F3 fue el que presentó mayor remoción, debido a la estructura molecular que posee y a la concentración de activo en su formulación.

En el caso del hierro y el hierro galvanizado, la tendencia de remoción fue la misma que para el hierro negro, la cual tuvo a F3 como el mejor producto, luego a F2 y finalmente a F1. La analogía en cuanto a los valores es la misma, resaltando el valor de F1, que fue inferior a los otros dos por varias unidades, debido a la afinidad entre la estructura molecular del mismo y las superficies, teniendo mayor remoción en el hierro, debido a que éste no presentaba la porosidad del hierro negro, y con respecto al hierro galvanizado, por ser un material con recubrimiento de zinc (Zn^{+2}), el contacto con el hierro fue menor.

Finalmente en el aluminio, el producto más apto para la remoción de aceite mineral, fue F2, aunque F3 tuvo los mismos valores de remoción, discrepando sólo en uno de los valores, resaltando que para la elaboración de estas pruebas, se hizo un total de tres (3) ensayos por producto, sustrato y superficie. F1 fue el que menor grasa mineral removió.

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de plantas, las estructuras de estos aceites vienen dadas generalmente por cadenas hidrocarbonadas cíclicas. Son compuestos insaturados que al no poseer en su molécula oxígeno, sino como grupo funcionales, sea el caso de grupos oxidrilos, la energía necesaria par romper estos enlaces es mínima. Debido a esto, los datos de remoción de grasa con este sustrato y con aceite vegetal reciclado son mayores, ya que los productos formulados rompen con mayor facilidad la tensión

interfacial entre el aceite y las superficies, sin necesidad de que éstos estén mas concentrados en sus activos o se necesite mayor cantidad de desengrasante para su remoción, como se ven en las tablas de remoción de grasas, donde se aprecia una disminución considerable en la cantidad aplicada. En la figura 4.8, se muestra las tablas de remoción de aceite vegetal en las diferentes superficies.

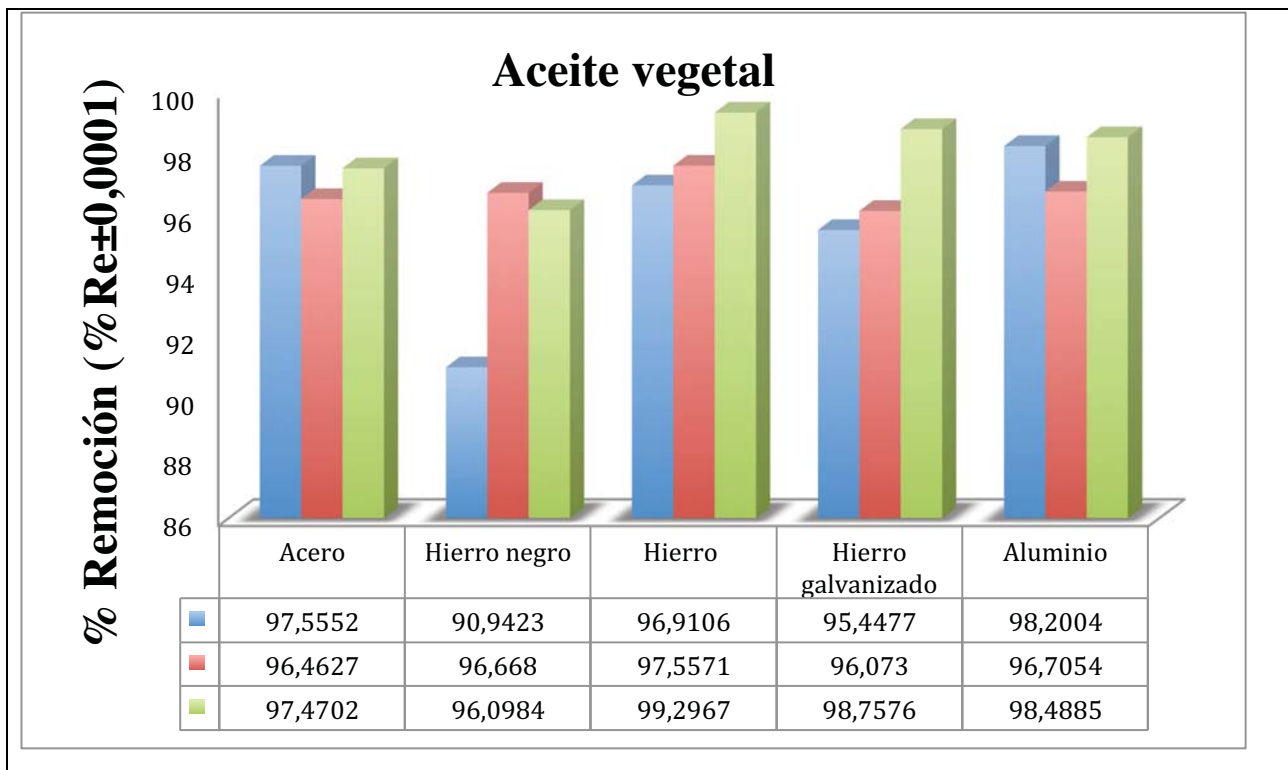


Figura 4.8. Porcentaje de remoción de aceite vegetal en distintas superficies.

Para la superficie de acero, F1 fue la formulación que mas aceite vegetal removió con un $(97,5552 \pm 0,0001)\%$, aunque no con gran amplitud con respecto a F3, el cual fue de $(97,4702 \pm 0,0001)\%$. F2 fue el que menor porcentaje de remoción obtuvo con un $(96,4627 \pm 0,0001)\%$.

Para el hierro negro, F2 fue el producto que mas aceite removió con un $(96,6680 \pm 0,0001)\%$. La formulación que obtuvo mayor porcentaje de remoción fue F3 con un $(96,0984 \pm 0,0001)\%$, aunque la diferencia también es mínima, la variación se puede atribuir a que F3 por ser un producto con un poder desengrasante mayor que a las otras formulaciones debido a la



concentración de su activo, la cantidad necesaria para remover el total del aceite presente en el hierro negro es menor a que las otras formulaciones. Parte del desengrasante se depositó en la superficie del hierro, por los mismos fenómenos ocurridos en la remoción de grasa, como lo es la desestabilización de la adhesión, el cual el producto penetra entre el sistema sustrato-superficie, removiendo el aceite vegetal y depositándose parte del producto, a manera de que no exista reposición del aceite en la superficie de hierro, debido a esto y a la porosidad característica del hierro negro, por su contenido en carbono en su estructura, los valores de remoción resultaron menores, no porque no se haya removido la cantidad optima de aceite, sino por la fisisorción entre el material y el producto, asociados a la porosidad del material. Finalmente para el caso de F1, el cual su porcentaje de remoción fue de $(90,9423 \pm 0,0001)\%$, el valor se atribuyó a lo explicado al caso del aceite mineral, en el que se estableció que la cantidad de oxígeno que posee F1, interactúa directamente con el hierro negro, depositándose en su superficie, reflejando valores de remoción menores a lo de los demás productos. Para el caso del hierro y el hierro galvanizado, la analogía con F1, el cual obtuvo el menor porcentaje de remoción para ambas superficies, es la misma que para el caso del hierro negro, la interacción de este producto con estos materiales influye en el valor de remoción de aceite. F3 fue la formulación que tanto para el hierro como el hierro galvanizado, obtuvo el mayor porcentaje de remoción, por encima de F2, esto ratifica lo explicado con el hierro negro, que estableció que la porosidad de este material afectó la capacidad en la lectura de remoción de aceite de F3. Finalmente para el aluminio, el producto que removió mas aceite vegetal fue F3 con un $(98,4885 \pm 0,0001)\%$; F1 fue el segundo con un $(98,2004 \pm 0,0001)\%$ y F2 fue el producto como menor remoción con $(96,7054 \pm 0,0001)\%$.

Este tipo de sustrato presenta mayor facilidad de remoción, ya que es un aceite de desecho, y sus propiedades han sido modificadas, ya que el hecho de ser reciclado, implica que se ha sometido a efectos térmicos, lo que establece el rompimiento de la molécula original. Es por eso, que los valores reflejados, son mayores al de las gráficas anteriores. En la figura 4.9, se muestran los valores de remoción de aceite vegetal reciclado, para las distintas superficies.

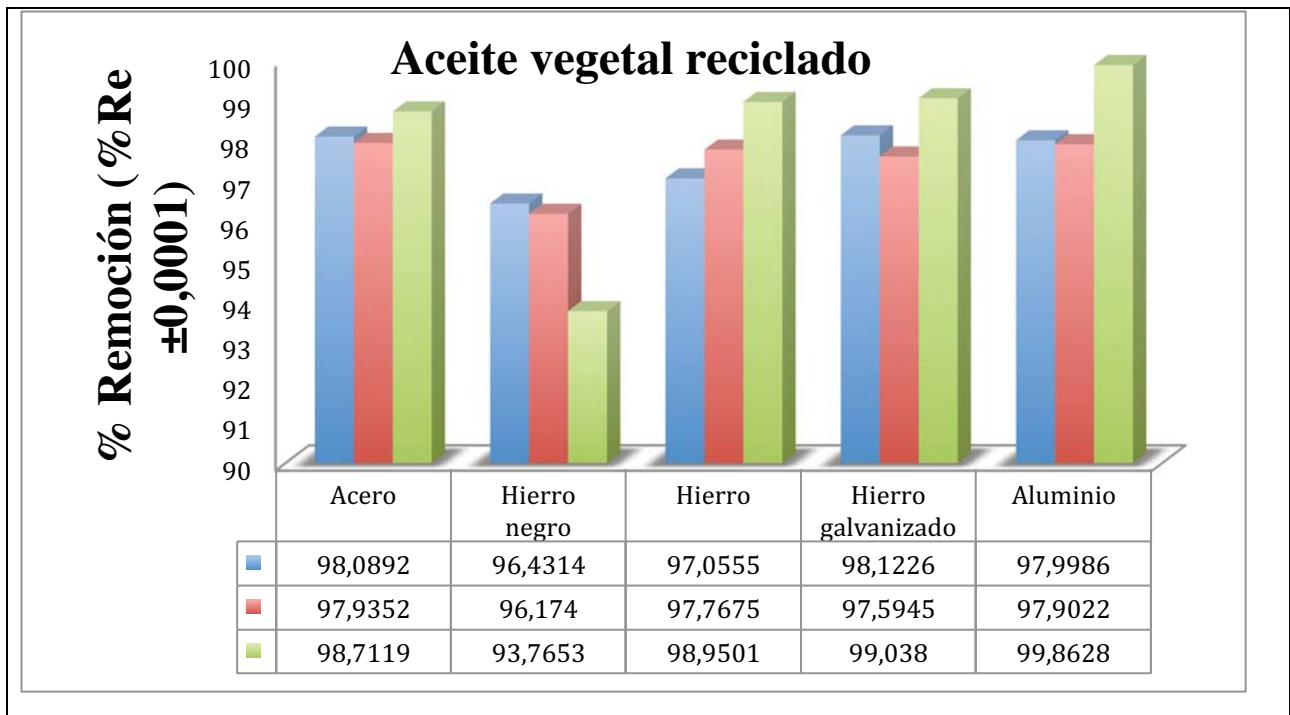


Figura 4.9. Porcentaje de remoción vegetal reciclado en distintas superficies.

Para el acero, el producto más efectivo fue F3 con un $(98,7119 \pm 0,0001)\%$; de segundo está F2 y por último F1. Con respecto al hierro negro, el producto más efectivo fue F1 con $(96,4314 \pm 0,0001)\%$ de remoción, mientras que F3 fue el que menos aceite removió, atribuyendo esto a lo explicado con el caso del aceite vegetal. Para el hierro, hierro galvanizado y aluminio, F3 fue el producto más apto para la remoción del aceite, con valores cercanos al 100%.

4.4. Análisis de los parámetros involucrados en los diferentes productos obtenidos.

En la realización del método de winkler, primordialmente se determinó la cantidad de oxígeno disuelto (OD) contenida en el agua de estudio, la cual se aireó para proporcionar oxígeno al medio y así garantizar las condiciones necesarias para que el proceso de biodegradación se diera, sin que los microorganismos se convirtieran en organismos anaeróbicos. El valor de oxígeno disuelto inicial (OD_i) fue de $(3,04 \pm 0,01)$ mgO_2/L . El agua de estudio que se usó para preparar las soluciones correspondientes al ensayo, fue agua de mar, la cual proporcionaba el medio adecuado para evaluar el desempeño de los productos, ya que estos están destinados a la industria marina.



Luego, en el estudio de las soluciones preparadas con las distintas formulaciones, se observó como iban cambiando el aspecto de los diferentes sistemas al pasar los días. En el 5to día de estudio, se observó que en cada sistema correspondiente a cada producto se formó un precipitado blanco, el cual se trató de la presencia en exceso de electrolitos, los cuales se depositaron en el fondo de las botellas, debido a que las soluciones estaban sobresaturadas de este compuesto. El exceso de sodio provino del contenido del mismo en el agua marina y en los distintos productos formulados, en donde F3, al poseer mayor concentración en el activo, fue el que generó mas precipitado en la solución. Ya analizado el aspecto de las distintas botellas, se comenzó a emplear el método. Con la adición del sulfato manganoso y la solución de álcali-ioduro-azida, se observó la formación de los precipitados esperados en el ensayo. Destacando que se observó más precipitado blanco que marrón, con respecto a los formados en la prueba patrón.

La tendencia en el comportamiento fue prácticamente la misma para todos los productos, observando la presencia del precipitado blanco en cada sistema, la formación de los precipitados blanco y marrón, en el cual el precipitado marrón con el paso de los días se acentuaba menos, aseverando así la ausencia de oxígeno disuelto.

Con respecto a la valoración, la diferencia más resaltante en todas las soluciones al cabo de los días de estudio, fue el descenso de la cantidad de tiosulfato de sodio necesaria para llegar al punto final, lo cual era de esperarse, debido a que este valor disminuía si reducía la presencia de oxígeno disuelto en las soluciones. Una vez obtenido los valores de oxígeno disuelto (OD) proveniente del estudios de las distintas soluciones al cabo de 20 días (figura 4.10).

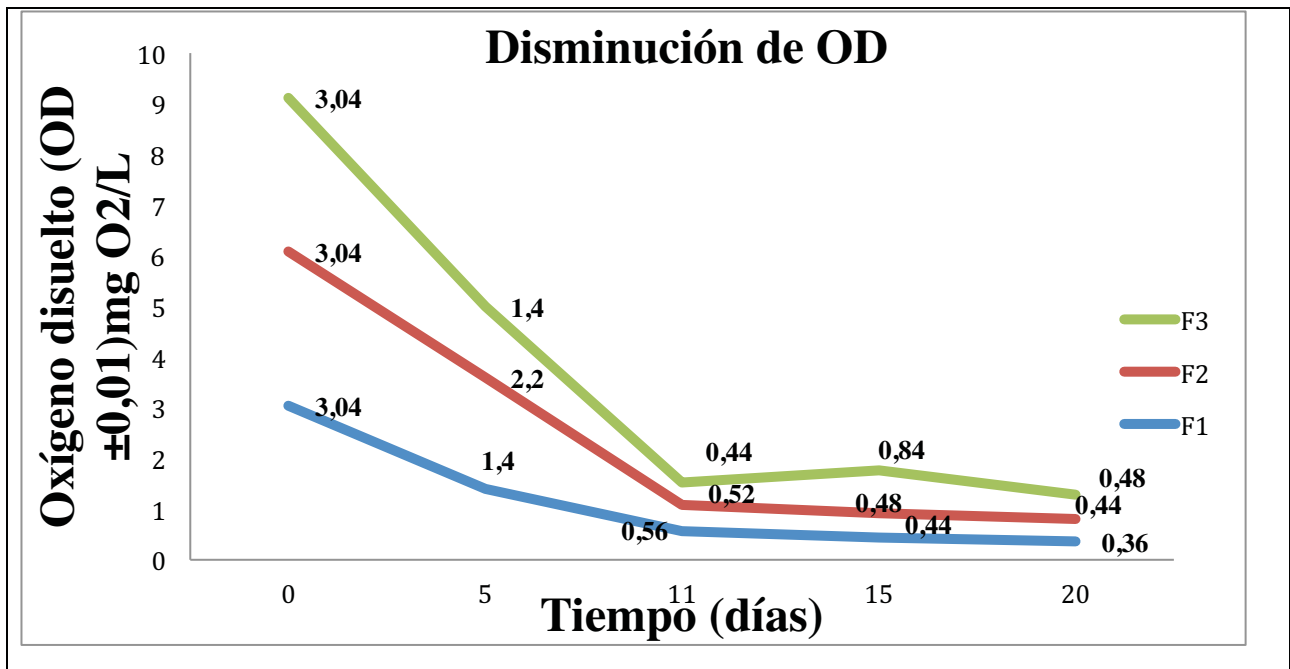


Figura 4.10. Disminución de oxígeno disuelto en las distintas formulaciones.

Se observa como la disminución de oxígeno disuelto en las soluciones fue disminuyendo al cabo de los 20 días, siendo los valores finales: $(0,36 \pm 0,01)$ mgO₂/L para F1, $(0,44 \pm 0,01)$ mgO₂/L para F2 y $(0,48 \pm 0,01)$ mgO₂/L para F3. Estos valores corresponden a una disminución de OD del $(88,16 \pm 0,01)\%$, $(85,53 \pm 0,01)\%$ y $(84,21 \pm 0,01)\%$ respectivamente. Con estos valores obtenidos y los anteriores respecto a la remoción de aceites en las distintas superficies, se eligió como formulación más apropiada para la comparación con el producto ULTRA CLEAN a F3 (Fenilsulfonato LAS 50), debido a que posee los valores más consistentes.

Ya establecido el producto más biodegradable, se realizó la prueba de corrosión al hierro, ya que en el estudio de remoción de aceites, se observó la presencia de óxidos en la superficie de este material, sin poder determinar en ese momento a que producto se le atribuía este tipo de ataque. Al cabo de 7 días de estudio, se retiraron las láminas de hierro contenidas en las soluciones de las distintas formulaciones, presentando distintas características cada lámina.

La lámina de hierro contenida en la solución de F1 fue atacada en su superficie, generando Fe⁺² en la solución, producto de la corrosión. El ataque fue considerable, dado que ciertas zonas de la lámina, fueron picadas parcial o totalmente. Este tipo de ataque se considera como corrosión del



tipo por picaduras, debido al desgaste que se presentó en la lámina, en la que en la superficie se apreciaban pequeños orificios que no penetraban por completo la lámina y el alguno bordes, la corrosión fue completa. Este ataque se atribuye a la composición de F1, cuyo activo posee gran cantidad de oxígeno, lo que promueve de alguna forma a la generación de iones que atacan y disuelven el metal, ya que la presencia de oxígeno junto con la oxidación del metal promueven la reducción del agua, generando iones oxidrilo (OH^-), los cuales intervienen en otras reacciones de óxido-reducción, que generan ácidos que atacan al metal. Es por ello, que en las láminas se observó la presencia de un sólido verde, característico de Fe^{+2} .

Con respecto a la lámina sumergida en la solución de F2, ésta presentó un ataque, pero en menor proporción que F1. Se consideró despreciable la agresión ocurrida en la superficie, debido a que al momento de hacer la medición gravimétrica, la variación fue casi nula, aunque hubo presencia de iones Fe^{+2} , ya que estos se depositaron en la superficie. La lámina sumergida en la solución de F3 no presentó cambios importantes, por lo que la interacción del producto se consideró buena.

4.5. Comparación del producto ULTAR CLEAN.

El producto adquirido se diluyó a una concentración del 20% en agua destilada, según las especificaciones de la empresa, para su uso. Se resaltan de sus características que el desengrasante es biodegradable, pero sin presentar alguna prueba realizada para confirmar esta propiedad, a diferencia de los activos expuestos en la presente investigación, la cual tiene sustento en pruebas realizadas, reflejadas en las respectivas hojas de seguridad. Otro aspecto reflejado, es que el producto no corroe, y no ataca al aluminio, entre otras superficies.

Se puede observar la ausencia del aluminio en estas pruebas, debido a que el producto ataca al aluminio por la cantidad de álcalis presentes en su formulación y que el posee un pH de 14 en concentración del 20%. Esta eventualidad, cuestiona lo expuesto en las características del producto en su ficha técnica, así como la propiedad que tiene de ser anticorrosivo en varias superficies. No se diluyó la solución para llegar a una concentración menor y determinar si seguía atacando al aluminio, ya que esta dilución también reduciría el poder desengrasante del producto. Los resultados de las pruebas de remoción de aceites en distintas superficies, se presentan en la figura 4.11.

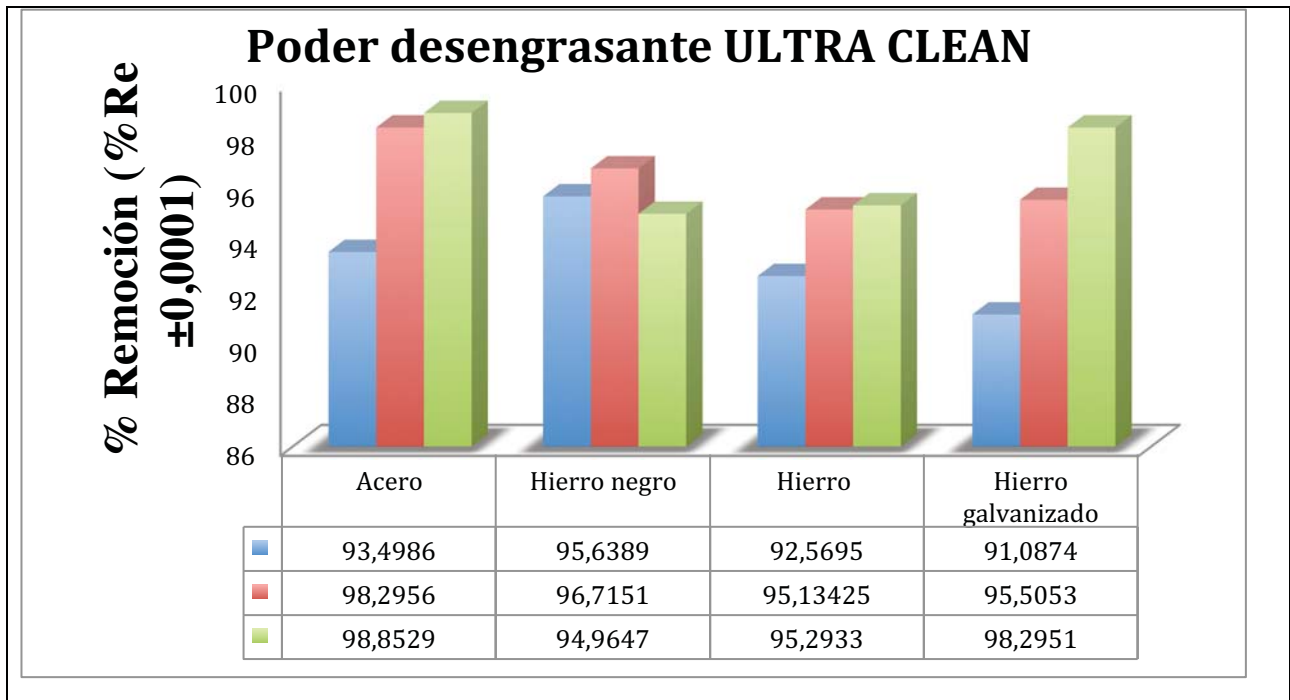


Figura 4.11. Porcentaje de remoción del ULTRA CLEAN, en distintas superficies.

En las demás superficies, se obtuvieron resultados aceptables en cuanto al porcentaje de remoción de aceites, en el que la mayor cantidad de aceite mineral removido en una superficie, fue en la de hierro negro con un $(95,6389 \pm 0,0001)\%$. Para el aceite vegetal, la superficie que presentó mayor remoción fue el acero con un $(98,2956 \pm 0,0001)\%$. Finalmente para el aceite vegetal reciclado, la superficie donde se removió mas aceite fue igualmente el acero con un $(98,8529 \pm 0,0001)\%$.

Comparando estos valores con los obtenidos en las pruebas de remoción de aceites con las distintas formulaciones se observó que para el acero y removiendo aceite mineral, el producto ULTRA CLEAN removió más grasa con respecto a F3, el cual fue el que mayor aceite mineral removió para esa superficie de las 3 formulaciones. Para el aceite vegetal, el ULTRA CLEAN también removió mas aceite que F1. En el caso del aceite vegetal reciclado, de igual forma el ULTRA CLEAN también superó a F3 cuanto a remoción de aceites. Para el hierro negro y usando aceite mineral, F3 superó en gran medida al ULTRA CLEAN, mientras que con el aceite vegetal, el ULTRA CLEAN superó a F2. Finalmente con el aceite vegetal reciclado, F1 removió mas aceite que el otro producto.

Con respecto al hierro y aceite mineral, la remoción por parte de F3 fue mayor al ULTRA CLEAN. Aplicando aceite vegetal, F3 de igual forma, removió mas aceite que el otro producto. Finalmente con el sustrato de aceite vegetal reciclado, F3 también lo superó en gran medida. El último material que se utilizó para estas pruebas fue el hierro galvanizado, teniendo como sustrato aceite mineral, F2 obtuvo mayor remoción que el producto adquirido. En aceite vegetal, el producto no superó el poder desengrasante de F3. Por último, teniendo como sustrato aceite vegetal reciclado, F3 al igual que el sustrato anterior, removió mas aceite que el ULTRA CLEAN.

En la figura 4.12 se observa el consumo de oxígeno disuelto por parte de producto ULTRA CLEAN, donde se aprecia que la tendencia lineal a partir del 11vo día, donde es mucho menor que en los días anteriores.

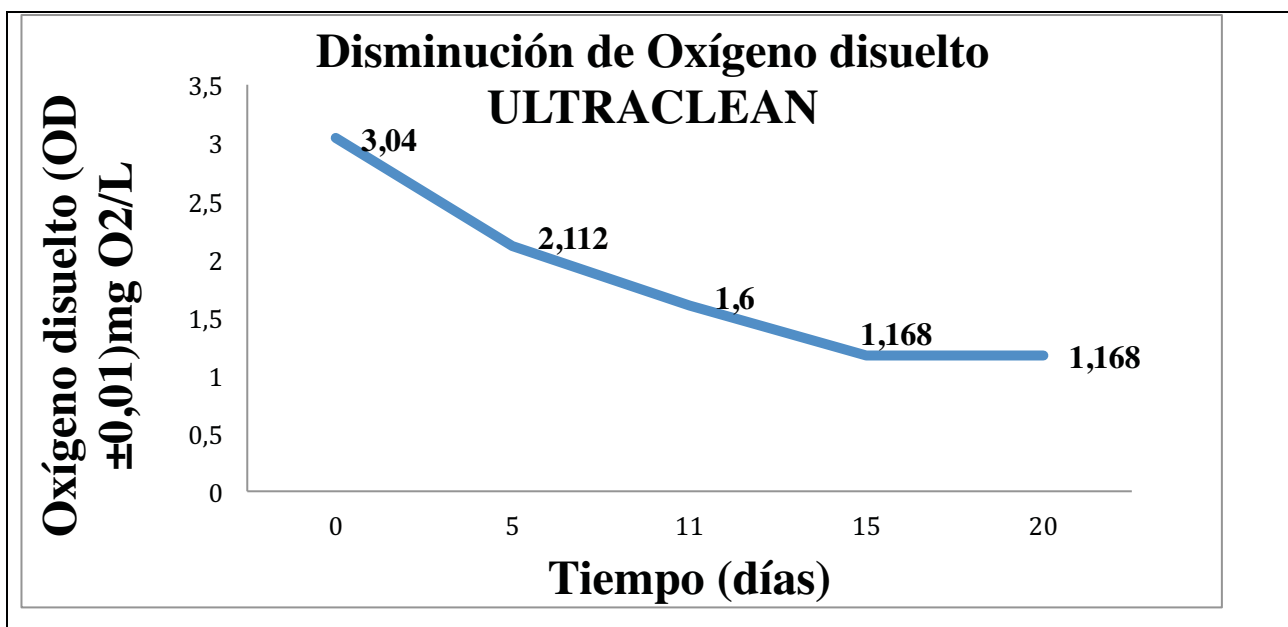


Figura 4.12. Disminución de oxígeno disuelto del ULTRA CLEAN.

Los valores obtenidos desmienten lo proporcionado por la ficha técnica, con un valor final de consumo de oxígeno disuelto en el día 20 del $(61,58 \pm 0,01)\%$. Por lo que se establece que el producto no es biodegradable. Debido a que se desconoce su estructura, no es posible precisar la causa que generó estos resultados, aunque se puede inferir que la cantidad de álcalis presentes en la formulación son un factor determinante en su degradación.

4.6. Establecer las etapas del proceso con las condiciones obtenidas a escala de laboratorio.

El valor del volumen del tanque usado para la elaboración del proceso fue de $(5,00 \pm 0,01)L$, este valor no es muy elevado, ya que el flujo de masa del desengrasante fue pequeño, debido a que el proceso se implementó a escala de laboratorio y no de manera industrial. Las características completas del tanque de agitación se muestran en la tabla 4.13, donde se destaca la presencia de un medidor de pH, el cual debe establecer que el pH no sea menor a 13, para garantizar una buena efectividad del producto, otra característica del tanque, es que debe precalentar a una temperatura de $(40 \pm 0,5)^{\circ}C$ aproximadamente, debido a que algunos componentes de la formulación no se disuelven en agua a temperatura ambiente. Dado que el producto formulado a base de Fenilsulfonato LAS 50 no ataca ningún material de los estudiados, el material del tanque puede ser cualquiera de estos, siendo factor determinante de su uso el costo.

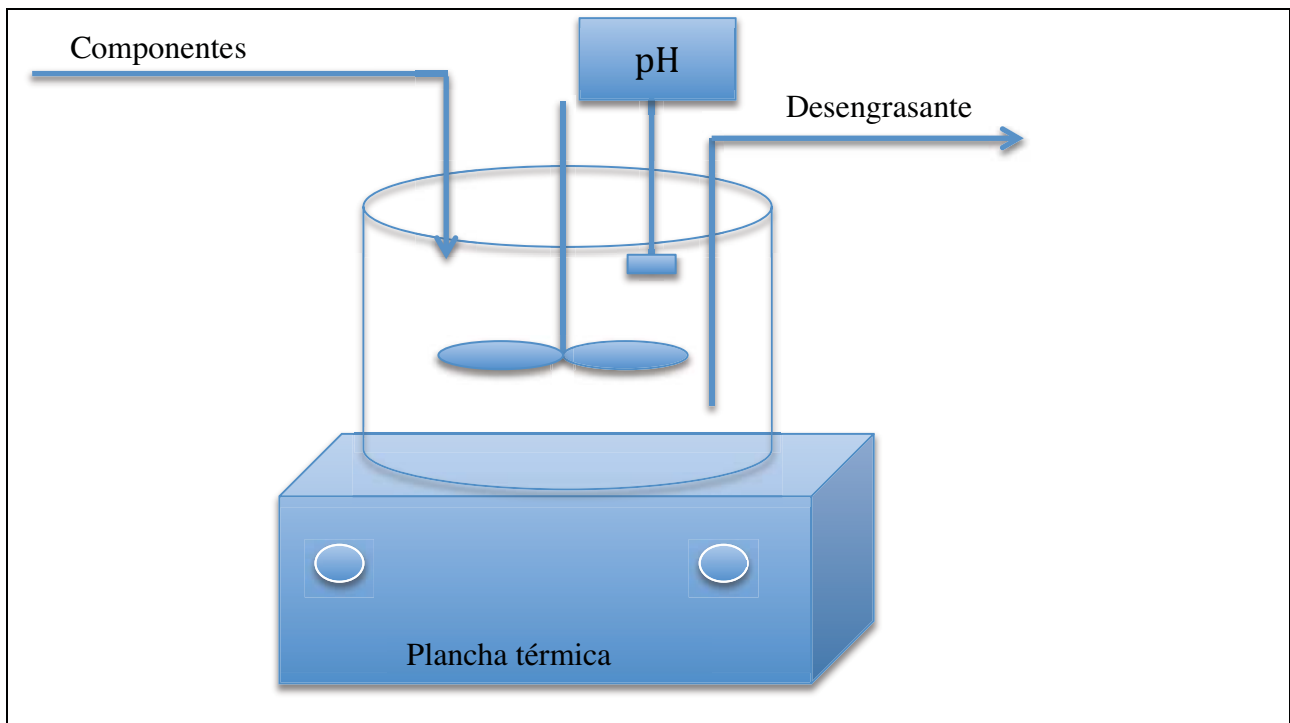


Figura 4.13. Representación a escala piloto de la producción del desengrasante.



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El activo más apropiado para la formulación del desengrasante es el Genapol BD.
2. El producto con los activos Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100 (F2), fue la formulación con mayor remoción de aceite mineral con un $(0,6235 \pm 0,0001)\%$ por encima de las otras formulaciones.
3. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), fue la formulación con mayor remoción de aceite vegetal con un $(1,6277 \pm 0,0001)\%$ por encima de las otras formulaciones.
4. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), fue la formulación con mayor remoción de aceite vegetal reciclado con un $(2,7412 \pm 0,0001)\%$ por encima de las otras formulaciones.
5. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), presentó una mejor eficiencia en remoción de aceites minerales con un $(2,3327 \pm 0,0001)\%$ por encima de las demás formulaciones, en las distintas superficies.
6. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), presentó una mejor eficiencia en remoción de aceites vegetales con un $(1,7641 \pm 0,0001)\%$ por encima de las demás formulaciones, en las distintas superficies.
7. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), presentó una mejor eficiencia en remoción de aceite vegetal reciclado con un $(0,5586 \pm 0,0001)\%$ por encima de las demás formulaciones, en las distintas superficies.
8. La formulación con el activo Genapol BD (F1), atacó a las superficies de hierro negro, hierro galvanizado y hierro comercial, siendo este último muy corroído.
9. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), fue el producto más apropiado para la producción industrial.
10. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), presenta mejores valores de remoción de aceite mineral con un $(2,4177 \pm 0,0001)\%$ por encima del ULTRA CLEAN.



11. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), presenta mejores valores de remoción de aceite vegetal con un $(1,6037 \pm 0,0001)\%$ por encima del ULTRA CLEAN.
12. El producto con el activo Fenilsulfonato LAS 50 (F3), presentó mejores valores de remoción de aceite vegetal reciclado con un $(1,2141 \pm 0,0001)\%$ por encima del ULTRA CLEAN.
13. El tanque diseñado tuvo una capacidad de $(5,00 \pm 0,01)L$, para un flujo másico de 4 kg/día.

RECOMENDACIONES

- Fomentar a los consumidores a utilizar productos que sean biodegradables, y que tengan algún aval que confirme esta característica, ya que el usuario generalmente adquiere productos con compuestos muy potentes en remoción de grasa, pero que su posterior descomposición resulta difícil para los microorganismos marinos presentes en el medio, además del costo inferior que tienen estos con respecto a productos biodegradables.

-Presentar el producto a compañías que utilizan este tipo de desengrasantes a fin de corroborar la eficiencia del mismo con respecto a los usos en la actualidad y tratar de producir el producto a una escala industrial, teniendo un número considerable de clientes interesados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

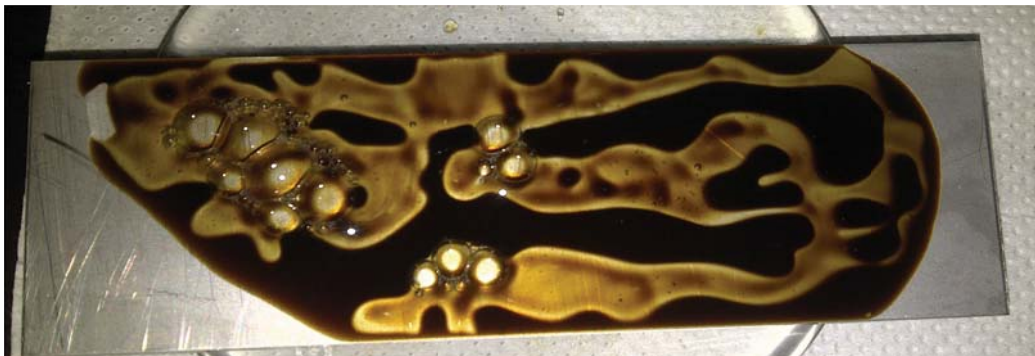
- Altmajer, D. (2004). Formulación de detergentes biodegradables, Ensayo de Lavado, Tesis doctoral. *Universidad de Granada*. Disponible en hera.ugr.es/tesisugr/15847093.pdf
- ANTON de SALAGER, R. (2005). Tensión interfacial. *Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales*. Disponible en http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S203_Tension.pdf
- Arnau J., Argliaga M. y Benito J. (1990). Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento. *Universidad de Murcia*.
- Barba-Romero S. y Pomerol J. (1997). Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica. Universidad de Alcalá.
- Bravo, J. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Diaz de Santos. Madrid, España.
- Clesceri L., Greenberg A, Eaton A. (1998). *Standar methods for the exmination of water and wastewater*. Washington, USA. Editorial: American Public Health Association, American Waster Works Association y Water Environment Federation.
- Flick E. (1989). Advanced cleaning product formulations. Volume 1. Noyes publications. New Jersey, U.S.A.
- Ferreira, D. (2008). Efectos de la contaminación del Lago de Valencia proveniente de la descarga de detergentes sintéticos de uso industrial y doméstico en el Estado Aragua, Maracay-Venezuela [Documento en línea]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos5/contvalen/contvalen.shtml>
- Garcia, J. (2009). Evaluación del proceso de producción de un detergente liquido a escala de laboratorio para establecer mejores condiciones de operación a fin de incrementar su viscosidad. *Universidad de Carabobo*.
- González J. (1989). Control de la corrosión: estudio y medida por técnicas electroquímicas. Grafipren, S.A.
- Guanipa V. (2007). Selección de materiales de ingeniería. 1era edición. Universidad de Carabobo.
- Introducción, Detergentes y Tensioactivos [Documento en línea]. Disponible en http://www.lluisvives.com/servlet/SirveObras/91359064098804617488868/006998_3.pdf



- Maron S. y Prutton C. (2002). Fundamentos de fisicoquímica. Editorial: Limusa, S.A. Venezuela.
- PETERS, M. (1968). Diseño de plantas y su evaluación económica para ingenieros químicos. Mc Graw Hill. 1ª edición. 42-43.
- Salager, J.L. (2002). Fenómenos interfaciales en dispersiones polifásicas y en medios porosos. *Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales*. Disponible en <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S122N.pdf>
- Salager, J.L. (1993). Surfactantes en solución acuosa. *Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales*. Disponible en <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S201A.pdf>
- SALAGER, J.L. (2002). Surfactantes. Tipos y usos. *Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales*. Disponible en <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf>
- SALAGER, J.L. (1998). Detergencia. Fenómenos y mecanismos. *Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales*. Disponible en http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S331A_Detergencia.pdf
- SALAGER, J.L. (1988). Detergentes. Componentes, fabricación, formulas. *Módulo de enseñanza en fenómenos interfaciales*. Disponible en http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S332A_Detergentes.pdf
- Salón, N. (2008). Formulación de un desengrasante biodegradable a base de d-limoneo para la empresa de manufactura de productos químicos Induchem C.A. *Universidad de Carabobo*.
- Vázquez-Rodríguez, G. y Beltrán-Hernández, I. (2004). Pruebas normalizadas para la evaluación de la biodegradabilidad de sustancias químicas. *Universidad Autónoma de Hidalgo, México*. Disponible en http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S0378-18442004001000005&script=sci_arttext
- Vergara, A., Balluerka, N. *Diseños de investigación experimental en psicología*. Prentice Hall.

ANEXOS

PRUEBAS DE REMOCIÓN DE ACEITES EN DIFERENTES FORMULACIONES, CON LOS DISTINTOS PRODUCTOS.



Anexo A.1. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de acero.



Anexo A.2. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de acero (inicial).



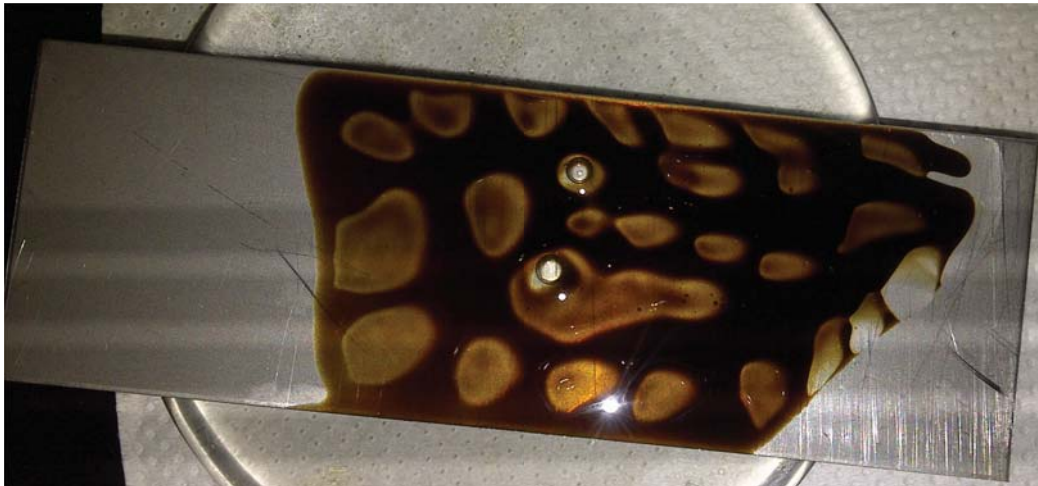
Anexo A.3. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de acero acero (final).



Anexo A.4. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de acero acero (inicial).



Anexo A.5. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de acero acero (final).



Anexo A.6. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de acero.



Anexo A.7. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de acero (inicial).



Anexo A.8. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de acero (final).



Anexo A.9. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de acero (inicial).



Anexo A.10. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de acero (final).



Anexo A.11. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero.



Anexo A.12. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero (inicial).



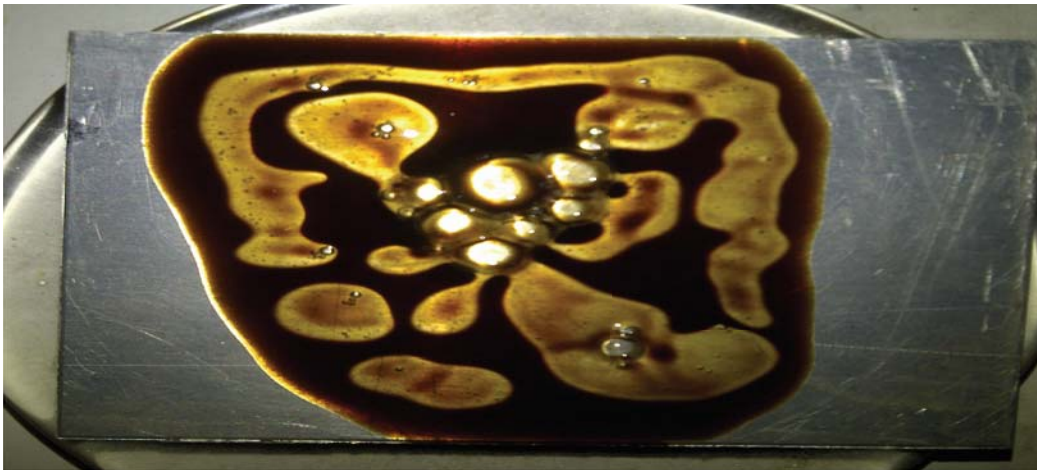
Anexo A.13. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero (final).



Anexo A.14. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero (inicial).



Anexo A.15. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero (final).



Anexo A.16. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de aluminio (inicial).



Anexo A.17. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.18. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de aluminio (inicial).



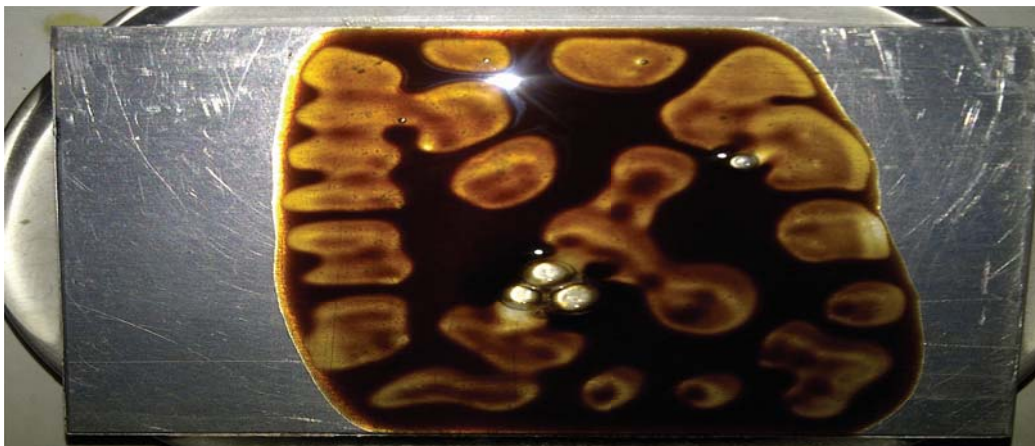
Anexo A.19. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.20. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de aluminio (inicial).



Anexo A.21. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.22. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de aluminio (inicial).



Anexo A.23. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.24. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de aluminio (inicial).



Anexo A.25. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de aluminio (final).



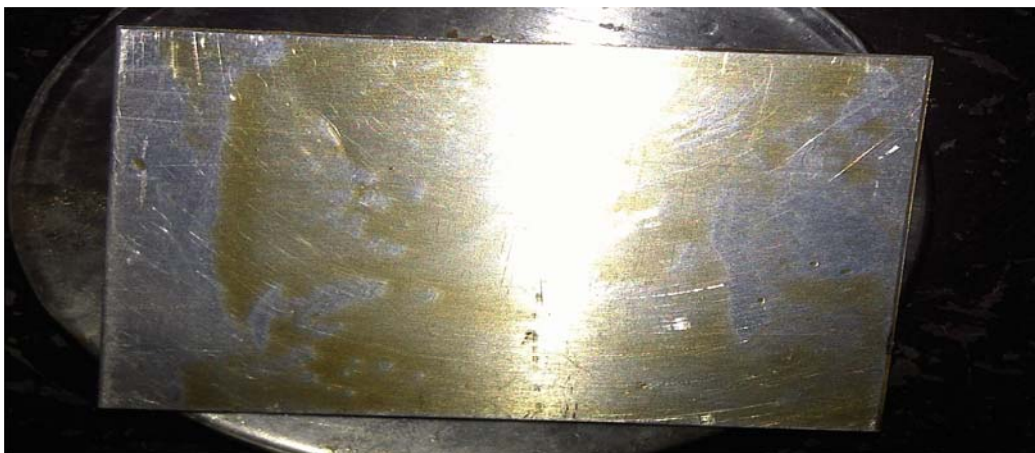
Anexo A.26. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de aluminio (inicial).



Anexo A.27. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.28. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de aluminio (inicial).



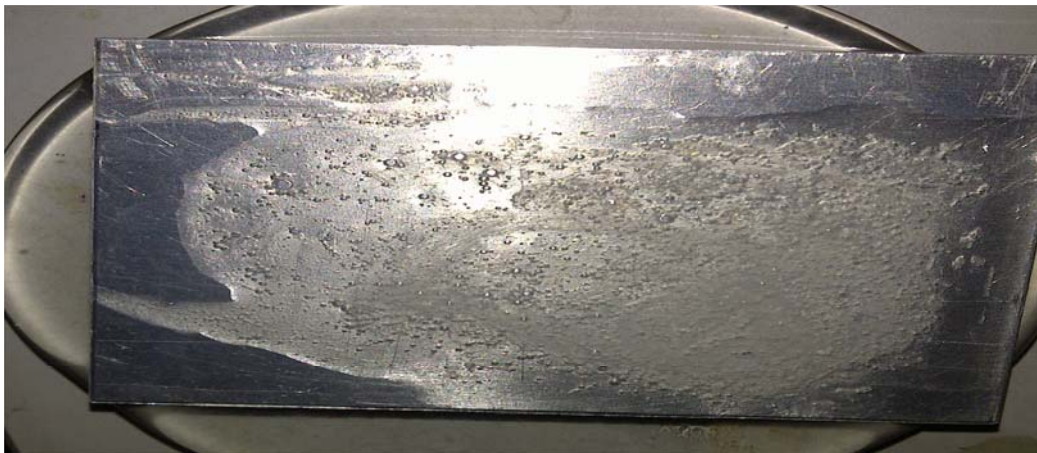
Anexo A.29. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.30. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de aluminio (inicial).



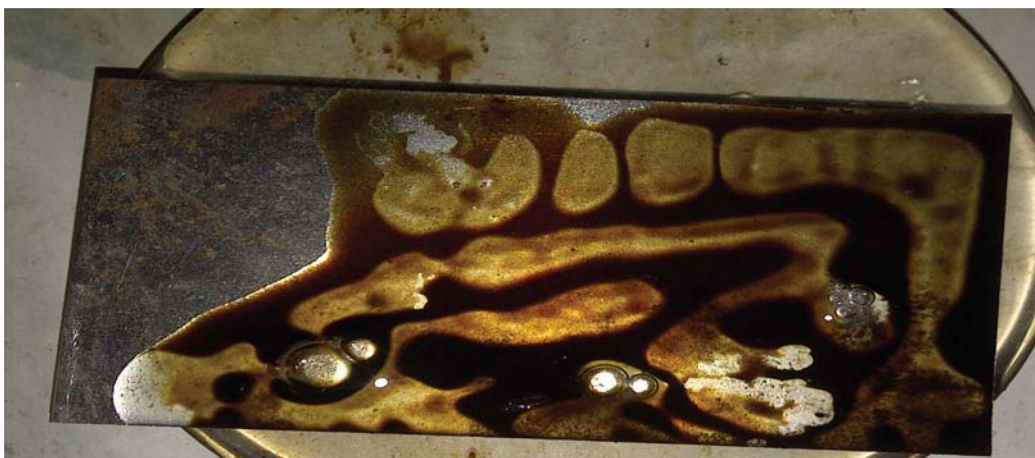
Anexo A.31. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de a aluminio (final).



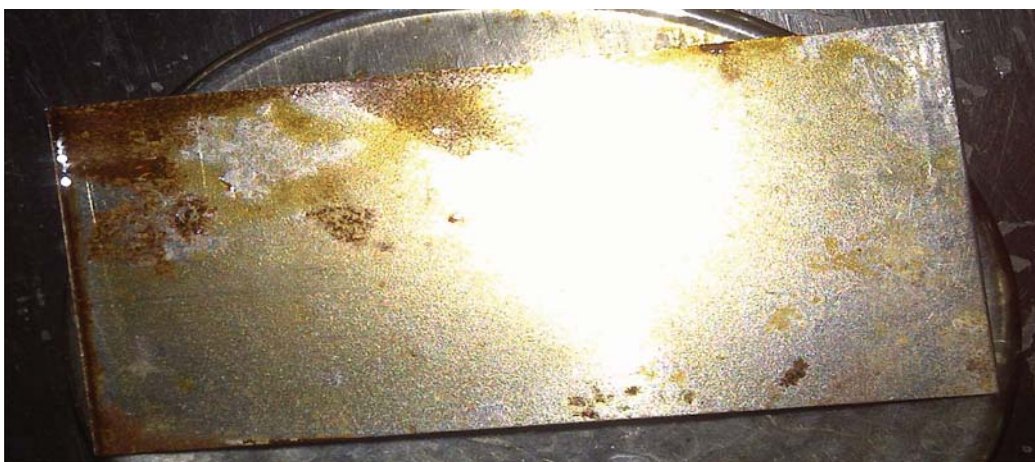
Anexo A.32. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de aluminio (inicial).



Anexo A.33. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de aluminio (final).



Anexo A.34. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.35. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro comercial (final).



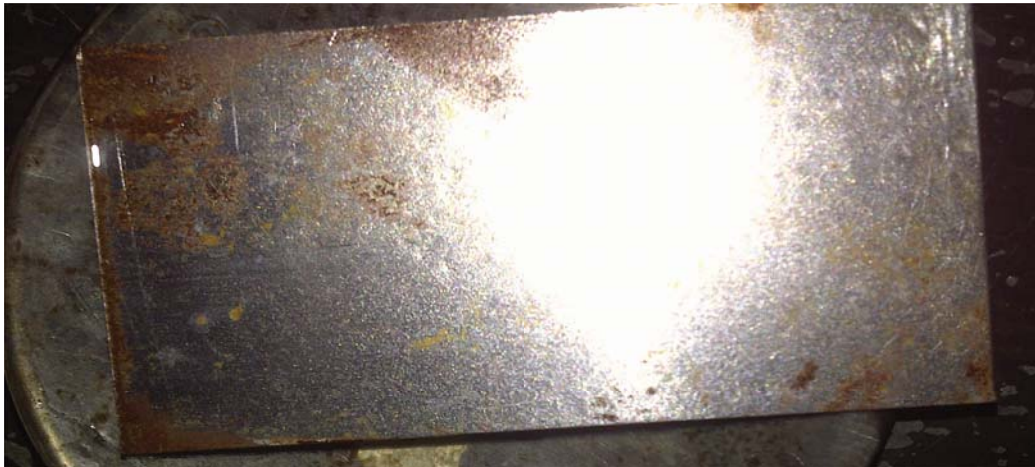
Anexo A.36. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro comercial (inicial).



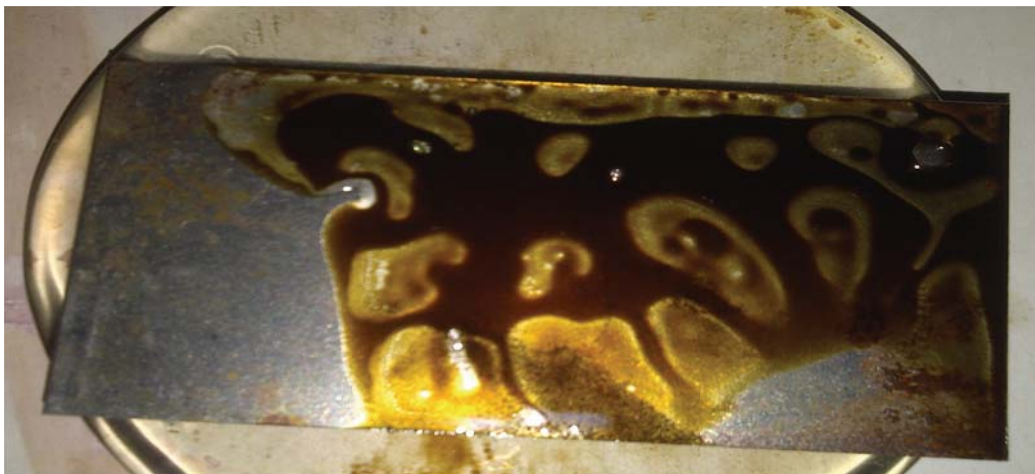
Anexo A.37. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro comercial (final).



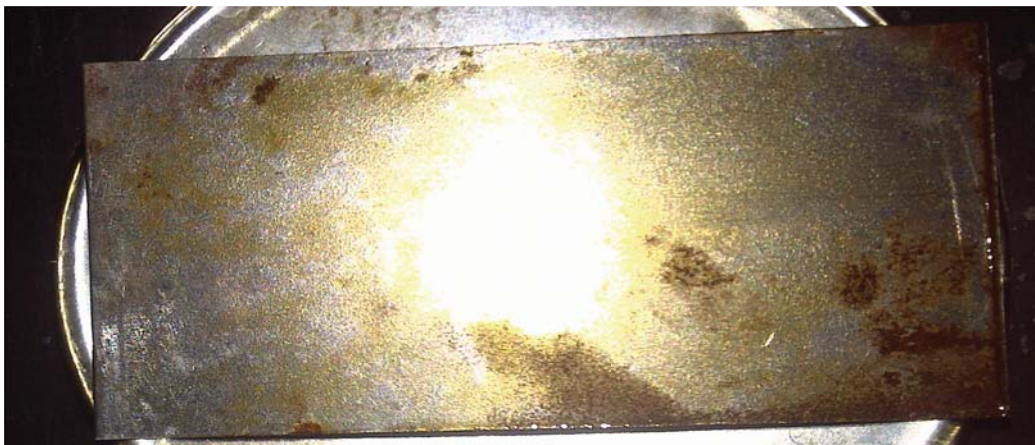
Anexo A.38. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.39. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.40. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.41. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.42. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.43. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.44. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.45. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.46. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.47. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (final).



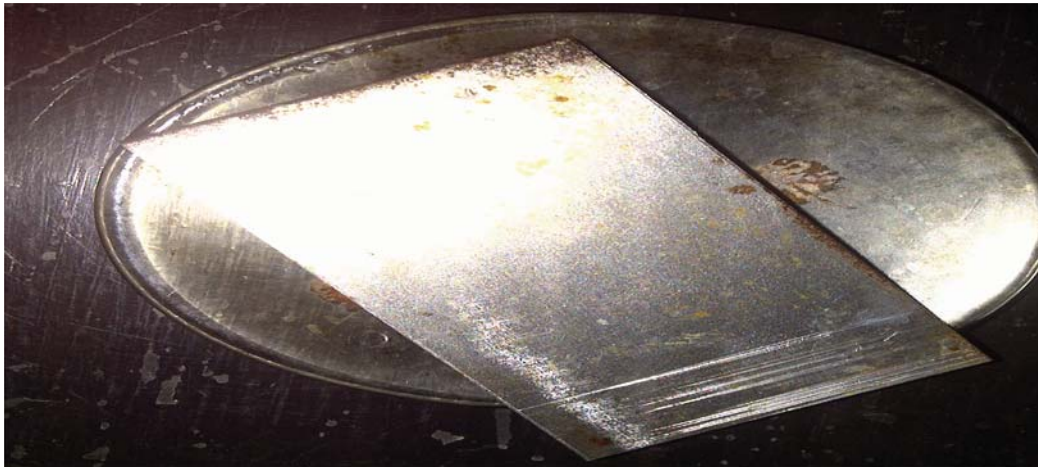
Anexo A.48. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (inicial).



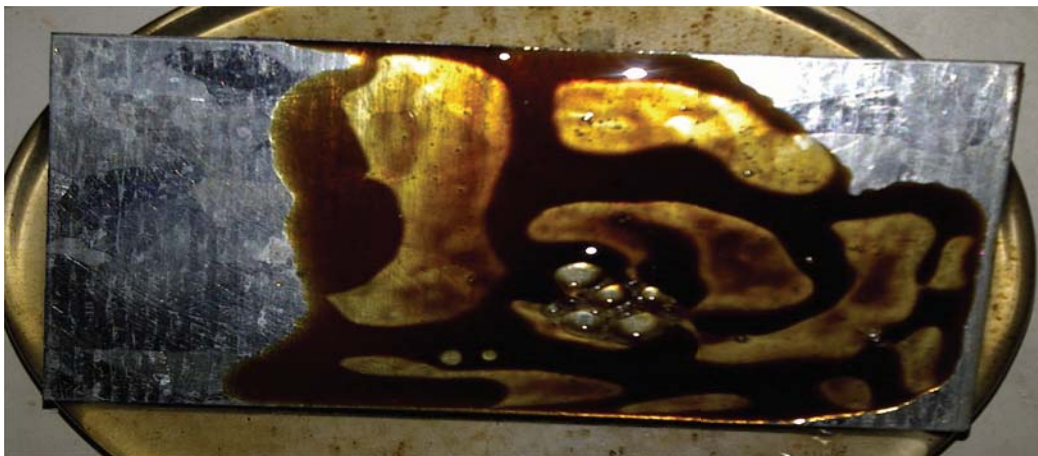
Anexo A.49. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de a hierro comercial (final).



Anexo A.50. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.51. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.52. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.53. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.54. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



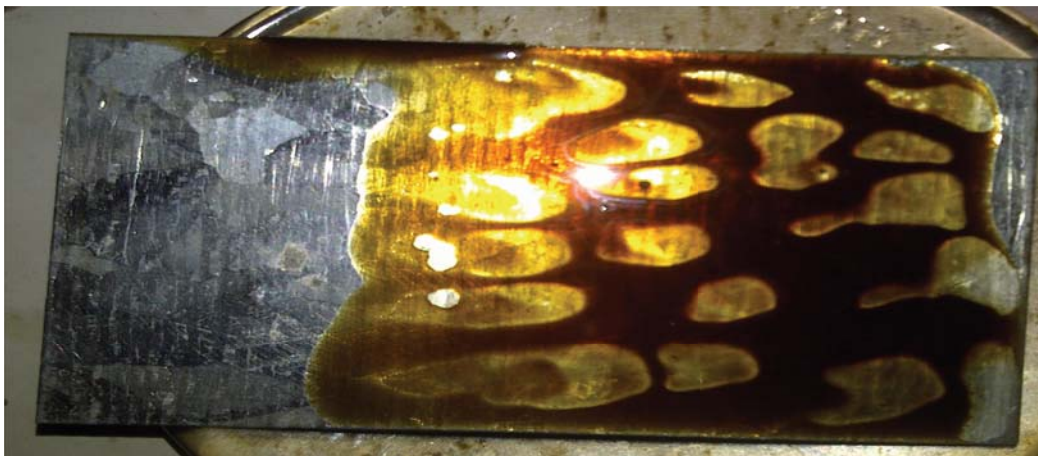
Anexo A.55. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.56. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.57. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.58. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.59. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.60. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.61. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro galvanizado (final).



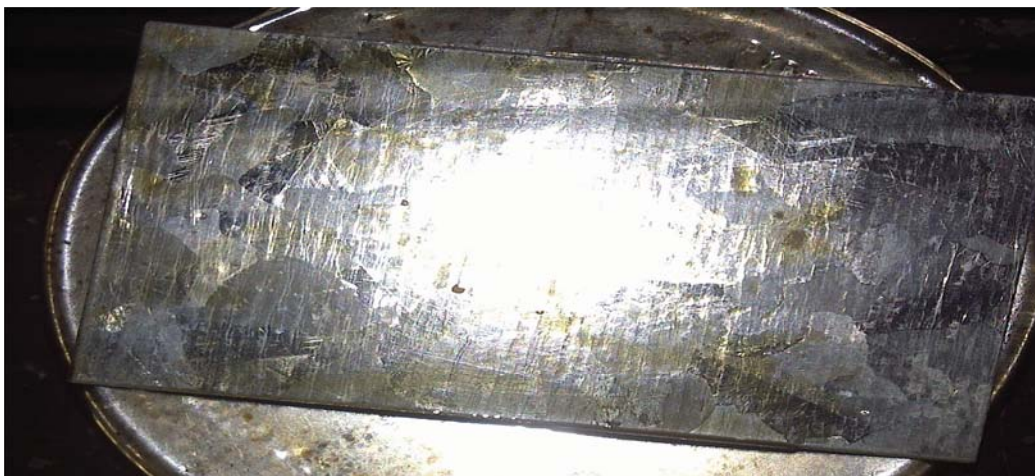
Anexo A.62. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.63. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.64. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.65. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (final).



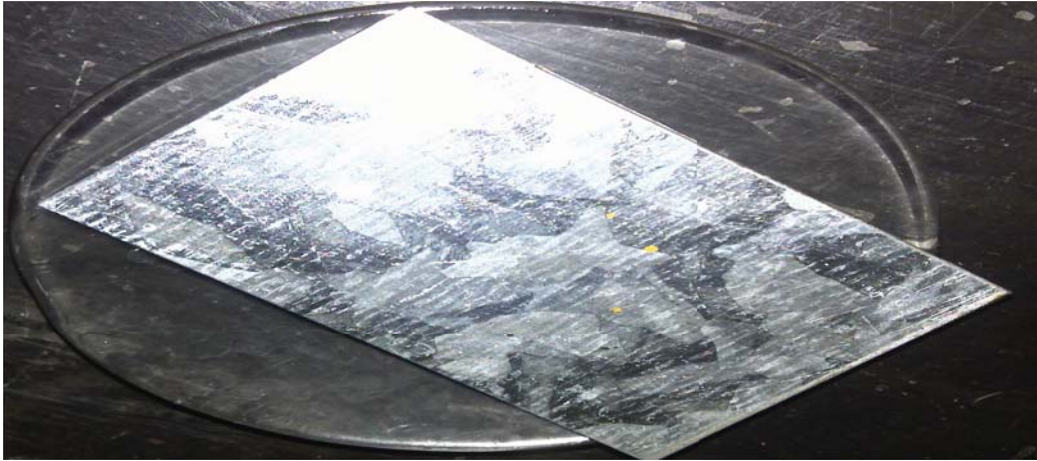
Anexo A.66. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



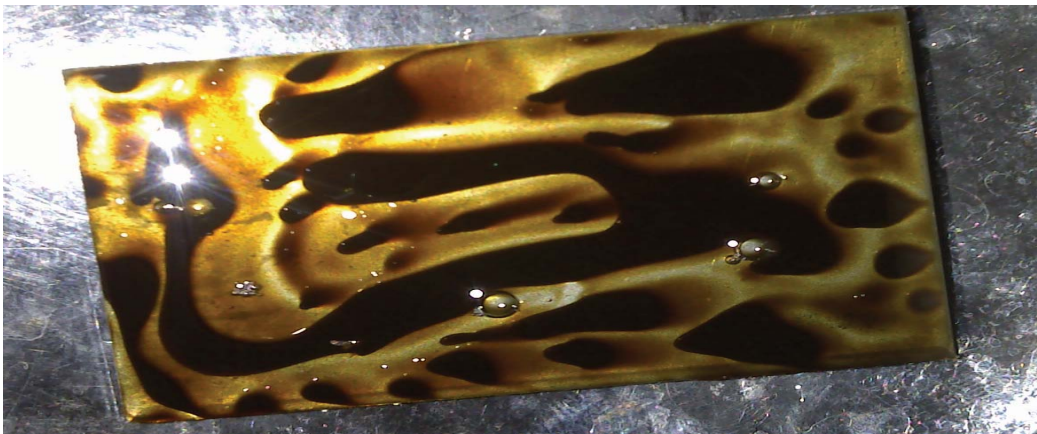
Anexo A.67. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de a hierro galvanizado (final).



Anexo A.68. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.69. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (final).



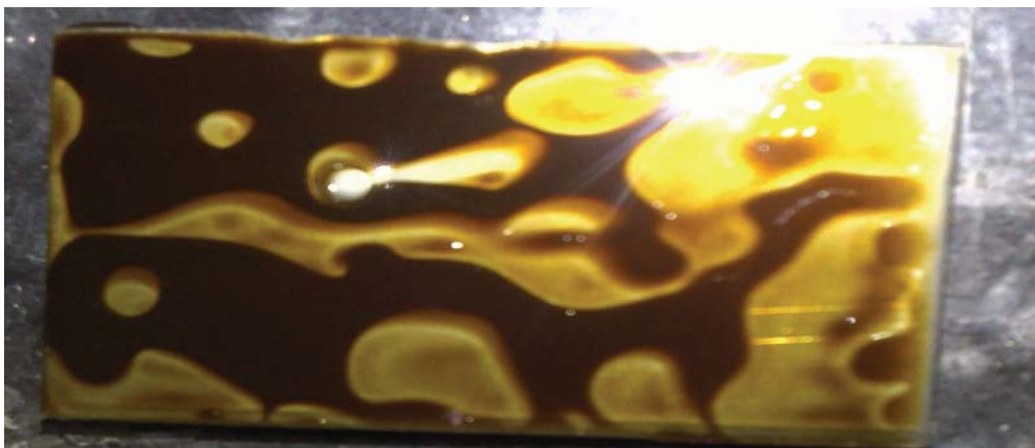
Anexo A.70. Remoción de aceite mineral con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro negro.



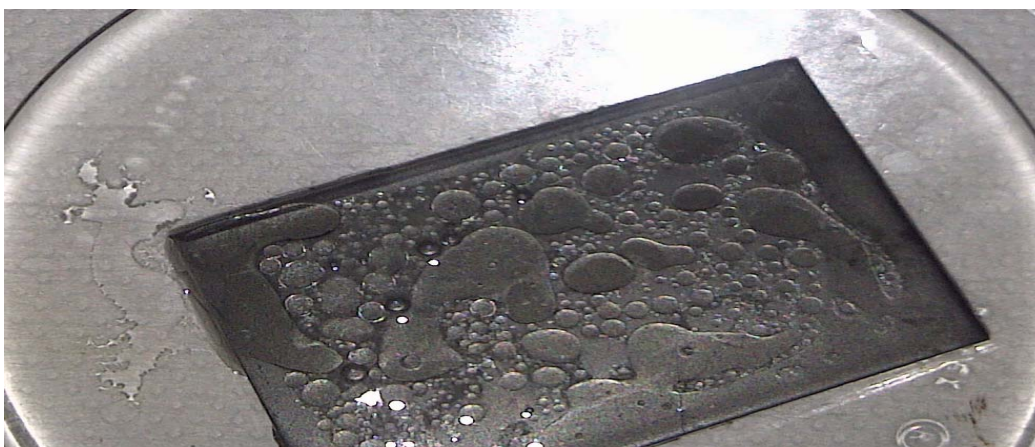
Anexo A.71. Remoción de aceite vegetal con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro negro.



Anexo A.72. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Genapol BD), en la superficie de hierro negro.



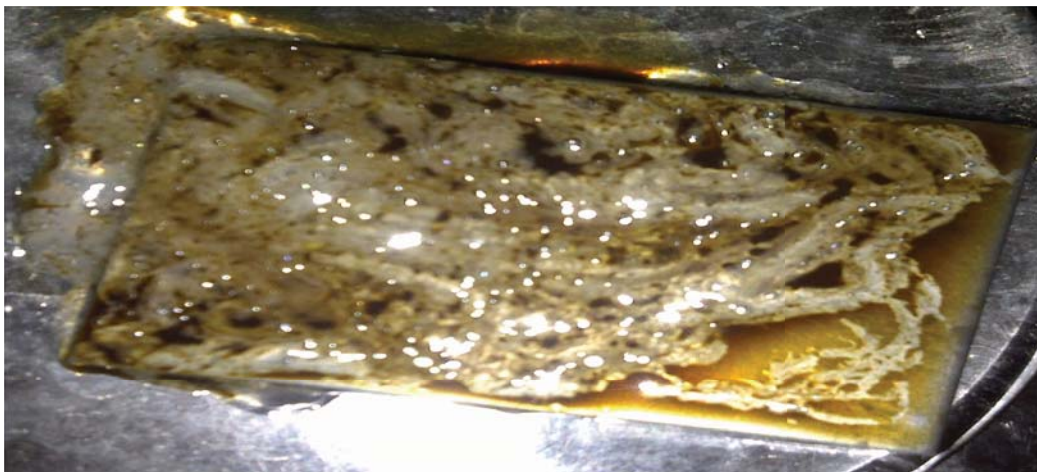
Anexo A.73. Remoción de aceite mineral con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro negro.



Anexo A.74. Remoción de aceite vegetal con el producto F2 ((Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro negro.



Anexo A.75. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), en la superficie de hierro negro.



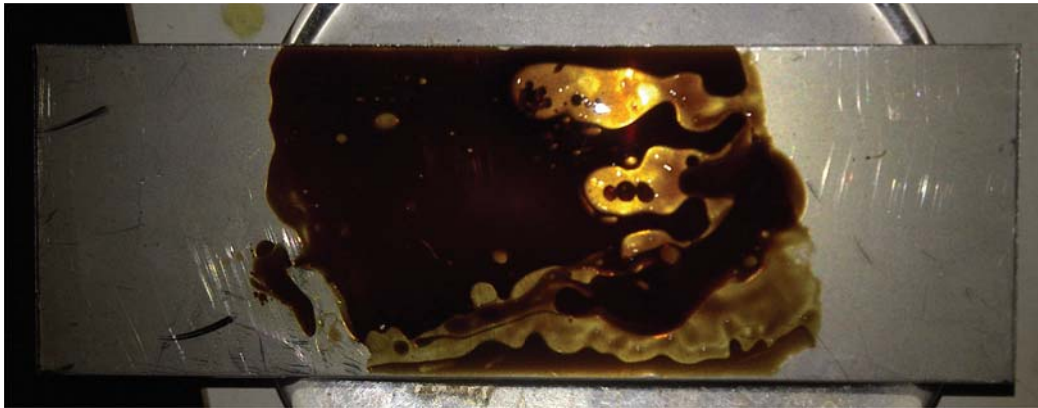
Anexo A.76. Remoción de aceite mineral con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro negro (inicial).



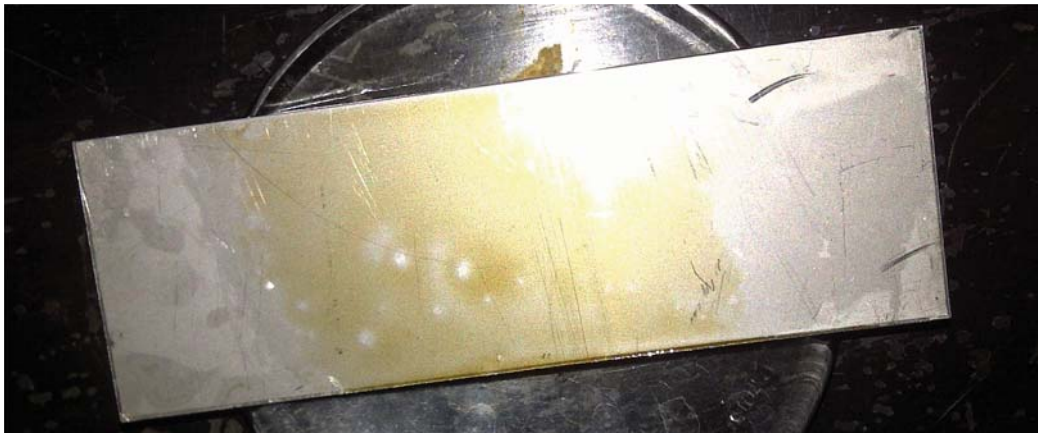
Anexo A.77. Remoción de aceite vegetal con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro negro (inicial).



Anexo A.78. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro negro (inicial).



Anexo A.79. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de acero (inicial).



Anexo A.80. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de acero (final).



Anexo A.81. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de acero (inicial).



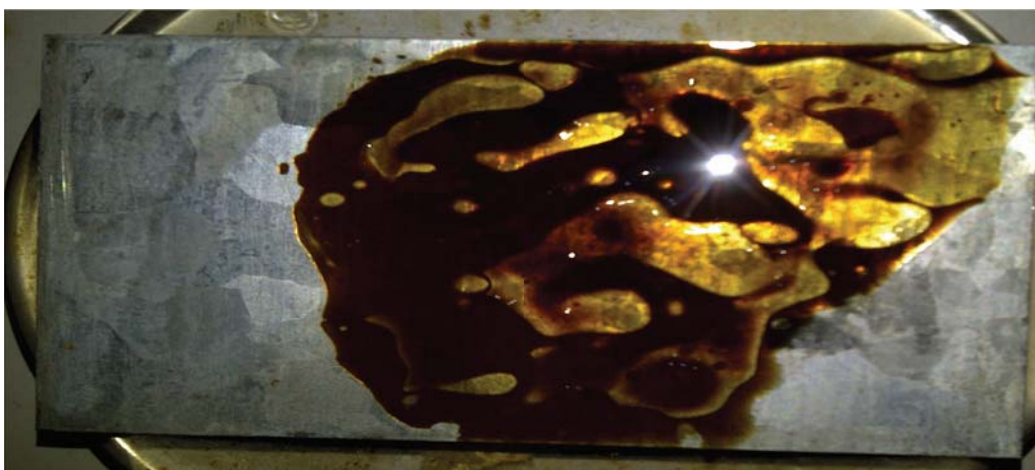
Anexo A.82. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de acero (final).



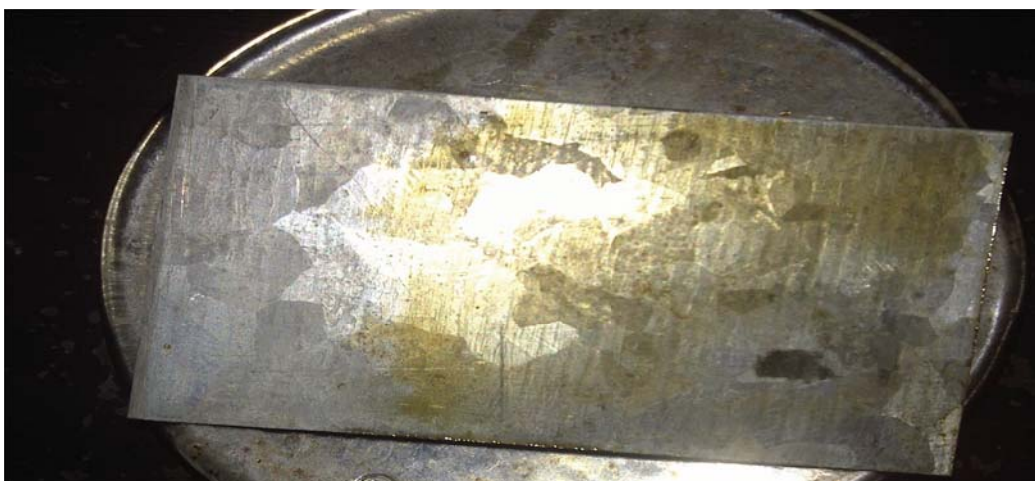
Anexo A.83. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero (inicial).



Anexo A.84. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de acero (final).



Anexo A.85. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.86. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.87. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.88. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.89. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (inicial).



Anexo A.90. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro galvanizado (final).



Anexo A.91. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro (inicial).



Anexo A.92. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro (final).



Anexo A.93. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro (inicial).



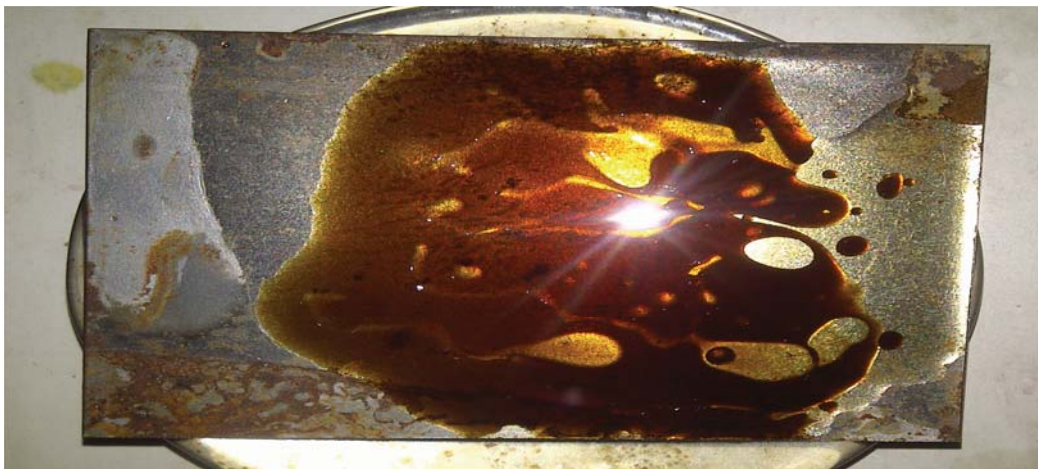
Anexo A.94. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro (final).



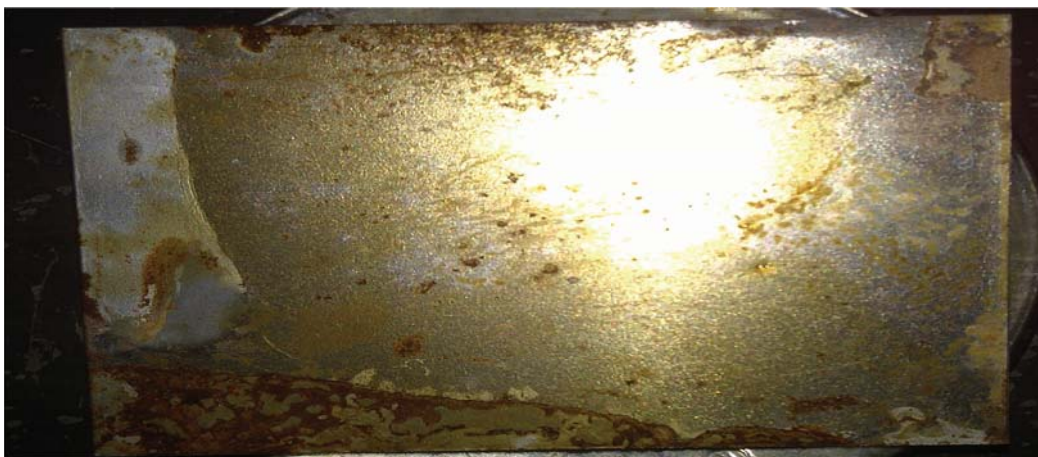
Anexo A.95. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro negro (inicial).



Anexo A.96. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro negro (final).



Anexo A.97. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.98. Remoción de aceite mineral con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.99. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial (inicial).



Anexo A.100. Remoción de aceite vegetal con el producto ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial (final).



Anexo A.101. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (inicial).

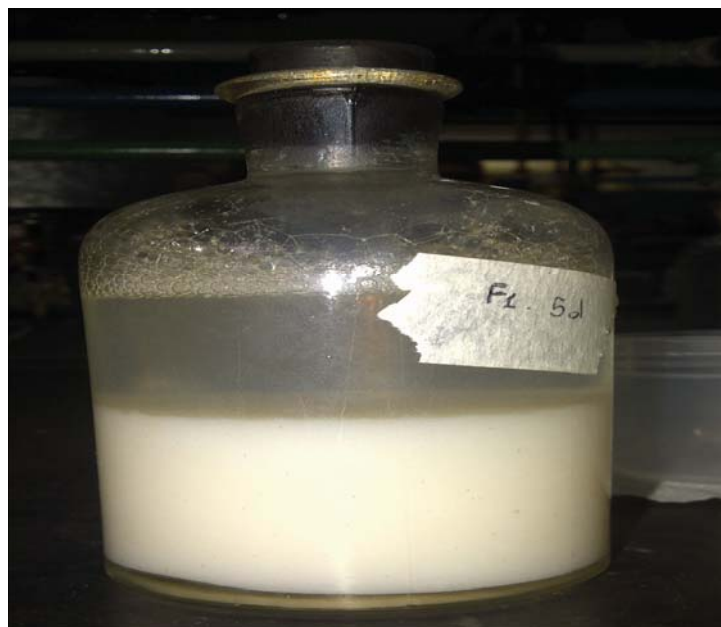


Anexo A.102. Remoción de aceite vegetal reciclado con el producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en la superficie de hierro comercial (final).

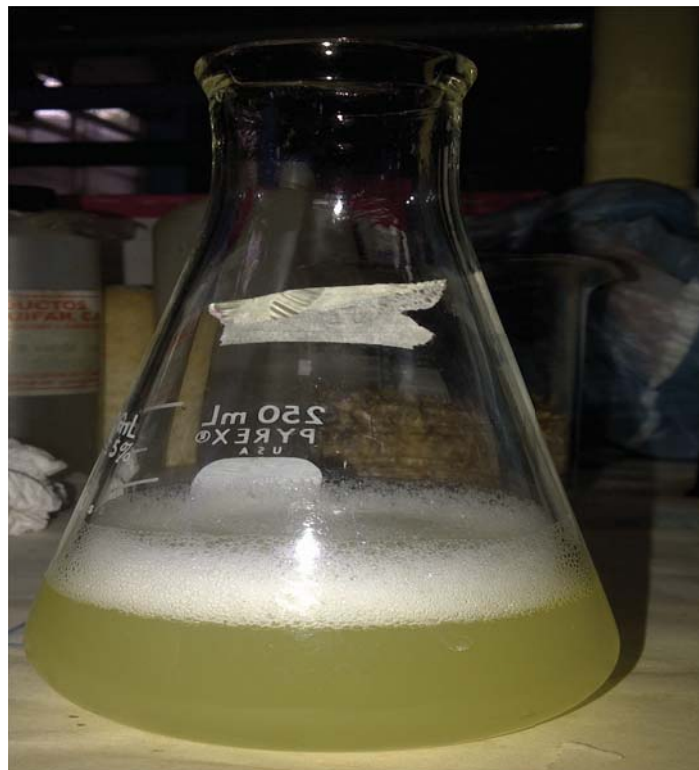
MÉTODO DE WINKLER APLICADO A LAS DISTINTAS FORMULACIONES Y AL PRODUCTO ULTRA CLEAN.



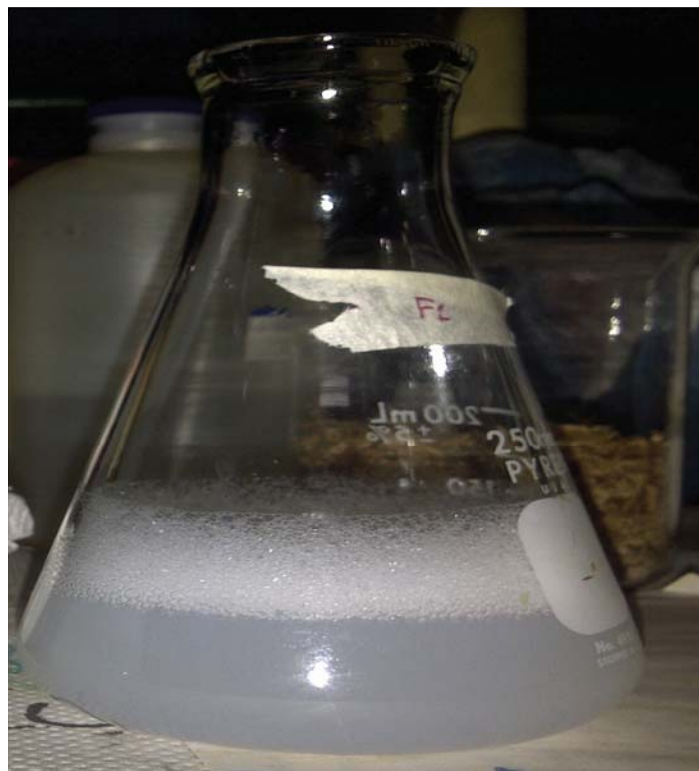
Anexo A.103. Producto F1 (Genapol BD), al 5to día de estudio.



Anexo A.104. Producto F1 (Genapol BD), al 5to día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



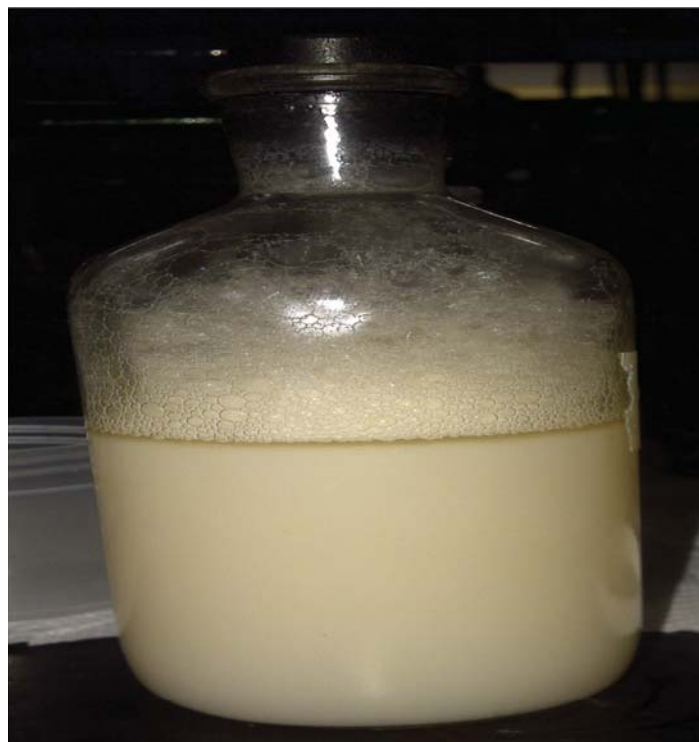
Anexo A.105. Producto F1 (Genapol BD), con tiosulfato de sodio.



Anexo A.106. Producto F1 (Genapol BD), en el punto de equivalencia.



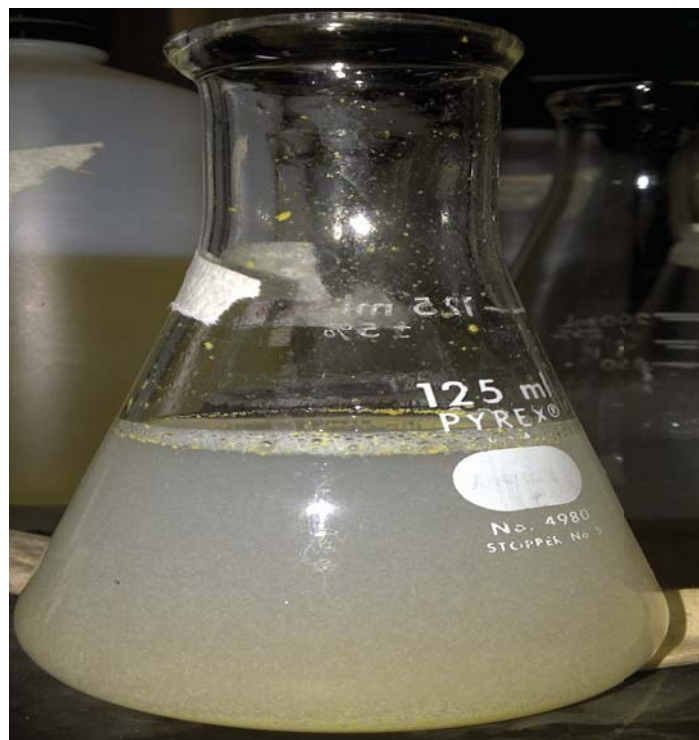
Anexo A.107 Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 5to día de estudio.



Anexo A.108. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 5to día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



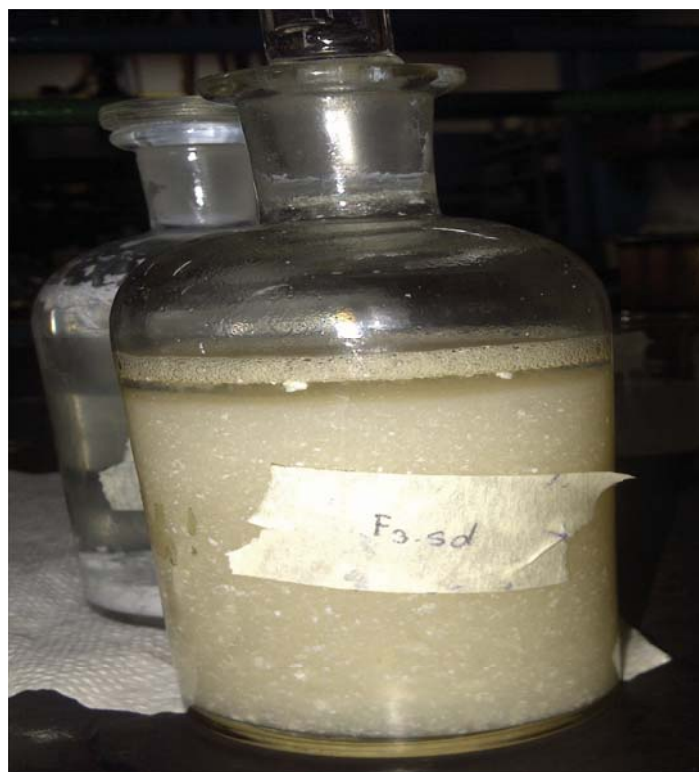
Anexo A.109. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), con tiosulfato de sodio.



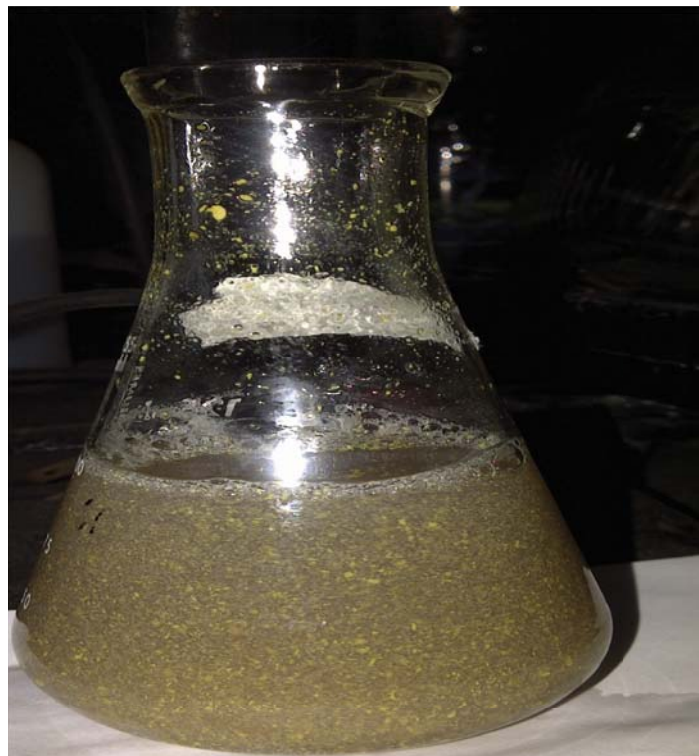
Anexo A.110. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), en el punto de equivalencia.



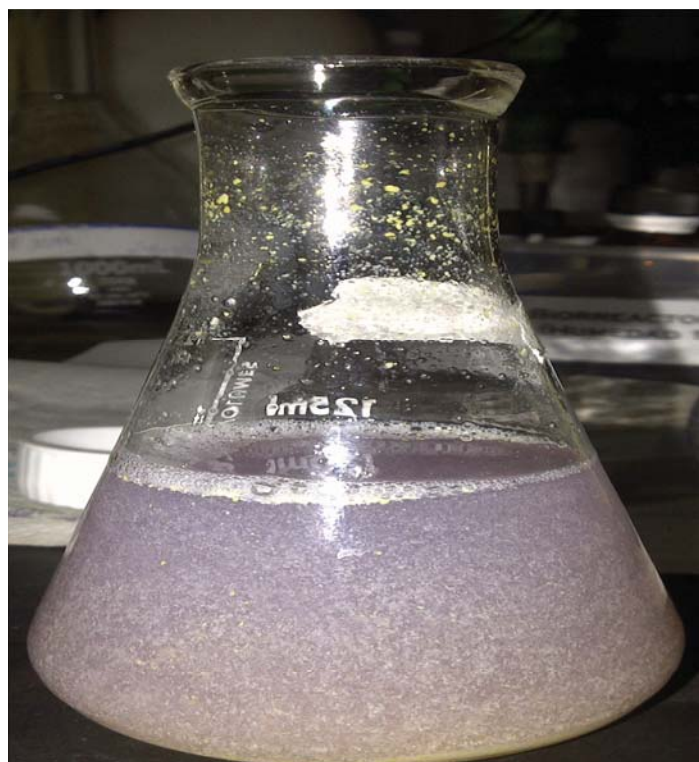
Anexo A.111. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 5to día de estudio.



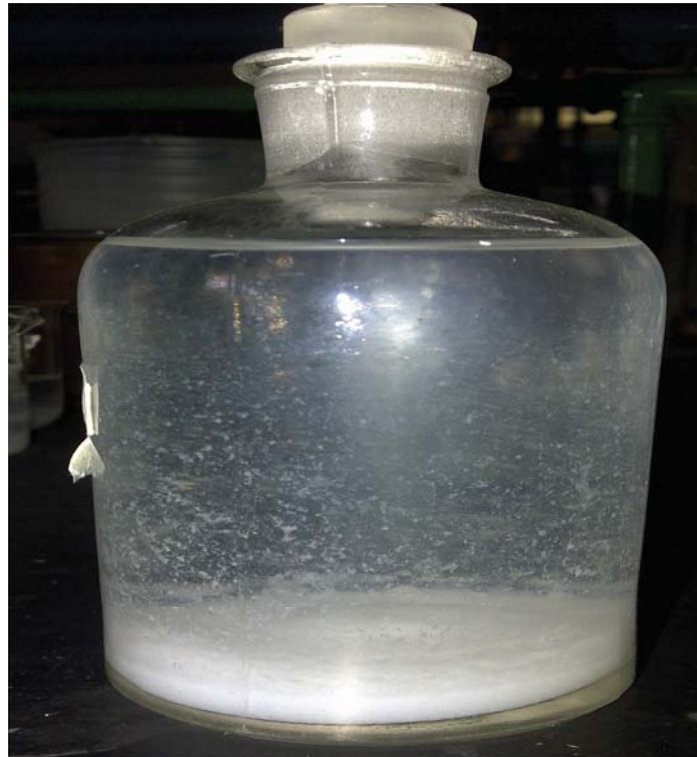
Anexo A.112. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 5to día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



Anexo A.113. Producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), con tiosulfato de sodio.



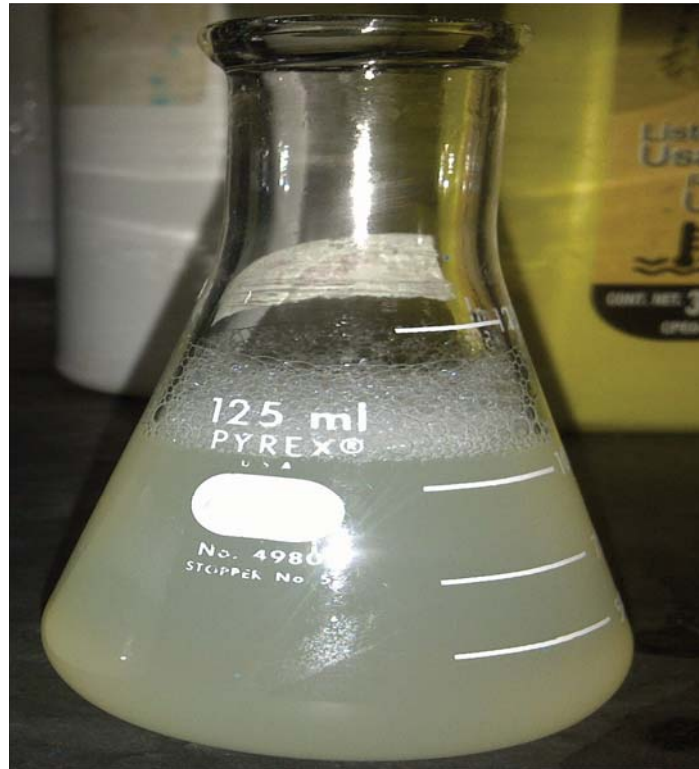
Anexo A.114. Producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en el punto de equivalencia.



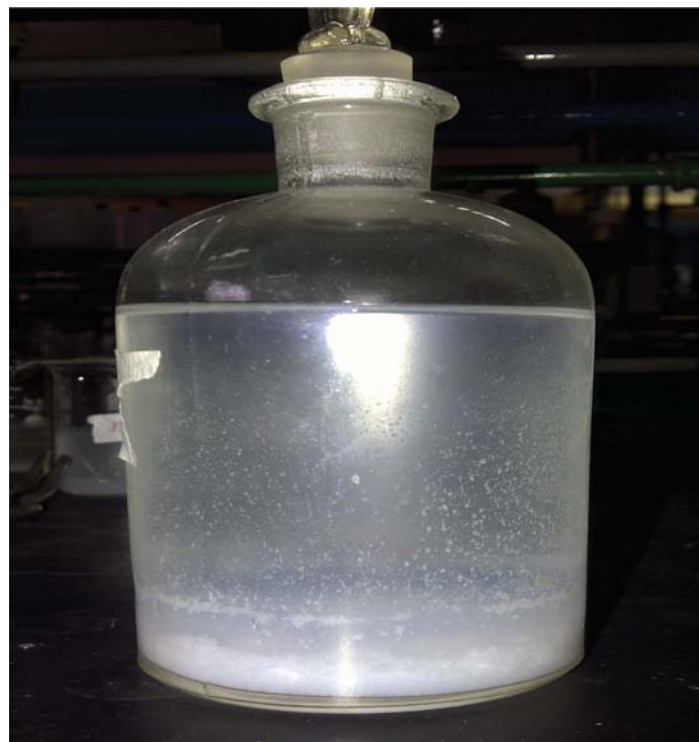
Anexo A.115. Producto F1 (Genapol BD), al 11vo día de estudio.



Anexo A.116. Producto F1 (Genapol BD), al 11vo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



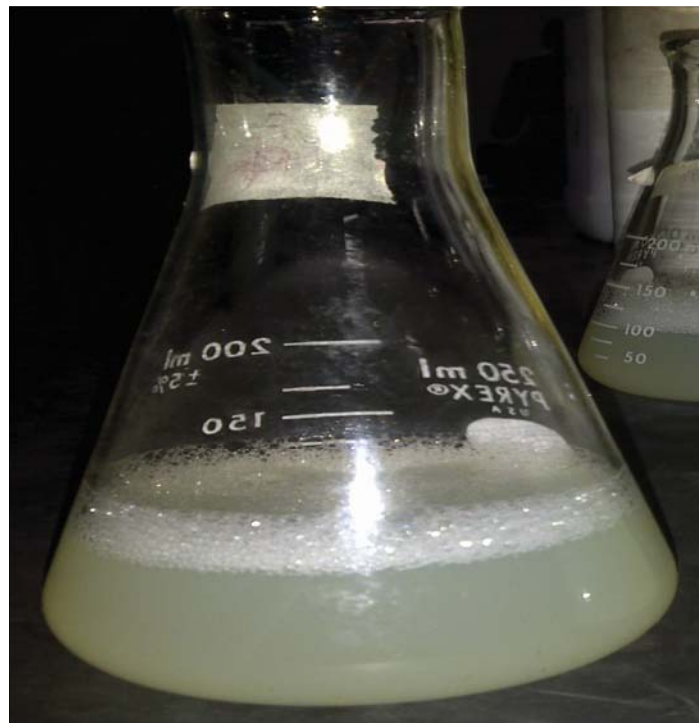
Anexo A.117. Producto F1 (Genapol BD), en el punto de equivalencia.



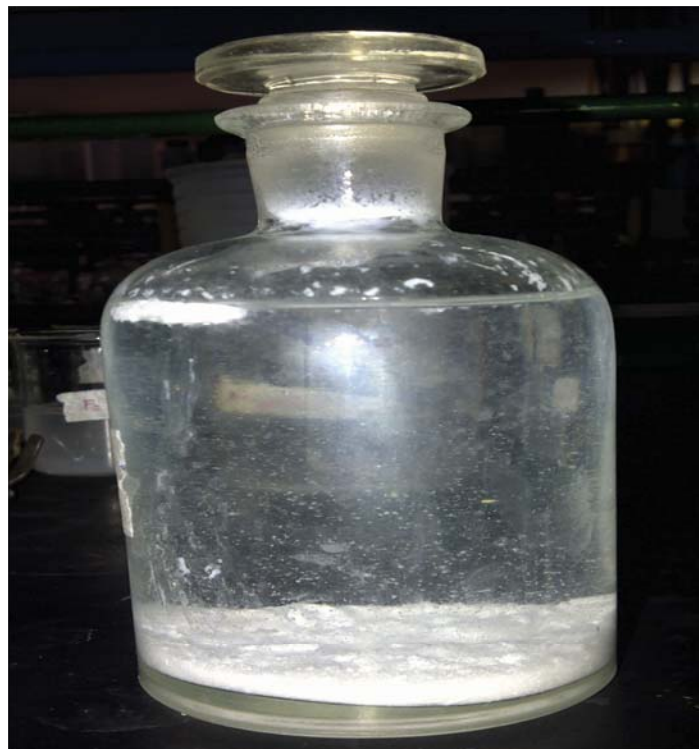
Anexo A.118. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 11vo día de estudio.



Anexo A.119. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 11vo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



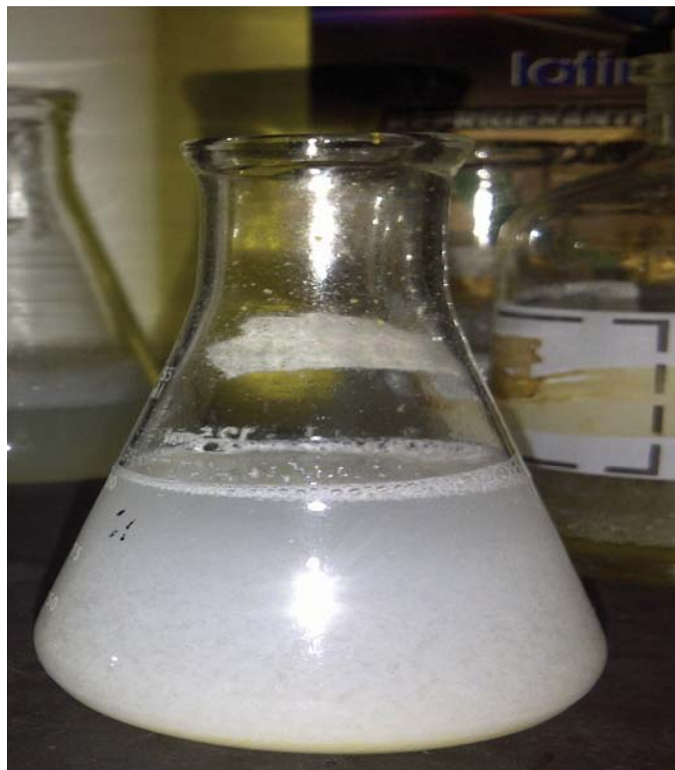
Anexo A.120. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), en el punto de equivalencia.



Anexo A.121. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 11vo día de estudio.



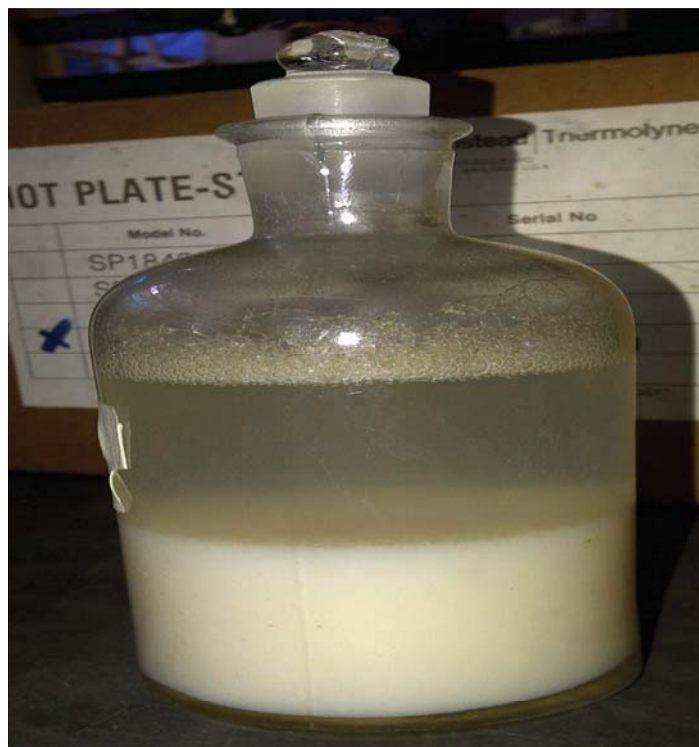
Anexo A.122. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 11vo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



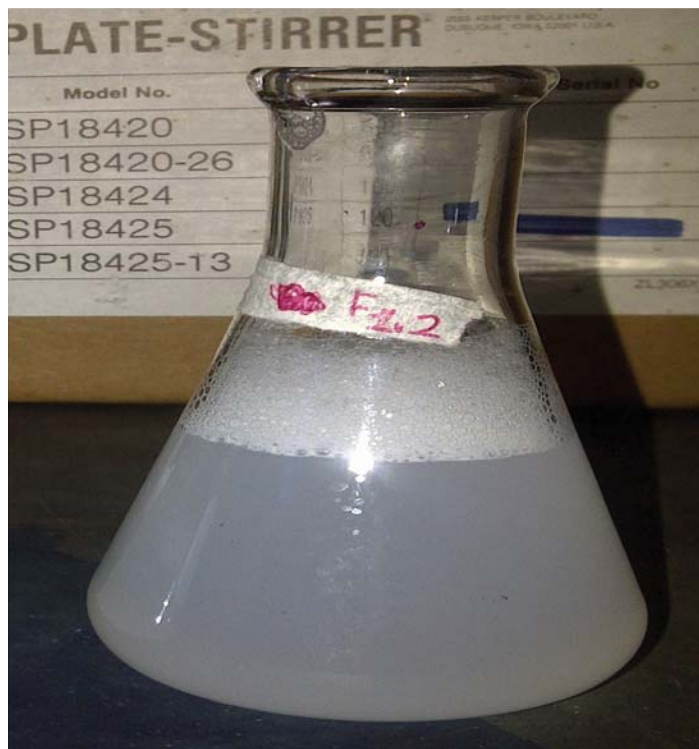
Anexo A.123. Producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en el punto de equivalencia.



Anexo A.124. Producto F1 (Genapol BD), al 15vo día de estudio.



Anexo A.125. Producto F1 (Genapol BD), al 15vo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



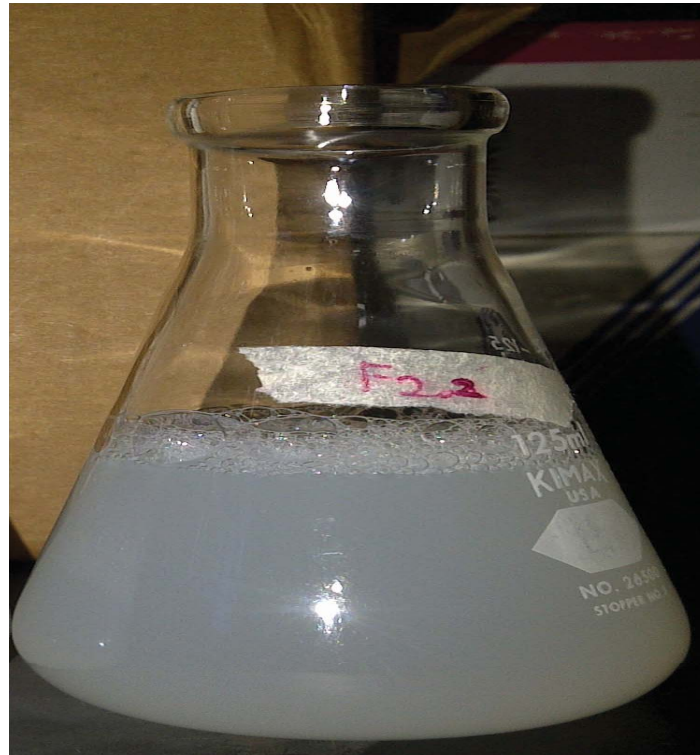
Anexo A.126. Producto F1 (Genapol BD), en el punto de equivalencia.



Anexo A.127. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 15vo día de estudio.



Anexo A.128. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 15vo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



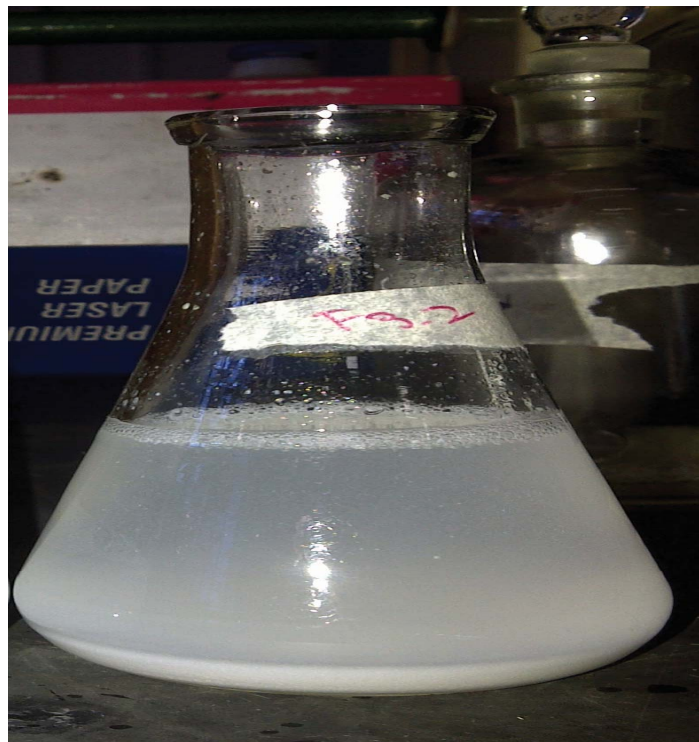
Anexo A.129. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), en el punto de equivalencia.



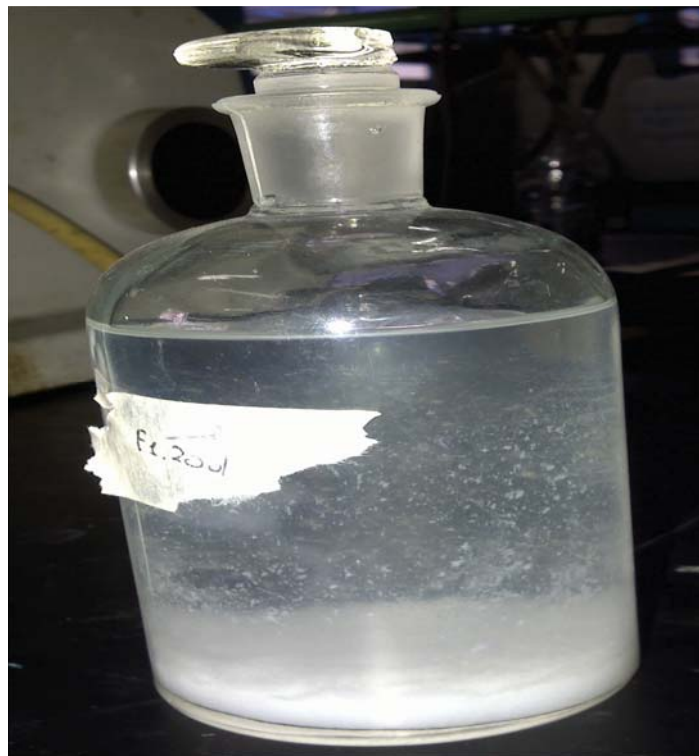
Anexo A.130. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 15vo día de estudio.



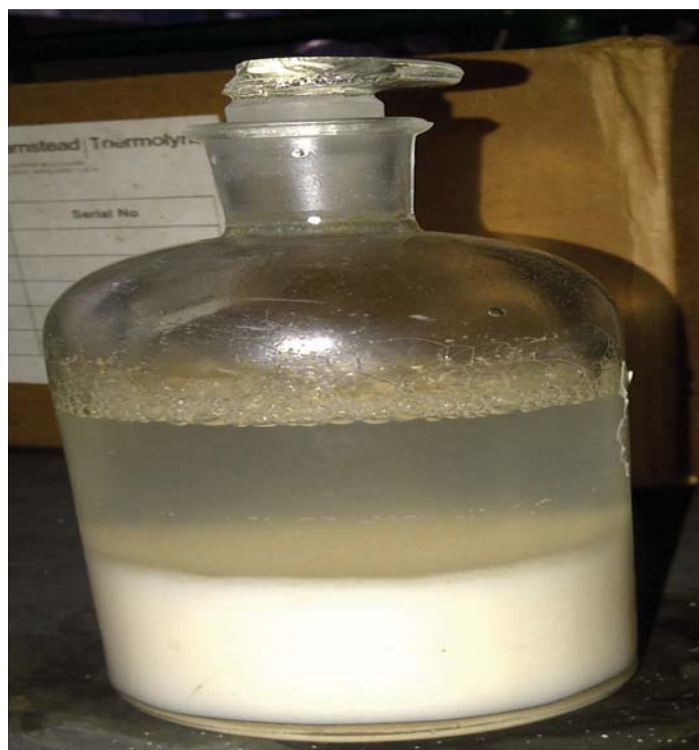
Anexo A.131. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 15vo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



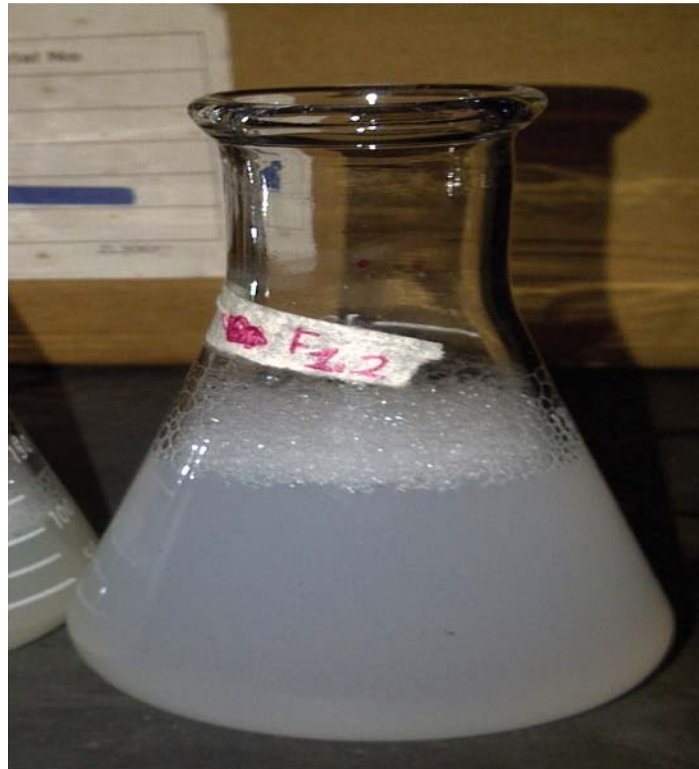
Anexo A.132. Producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en el punto de equivalencia.



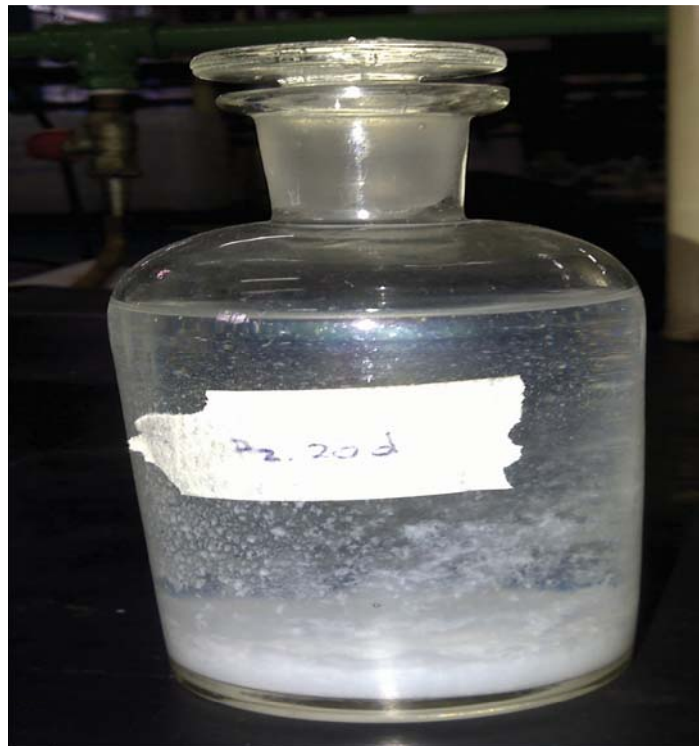
Anexo A.133. Producto F1 (Genapol BD), al 20mo día de estudio.



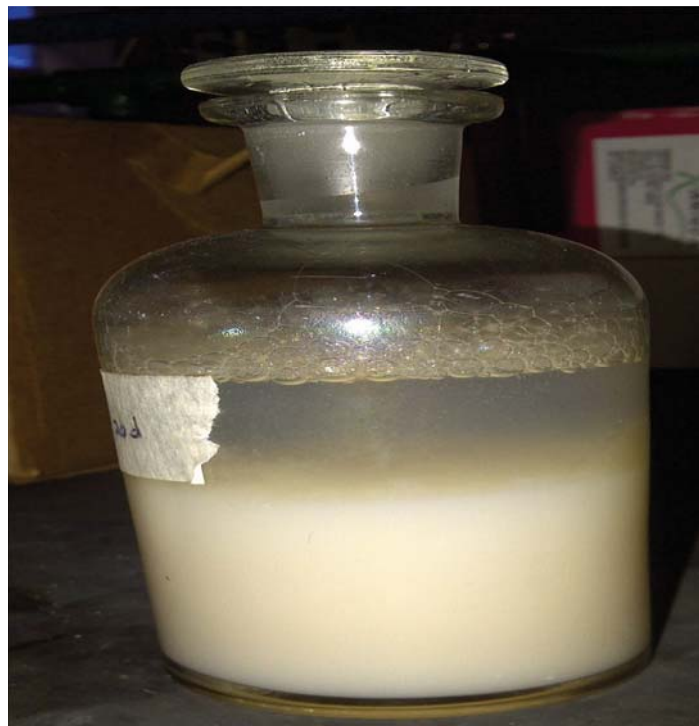
Anexo A.134. Producto F1 (Genapol BD), al 20mo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



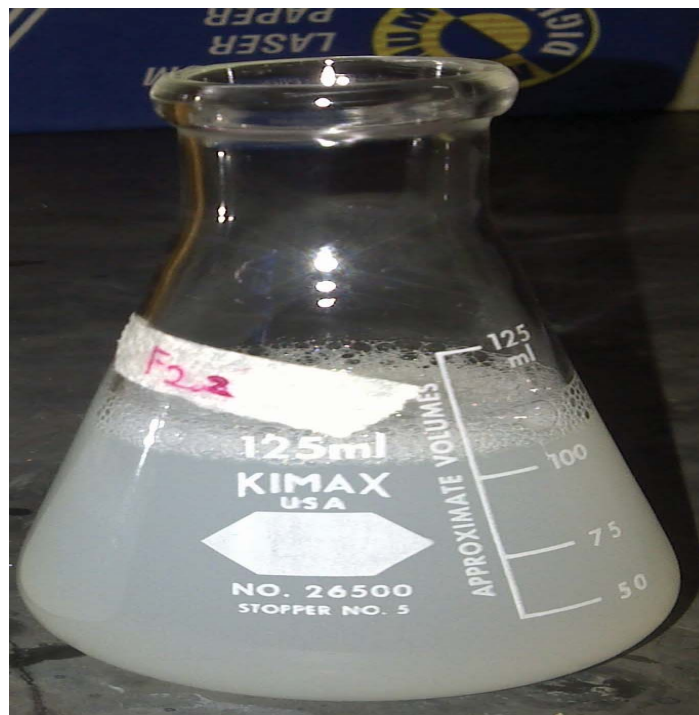
Anexo A.135. Producto F1 (Genapol BD), en el punto de equivalencia.



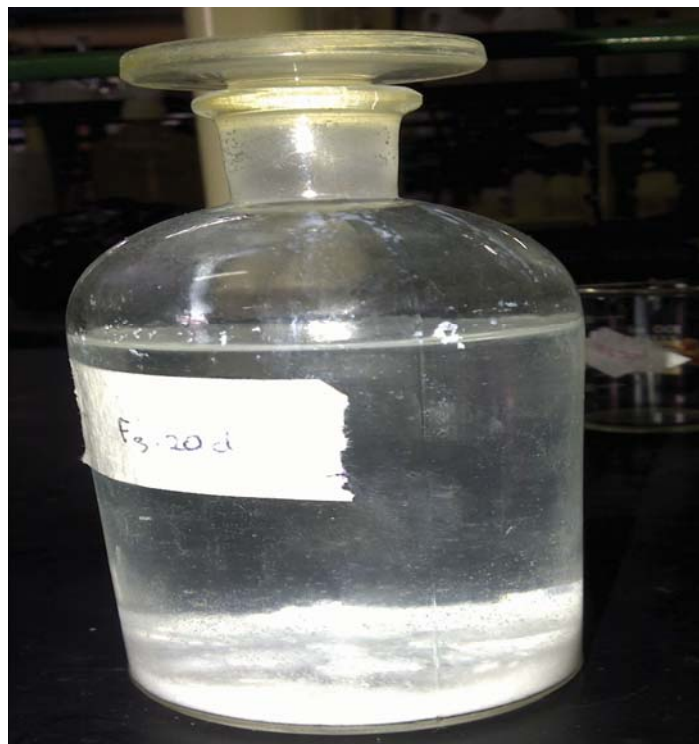
Anexo A.136. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 20mo día de estudio.



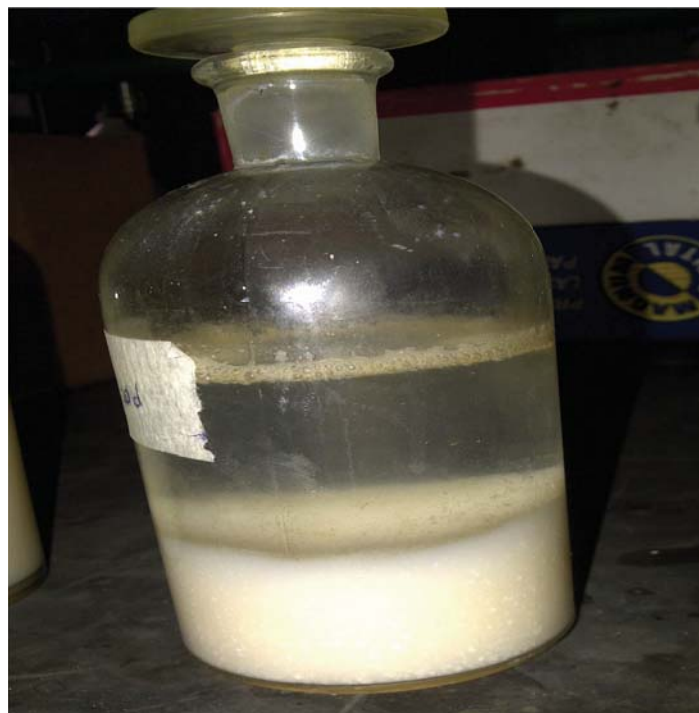
Anexo A.137. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), al 20mo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



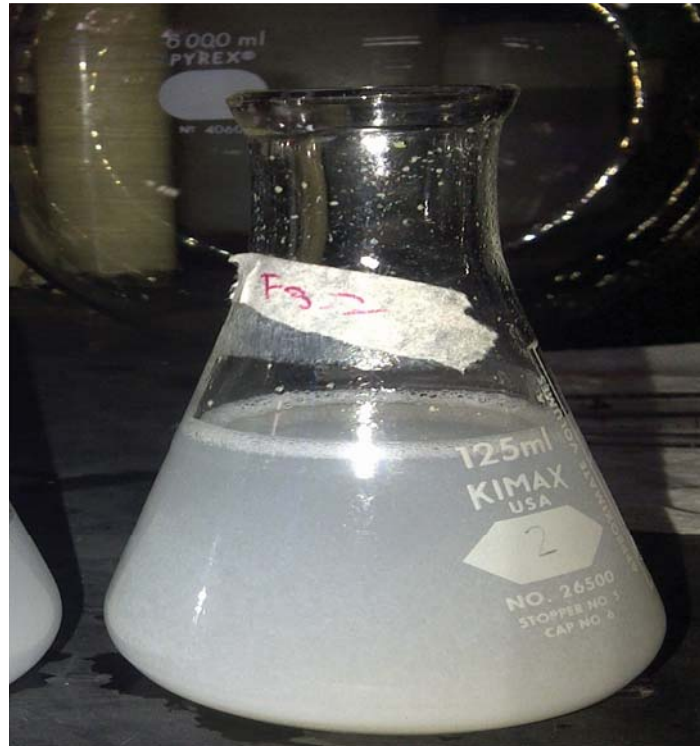
Anexo A.138. Producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N100), en el punto de equivalencia.



Anexo A.139. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 20mo día de estudio.



Anexo A.140. Producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al 20mo día de estudio, con la adición de sulfato de manganeso y solución de álcali-yoduro-azida.



Anexo A.141. Producto F1 (Fenilsulfonato LAS 50), en el punto de equivalencia.

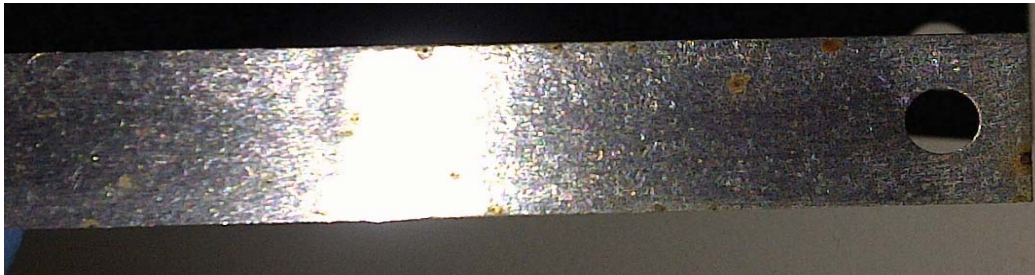
PRUEBAS DE CORROSIÓN POR INMERSIÓN



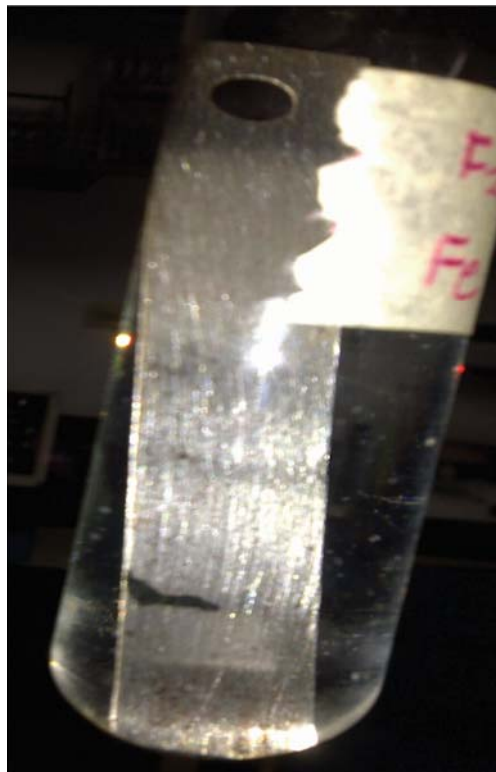
Anexo A.142. Lámina de hierro sumergida en una solución del producto F1 (Genapol BD), al séptimo día.



Anexo A.143. Lámina de hierro corroída por el producto F1 (Genapol BD), al séptimo día (lado A).



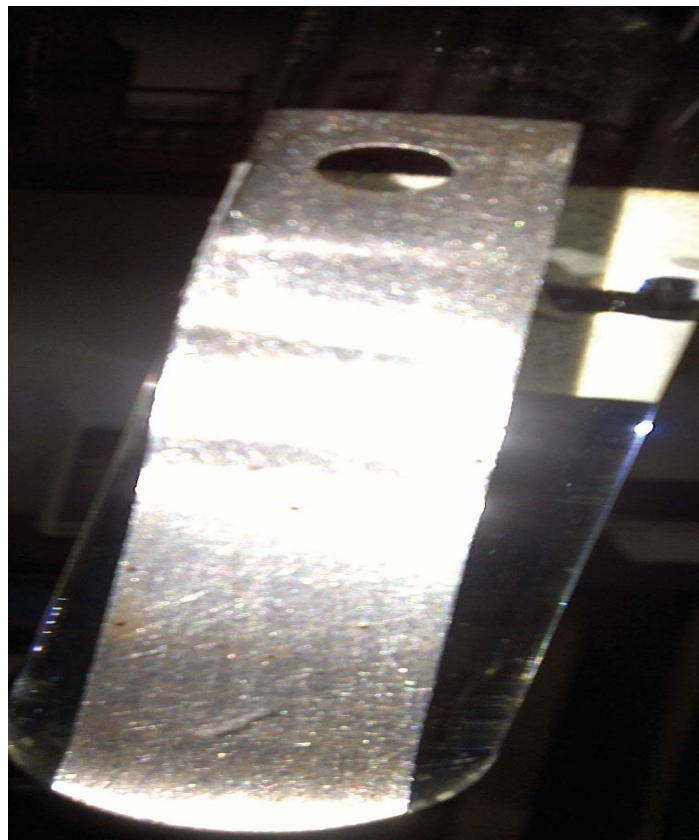
Anexo A.144. Lámina de hierro corroída por el producto F1 (Genapol BD), al séptimo día (lado B).



Anexo A.145. Lámina de hierro sumergida en una solución del producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), al séptimo día.



Anexo A.146. Lámina de hierro corroída por el producto F2 (Hostapur SAS 60 y Arkopal N 100), al séptimo día.



Anexo A.147. Lámina de hierro sumergida en una solución del producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al séptimo día.



Anexo A.148. Lámina de hierro sin presencia de algún ataque por parte del producto F3 (Fenilsulfonato LAS 50), al séptimo día.



APÉNDICE A


INFORMACIÓN DE LOS DISTINTOS ACTIVOS

PRESENTES EN LAS FORMULACIONES



APÉNDICE A.1

HOJAS DE SEGURIDAD



Ficha de Datos de Seguridad
Genapol BD

Página: 1

Código del material: 000000409201
Versión: 1 - 0 / MERCOS

Última revisión: 18.05.2010
Fecha de impresión: 26.06.2011

1. Identificación del producto y de la empresa

Nombre comercial:
Genapol BD

Número del material: 238571

Identificación de la sociedad o empresa:
Clariant Venezuela, S.A.
Urb. Ind. San Vicente I,
Av. Anton Philips, Edif. Clariant,
2104 Maracay - Edo. Aragua
Teléfono : +58 243 550 3161

Información de la sustancia o del preparado:
Division Functional Chemicals
Seguridad y Ambiente (ESHA)

Teléfono de emergencia: +58 243 550 3111

2. Composición/información de los componentes

Características químicas:
Mezcla Betaina y tensioactivos no iónicos.

3. Identificación de peligros

Irrita la piel.
Irrita los ojos.

4. Primeros auxilios

Indicaciones generales:
Quitarse inmediatamente la ropa manchada o empapada y retirarla de forma controlada

En caso de inhalación:
Si se inhalara, llevar al herido al aire libre. Consulte al médico si se desarrollan y persisten síntomas de irritación.

En caso de contacto con la piel:
Lavar la zona afectada inmediatamente con agua abundante.

En caso de contacto con los ojos:
Inmediatamente lavar los ojos en agua corriente, (aproximadamente 15 minutos, o utilizar un colirio de emergencia). Siempre consultar al médico.

En caso de ingestión:
En caso de ingestión, lavar la boca con abundante agua. Llevar al paciente al médico, centro asistencial o llamar a una ambulancia.

Indicaciones para el médico:

Figura A.1.1. Hoja de seguridad del Genapol BD (I).

Clariant

Ficha de Datos de Seguridad
Genapol BD

Página 2

Código del material: 000000408201
Versión: 1 - 0 / MERCOS

Última revisión: 18.05.2010
Fecha de impresión: 28.06.2011

Tratamiento:
Tratamiento sintomático.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:
Espuma
Polvo extintor
Dióxido de carbono
Agua pulverizada

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios:
Utilizar aparato respiratorio autónomo

Informaciones adicionales:
Refrigerar con agua pulverizada los recipientes en peligro.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de protección del medio ambiente:
Evitar que el producto derramado penetre en el suelo o sea arrastrado a aguas superficiales.

Métodos de limpieza/recogida:
Recoger con material absorbente (p. ej. arena, tierra de diatomeas, absorbente universal)
Recoger con medios mecánicos. Lavar los restos con agua.

Indicaciones adicionales:
No dejar llegar a la canalización.

7. Manipulación y almacenamiento

Indicaciones adicionales para las condiciones de almacenamiento:
Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado. Abrir y manipular los recipientes con cuidado.

8. Límites de exposición y medidas de protección personal

Medidas de higiene laboral:
No comer, beber, fumar o aspirar rapé durante el trabajo.
Quitarse inmediatamente la ropa manchada y/o empapada por el producto, reutilizar la ropa solamente después de una limpieza a fondo.
Observar las medidas de precaución habituales en el manejo de productos químicos.

Protección de las manos: Guantes de goma

Protección de los ojos: Gafas protectoras/careta protectora

Figura A.1.2. Hoja de seguridad del Genapol BD (II).

Ficha de Datos de Seguridad
Genapol BD Página 3

Código del material: 00000409201 Última revisión: 18.05.2010
Versión: 1 - 0 / MERCOS Fecha de impresión: 26.06.2011

Protección del cuerpo: Ropa de trabajo
Botas
Delantal de goma

9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico: líquido transparente
Color: de incoloro a amarillento
Olor: característico

Punto de fusión : < -20 °C
Método : ASTM D 2386

Punto de descomposición : > 420 °C
Método : DSC

Punto de ebullición : > 100 °C
Método : Directriz de la OCDE 105

Punto de inflamación:
Método : ASTM D 93 (copa cerrada)
No aplicable

Temperatura de ignición:
Método : ASTM E 659
No aplicable

Límite de explosión inferior:
No aplicable

Límite de explosión superior:
No aplicable

Densidad: aprox. 1 g/cm³ (20 °C)
Método : Directriz de la OCDE 109

Solubilidad en agua:
Solubilidad muy buena.

Valor pH: entre 8 - 9 (20 °C, 100 g/l)
Método : ASTM E 70

Viscosidad (dinámica) : < 3.000 mPa.s (25 °C)
Método : Viscosímetro Brookfield RVT Sp.3

10. Estabilidad y reactividad

Descomposición térmica: > 420 °C
Método : Termografía de diferencia dinámica (DSC)

Figura A.1.3. Hoja de seguridad del Genapol BD (III).

Clariant

Ficha de Datos de Seguridad
Genapol BD

Página: 4

Código del material: 000000409201
Versión: 1 - D / MERCOS

Última revisión: 16.05.2010
Fecha de impresión: 28.06.2011

Productos de descomposición peligrosos:
Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone

11. Informaciones toxicológicas

| | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toxicidad oral aguda: | DL50 > 7.000 mg/kg (Rata) Método : OCDE 401 |
| Iritación cutánea: | Irritante Método : Valoración a partir de los componentes |
| Iritación ocular: | Irritante - peligro de graves daños en los ojos. Método : Valoración a partir de los componentes |

12. Informaciones ecológicas

| | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biodegradación: | > 95 % (28 d) Según criterios de la OCDE, fácilmente degradable. Método : OCDE 301 E |
| Toxicidad en peces: | CL50 15 mg/l (96 h, Trucha arco iris) Método : OCDE 203 |
| Toxicidad en bacterias: | CE50 > 1.000 mg/l (Pseudomonas putilla) Método : OCDE 209 |

13. Eliminación de residuos

Producto:
Observando las normas locales, llevar a una planta incineradora adecuada.

Envases/embalajes sin limpiar:
Los envases o embalajes contaminados deben ser tratados como un residuo y deben ser eliminados o tratados, para su neutralización / reciclado de acuerdo con las normas locales vigentes en instalaciones autorizadas por las autoridades medioambientales. Los residuos generados por el tratamiento de los embalajes deben ser procesados a fin de evitar la contaminación del medioambiente.

14. Información relativa al transporte

| | |
|-------|--------------------------|
| MERCO | Mercancías no peligrosas |
| IATA | Mercancías no peligrosas |
| IMDG | Mercancías no peligrosas |

15. Disposiciones de carácter legal

Figura A.1.4. Hoja de seguridad del Genapol BD (IV).



Clariant

Ficha de Datos de Seguridad
Genapol BD

Página 5

Código del material: 000000400201
Versión: 1 - 0 / MERCOS

Última revisión: 18.05.2010
Fecha de impresión: 28.06.2011

16. Otras informaciones

Los datos se basan en el estado actual de nuestros conocimientos con el propósito de describir el producto respecto a sus requerimientos de seguridad. Los datos no deben ser considerados como garantía de una propiedad particular o general. Es responsabilidad del utilizador del producto asegurarse que éste es adecuado para la aplicación prevista y que se emplea en la forma adecuada. No asumimos responsabilidad por cualquier daño causado como consecuencia de la utilización de esta información. En todos los casos se aplicarán nuestras condiciones de venta.

Figura A.1.5. Hoja de seguridad del Genapol BD (V).



Ficha de Datos de Seguridad
HOSTAPUR SAS 60/160Kg PE-Dum. o.t

Página 1

Código del material: SXR005024
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 19.03.2008
Fecha de impresión: 08.02.2010

1. Identificación del producto y de la empresa

Nombre comercial:
HOSTAPUR SAS 60/160Kg PE-Dum. o.t

Número del material:000000000000102490

Identificación de la sociedad o empresa:
Clariant Produkte (Deutschland) GmbH
65926 Frankfurt am Main
Teléfono : +49 69 305 18000

Información de la sustancia o del preparado:
Div. Functional Chemicals/PRODUCT SAFETY
++49(0)69-305-2092/15315/32251

Teléfono de emergencia: 00800-5121 5121

2. Composición/información de los componentes

Características químicas:
Alcansulfonato sódico secundario (60%)

No. CAS : 85711-69-9
No. EINECS : 288-330-3

3. Identificación de peligros.

Irrita la piel.
Riesgo de lesiones oculares graves.

4. Primeros auxilios

Indicaciones generales:
Quitarse inmediatamente toda la ropa manchada o empapada.

En caso de inhalación:
Llevar al afectado al aire libre y consultar al médico.

En caso de contacto con la piel:
Lavar la zona afectada inmediatamente con agua abundante.

En caso de contacto con los ojos:
Lavar cuidadosamente y a fondo con agua abundante y acudir al médico.

En caso de ingestión:
Requerir inmediatamente ayuda médica.

5. Medidas de lucha contra incendios

Figura A.1.6. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (I).



Ficha de Datos de Seguridad
HOSTAPUR SAS 60/160Kg PE-Dum. o.t

Página 2

Código del material: 8XR005024
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 19.03.2008
Fecha de impresión: 08.02.2010

Medios de extinción adecuados:

Agua pulverizada
Espuma
Dióxido de carbono
Polvo extintor

Riesgos especiales particulares que resultan de la exposición al producto en sí, a los productos de combustión o gases producidos:

En caso de incendio, los gases de combustión determinantes del peligro son: Monóxido de carbono (CO)
Monóxido de carbono (CO)
Dióxido de azufre (SO₂)

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios:
Utilizar aparato respiratorio autónomo.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución para las personas:
Llevar protección personal adecuada.

Medidas de protección del medio ambiente:
Evitar que penetre en el alcantarillado o aguas superficiales.

Métodos de limpieza/recogida:
Recoger con material absorbente (p. ej. arena, serrín). Lavar los restos con agua.

7. Manipulación y almacenamiento

Indicaciones para la manipulación sin peligro:
Abrir y manipular los recipientes con cuidado.

Indicaciones adicionales para las condiciones de almacenamiento:
Sensible a las heladas. Si por la acción del frío, el producto cristaliza o se enturbia, espesa o congela hay que calentarlo lentamente a 50°C. Después de homogeneizar, puede utilizarse el producto de forma habitual.

8. Límites de exposición y medidas de protección personal

Medidas generales de protección:
Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Medidas de higiene laboral:
Observar las medidas de precaución habituales en el manejo de productos químicos.

Figura A. 1.7. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (II).

Ficha de Datos de Seguridad
HOSTAPUR SAS 60/160Kg PE-Dum. o.t Página 3

Código del material: SXR005024 Última revisión: 19.03.2008
Versión: 1-2 / MERCOS Fecha de impresión: 08.02.2010

| | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Protección de las manos: | En caso de exposición prolongada: Guantes de caucho butílico |
| Protección de las manos: | En caso de exposición de corto tiempo (protección de salpicaduras): Guantes de caucho nitrílico |
| Protección de los ojos: | Gafas protectoras |

9. Propiedades físicas y químicas

| | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Estado físico: | pastoso |
| Color: | amarillento |
| Olor: | propio, débil |
| Punto de goteo: | Sin determinar |
| Temperatura de ebullición: | > 100 °C |
| Punto de inflamación: | No aplicable |
| Temperatura de ignición: | No aplicable |
| Temperatura de autoinflamación: | Sin determinar |
| Límite de explosión inferior: | No aplicable |
| Límite de explosión superior: | No aplicable |
| Presión de vapor: | Sin determinar |
| Densidad: | aprox. 1,08 g/cm ³ (30 °C) Método : DIN 51757 |
| Densidad a granel: | No aplicable |
| Densidad relativa del vapor (referida al aire): | Sin determinar |
| Solubilidad en agua: | aprox. 500 g/l (25 °C) Soluble, |
| Solubilidad en: | Grasa Sin determinar |

Figura A.1.8. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (III).

| Ficha de Datos de Seguridad HOSTAPUR SAS 60/160Kg PE-Dum. o.t | |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Página 4 | |
| Código del material: SXR005024 Versión: 1 - 2 / MERCOS | Última revisión: 19.03.2008 Fecha de impresión: 08.02.2010 |
| Valor pH: | aprox. 7 (20 °C, 5 g/l) Método : ISO 4316 |
| Coefficiente de reparto n-octanol/agua (log Pow): | No aplicable |
| Viscosidad (dinámica) : | aprox. 7.000 mPa s (20 °C) |
| Viscosidad (cinemática) : | Sin determinar |
| Cl.combust.polvo (RFA): | Sin determinar |
| 10. Estabilidad y reactividad | |
| Descomposición térmica: | > 250 °C |
| Reacciones peligrosas: | Almacenando y manipulando el producto adecuadamente, no se producen reacciones peligrosas. |
| 11. Informaciones toxicológicas | |
| Toxicidad oral aguda: | DL50 > 2.000 mg/kg (Rata) Método : OCDE 401 |
| Toxicidad aguda por inhalación: | Sin determinar |
| Toxicidad dérmica aguda: | Sin determinar |
| Irritación cutánea: | Irritante Método : OCDE 404 |
| Irritación ocular: | Peligro de graves daños en los ojos. Procedencia : CESIO |
| Sensibilización: | El producto no es sensibilizante. Método : Magnusson/Kigman |
| Mutagenicidad: | In vivo, micronúcleos negativo. |
| 12. Informaciones ecológicas | |
| Biodegradación: | > 90 % (15 d) Método : OCDE 302 B |

Figura A.1.9. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (IV)

Clariant

Página 5

Ficha de Datos de Seguridad
HOSTAPUR SAS 60/160Kg PE-Dum. o.t

Código del material: SXR005024
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 19.03.2008
Fecha de impresión: 08.02.2010

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 89 % (21 d) El producto es fácilmente degradable. Método : OCDE 301 E |
| | 78 % (28 d) Método : OCDE 301 B Según los criterios de la OCDE, el producto es fácilmente biodegradable (readily biodegradable). Las indicaciones corresponden al componente principal. |
| Toxicidad en peces: | CL50 1 - 5 mg/l (96 h, Pez cebrado) Método : OCDE 203 |
| Toxicidad en bacterias: | CE50 > 1.000 mg/l (Pseudomonas putida) Método : DIN 38412 T.8 |
| Carbono orgánico (COD): | 322 mg/g |
| Demanda química de oxígeno (DQO): | 1.510 mg/g |

13. Eliminación de residuos

Producto:
Observando las normas locales en vigor, puede llevarse a una planta incineradora de residuos industriales.

14. Información relativa al transporte

| | |
|-------|--------------------------|
| MERCO | Mercancías no peligrosas |
| IATA | Mercancías no peligrosas |
| IMDG | Mercancías no peligrosas |

15. Disposiciones de carácter legal

16. Otras informaciones

Los datos se basan en el estado actual de nuestros conocimientos con el propósito de describir el producto respecto a sus requerimientos de seguridad. Los datos no deben ser considerados como garantía de una propiedad particular o general. Es responsabilidad del utilizador del producto asegurarse que éste es adecuado para la aplicación prevista y que se emplea en la forma adecuada. No asumimos responsabilidad por cualquier daño causado como consecuencia de la utilización de esta información. En todos los casos se aplicarán nuestras condiciones de venta.

Figura A.1.10. Hoja de seguridad del Hostapur SAS 60 (V).

Clariant

Ficha de Datos de Seguridad
ARKOPAL N 100 Página: 1

Código del material: SXR004800 Última revisión: 21.10.2009
Versión: 1 - 11 / MERCOS Fecha de impresión: 02.02.2010

1. Identificación del producto y de la empresa

Nombre comercial:
ARKOPAL N 100

Identificación de la sociedad o empresa:
Clariant Produkte (Deutschland) GmbH
65926 Frankfurt am Main
Teléfono : +49 69 305 18000

Información de la sustancia o del preparado:
Div. Functional Chemicals/PRODUCT SAFETY
++49(0)69-305-2092/15315/32251

Teléfono de emergencia: 00800-5121 5121

2. Composición/Información de los componentes

Características químicas:
Nonilfenolpoliglicoleter

No. CAS : 9016-45-9

3. Identificación de peligros

Nocivo por ingestión.
Riesgo de lesiones oculares graves.
Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

4. Primeros auxilios

Indicaciones generales:
Quitarse inmediatamente toda la ropa manchada o empapada.
Facilitar siempre al médico esta Ficha de Datos de Seguridad.

En caso de contacto con la piel:
Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.

En caso de contacto con los ojos:
Lavar cuidadosamente y a fondo con agua abundante y acudir al médico.

En caso de ingestión:
Requerir inmediatamente ayuda médica.

Indicaciones para el médico:

Tratamiento:
Tratamiento inicial: Sintomático.

5. Medidas de lucha contra incendios

Figura A.1.11. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (I).



Ficha de Datos de Seguridad ARKOPAL N 100

Página 2

Código del material: SXR004800
Versión: 1 - 11 / MERCOS

Última revisión: 21.10.2009
Fecha de impresión: 02.02.2010

Medios de extinción adecuados:

Agua pulverizada
Espuma
Dióxido de carbono
Polvo extintor

Riesgos especiales particulares que resultan de la exposición al producto en sí, a los productos de combustión o gases producidos:

En caso de incendio puede(n) desprenderse:
Monóxido de carbono (CO)
Dióxido de carbono (CO₂)
Los gases de combustión de materias orgánicas deben considerarse siempre como tóxicos por inhalación.

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios:

Utilizar aparato respiratorio autónomo.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución para las personas:

Llevar ropa de protección.

Medidas de protección del medio ambiente:

Evitar que penetre en el alcantarillado, aguas superficiales o subterráneas.

Métodos de limpieza/recogida:

Recoger con material absorbente (p. ej. arena, serrín). Lavar los restos con agua.
Eliminar de forma reglamentaria.

7. Manipulación y almacenamiento

Indicaciones para la manipulación sin peligro:

Almacenando y utilizando el producto de forma reglamentaria, no se requieren medidas especiales.

Indicaciones adicionales para las condiciones de almacenamiento:

Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

8. Límites de exposición y medidas de protección personal

Medidas generales de protección:

Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Medidas de higiene laboral:

Observar las medidas de precaución habituales en el manejo de productos químicos.

Figura A.1.12. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (II).



Ficha de Datos de Seguridad ARKOPAL N 100

Página 3

Código del material: SXR004800
Versión: 1 - 11 / MERCOS

Última revisión: 21.10.2009
Fecha de impresión: 02.02.2010

| | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Protección de las manos: | En caso de exposición prolongada: Guantes de caucho butílico |
| Protección de las manos: | En caso de exposición de corto tiempo (protección de salpicaduras): Guantes de caucho nitrílico |
| Protección de los ojos : | Gafas protectoras |

9. Propiedades físicas y químicas

| | |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Estado físico: | líquido viscoso |
| Color: | ligeramente amarillento |
| Olor: | propio, débil |
| Punto de goteo : | aprox. 7 °C Método : DIN/ISO 3016 |
| Punto de ebullición : | > 360 °C Método : Calculado por Syracuse. |
| Punto de inflamación: | > 250 °C Método : DIN/ISO 2592 (copa abierta) |
| Temperatura de ignición: | No aplicable |
| Temperatura de autoinflamación: | No aplicable |
| Límite de explosión inferior: | No aplicable |
| Límite de explosión superior: | No aplicable |
| Presión de vapor: | < 0,001 Pa (25 °C) Método : Calculado por Syracuse. |
| Densidad: | 1,05 g/cm ³ (50 °C) Método : DIN 51757 |
| Densidad a granel: | No aplicable |
| Densidad relativa del vapor (referida al aire): | No aplicable |
| Solubilidad en agua: | (20 °C) Solución transparente. |

Figura A.1.13. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (III).



Ficha de Datos de Seguridad ARKOPAL N 100

Página 4

Código del material: SXR004800
Versión: 1 - 11 / MERCOS

Última revisión: 21.10.2009
Fecha de impresión: 02.02.2010

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Solubilidad en: | Grasa Sin determinar |
| Valor pH: | 6 - 8 (20 °C, 10 g/l) Método : DIN 53996 |
| Coefficiente de reparto n-octanol/agua (log Pow): | 2,89 Método : Calculado por Syracuse. |
| Viscosidad (dinámica) : | aprox. 70 mPa.s (50 °C) Método : DIN 53015 |
| Viscosidad (cinemática) : | Sin determinar |
| Cl.combust.pólvo (RFA): | No aplicable |

10. Estabilidad y reactividad

Descomposición térmica: > 350 °C
Método : DSC
Procedencia : Analogy
Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

Reacciones peligrosas:
Almacenando y manipulando el producto adecuadamente, no se producen reacciones peligrosas.

11. Informaciones toxicológicas

| | |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Toxicidad oral aguda: | DL50 500 - 2.000 mg/kg (Rata) Procedencia : CESIO |
| Toxicidad aguda por inhalación: | Sin determinar |
| Toxicidad dérmica aguda: | Sin determinar |
| Irritación cutánea: | no irritante (Conejo) Método : OCDE 404 |
| Irritación ocular: | Peligro de graves daños en los ojos. (Ojo de conejo) Método : OCDE 405 |
| Sensibilización: | Sin determinar |
| Mutagenicidad: | Sin determinar |

Figura A.1.14. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (IV).



Ficha de Datos de Seguridad ARKOPAL N 100

Página 5

Código del material: SXR004800
Versión: 1 - 11 / MERCOS

Última revisión: 21.10.2009
Fecha de impresión: 02.02.2010

12. Informaciones ecológicas

| | |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Biodegradación: | 86 % (28 d) El producto es fácilmente degradable. Método : OCDE 301 E |
| Toxicidad en peces: | CL50 1 - 10 mg/l (96 h, Pez cebrado) Método : OCDE 203 |
| Toxicidad en dafnias: | Sin determinar |
| Toxicidad en algas: | Sin determinar |
| Toxicidad en bacterias: | CE50 > 1.000 mg/l Método : Tubo de fermentación |
| Demanda química de oxígeno (DQO): | 2.180 mg/g |
| Observaciones: | Impedir que el producto penetre en el suelo, los cursos de agua o el alcantarillado. |

13. Eliminación de residuos

| | |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Producto: | Observando las normas locales en vigor, puede llevarse a una planta incineradora de residuos industriales. |
| Envases/embalajes sin limpiar: | Tener en cuenta la legislación aplicable a la reutilización o eliminación de envases/embalajes usados. |

14. Información relativa al transporte

| | |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| MERCO | |
| Nombre técnico correcto: | Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, n.e.p. |
| Clase: | 9 |
| Grupo de embalaje: | III |
| No. ONU: | UN 3082 |
| Riesgo primario: | 9 |
| No. de peligro: | 90 |
| Observaciones: | Transporte permitido |
| Componente(s) peligroso(s): | Etoxilatos de nonilfenol |

Figura A.1.15. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (V).

Ficha de Datos de Seguridad ARKOPAL N 100

Página 6

Código del material: SXR004800
Versión: 1 - 11 / MERCOS

Ultima revisión: 21.10.2009
Fecha de impresión: 02.02.2010

| | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| IATA | |
| Proper shipping name: | Environmentally hazardous substance, liquid, n.o.s. |
| Class: | 9 |
| Packing group: | III |
| UN/ID number: | UN 3082 |
| Primary risk: | 9 |
| Remarks | Shipment permitted |
| Hazard inducer(s): | Nonylphenol ethoxylate |

| | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| IMDG | |
| Proper shipping name: | Environmentally hazardous substance, liquid, n.o.s. |
| Class: | 9 |
| Packing group: | III |
| UN no. | UN 3082 |
| Primary risk: | 9 |
| Remarks | Shipment permitted |
| Hazard inducer(s): | Nonylphenol ethoxylate |
| Contaminante del mar: | Marine Pollutant |
| EmS : | F-A S-F |

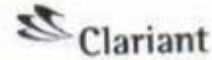
15. Disposiciones de carácter legal

16. Otras informaciones

Tener en cuenta la legislación nacional y local aplicable.

Los datos se basan en el estado actual de nuestros conocimientos con el propósito de describir el producto respecto a sus requerimientos de seguridad. Los datos no deben ser considerados como garantía de una propiedad particular o general. Es responsabilidad del utilizador del producto asegurarse que éste es adecuado para la aplicación prevista y que se emplea en la forma adecuada. No asumimos responsabilidad por cualquier daño causado como consecuencia de la utilización de esta información. En todos los casos se aplicarán nuestras condiciones de venta.

Figura A.1.16. Hoja de seguridad del Arkopal N 100 (VI).



Ficha de Datos de Seguridad FENILSULFONATO LAS 50

Página 1

Código del material: 000000158457
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 28.06.2005
Fecha de impresión: 23.02.2010

1. Identificación del producto y de la empresa

Nombre comercial:
FENILSULFONATO LAS 50

Número del material: 139801

Identificación de la sociedad o empresa:
Clariant Venezuela, S.A.
Urb. Ind. San Vicente I.
Av. Antón Phillips - Edif. Clariant.
2104 Maracay - Edo. Aragua.
Teléfono : +58 243 550 3161

Información de la sustancia o del preparado:
Division Funcional Chemicals
Seguridad y Ambiente (ESHA)

Teléfono de emergencia: +58 243 550 3111

2. Composición/información de los componentes

Características químicas:
Dodecibencensulfonato de Sodio al 50 %

Componentes peligrosos:
Alquilbencenosulfonato
Concentración: >= 49 - <= 51 %
No. CAS : 25155-30-0
No. EINECS : 246-680-4
Símbolos de peligro: Xn
Frases R: 22 38 41

3. Identificación de peligros

Irrita los ojos y la piel.

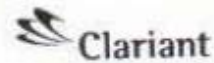
4. Primeros auxilios

En caso de contacto con la piel:
Lavar la zona afectada con agua.

En caso de contacto con los ojos:
Lavar cuidadosamente y a fondo con agua abundante. Si persisten las molestias acudir al médico.

En caso de ingestión:
Enjuagar la boca y a continuación, beber abundante agua.
Sólo si el paciente esté consciente, provocar el vómito, procurar ayuda médica.

Figura A.1.17. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (I).



Ficha de Datos de Seguridad FENILSULFONATO LAS 50

Página 2

Código del material: 000000158457
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 28.06.2005
Fecha de impresión: 23.02.2010

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:

Material no inflamable, no combustible.
Compatible con todos los agentes extintores habituales.

Riesgos especiales particulares que resultan de la exposición al producto en sí, a los productos de combustión o gases producidos:

Por descomposición térmica puede producir óxidos de carbono y óxidos de azufre.

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios:
Llevar ropa de protección total.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución para las personas:
Llevar protección personal adecuada.

Medidas de protección del medio ambiente:
Evitar que penetre en el alcantarillado, aguas superficiales o subterráneas.

Métodos de limpieza/recogida:
Diluir con agua y recoger con material absorbente (p. ej. serrín, arena, absorbente universal).
Eliminar el material contaminado según la legislación vigente.

Indicaciones adicionales:
Depositar en recipientes herméticamente cerrados y etiquetados.

7. Manipulación y almacenamiento

Indicaciones para la manipulación sin peligro:
Evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa de trabajo.

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes:
Mantener el producto siempre en los envases/embalajes originales.

Indicaciones adicionales para las condiciones de almacenamiento:
Mantener los recipientes herméticamente cerrados.

8. Límites de exposición y medidas de protección personal


Indicaciones adicionales para el diseño de instalaciones técnicas:
Se recomienda ventilación local - se puede usar ventilación mecánica.

Protección de las manos: Guantes de protección adecuados

Protección de los ojos: Gafas protectoras

Protección del cuerpo: Ropa protectora

Figura A.1.18. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (II).



Ficha de Datos de Seguridad
FENILSULFONATO LAS 50

Página 3

Código del material: 000000158457
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 28.08.2005
Fecha de impresión: 23.02.2010

9. Propiedades físicas y químicas

| | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Estado físico: | líquido viscoso |
| Color: | de beige a color crema |
| Olor: | Olor ligero. |
| Punto de ebullición : | > 100 °C |
| Punto de inflamación: | No inflamable. |
| Temperatura de ignición: | Sin determinar |
| Densidad: | aprox. 1,02 g/cm ³ (25 °C) |
| Solubilidad en agua: | soluble |
| Valor pH: | 8 - 10 (25 °C, 100 g/l) |

10. Estabilidad y reactividad

Descomposición térmica: A temperatura ambiente, el producto es estable.

Reacciones peligrosas:
No se conocen reacciones peligrosas.

Productos de descomposición peligrosos:
No se conocen productos de descomposición peligrosos.

11. Informaciones toxicológicas

| | |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toxicidad oral aguda: | DL50 > 2.000 mg/kg (Rata) Método : OCDE 401 Por analogía con un producto similar. |
| Irritación cutánea: | irritante (Conejo) Método : OCDE 404 |
| Irritación ocular: | El producto es fuertemente irritante. (Ojo de conejo) Método : OCDE 405 |
| Observaciones: | No se han efectuado pruebas toxicológicas con el producto. Las indicaciones se basan en productos de composición similar. |

Figura A.1.19. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (III).



Ficha de Datos de Seguridad
FENILSULFONATO LAS 50

Página 4

Código del material: 000000158457
Versión: 1 - 2 / MERCOS

Última revisión: 28.06.2005
Fecha de impresión: 23.02.2010

12. Informaciones ecológicas

Comportamiento en los ecosistemas:
No se conocen datos.

Observaciones:
Impedir que el producto penetre en el suelo, los cursos de agua o el alcantarillado.

13. Eliminación de residuos

Producto:
Observando la legislación relativa a la eliminación de residuos especiales y después de un tratamiento biológico o fisicoquímico previo puede llevarse a eliminar como residuo especial.

Envases/embalajes sin limpiar:
Envases/embalajes contaminados deben ser vaciados lo mejor posible; después, tras la correspondiente limpieza, pueden ser utilizados de nuevo.

14. Información relativa al transporte

| | |
|-------|--------------------------|
| MERCO | Mercancías no peligrosas |
| IATA | Mercancías no peligrosas |
| IMDG | Mercancías no peligrosas |

15. Disposiciones de carácter legal

16. Otras informaciones

Tener en cuenta la legislación nacional y local aplicable.

Los datos se basan en el estado actual de nuestros conocimientos con el propósito de describir el producto respecto a sus requerimientos de seguridad. Los datos no deben ser considerados como garantía de una propiedad particular o general. Es responsabilidad del utilizador del producto asegurarse que éste es adecuado para la aplicación prevista y que se emplea en la forma adecuada. No asumimos responsabilidad por cualquier daño causado como consecuencia de la utilización de esta información. En todos los casos se aplicarán nuestras condiciones de venta.

Figura A.1.20. Hoja de seguridad del Fenilsulfonato LAS 50 (IV).



APÉNDICE A.2

INFORMACIÓN GENERAL



Functional Chemicals Division

Genapol BD®

Producto para la Industria Detergente

Composición/Denominación Química

Blend de surfactantes aniónicos y anfóteros

Datos Físicos Químicos

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Aspecto | Líquido Transparente |
| Color | Incoloro |
| pH (10%) | 8 - 9 |
| % Materia Sólida | 29 - 31 % |
| % Ingrediente Activo Total | 25 - 26 % |
| Viscosidad Brookfield | < 3000 cps |

Características

Genapol BD es un blend de surfactantes con alto poder de detergencia y espumación, que ha sido diseñado como base concentrada para la fabricación de lavaplatos líquidos de alto poder desengrasante y muy buena manejabilidad.

La presencia de tensoactivos anfóteros, produce una sinergia entre los surfactantes, generando niveles de espuma abundantes y de fácil remoción; además de inhibir el efecto irritante sobre la piel.

Por su alto contenido de materia sólida e ingrediente activo, es posible diluir para preparar detergentes líquidos lavaplatos con concentraciones bajas, manteniendo un alto nivel de espuma, excelente rendimiento y desempeño.

Genapol BD es compatible con electrolitos y presenta buena estabilidad además de un punto de enturbiamiento muy bajo.

Recomendaciones de Uso:

Lavaplatos Líquido: Ingrediente Activo: 16 - 17 %

| Materia Prima | Concentraciones |
|-------------------|----------------------------------------|
| Genapol BD | 65 % |
| Acido Cítrico | Ajustar pH 7.0 - 7.5 |
| Cloruro de Sodio | Ajustar Viscosidad: 1500 - 2000 cps |
| Nipacide CFX5 | 0,2-0,3 % |
| Agua | Completar 100% |

Para alcanzar la viscosidad deseada en el lavaplatos, también puede emplear **Genapol DAT**, el cual actúa como un aditivo espesante y presenta un efecto sinérgico asociativo con el cloruro de sodio y los surfactantes presentes en **Genapol BD**.

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

PATA021

Noviembre 2008
Página 1/1

Clariant Venezuela
Functional Chemicals Division

Figura A.2.1. Aspectos generales del Genapol BD.



Functional Chemicals Division

Hostapur[®] SAS

Producto para la Industria Cosmética

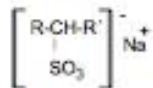
Composición/Denominación Química

Alcano Sulfonato de Sodio Secundario, Basado en n-parafinas

Nombre INCI

Sodium C₁₂-C₁₇-Alkyl Sec Sulfonate
Numero CAS: 627-83-8/68891-38-3/61789-40-0

Fórmula Molecular



R+R' = predominante C₁₂-C₁₆

Datos Físicos Químicos

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| Apariencia (20°C) | Líquido/Pasta/Perlas |
| Contenido de Sólidos (PM 326) | - 30/60/93% |
| pH (solución 5%) | - 7,5 |

Características

Hostapur SAS es un tensoactivo aniónico a base de n-parafinas sulfonadas con cadena grasa entre C₁₂/C₁₇, compatible con tensoactivos de carácter iónico, no-

iónico y anfótero, presentando buen desempeño en presencia de agua dura.

Hostapur SAS forma parte de un grupo de productos con características de humectación rápida, acción tensoactiva pronunciada, lo que le ofrece una excelente detergencia y un poder espumante acentuado.

Hostapur SAS en solución soporta una elevada carga de electrolitos, manteniendo la solución transparente y homogénea. Su biodegradabilidad alcanza los índices máximos entre los tensoactivos aniónicos.

Hostapur SAS puede ser incluido en el grupo de tensoactivos capaces de satisfacer grandes exigencias en cuanto a la tolerancia con la piel, debido a su baja irritabilidad tanto dérmica como ocular.

Hostapur SAS es empleado en formulaciones de shampoo transparente y perlado, shampoo acondicionador, gel para baño, baño de espuma, jabón líquido, jabón en barra, crema dental, entre otros.

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

IATA 003

Octubre 2004
Página 1/1

Clariant Venezuela
Functional Chemicals Division

Figura A.2.2. Aspectos generales del Hostapur SAS 60.



Functional Chemicals Division

Arkopal® N

Producto para la Industria Detergente

Composición/Denominación Química

Eter nonilfenol poliglicólico.

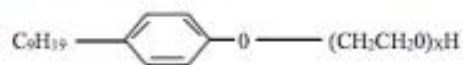
Nombre INCI

Nonylphenol Polyglycol ether

Numero CAS

N/A

Fórmula Molecular



Nonilfenol Poliglicol eter

x = Nro. de moléculas de óxido de etileno adicionadas

Datos Físicos Químicos

Tanto las propiedades físico-químicas como las aplicaciones técnica de los tipos de **Arkopal N**, dependen en gran parte de la proporción de la parte hidrófoba (nonilfenol) y de la hidrófila, es decir la cadena de éter poliglicólico solubilizante (número de moléculas de óxido de etileno), existente en la molécula.

Aspecto (a 20°C)

| | |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| Arkopal N-040 al N-110: | Líquido viscoso Ligeramente amarillo |
| Arkopal N-130 al 150: | Pasta fluida Ligeramente amarillo |

| | |
|-----------------------|----------------------------------------|
| Arkopal N-230 al 300: | Producto céreo Ligeramente amarillo |
| logeneidad | no iónico |
| Reacción | prácticamente neutra |

Características

Tipos comerciales:

Arkopal N-040, Arkopal N-050, Arkopal N-060,
Arkopal N-080, Arkopal N-090, Arkopal N-100,
Arkopal N-110, Arkopal N-130, Arkopal N-150,
Arkopal N-230 Arkopal N-300.

Las dos primeras cifras de cada tipo indican el número aproximado de moléculas de óxido de etileno que forman la cadena hidrófila de éter poliglicólico. La tercera cifra se refiere a la concentración de los productos (0=100% aprox. de materia activa).

Los tipos de **Arkopal N** son compuestos no iónicos compatibles con otras sustancias no iónicas, catiónicas y aniónicas.

Los electrolitos, tales como las sales neutras, los álcalis y también los ácidos (éstos últimos en menor escala), disminuyen la solubilidad en el agua de los tipos de **Arkopal N**, pudiendo salificarlos especialmente a elevadas concentraciones y altas temperaturas, sin que ello de lugar a descomposición alguna. Dado que los tipos más hidrófilos son los más difícilmente salificables, en soluciones con alto contenido en electrolitos resulta más adecuado emplear los tipos de **Arkopal N** de cadena más larga de éter poliglicólico.

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

IATA 003

Octubre 2004
Página 1/4

Clariant Venezuela
Functional Chemicals Division

Figura A.2.3. Aspectos generales del Arkopal N 100 (I).



Functional Chemicals Division

Arkopal® N

Producto para la Industria Detergente

Los tipos de **Arkopal N** son muy estables a las aguas duras, sales metálicas, incluso de metales pesados, ácidos, álcalis, reductores y oxidantes a base de peróxidos. Su estabilidad frente a los productos oxidantes que desprenden cloro es limitada, como sucede con todos los derivados de éteres poliglicólicos, lo que restringe su empleo en soluciones diluidas. No es posible la preparación de mezclas concentradas a base de oxidantes o reductores y derivados de éteres poliglicólicos.

a) En agua

La solubilidad en el agua crece al aumentar la longitud de la cadena de éter poliglicólico. El **Arkopal N-040** es casi insoluble en el agua. En cambio, el **Arkopal N-050** y el **Arkopal N-060** son solubles en la misma, dando soluciones turbias. Los restantes tipos de **Arkopal N** forman con el agua, a 20°C, soluciones claras.

Al diluir con agua los diversos tipos de **Arkopal N**, se produce primeramente un aumento notable de la viscosidad, que en los grados medios de oxietilación (**Arkopal N-080** hasta **Arkopal N-150**) y entre ciertos límites de concentración (de 45 a 70% de materia detergente activa) provoca la formación de geles bastante rígidos, que difícilmente se pueden disolver con agua fría. Para evitarlo, es conveniente diluir y disolver los tipos de **Arkopal N**, incorporándolos a agua entre caliente y muy caliente y agitando al mismo tiempo.

La formación de geles puede también evitarse adicionando alcoholes, glicoles, otros auxiliares de su solución y sales.

Con el **Arkopal N-060**, se producen soluciones turbias, con este pueden conseguirse sólo con agua soluciones estables si el contenido es menor de un 40% de materia detergente activa.

Para lograr soluciones auxiliares, tales como alcohol isopropílico, glicoles o combinaciones aniónicas adecuadas.

b) En disolventes orgánicos y aceites

La solubilidad de los tipos de **Arkopal N** en los medios no acuosos depende, así mismo, del grado de oxietilación. La solubilidad en los hidrocarburos alifáticos disminuye rápidamente al aumentar la longitud de la cadena de éter poliglicólico. En aceites minerales, petróleo e hidrocarburos parafínicos se disuelven, pues, sólo los productos **Arkopal N-040**, **Arkopal N-050** y **Arkopal N-060**, poco hidrófilos.

Todos los tipos de **Arkopal N** son solubles en hidrocarburos aromáticos, tales como benceno, tolueno y xilol, así como en alcoholes, cetonas y disolventes polares análogos. Esto reza también para los hidrocarburos clorados, como tetracloruro de carbono y tricloroetileno, entre otros.

Al contrario de lo que ocurre con las combinaciones aniónicas, la solubilidad en el agua de los tipos de **Arkopal N** no iónicos disminuyen al aumentar la temperatura. Las soluciones acuosas, transparentes a temperatura ambiente, se enturbian al calentarlas a una temperatura determinada, denominada punto de enturbiamiento.

El punto de enturbiamiento aumenta con la longitud de la cadena de éter poliglicólico, figurando en los diversos tipos de **Arkopal N** dentro del margen de temperaturas indicado en la tabla I. Los productos de

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

IATA 003

Octubre 2004
Página 2/4

Figura A.2.4. Aspectos generales del Arkopal N 100 (II).



Functional Chemicals Division

Arkopal® N

Producto para la Industria Detergente

muy alto grado de oxietilación, tales como el **Arkopal N-230** y el **Arkopal N-300**, diluidos en agua no presentan punto de enturbiamiento ni siquiera a temperatura de ebullición. Sin embargo, con adiciones de sal, como cloruro sódico, puede rebajarse y determinarse el punto de enturbiamiento.

El enturbiamiento es un fenómeno físico reversible, es decir que cuando las soluciones se enfrían recuperan su transparencia. Salvo algunas excepciones, el punto de enturbiamiento no afecta desfavorablemente el efecto de los tipos de **Arkopal N**, de manera que éstos pueden emplearse, en la mayoría de los casos, incluso a temperaturas superiores a su punto de enturbiamiento.

A través de la tabla I se desprende que el punto de enturbiamiento depende de la longitud de la cadena de éter poliglicólico (número de moléculas de óxido de etileno existentes) en agua, butildiglicol y cloruro sódico. El butildiglicol, auxiliar de la disolución, facilita la determinación del punto de enturbiamiento de los productos de reducido grado de oxietilación insolubles en agua, o que dan soluciones turbias.

Las propiedades tensioactivas varían de la misma manera que la solubilidad con el grado de oxietilación.

a) Tensión superficial:

El **Arkopal N-060** reduce al mínimo la tensión superficial. Al aumentar el grado de oxietilación disminuye la influencia sobre la tensión superficial del agua. (Tabla II)

b) Poder dispersante:

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

IATA 003

Octubre 2004
Página 3/4

Clariant Venezuela
Functional Chemicals Division

Los valores obtenidos según la norma DIN 53903 para el poder dispersante de los jabones calcareos (vease tabla II) indican que los **Arkopal N** poseen un poder dispersante excelente. Sin embargo, son de un valor limitado para la dispersabilidad de otras materias.

Tabla I

| Arkopal | Numero | Punto de enturbiamiento* (DIN 53917) | | |
|---------|--------|-----------------------------------------|---------|-------------|
| | | H2O | BDG | NaCl |
| N-040 | 4 | insoluble en agua | 36-38°C | - |
| N-050 | 5 | Turbio | 48-50°C | - |
| N-060 | 6 | Turbio | 61-63°C | - |
| N-080 | 8-9 | 32-34°C | 76-78°C | - |
| N-090 | 9-10 | 52-54°C | - | - |
| N-100 | 10 | 62-65°C | - | - |
| N-110 | 11 | 71-74°C | - | - |
| N-130 | 13 | 83-86°C | - | - |
| N-150 | 15 | 92-95°C | - | 61-63°C |
| N-230 | 23 | Transparente a 100°C | - | 73-75°C |
| N-300 | 30 | Transparente a 100 °C | - | 75,5-77,5°C |

Debido a la diversa solubilidad de estos productos, se emplean 3 soluciones de ensayos diferentes:

H2O: 1 g de producto, en matras aforado, con agua destilada hasta completar 100 cm³

BDG: 5 g del producto, en 25 cm³ de solución acuosa al 25% de butildiglicol

NaCl: 1 g del producto, disuelto en 100 cm³ de solución al 10% de sal común.

Figura A.2.5. Aspectos generales del Arkopal N 100 (III).



Functional Chemicals Division

Arkopal® N

Producto para la Industria Detergente

c) Poder humectante:

La curva 1 muestra el poder humectante de los diferentes tipos de Arkopal N, que también dependen considerablemente del grado de oxiutilación. Los más activos son el Arkopal N-090 y el Arkopal N-100.

| | | | | |
|-------|------|------|------|-----|
| N-130 | 47,5 | 32,5 | 31,9 | 3-4 |
| N-150 | 48,7 | 34,3 | 33,1 | 4-5 |
| N-230 | 52,1 | 39,0 | 35,6 | 5-6 |
| N-300 | 53,8 | 39,5 | 35,9 | 5-6 |

d) Poder espumante:

Los tipos de Arkopal N, derivados de óxido de etileno, se distinguen especialmente por su moderado o escaso poder espumante, que aumenta con el grado de oxiutilación. Sin embargo, aun en los productos de mayor efecto espumante de esta serie, el poder espumante es inferior al de los conocidos compuestos aniónicos, como los alquil-sulfatos, alcánsulfonato, alquilaryl-sulfonatos, etc.

Tabla II

| Arkopal | Tensión superficial (método del anillo) dinas/cm (20°C) | | | Poder dispersante de los jabones calcáreos (según DIN 53903) % |
|---------|---------------------------------------------------------|---------|-------|----------------------------------------------------------------|
| | 0,01 g/l | 0,1 g/l | 1 g/l | |
| N-040 | Insoluble en agua | | | Insoluble en agua |
| N-050 | Turbio | | | Turbio |
| N-060 | 38,2 | 30,1 | 29,4 | 5-6 |
| N-080 | 40,2 | 30,7 | 29,6 | 4-5 |
| N-090 | 44,1 | 30,9 | 30,2 | 3-4 |
| N-100 | 45,4 | 31,0 | 30,4 | 3-4 |
| N-110 | 46,0 | 31,4 | 30,7 | 3-4 |

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

IATA 003

Octubre 2004
Página 4/4

Clariant Venezuela
Functional Chemicals Division

Figura A.2.6. Aspectos generales del Arkopal N 100 (IV).



Functional Chemicals Division

Fenilsulfonato® LAS 50

Producto para la Industria Detergente

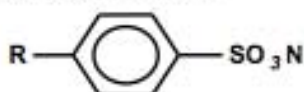
Composición/Denominación Química

Sal sódica de un alquilarylsulfonato lineal, biodegradable.

Nombre INCI

Dodecylbenzene sulfonate de sodio de cadena lineal
Numero CAS:
N/A

Fórmula Molecular



Datos Físicos Químicos

| | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspecto | Pasta fluida de color Blanco, en reposo y a Temperatura ambiente Tiende a separarse Necesitando agitación Antes de su uso. Una Vez en combinación Con otros tensoactivos O agua, permanece Estable. No contiene Agentes de blanqueo. |
| Materia activa (343) | 50 ± 1,0 |
| Materia no sulfonada | máx. 1,6 % |
| Sulfato de Sodio | máx. 1,3 % |

Estas informaciones corresponden a nuestros conocimientos más recientes y tiene como objetivo presentar nuestros productos y sus posibilidades de aplicación. No se pretende, sin embargo, garantizar con estas informaciones propiedades específicas de los productos o su aptitud para una determinada finalidad. Los métodos de análisis, especificaciones, fichas de seguridad y emergencia podrán ser obtenidos con nuestros técnicos y vendedores.

IATA 003

Octubre 2004
Página 1/1

Clariant Venezuela
Functional Chemicals Division

| | |
|----------------------|-----------------|
| Cloruro de Sodio | máx. 0,6 % |
| Agua | Balance a 100 % |
| pH (sol. al 1% M.A.) | 9,0 ± 1,0 |
| Hierro | máx. 5,0 ppm. |
| Peso molecular medio | 346 |
| Peso específico | Aprox. 1 |

Características

Materia activa tensoactiva aplicable especialmente en la preparación de detergentes líquidos, pastosos o polvo. Puede ser utilizado sólo o en combinación con otros tensoactivos aniónicos a fin de optimizar su poder detergente y espumante. Puede ser combinado con tensoactivos aniónicos, no iónicos o anfotéricos. Es biodegradable.

Fenilsulfonato LAS 50 es fácilmente soluble en agua fría. Las soluciones en agua con una concentración inferior a 30% materia activa produce líquido transparente y estable.

Figura A.2.7. Aspectos generales del Fenilsulfonato LAS 50.



| | | | | |
|----|-----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 15 | Fenilsulfonato LAS 50 | Alquilbencensulfonato de Sodio. | Fabricación de Detergentes (Líquidos, Pastosos o Polvo) y Limpiadores como: Lavaplatos, Jabones Líquidos, Champú para Tapicería y Formulas Generales. | Poder Detergente y Espumante. |
| 22 | Arkopal N 100 | Nonifenol Etoxilado 10 moles. | Tiene poco desempeño en solventes no polares y aceites. Funcionalmente ellos son Detergentes, Aditivos, Solubilizantes, Dispersantes y Estabilizantes. | Poder Espumante (menor a los aniónicos) |
| 67 | Genapol BD | Blend de Surfactantes Aniónicos y Anfóteros. | Formulación de Lavaplatos Líquidos de Alto Poder Desengrasante. | Alto Poder de Detergencia.Poder Espumante. |
| 69 | Hostapur SAS 60 | Alcano Sulfonato de Sodio. | Fabricación de Champú Transparente y Perlado, Champú Acondicionador, Jabones de Tocador Antibacterial, Champús para Mascotas, Geles de Baño, Jabón en Crema, Crema Dental, etc. | Compatibilidad dérmica, Acción Tensoactiva Pronunciada. |

Figura A.2.8. Características de los activos.

| | | | | # 003728 | |
|------------------------------|----------------------------------------|----------|------------------|-------------------|--|
| | | | | CONTADO | |
| | | | | Fecha: 18/08/2011 | |
| | | | | Vence: 18/08/2011 | |
| Cliente : CLIENTE INTERESADO | | | Pág: 1 | | |
| Dirección: | | | | | |
| Teléfonos: | | | | | |
| Vendedor : 01 | | | Orden de compra: | | |
| Código | Descripción | Cantidad | Precio | Total | |
| AKT001 | ARKOPAL N-100. | 4 | 26,00 | 104,00 | |
| TAR001 | TAMBOR NONIL FENOL DE 10 MOLES 215 KG. | 215 | 21,50 | 4.622,50 | |
| FET002 | FENILSULFONATO LAS 50 %. | 3,5 | 21,00 | 73,50 | |
| D00004 | TAMBOR DE FENILSULFONATO LAS 50% | 200 | 16,00 | 3.200,00 | |
| EE0023 | GENAPOL BD | 4 | 17,50 | 70,00 | |
| GE0023 | TAMBORES GENAPOL BD 200 KILOS | 200 | 16,00 | 3.200,00 | |
| RFD-31 | HOSTAPUR SAS 060 | 4 | 23,00 | 92,00 | |
| TRB001 | TAMBOR HOSTAPUR SAS TAMB. 160 KG. | 160 | 22,00 | 3.520,00 | |

Figura A.2.9. Lista de precios al mayor y detal de los distintos activos.



APÉNDICE B
RESULTADOS DEL SISTEMA DE SOPORTE A LA DECISIÓN DE LAS
ADMINISTRACIONES PÚBLICAS (SSD-AAPP)



En este apéndice se presenta una breve reseña de los métodos de cálculo así como los criterios y las alternativas empleadas para la matriz de decisión, utilizando el sistema de soporte de decisión SSD-AAPP, también se presenta todos los resultados generados por este programa.

Normalización

♣ Método 1: Fracción del ideal

Este procedimiento es el estándar a menos que el usuario solicite expresamente la normalización mediante otro. En este procedimiento intervienen dos nuevos conceptos, los denominados umbrales de saciedad, que están asociados a cada uno de los criterios. Estos serán calculados de forma automática por la aplicación, aunque el usuario podrá modificar aquellos que el sistema le permita en cada momento. A modo de resumen puede establecer que:

- 1) El umbral de saciedad máximo calculado en los criterios a maximizar será el valor máximo de las puntuaciones introducidas. Del mismo modo, el umbral de saciedad mínimo calculado en los criterios a minimizar será el mínimo de de estas puntuaciones. Los umbrales calculados no evitan, influencias por inclusión o eliminación de alternativas, por lo que el sistema permite su modificación.
- 2) El umbral de saciedad mínimo calculado en los criterios a maximizar es siempre 0 y el umbral de saciedad calculado en los criterios a minimizar es siempre infinito. La modificación de estos umbrales hace perder la proporcionalidad entre las puntuaciones asignadas y las puntuaciones normalizadas. En consecuencia, el sistema no lo permite. Los umbrales de saciedad serán re calculados SIEMPRE que se modifiquen puntuaciones o alternativas (inserción, borrado, activación, desactivación), previamente a la normalización de puntuaciones por Fracción del ideal. Si alguno de ellos se ha introducido manualmente, prevalecerá el introducido por el usuario.

Los umbrales se calculan, según los datos de criterios y puntuaciones, del modo siguiente:



Criterio a maximizar

$$a_i = 0$$

$b_i = \text{máximo en } j \text{ de } a_{ij}$

Criterio a minimizar

$a_i = \text{mínimo en } j \text{ de } a_{ij}$

$b_i = \text{infinito}$

La puntuación normalizada para criterios a maximizar es la siguiente:

$$u_{ij} = 0 \text{ si } a_{ij} \leq a_i$$

$$u_{ij} = (a_{ij} - a_i) / (b_i - a_i) \text{ si } a_i \leq a_{ij} < b_i$$

$$u_{ij} = 1 \text{ si } a_{ij} \geq b_i$$

En criterios a minimizar, el sistema transforma los valores, tanto de las puntuaciones como de los umbrales, en su inverso, tras lo cual pueden ser tratados como criterios a maximizar. La transformación que es transparente por el usuario, se realiza de la siguiente forma:

$$a^*_{ij} = 1/a_{ij}$$

$$a^*_i = 1/a_i$$

$$b^*_i = 1/b_i$$

Por lo que la puntuación normalizada para criterios a minimizar es la siguiente:

$$u_{ij} = 0 \text{ si } a^*_{ij} \leq a^*_i$$

$$u_{ij} = (a^*_{ij} - a^*_i) / (b^*_i - a^*_i) \text{ si } a^*_i \leq a^*_{ij} < b^*_i$$

$$u_{ij} = 1 \text{ si } a^*_{ij} \geq b^*_i$$

♣ Método 2: Fracción de la suma

Al tratarse de un procedimiento que no evita manipulaciones estratégicas por parte del usuario, se considera un procedimiento alternativo, por lo tanto opcional, que sólo se aplicará cuando



expresamente el usuario lo seleccione. Este procedimiento exige, como punto de partida, que las puntuaciones sean No-negativas, lo que está garantizado en SDD-AAPP a través de los controles existentes en la introducción de las puntuaciones.

Tras ello, y según el criterio, se normaliza de la siguiente manera:

Criterio a maximizar

$$u_{ij} = a_{ij} / \text{SUMA } j \ a_{ij}$$

Criterio a minimizar

Si existe algún $a_{ij} = 0$, $a_{ij} = a_{ij} + 1/100 * \min_j a_{ij}$ para todo j

Entonces se tornan los inversos de las puntuaciones, $a_{ij} = 1/a_{ij}$, para todo j , y se procede con las nuevas a_{ij} como en un criterio a maximizar (caso anterior)

♣ Método 3: Fracción del máximo

Al tratarse de un procedimiento que no evita manipulaciones estratégicas por parte del usuario, se considera como un procedimiento alternativo, por lo tanto opcional, que solo se aplicara cuando expresamente el usuario lo seleccione. Este procedimiento exige, como punto de partida, que las puntuaciones sean no-negativas, lo que está garantizando en SSD-AAPP a través de los controles que se realizan al introducir puntuaciones.

Tras ello, y según el tipo de criterio, se normaliza de la siguiente manera:

Criterio a maximizar

$$u_{ij} = a_{ij} / \text{MAX } j \ a_{ij}$$

Criterio a minimizar

Si existe algún $a_{ij} = 0$, $a_{ij} = a_{ij} + 1/100 * \min_j a_{ij}$ para todo j

Entonces se toman los inversos de las puntuaciones, $a_{ij} = 1/ a_{ij}$, para todo j , y se procede con las nuevas, a_{ij} como un criterio a maximizar (caso anterior).

Ordenación



Un método de ordenación es un procedimiento para, partiendo de las puntuaciones de alternativas, y eventualmente con otros parámetros (según el método) fijados por el decisor, obtener una puntuación final o global de las alternativas que permita ordenarlas de mejor a peor. En SSD están disponibles los siguientes métodos:

➤ **Método 1: Ponderación lineal**

Es el método de ordenación que se considera como estándar de SSD-AAPP. Sus nociones principales son las siguientes:

Precisar tomar como punto de partida las puntuaciones normalizadas, por lo tanto si el usuario no ha solicitado expresamente la normalización por un procedimiento específico, se efectuará la normalización estándar, por fracción del ideal, de modo transparente del usuario. Además, aunque sea transparente para el usuario, los pesos estarán ya normalizados por el procedimiento de fracción de la suma y cada vez que se referencien los pesos se suponen normalizados.

El procedimiento de cálculo es muy sencillo: para cada alternativa se multiplica su puntuación según cada criterio por el peso de dicho criterio, y la suma de todas estas cantidades es el valor, en escala $[0,1]$ de la puntuación global de esa alternativa. Puesto que el usuario está acostumbrado a trabajar con magnitudes $[0,100]$, las puntuaciones finales son trasladadas a esta escala, pudiendo el usuario indicar si dicha traslación se realiza normalizando la mejor alternativa a 100 o no. Las puntuaciones finales de cada una de las alternativas, se ordenarán de mayor a menor, obteniéndose por asociación la ordenación de las alternativas correspondientes.

➤ **Método 2: Promethée**

El método PROMETHÉE (Preference Ranking Organización Method for Enrichment Evaluations) es uno de los más recientes dentro de las categorías de los métodos de superación. Su objetivo esencial y declarado de este método es el hacerlo fácilmente comprensible por el decisor, siendo efectivamente uno de los más intuitivos de la DMD.

PROMETHEE hace abundante del rico concepto de pseudocriterio, del cual recordamos a continuación las características esenciales que vamos a necesitar, Así, con respecto a un cierto



criterio i a maximizar, la relación $R(A_j, A_k)$ de la alternativa A_j con respecto a la de A_k (con a_{ij} a_{ik}) suele tomarse como de preferencia si $a_{ij} > a_{ik}$, y como de indiferencia si $a_{ij} = a_{ik}$. O bien, para simplificar notación, podemos definir $d = a_{ij} - a_{ik}$, y concretar $R(A_j, A_k)$ es una función de preferencia $R(d)$ que toma valores en $[0,1]$. De esta manera el criterio usual sería expresable así:

$$R(A_j, A_k) : R(d) = \begin{cases} 0 \text{ (indiferencia), si } d = 0 \\ 1 \text{ (estricta preferencia), si } d > 0 \end{cases}$$

Caben aquí diversas generalizaciones como el llamado cuasi-criterio con preferencia lineal, que utiliza dos umbrales p y q de preferencia y de indiferencia:

$$R(A_j, A_k) : R(d) = \begin{cases} 0, \text{ si } d \leq q \\ (d - q) / (p - q), \text{ si } q < d \leq p \\ 1, \text{ si } d > p \end{cases}$$

Definidos por el decisor los parámetros p y q de cada criterio i del problema, pueden ya calcularse los denominados índices de preferencia c_{jk} (se suponen los pesos normalizados, de manera de suma = 1):

$$C_{ij} = \sum A_i w_i R_i(A_j, A_k)$$

Cuando c_{jk} se aproxima a 0 significa una débil preferencia, global a todos los criterios, de A_j respecto a A_k . Y cuando se aproxima a 1 una fuerte preferencia. La información hasta el momento puede presentarse fácil y últimamente de forma de un grafo, sobre el mismo calcular los llamados flujos salientes, entrantes y netos en cada nodo (alternativa) j del mismo:

$$\begin{aligned} \text{Flujo saliente} &= \sum A_{ij} c_{ij} \\ \text{Flujo entrante} &= \sum A_{kj} c_{kj} \\ \text{Flujo neto} &= \text{flujo saliente} - \text{flujo entrante} \end{aligned}$$



En método PROMETHEE utiliza esta información para concluir que:

A_j supera a A_k si el flujo neto de j es mayor que el de k

A_j es indiferente con A_j si los flujos son iguales

La puntuación que el sistema visualizará será el flujo neto de cada alternativa normalizado a escala [0,100] según la fórmula

$$v_i = (((f_i + (m - 1)) / 2(m - 1)) * 100$$

➤ Método 3: Topsis

Esta flexibilidad es en realidad una debilidad, pues ocurre que para que un mismo problema los resultados pueden perfectamente ser distintos según las opciones elegidas. Todas estas cuestiones se tienen en cuenta en el método TOPSIS. El método TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) afronta el dilema de trabajar con el ideal o con el anti-ideal. TOPSIS lo resuelve de forma ecléctica: para cada alternativa j con puntuaciones a_{ij} en los criterios $i=1, n$, calcula $d_p^*(j)$ y $d_p^-(j)$, las distancias (según la métrica p elegida) ponderadas (según los pesos w_i de los criterios) al ideal a^* o al anti-ideal a^- .

$$d_p^*(j) = [SUMA_i w_i^{**p} |a_i^* - a_{ij}|^{**p}]^{** 1/p}, j=1, m$$

$$d_p^-(j) = [SUMA_i w_i^{**p} |a_i^- - a_{ij}|^{**p}]^{** 1/p}, j=1, m$$

Y a continuación obtiene el Ratio de Similaridad al ideal:

$$D_p(j) = d_p^-(j) / (d_p^*(j) + d_p^-(j)), j = 1, m$$

Que oscilará desde $D_p(j) = 0$ (en el anti-ideal) hasta $D_p(j) = 1$ (en el ideal). Por ello $D_p(j)$ constituye una puntuación global final de las alternativas que directamente las ordena de mejor a peor (Max $D_p(j)$).



Puede demostrarse analíticamente que el método TOPSIS coincide con el de ponderación Lineal cuando se usa la métrica d_1 para las distancias, así como otras interesantes propiedades adicionales. Sin embargo, utilizando otras métricas para las distancias, los resultados pueden ser, y generalmente son, distintos.

➤ **Método 4: Lexicográfico con tolerancias.**

El método Lexicográfico con tolerancias se basa en el concepto de semiorden de Luce (1956), razón por la cual también se le conoce como semiorden Lexicográfico. En él, cada criterio C_i lleva ahora asociado con tolerancia ϵ_i de indiferencia, de forma que dos alternativas A_j y A_k se consideran indiferentes (empatadas) respecto a dicho criterio i si y solo si $|a_{ij} - a_{ik}| \leq \epsilon_i$.

Advertimos inmediatamente la previsible mayor necesidad de recurrir a los subsiguientes criterios a fin de dirimir empates. Aun cuando se demuestra que este procedimiento puede dar lugar a intrasitividades en la ordenación final de las alternativas, pueden diseñarse mecanismos para evitar estos efectos indeseables, tal y como se ha hecho en SSD-AAPP. No cabe duda, por ello, de que este método ofrece posibilidades ampliadas de adaptarse a los procesos reales de toma de decisiones, como el antes comentado del comprobador de bienes duraderos.



APÉNDICE C

INFORMACIÓN DEL PRODCUTO ULTRA CLEAN



J-07543776-4
BOLETIN TECNICO

ULTRA CLEAN SUPERLIMPIADOR LÍQUIDO PARA TODO USO

DESCRIPCION:

ULTRA CLEAN es una mezcla de agentes limpiadores, álcalis suaves, humectantes, detergentes aniónicos y no iónicos, inhibidores de corrosión, agentes secuestrantes y solventes orgánicos disueltos en medio acuoso estable, que se utiliza en la limpieza de superficies metálicas, maquinarias, pisos, etc.

CARACTERISTICAS:

- No es inflamable.
- No es tóxico.
- Biodegradable
- Económico, tan concentrado que puede diluirse hasta con 90 partes de agua.
- Alto poder emulsificante y saponificante.
- Penetra y remueve aceites, grasas, sebo, manteca, colorantes, tintas, sarro, oxidaciones, ceras, petróleo y otros sucios difíciles de diferentes superficies.
- No deja residuos, las superficies tratadas quedan listas para ser pintadas.
- Reemplaza efectivamente a los caros e inflamables solventes derivados del petróleo.
- No daña el metal, concreto, vinilo, plásticos, caucho, ni la mayoría de las pinturas y aislamientos.
- No ataca el aluminio ni las aleaciones.
- Remueve manchas de salitre.
- Remueve grasas de tuberías y poleas.
- No contiene solventes aromáticos ni clorados.
- Excelente como limpiador general para ser aplicado por rociado, brocha, mopa o inmersión.
- Fácil de enjuagar con agua.
- No es corrosivo a los metales
- Elimina y previene la formación de moho.
- Efectivo en la limpieza de vehículos de transporte en la remoción de aceites y mugres de las carreteras.
- Extraordinarios resultados en el lavado de motores y chasis en las estaciones de servicio y talleres.
- Poderoso desengrasante de equipos mecánicos y piezas metálicas.
- Elimina marcas de creyón, lápiz y de zapatos en pisos y paredes.

ULTRACLEAN

1

Figura C.1. Características del ULTRA CLEAN (I).



J-07543776-4

USOS:

ULTRA CLEAN LIMPIA Y DESENGRASA:

- Maquinaria industrial y piezas pequeñas.
- Pisos de concreto.
- Tornos, incluso para remover el lodo del sistema refrigerante.
- Equipos de la Industria Petrolera y Refinerías.
- El exterior de equipos eléctricos (apagados), generadores, transformadores.
- Exteriores e interiores de edificios.
- Unidades de filtración y bombeo de agua.
- Baños, vestidores, pisos y paredes en general.
- Hangares, talleres.
- Equipos de panadería y embotelladoras.
- Cocinas, campanas, sistemas de ventilación.
- Imprentas.
- Barcos y botes.
- Equipos de lecherías y procesamiento de alimentos en General.
- Equipos de empacadoras y enlatadoras.
- Vehículos de transporte (camiones, trenes, aviones, etc.)

MODO DE EMPLEO:

SUCIO PESADO:

Prepare diluciones utilizando 1 parte de **ULTRA CLEAN** por 5 a 10 partes de agua y aplique en cualquiera de las formas recomendadas, enjuague luego con suficiente agua para eliminar el sucio.

SUCIO NORMAL:

Prepare diluciones utilizando 1 parte de **ULTRA CLEAN** por 30 a 60 de agua, aplique y enjuague con suficiente agua para eliminar el sucio.

SUCIO LIGERO:

Prepare diluciones utilizando 1 parte de **ULTRA CLEAN** por 60 a 90 de agua, aplique y enjuague con suficiente agua para eliminar el sucio.

MAQUINA DE VAPOR O ALTA PRESION:

Use **ULTRA CLEAN** en diluciones de 1 parte por 40 partes de agua.

ULTRACLEAN

2

Figura C.2. Características del ULTRA CLEAN (II).



J-07543776-4

PROPIEDADES FISICO – QUÍMICAS:

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| FORMA | Líquido |
| COLOR | Amarillo Suave (ámbar claro) |
| OLOR | Solvente Suave |
| PTO DE INFLAMACION | No tiene |
| BIODEGRADABLE | Si |
| ESPUMA | Normal |
| PODER EMULSIONANTE | Bueno |
| HUMECTACION | Buena |
| PH 10% | 10 a 12 |
| ALCALINIDAD TOTAL | 2.8 ± 0.4 |
| DENSIDAD | 1.02 ± 0.02 grs. / cc a 25 °C |
| CONTENIDO EN NITROGENO (N) | 32 Gr. / Kg. |

PRECAUCIONES:

No ingiera este producto. En caso de salpicaduras en los ojos aplique abundante agua durante 15 minutos, solicite atención médica.
Manténgase alejado del alcance de los niños.

PRESENTACION:

Tambor 217 Kg.
Cuñete 21 Kg.
Granel

ADVERTENCIA: Las recomendaciones de este boletín están basadas en nuestros ensayos y experiencia y no implican garantía alguna, ya que las condiciones de aplicación quedan fuera de nuestro control. Recomendamos a nuestros clientes asegurarse de que el producto es el adecuado al uso que desea darle.

“CALIDAD Y SERVICIO”

ULTRACLEAN

3

Figura C.13. Características del ULTRA CLEAN (III).



PAGINA 1/2

ULTRACLEAN

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (HDSM)

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------|
| PRODUCTO ULTRA CLEAN | | CODIGO | |
| SECCION I - IDENTIFICACION DEL PRODUCTO | | | |
| NOMBRE DEL FABRICANTE LATIQUIM, C.A | | TELF. EMERGENCIA 0241-8716422 | |
| DIRECCION (NUMERO, CALLE, CIUDAD, ESTADO, PAIS, CODIGO POSTAL) zona Ind. Castillito, Av. 65 c/c 99 parcela L27- Valencia - Edo. Carabobo | | ventas@latiquim.com | |
| NOMBRE COMERCIAL Y SINONIMOS Superlimpiador Líquido | | NOMBRE QUIMICO Y SINONIMOS | |
| FAMILIA QUIMICA Mezcla de álcalis y detergentes | | FORMULA QUIMICA | |
| SECCION II - COMPONENTES PELIGROSOS DE LA MEZCLA | | | |
| Acido Sulfónico | 0 - 10% (UN:2586) | | |
| Cellosolve | 0 - 12% (UN:2369) | | |
| SECCION III - DATOS FISICO QUIMICOS TIPICOS | | | |
| APARIENCIA | Líquido | OLOR | Característico |
| PTO. EBULLICION | NA | GRAVEDAD ESPECIFICA | 1,09 +/- 0,01 gr/ml |
| SOLUBILIDAD | Total | PH al 10% | 11,0 - 12,0 |
| BUIDEGRADABILIDAD | | CONCENTRACION | |
| SECCION IV - DATOS SOBRE RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSION | | | |
| PUNTO DE INFLAMACION | LIMITE INFLAMABILIDAD | LEI | LES |
| NA | (PORCENTAJE POR VOLUMEN) | NA | NA |
| METODO DE EXTINCION DEL FUEGO | | | |
| Polvo químico seco, CO2, neblina de baja presión | | | |
| TECNICAS EXPECIALES PARA COMBATIR EL FUEGO | | | |
| NA | | | |
| RIESGOS NO CONVENCIONLES DE FUEGO Y EXPLOSION | | | |
| NA | | | |
| PRODUCTOS PELIGROSOS GENERADOS DE LA COMBUSTION | | | |
| NA | | | |

Figura C.4. Hoja de datos de seguridad del ULTRA CLEAN (I).



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (HDSM)

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| PRODUCTO ULTRA CLEAN | | CODIGO | |
| SECCION V - DATOS SOBRE RIESGOS A LA SALUD | | | |
| MANEJO DEL MATERIAL CONCENTRACIONES LIMITES (OSHA ó AXGIH) | | | |
| EFFECTOS POR EXPOSICION | No determinada | AGUDOS | No determinada |
| PROLONGADA | No determinada | CRONICOS | No determinada |
| PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIAS Y PRIMEROS AUXILIOS | | En caso de ingestión no induzca el vómito, beber gran cantidad de agua. Acuda al médico de inmediato. | |
| En caso de contacto con la piel lavar con agua y jabón. | | | |
| En caso de contacto con los ojos lavar con agua por 20 min. | | | |
| SECCION VI - DATOS DE REACTIVIDAD | | | |
| ESTABILIDAD | INESTABLE | CONDICIONES A EVITAR | |
| | ESTABLE | Si | Evite el contacto con ácidos fuertes. |
| INCOMPATIBILIDAD (MATERIALES CON LOS CUALES SE DEBE EVITAR CONTACTO EN TRANSPORTE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO) | | | |
| Puede reaccionar de manera violenta al estar en contacto con ácidos fuertes. | | | |
| PRODUCTOS PELIGROSOS DE LA DESCOMPOSICION | | No se conocen | |
| SECCION VII - RIESGOS POR FUGAS O DERRAMES | | | |
| PASOS A SEGUIR EN CASO DE FUGAS O DERRAMES DEL MATERIAL | | | |
| Recoja el derrame utilizando tierra, arena u otro material, enjuague con abundante agua | | | |
| METODO PARA LA DISPOSICION DE DESECHOS | | | |
| Los estipulados por las autoridades locales. | | | |
| SECCION VIII - INFORMACION SOBRE PROTECCION PERSONAL | | | |
| PROTECCION RESPIRATORIA (TIPO ESPECIFICO) | | | |
| Mascarilla 3M | | | |
| VENTILACION | EXTRACCION DE GASES DEL LOCAL | | ESPECIAL |
| | MECANICA (GENERAL) | | OTRO |
| PROTECCION A LAS MANOS | Guantes de Goma | PROTECCION A LOS OJOS | Lentes de seguridad |
| OTROS EQUIPOS DE PROTECCION | Delantal y botas de Goma. | | |
| SECCION IX - PRECAUCIONES DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO | | | |
| PRECAUCIONES A TOMAR EN EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO | | | |
| Almacene en un lugar seguro y fresco, alejado de fuentes de calor. | | | |
| PRECAUCIONES ADICIONALES | | | |
| Mantenga los envases bien cerrados. | | | |
| FECHA EMISION | Oct-03 | Feb-12 | APROBADO POR GERENCIA TECNICA |
| | NUEVA | REVISADA | SECCION HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL |
| LA INFORMACION DE ESTA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ESTA BASADA EN NUESTRO NIVEL DE CONOCIMIENTO ACTUAL. EN CUANTO QUE LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE LOS USUARIOS ESTAN FUERA DE NUESTRO ALCANCE Y CONTROL, EL PRODUCTO NO DEBE UTILIZARSE PARA FINES DISTINTOS A LOS ESPECIFICADOS EN EL BOLETIN TECNICO. ES SIEMPRE RESPONSABILIDAD DEL USUARIO APLICAR LAS MEDIDAS NECESARIAS PARA CUMPLIR CON LAS EXIGENCIAS DE SEGURIDAD. | | | |

Figura C.5. Hoja de datos de seguridad del ULTRA CLEAN (II).



Señores:
Inversiones Maxi Valencia, C.A.
Carlos Eduardo Ohep Gomez
TELEFONO: 0241 8250403 / 0414 5259622

Valencia, 30 de Mayo de 2012

COTIZACIÓN

Atendiendo su amable solicitud, anexo encontrará los precios de los productos solicitados:

| Código | Producto | Presentación | Kilos | Bs.F C/KG | Total Bs.F. | Cant.Req. | Total Bs.F. |
|------------|-------------------------------------------------------|--------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 05-37-0801 | ULTRA CLEAN | Maxi Cubo | 1040 | 17,45 | 18.148,00 | 1 | 18.148,00 |
| 05-37-0802 | Súper limpiador liquido y desengrasante para todo uso | TAMBOR | 208 | 18,35 | 3.816,80 | 1 | 3.816,80 |
| 05-37-0803 | | CARBOYA | 60 | 18,90 | 1.134,00 | 1 | 1.134,00 |
| 05-37-0804 | | CUÑETE | 21 | 19,95 | 418,95 | 1 | 418,95 |

Nota: Los precios detallados no incluyen IVA, y los mismos han sido calculados a razón de Bs. 4,30 por Dólar, en caso de variación nos obliga a presentar nuevos precios.

Condiciones de Venta:

- Condición de Pago: Contado
- Condiciones de Entrega: 7 días después de recibida la Orden de Compra
- Validez de la Oferta: 7 días

Usted cuenta también con los siguientes servicios:

- Asistencia técnica en cada una de sus plantas.
- Equipos Espumadores, Dilutores y Dispensadores para el uso de nuestros productos
- Charlas y asesoramiento al personal de cada una de sus plantas
- Presentación de Inventario para el mejor control de los productos, elaborado por nuestro Asesor Comercial

Con la seguridad de que saldremos favorecidos con su gentil orden de compra y así darnos la oportunidad de servirles y atenderles.

Atentamente,

Aura Monasterio
Gerencia Nacional de Ventas
LATIQUIM, C.A.
Teléfono: 0241-871.6422
Movil: 0412-289.63.65
Fax: 0241-871.7694
e-mail: auramonasterio@latiquim.com

Figura C.6. Lista de precios y presentaciones del ULTRA CLEAN.



APÉNDICE D

CÁLCULOS TÍPICOS



CÁLCULOS TÍPICOS

1. Cálculo de la densidad.

$$\rho_d = \frac{(M_d)}{V_{pic}} \cdot F_{C1} \quad (I)$$

Donde:

ρ_{MG} : densidad del desengrasante (kg/L)

M_d : masa del desengrasante (g)

V_{pic} : volumen de picnómetro (mL)

F_{C1} : factor de conversión ($1 \frac{kg \cdot mL}{L \cdot g}$)

$$\rho_d = \frac{(17,8215)g}{20 \text{ mL}} \cdot 1 \frac{kg \cdot mL}{L \cdot g}$$
$$\rho_d = 0,8911 \text{ kg/L}$$

Por se valores digitales, el error se establece como la apreciación de la balanza analítica.

$$\rho_d = (0,8911 \pm 0,0001) \text{ kg/L}$$

2. Masa del aceite.

$$P_{aceite} = P_{Sa} - P_{Sr} \quad (II)$$

Donde:

P_{aceite} : masa del aceite (g).

P_{Sa} : masa de la superficie con aceite (g).

P_{Sr} : masa de la superficie (g).

$$P_{aceite} = 46,7810g - 45,6272g$$
$$P_{aceite} = 1,1538g$$

El erro asociado a este valor es igual a la apreciación de la balanza, debido a que es una lectura digital.



$$P_{aceite} = (1,1538 \pm 0,0001)g$$

3. Porcentaje de remoción de grasa.

$$\%Re = \frac{(P_{Sa} - P_{final})}{P_{aceite}} \times 100 \text{ (III)}$$

Donde:

P_{Sa} : masa de la superficie con el aceite (g).

P_{final} : masa final de la superficie (g).

$\%Re$: porcentaje de remoción de grasa (adim).

$$\%Re = \frac{(46,7810 - 45,6943)g}{1,1538g} \times 100$$

$$\%Re = (94,1844 \pm 0,0001)\%$$

4. Normalidad del yoduro (I).

$$N_{I^-} = \frac{V_{Na_2S_2O_3} \times N_{Na_2S_2O_3}}{V_{I^-}} \text{ (IV)}$$

Donde:

$V_{Na_2S_2O_3}$: volumen de la solución de tiosulfato de sodio (mL).

$N_{Na_2S_2O_3}$: normalidad de la solución de tiosulfato de sodio (eq/L).

V_{I^-} : volumen de yoduro (mL).

N_{I^-} : normalidad del yoduro (eq/L).

$$N_{I^-} = \frac{0,90mL \times 0,02eq/L}{100mL}$$



$$N_{I^-} = 0,00018 \text{ eq/L}$$

5. Oxígeno disuelto.

$$O_2 = 1000 \times 8 \times N_{I^-}$$

Donde:

O_2 : oxígeno disuelto (mg/L).

$$O_2 = 1000 \times 8 \times 0,00018 \text{ eq/L (V)}$$

$$O_2 = 0,18 \text{ mg/L}$$

6. Cálculo del volumen del tanque de agitación.

$$V_t = \frac{\dot{M}_d}{\rho_d} \text{ (VI)}$$

Donde:

V_t : volumen del tanque (L).

\dot{M}_d : flujo diario desengrasante (kg/día).

ρ_d : densidad del desengrasante (kg/L).

La flujo diario del desengrasante y el tiempo se tomaron como base de cálculo, siendo la masa de desengrasante igual a 4kg/día, mientras que para el tiempo se consideró un día.

$$V_t = \frac{4 \text{ kg/día}}{0,8911 \text{ kg/L}} \text{ (VI)}$$

$$V_t = 4,4888 \text{ L}$$

Seguidamente se determina el error asociado a la ecuación anterior a través del método de las derivadas parciales, obteniendo:



$$\Delta V_d = \left| \frac{\partial V_d}{\partial M_d} \right| \cdot \Delta M_d + \left| \frac{\partial V_d}{\partial \rho_d} \right| \cdot \Delta \rho_d \quad (\text{VII})$$

$$\Delta V_d = \left| \frac{1}{\rho_d} \right| \cdot \Delta M_d + \left| \frac{-M_d \cdot t \cdot 1}{\rho_d^2} \right| \cdot \Delta \rho_d$$

$$\Delta V_{MG} = \left| \frac{1}{0,8911 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} \right| \cdot 0,01 \text{ kg} + \left| \frac{-4 \text{ kg} \cdot 1}{\left(0,8911 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right)^2} \right| \cdot 0,0001 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$\Delta V_{MG} = 0,0107 \approx 0,01 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

Obteniendo como resultado:

$$V_{MG} = (4,49 \pm 0,01)\text{L}$$

Tomando en cuenta el factor de sobredimensionamiento igual al 10%, se obtiene como volumen final del tanque:

$$V_{MG} = (4,93 \pm 0,01)\text{L} \approx 5,00 \text{ L}$$



APÉNDICE E

TABLAS



Tabla E.1. Propiedades de las formulaciones

| | pH | Densidad ($\rho \pm 0,0001$)kg/L |
|----|----|------------------------------------|
| F1 | 13 | 1,0257 |
| F2 | 13 | 1,0433 |
| F3 | 13 | 0,8910 |

Tabla E.2. Remoción de aceite mineral.

| | F1 a) | F2 a) | F3 a) |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 62,4053 | 49,4826 | 62,3520 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 64,4233 | 51,4915 | 64,3709 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 66,4576 | 53,5059 | 66,4773 |
| Masa final ($P_{f_{inal}} \pm 0,0001$)g | 62,4885 | 49,5250 | 62,4076 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 2,0180 | 2,0089 | 2,0189 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 2,0343 | 2,0144 | 2,1064 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 95,8771 | 97,8894 | 97,2460 |



Tabla E.3. Remoción de aceite mineral II.

| | F1 a) | F2 a) | F3 a) |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 62,4083 | 49,4846 | 62,3544 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 64,4229 | 51,5097 | 64,3689 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 66,4182 | 53,5081 | 66,4141 |
| Masa final ($P_{f_{inal}} \pm 0,0001$)g | 62,4614 | 49,5314 | 62,3913 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 2,0146 | 2,0251 | 2,0145 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 1,9953 | 1,9984 | 2,0452 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 97,3642 | 97,6778 | 98,1532 |

Tabla E.4. Remoción de aceite vegetal.

| | F1 a) | F2 a) | F3 a) |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 62,4107 | 49,4865 | 62,3556 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 64,4282 | 51,4972 | 64,3696 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 66,4662 | 53,4917 | 66,3783 |
| Masa final ($P_{f_{inal}} \pm 0,0001$)g | 62,4576 | 49,5739 | 62,3900 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 2,0175 | 2,0107 | 2,0140 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 2,038 | 1,9945 | 2,0087 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 97,6753 | 95,6532 | 98,2919 |



Tabla E.5. Remoción de aceite vegetal reciclado.

| | F1 a) | F2 a) | F3 a) |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 62,4091 | 49,4854 | 62,3537 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 64,4070 | 51,5068 | 64,3698 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 66,4435 | 53,5185 | 66,4084 |
| Masa final ($P_{f_{inal}} \pm 0,0001$)g | 62,4503 | 49,4965 | 62,3690 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,9979 | 2,0118 | 2,0161 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 2,0365 | 1,9945 | 2,0386 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 97,9378 | 95,6010 | 99,2411 |



Tabla E.6. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro negro.

| | F1 | F2 | F3 |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 55,2384 | 56,4838 | 55,2375 |
| | 58,0849 | 58,0853 | 58,0861 |
| | 56,4837 | 55,2382 | 56,4844 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 56,5993 | 57,8412 | 56,6464 |
| | 59,5920 | 59,3093 | 59,3082 |
| | 57,3042 | 56,4433 | 57,5429 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 57,8787 | 58,2424 | 57,9514 |
| | 60,6966 | 61,0026 | 61,4453 |
| | 58,6715 | 57,8334 | 59,9649 |
| Masa final ($P_{f_{inal}} \pm 0,0001$)g | 55,3174 | 56,5541 | 55,2555 |
| | 58,1950 | 58,1483 | 58,1016 |
| | 56,5859 | 55,2964 | 56,4965 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,3609 | 1,3574 | 1,4089 |
| | 1,5071 | 1,2240 | 1,2221 |
| | 0,8235 | 1,2051 | 1,0585 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 1,2794 | 0,4012 | 1,3050 |
| | 1,1046 | 1,6933 | 2,1371 |
| | 1,3673 | 1,3901 | 2,4220 |
| Remoción (% $Re \pm 0,0001$) | 94,1950 | 94,8210 | 98,7224 |
| | 92,6946 | 94,8530 | 98,7317 |
| | 87,2252 | 95,1705 | 98,8569 |



Tabla E.7. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro negro.

| | F1 | F2 | F3 |
|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 56,4815 | 56,4821 | 56,4819 |
| | 55,2359 | 55,2359 | 55,2343 |
| | 58,0827 | 58,0829 | 58,0828 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 58,3394 | 58,1266 | 58,3913 |
| | 57,2904 | 56,8511 | 56,9514 |
| | 60,2052 | 59,7430 | 59,9319 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 58,7583 | 58,7650 | 60,5435 |
| | 57,9707 | 57,7689 | 58,6573 |
| | 61,2628 | 60,9944 | 61,8971 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 56,6233 | 56,5676 | 56,5587 |
| | 55,4491 | 55,2766 | 55,2909 |
| | 58,2772 | 58,1207 | 58,1639 |
| Masa de aceite ($P_{a_{\text{aceite}}} \pm 0,0001$)g | 1,8579 | 1,6445 | 1,9094 |
| | 2,0545 | 1,6152 | 1,7171 |
| | 2,1225 | 1,2514 | 1,8491 |
| Masa desengrasante ($P_{d_{\text{desengrasante}}} \pm 0,0001$)g | 0,4189 | 0,6384 | 2,1522 |
| | 0,6803 | 0,9178 | 1,7059 |
| | 1,0576 | 1,2514 | 1,9652 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 92,3677 | 94,8008 | 95,9778 |
| | 89,6228 | 97,4802 | 96,7034 |
| | 90,8363 | 97,7230 | 95,6140 |



Tabla E.8. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 58,0819 | 58,0805 | 58,0790 |
| | 55,2341 | 55,2347 | |
| | 56,4810 | 56,4767 | 56,4767 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 60,6551 | 59,9365 | 60,2514 |
| | 57,4071 | 56,9819 | |
| | 59,3145 | 58,5125 | 58,2822 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 61,5505 | 60,8533 | 61,4357 |
| | 58,1162 | 57,9745 | |
| | 60,6780 | 59,3018 | 59,5169 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 58,1654 | 58,1121 | 58,2132 |
| | 55,3091 | 55,3195 | |
| | 56,5946 | 56,5769 | 56,5903 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 2,5732 | 1,8560 | 2,1724 |
| | 2,1730 | 1,7472 | |
| | 2,8335 | 2,0358 | 1,8055 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,8954 | 0,9168 | 1,0943 |
| | 0,7091 | 0,9926 | |
| | 1,3635 | 0,7893 | 1,2347 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 96,7550 | 98,2974 | 93,8225 |
| | 96,5486 | 95,1465 | |
| | 95,9908 | 95,0781 | 93,7081 |



Tabla E.9. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro comercial.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 24,6051 | 24,6097 | 24,6113 |
| | 25,2124 | 24,7128 | 24,7137 |
| | 24,7106 | 25,2140 | 25,2125 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 25,6781 | 25,5996 | 25,7926 |
| | 26,5587 | 26,0120 | 26,0205 |
| | 25,9371 | 26,5478 | 26,6133 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 26,9648 | 26,3041 | 27,3905 |
| | 27,9406 | 26,6276 | 27,4390 |
| | 27,3454 | 27,1009 | 27,8570 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 24,6973 | 24,6768 | 24,6640 |
| | 25,2925 | 24,7764 | 24,7560 |
| | 24,7666 | 25,2784 | 25,2655 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,0730 | 0,9899 | 1,1813 |
| | 1,3483 | 1,2992 | 1,3068 |
| | 1,2265 | 1,3338 | 1,4008 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 1,2867 | 0,7045 | 1,5979 |
| | 1,3819 | 0,6156 | 1,4185 |
| | 1,4083 | 0,5531 | 1,2437 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 91,4073 | 93,2215 | 95,5388 |
| | 93,9108 | 95,1047 | 96,7630 |
| | 93,4342 | 95,1717 | 96,2164 |



Tabla E.10. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro comercial.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 24,6094 | 24,6061 | 35,7804 |
| | 24,7103 | 24,7096 | 24,7069 |
| | 25,2082 | 25,2057 | 25,2040 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 26,1778 | 25,5264 | 37,8326 |
| | 25,6797 | 25,8704 | 25,5850 |
| | 26,4276 | 26,5505 | 26,2615 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 26,5523 | 25,7337 | 38,6242 |
| | 26,2178 | 26,3123 | 25,9335 |
| | 26,8959 | 27,2298 | 26,7721 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 24,6493 | 24,6360 | 35,7989 |
| | 24,7475 | 24,7360 | 24,7183 |
| | 25,2434 | 25,2295 | 25,2040 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,5684 | 0,9103 | 2,0522 |
| | 0,9694 | 1,1608 | 0,8781 |
| | 1,2194 | 1,3448 | 1,0575 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,3745 | 0,2173 | 0,7916 |
| | 0,5381 | 0,4419 | 0,3485 |
| | 0,4683 | 0,6783 | 0,5106 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 97,4560 | 96,7154 | 99,0985 |
| | 96,1626 | 97,7257 | 98,7017 |
| | 97,1133 | 98,2302 | 100 |



Tabla E.11. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro comercial.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 24,6041 | 24,7060 | 24,7051 |
| | 35,7775 | 24,6040 | 25,1979 |
| | | 35,7783 | 24,6003 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 25,7789 | 25,8123 | 25,9026 |
| | 37,7371 | 25,6588 | 26,4855 |
| | | 37,7998 | 25,9598 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 26,0586 | 26,0150 | 26,2118 |
| | 38,3200 | 26,0415 | 26,9935 |
| | | 38,2745 | 26,4130 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 24,6453 | 24,7324 | 24,7154 |
| | 35,823 | 24,6285 | 25,2073 |
| | | 35,8185 | 24,6215 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,1748 | 1,1063 | 1,1975 |
| | 1,9596 | 1,0548 | 1,2876 |
| | | 2,0215 | 1,3595 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,2797 | 0,2027 | 0,3092 |
| | 0,5829 | 0,3827 | 0,5080 |
| | | 0,4747 | 0,4532 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 96,4330 | 97,6137 | 99,1399 |
| | 97,6781 | 97,6773 | 99,2699 |
| | | 98,0114 | 98,4406 |



Tabla E.12. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 36,4035 36,6005 37,1656 | 36,4067 36,6033 37,1713 | 36,4052 36,6029 37,1704 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 37,6252 37,7202 38,6693 | 37,3315 37,8798 38,5775 | 37,5868 38,0215 37,9337 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 38,6124 38,8005 39,8020 | 37,8153 38,7113 39,3691 | 38,6865 39,2934 39,2242 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 36,4920 36,6651 37,2646 | 36,4608 36,6679 37,2455 | 36,4443 36,6453 37,2408 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,2217 1,1197 1,5037 | 0,9248 1,2765 1,4062 | 1,1816 1,4186 0,7633 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,9872 1,0888 1,1327 | 0,4838 0,8315 0,7916 | 1,0997 1,2719 1,2905 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 92,7560 94,2306 93,4162 | 94,1500 94,9393 94,7234 | 96,6909 97,0111 90,7769 |



Tabla E.13. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 36,4051 | 37,2616 | 37,1686 |
| | 36,6026 | 36,4040 | 36,6043 |
| | 37,1681 | 36,6023 | 36,4080 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 37,7813 | 38,5609 | 38,3377 |
| | 37,8298 | 37,4073 | 37,7416 |
| | 38,4451 | 37,8457 | 37,5291 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 38,0123 | 38,9954 | 39,0454 |
| | 38,0648 | 38,0846 | 38,3487 |
| | 39,1869 | 38,3450 | 38,2362 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 36,4618 | 37,3369 | 37,1826 |
| | 36,6663 | 36,4392 | 36,6211 |
| | 37,2236 | 36,6331 | 36,4198 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,3762 | 1,2993 | 1,1691 |
| | 1,2272 | 1,0033 | 1,1373 |
| | 1,2770 | 1,2434 | 1,1211 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,2310 | 0,4315 | 0,7077 |
| | 0,2350 | 0,6773 | 0,6071 |
| | 0,7418 | 0,4993 | 0,7071 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 95,8800 | 94,2046 | 98,8025 |
| | 94,8093 | 96,4916 | 98,5228 |
| | 95,6539 | 97,5229 | 98,9475 |



Tabla E.14. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de hierro galvanizado.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 37,1676 | 37,1676 | 37,1652 |
| | 36,4097 | 36,4056 | 36,4042 |
| | 36,6024 | 36,6029 | 36,6018 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 38,5657 | 38,8046 | 38,4286 |
| | 37,8822 | 38,4924 | 37,5070 |
| | 37,7802 | 38,0642 | 37,6670 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 38,8168 | 38,9904 | 39,0549 |
| | 38,1734 | 38,7192 | 38,0433 |
| | 38,0993 | 38,4758 | 38,4180 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 37,1926 | 37,2295 | 37,1717 |
| | 36,4348 | 36,4410 | 36,4112 |
| | 36,6276 | 36,6283 | 36,0203 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,3981 | 1,6370 | 1,2634 |
| | 1,4725 | 2,0868 | 1,1028 |
| | 1,1778 | 1,4613 | 1,0652 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,2511 | 0,1858 | 0,6263 |
| | 0,2912 | 0,2268 | 0,5363 |
| | 0,3191 | 0,4116 | 0,7510 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 98,2119 | 96,2187 | 99,4855 |
| | 98,2954 | 98,3036 | 99,3653 |
| | 97,8604 | 98,2612 | 98,2632 |



Tabla E.15. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de aluminio.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 18,9649 | 18,9658 | 18,9661 |
| | 17,9388 | 17,9410 | 17,9405 |
| | 19,0884 | 19,0895 | 19,0899 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 20,1541 | 20,2213 | 20,0944 |
| | 19,0251 | 19,2028 | 19,0797 |
| | 20,3999 | 20,4164 | 20,5367 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 21,1499 | 21,1815 | 21,1157 |
| | 20,0523 | 20,3031 | 19,9669 |
| | 21,4186 | 21,4591 | 21,5875 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 19,0661 | 19,0226 | 19,0400 |
| | 18,0080 | 17,9933 | 17,9875 |
| | 19,1810 | 19,1482 | 19,1559 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,1892 | 1,2555 | 1,1283 |
| | 1,0863 | 1,2618 | 1,1392 |
| | 1,3115 | 1,3269 | 1,4468 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,9958 | 0,9602 | 1,0213 |
| | 1,0272 | 1,1003 | 0,8872 |
| | 1,0187 | 1,0427 | 1,0508 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 91,4900 | 95,4759 | 93,4503 |
| | 93,6298 | 95,8551 | 95,8743 |
| | 92,9394 | 95,5762 | 95,4382 |



Tabla E.16. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de aluminio.

| | F1 | F2 | F3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 18,9664 | 18,9636 | 18,9640 |
| | 17,9402 | 19,0872 | 19,0851 |
| | 19,0886 | 18,0196 | 17,9383 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 20,8798 | 20,5140 | 20,5043 |
| | 19,8067 | 20,3463 | 20,2642 |
| | 20,5748 | 19,4980 | 19,8245 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 21,2800 | 20,8601 | 21,2027 |
| | 20,1658 | 20,0936 | 20,6697 |
| | 21,2439 | 19,9544 | 20,3758 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 18,9808 | 19,0179 | 18,9719 |
| | 17,9856 | 19,1236 | 19,1027 |
| | 19,1215 | 18,0712 | 17,9860 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,9134 | 1,5504 | 1,5403 |
| | 1,8665 | 1,2591 | 1,1791 |
| | 1,4862 | 1,4784 | 1,8862 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,4002 | 0,3461 | 0,6984 |
| | 0,3591 | 0,5573 | 0,4055 |
| | 0,6691 | 0,4564 | 0,5513 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 99,2474 | 96,4977 | 99,4871 |
| | 97,5676 | 97,1090 | 98,5073 |
| | 97,7863 | 96,5097 | 97,4711 |



Tabla E.17. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de aluminio.

| | F1 | F2 | F3 |
|--------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v\pm 0,0001}$)g | 18,9625 | 18,9643 | 18,9625 |
| | 19,0860 | 17,9380 | 19,0874 |
| | 17,9378 | 19,0876 | 17,9380 |
| Masa S con aceite ($P_{v\pm 0,0001}$)g | 20,4133 | 20,8521 | 20,6108 |
| | 21,3457 | 19,5152 | 20,1221 |
| | 19,4665 | 20,8175 | 19,1590 |
| Masa S con producto ($P_{d\pm 0,0001}$)g | 20,7362 | 21,1416 | 21,2496 |
| | 21,8136 | 19,8021 | 20,8137 |
| | 19,8430 | 21,1090 | 19,7406 |
| Masa final ($P_{f\text{inal}\pm 0,0001}$)g | 19,0233 | 19,0075 | 18,9647 |
| | 19,1153 | 17,9681 | 19,0896 |
| | 17,9457 | 19,1238 | 17,9388 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}\pm 0,0001}$)g | 1,4508 | 1,8878 | 1,6483 |
| | 2,2597 | 1,5772 | 1,0347 |
| | 1,5287 | 1,7299 | 1,2210 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}\pm 0,0001}$)g | 0,3239 | 0,2895 | 0,6388 |
| | 0,4679 | 0,2869 | 0,6916 |
| | 0,3675 | 0,29159 | 0,5816 |
| Remoción (% $Re\pm 0,0001$) | 95,8092 | 97,7116 | 99,8665 |
| | 98,7034 | 98,0916 | 99,7874 |
| | 99,4832 | 97,9034 | 99,9345 |



Tabla E.18. Remoción de aceite mineral de las diferentes formulaciones, en la superficie de acero.

| | F1 | F2 | F3 |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 45,8456 47,0695 45,6271 | 45,8412 47,0755 45,6307 | 45,8568 47,0722 45,6308 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 47,7135 48,6872 47,1485 | 47,2629 48,1646 46,76044 | 46,6477 47,8625 46,4224 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 49,7940 50,2826 48,8765 | 48,1109 49,2475 47,5047 | 47,5328 48,8573 47,8311 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 45,9995 47,2071 45,7529 | 45,9368 47,1926 45,7368 | 45,9117 47,1309 45,6740 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,8679 1,6177 1,5214 | 1,4217 1,0891 1,1297 | 0,7909 0,7903 0,7916 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 2,0805 1,5954 1,7280 | 0,8480 1,0829 0,7443 | 0,8851 0,9948 1,4087 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 91,7608 91,4940 91,7313 | 93,2757 89,2480 90,6081 | 93,0585 92,5724 94,5426 |



Tabla E.19. Remoción de aceite vegetal de las diferentes formulaciones, en la superficie de acero.

| | F1 | F2 | F3 |
|------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 45,8593 | 45,8534 | 45,8577 |
| | 47,0727 | 47,0708 | 47,0718 |
| | 45,6301 | 45,6296 | 45,6297 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 47,2696 | 46,9435 | 46,9423 |
| | 48,6383 | 48,3374 | 48,2170 |
| | 46,8875 | 46,7921 | 46,7526 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 47,8118 | 47,1623 | 47,4026 |
| | 49,0094 | 48,6156 | 49,0192 |
| | 47,7157 | 47,1018 | 49,5977 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 45,8961 | 46,0353 | 45,8791 |
| | 47,1032 | 46,1156 | 47,1198 |
| | 45,6647 | 45,7592 | 45,6457 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,4103 | 1,0901 | 1,0846 |
| | 1,566 | 1,2666 | 1,1452 |
| | 1,2574 | 1,1625 | 1,1229 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,5422 | 0,2188 | 0,4603 |
| | 0,3711 | 0,2782 | 0,8022 |
| | 0,8282 | 0,3097 | 2,8451 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 97,3906 | 83,3135 | 98,0269 |
| | 98,0268 | 96,4627 | 95,8086 |
| | 97,2483 | 88,8516 | 98,5751 |



Tabla E.20. Remoción de aceite vegetal reciclado de las diferentes formulaciones, en la superficie de acero.

| | F1 | F2 | F3 |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 45,8584 47,0710 45,6295 | 45,8573 47,0715 45,6280 | 45,8594 47,0713 45,6308 |
| Masa S con aceite ($P_{v_a} \pm 0,0001$)g | 48,1047 48,2316 47,1539 | 47,1540 48,6745 46,8318 | 47,0365 48,5166 47,3589 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 48,3984 48,5498 47,6148 | 47,3461 48,8727 47,1013 | 47,9202 49,7238 48,3722 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 45,8796 47,0828 45,6870 | 45,8725 47,0969 45,6453 | 45,8844 47,0798 45,6507 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 2,2463 1,1606 1,5244 | 1,2967 1,6030 1,2038 | 1,1771 1,4453 1,7281 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,2937 0,3182 0,4609 | 0,1921 0,1982 0,2695 | 0,8833 1,2072 1,0133 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 99,0562 98,9833 96,2280 | 98,8278 98,4154 96,5623 | 97,8761 99,4112 98,8484 |



Tabla E.21. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vir} \pm 0,0001$)g | 37,7665 | 83,8315 |
| Masa S con aceite ($P_{vir} \pm 0,0001$)g | 37,2808 | 85,2608 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 38,1113 | 86,1984 |
| Masa final ($P_{final} \pm 0,0001$)g | 35,8893 | 83,9280 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,5143 | 1,4293 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,8325 | 0,9376 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 91,8906 | 93,2484 |



Tabla E.22. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vr} \pm 0,0001$)g | 35,7704 | 83m8394 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 36,9586 | 84,8874 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 37,4779 | 85,5702 |
| Masa final ($P_{f_{final}} \pm 0,0001$)g | 35,7968 | 83,9181 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,1882 | 1,0480 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,5193 | 0,6828 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 97,7781 | 92,4904 |



Tabla E.23. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro comercial.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 35,7701 | 83,8445 |
| Masa S con aceite ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 37,2706 | 84,9632 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 37,8247 | 85,6103 |
| Masa final ($P_{f_{final}} \pm 0,0001$)g | 35,8429 | 83,8956 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,5055 | 1,1187 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,5491 | 0,6471 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 95,1644 | 95,4222 |



Tabla E.24. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro.

| | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 58,0805 | 56,4792 | 55,2311 |
| Masa S con aceite ($P_{vat} \pm 0,0001$)g | 58,9704 | 57,4065 | 56,0958 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 59,4860 | 58,2773 | 56,9479 |
| Masa final ($P_{f_{final}} \pm 0,0001$)g | 58,1203 | 56,5183 | 55,2666 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 0,8899 | 0,9273 | 0,8673 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,5156 | 0,8708 | 0,8521 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 95,5276 | 95,3835 | 96,0056 |



Tabla E.25. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro.

| | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vr} \pm 0,0001$)g | 58,0850 | 55,2332 | 56,4813 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 58,7453 | 55,8456 | 57,1126 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 59,1224 | 56,1947 | 57,5210 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 58,1037 | 55,2570 | 56,5011 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 0,6603 | 0,6124 | 0,63113 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,3771 | 0,3491 | 0,4084 |
| Remoción (% $Re \pm 0,0001$) | 97,1680 | 96,1137 | 96,8636 |



Tabla E.26. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro negro.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 58,0824 | 55,2326 |
| Masa S con aceite ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 58,7333 | 55,8980 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 59,1444 | 58,3253 |
| Masa final ($P_{f_{final}} \pm 0,0001$)g | 58,1322 | 55,2487 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 0,6509 | 0,6654 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,4111 | 2,4273 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 92,3490 | 97,5804 |



Tabla E.27. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado.

| | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{v_i} \pm 0,0001$)g | 35,3415 | 36,0003 | 37,1654 |
| Masa S con aceite ($P_{v_{at}} \pm 0,0001$)g | 36,2794 | 37,7965 | 38,2574 |
| Masa S con producto ($P_{d_i} \pm 0,0001$)g | 37,1656 | 38,8116 | 39,3624 |
| Masa final ($P_{f_{nal}} \pm 0,0001$)g | 35,4015 | 36,7344 | 37,2651 |
| Masa de aceite ($P_{acc_{ite}} \pm 0,0001$)g | 0,9379 | 1,1962 | 1,0920 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,8862 | 1,0151 | 1,1050 |
| Remoción (% $Re \pm 0,0001$) | 93,6027 | 88,7895 | 90,8700 |



Tabla E.28. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado.

| | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 36,6016 | 37,1646 | 35,3380 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 37,9682 | 38,4549 | 36,7760 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 38,4321 | 39,0345 | 37,4472 |
| Masa final ($P_{f_{int}} \pm 0,0001$)g | 36,6582 | 37,2375 | 35,3911 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,3666 | 1,2903 | 1,4380 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,4639 | 0,5776 | 0,6712 |
| Remoción (% $Re \pm 0,0001$) | 95,8583 | 94,3501 | 96,3074 |



Tabla E-29. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de hierro galvanizado.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vi} \pm 0,0001$)g | 46,3088 | 45,8583 |
| Masa S con aceite ($P_{vat} \pm 0,0001$)g | 47,3109 | 47,3344 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 47,8114 | 48,4049 |
| Masa final ($P_{final} \pm 0,0001$)g | 46,3410 | 45,8612 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,0021 | 1,4761 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 0,5005 | 1,0705 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 96,7867 | 99,8035 |



Tabla E.30. Remoción de aceite mineral del ULTRA CLEAN, en la superficie de acero.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vr} \pm 0,0001$)g | 45,6272 | 47,0699 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 46,7810 | 48,1496 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 47,8084 | 50,2697 |
| Masa final ($P_{f_{final}} \pm 0,0001$)g | 45,6943 | 47,1475 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,1538 | 1,0797 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 1,0274 | 2,1201 |
| Remoción ($\%Re \pm 0,0001$) | 94,1844 | 92,8128 |



Tabla E.31. Remoción de aceite vegetal del ULTRA CLEAN, en la superficie de acero.

| | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vr} \pm 0,0001$)g | 45,6288 | 47,0702 | 46,3102 |
| Masa S con aceite ($P_{va} \pm 0,0001$)g | 47,2506 | 48,7431 | 47,9831 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 47,7097 | 49,2427 | 48,5533 |
| Masa final ($P_{f_{\text{final}}} \pm 0,0001$)g | 45,6648 | 47,0927 | 46,3359 |
| Masa de aceite ($P_{\text{aceite}} \pm 0,0001$)g | 1,6218 | 1,6729 | 1,6729 |
| Masa desengrasante ($P_{\text{desengrasante}} \pm 0,0001$)g | 0,4591 | 0,4996 | 0,5702 |
| Remoción (% $Re \pm 0,0001$) | 97,7802 | 98,6430 | 98,4637 |



Tabla E.32. Remoción de aceite vegetal reciclado del ULTRA CLEAN, en la superficie de acero.

| | 1 | 2 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------|
| Masa superficie ($P_{vir} \pm 0,0001$)g | 36,6035 | 37,1658 |
| Masa S con aceite ($P_{vir} \pm 0,0001$)g | 37,9040 | 38,3988 |
| Masa S con producto ($P_d \pm 0,0001$)g | 39,1123 | 39,8226 |
| Masa final ($P_{f_{final}} \pm 0,0001$)g | 36,6076 | 37,1902 |
| Masa de aceite ($P_{aceite} \pm 0,0001$)g | 1,3005 | 1,2330 |
| Masa desengrasante ($P_{desengrasante} \pm 0,0001$)g | 1,2083 | 1,4238 |
| Remoción (%Re $\pm 0,0001$) | 99,6847 | 98,0211 |

**Tabla E.33. Metodología de Winkler para F1.**

| | Día 1 | Día 5 | Día 11 | Día 15 | Día 20 |
|----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volúmen de tiosulfato ($V_1 \pm 0,05$)mL | 1,90 | 0,85 | 0,50 | 0,25 | 0,25 |
| | 1,90 | 0,90 | 0,20 | 0,30 | 0,20 |
| Normalidad del yodo ($N_1 \pm 0,000001$) eq/L | 0,00038 | 0,00017 | 0,00010 | 0,00005 | 0,00005 |
| | 0,00038 | 0,00018 | 0,00004 | 0,00006 | 0,00004 |
| Concentración de oxígeno ($O_2 \pm 0,01$)meq/L | 0,38 | 0,17 | 0,10 | 0,05 | 0,05 |
| | 0,38 | 0,18 | 0,04 | 0,06 | 0,04 |
| Cantidad de Oxígeno disuelto ($OD \pm 0,01$)mg/L | 3,04 | 1,36 | 0,80 | 0,40 | 0,40 |
| | 3,04 | 1,44 | 0,32 | 0,48 | 0,32 |

Tabla E.34. Metodología de Winkler para F2.

| | Día 1 | Día 5 | Día 11 | Día 15 | Día 20 |
|----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volúmen de tiosulfato ($V_1 \pm 0,05$)mL | 1,90 | 1,80 | 0,40 | 0,35 | 0,25 |
| | 1,90 | 0,95 | 0,25 | 0,25 | 0,30 |
| Normalidad del yodo ($N_1 \pm 0,000001$) eq/L | 0,00038 | 0,00036 | 0,00008 | 0,00007 | 0,00005 |
| | 0,00038 | 0,00019 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00006 |
| Concentración de oxígeno ($O_2 \pm 0,01$)meq/L | 0,38 | 0,36 | 0,08 | 0,07 | 0,06 |
| | 0,38 | 0,19 | 0,05 | 0,05 | 0,06 |
| Cantidad de Oxígeno disuelto ($OD \pm 0,01$)mg/L | 3,04 | 2,88 | 0,64 | 0,56 | 0,40 |
| | 3,04 | 2,20 | 0,52 | 0,48 | 0,44 |



Tabla E.35. Metodología de Winkler para F3.

| | Día 1 | Día 5 | Día 11 | Día 15 | Día 20 |
|-------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volúmen de tiosulfato ($V_1 \pm 0,05$)mL | 1,90 | 1,25 | 0,25 | 0,4 | 0,25 |
| | 1,90 | 0,50 | 0,30 | 0,65 | 0,30 |
| Normalidad del yodo ($N_1 \pm 0,000001$) eq/L | 0,00038 | 0,00025 | 0,00005 | 0,00008 | 0,00005 |
| | 0,00038 | 0,00010 | 0,00006 | 0,00013 | 0,00007 |
| Concentración de oxígeno ($O_2 \pm 0,01$)meq/L | 0,38 | 0,25 | 0,05 | 0,08 | 0,05 |
| | 0,38 | 0,10 | 0,06 | 0,13 | 0,07 |
| Cantidad de Oxígeno disuelto ($OD \pm 0,01$)mg/L | 3,04 | 2,00 | 0,40 | 0,64 | 0,05 |
| | 3,04 | 0,80 | 0,48 | 1,04 | 0,56 |

Tabla E.36. Metodología de Winkler para el ULTRACLEAN

| | Día 1 | Día 5 | Día 11 | Día 15 | Día 20 |
|-------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Volúmen de tiosulfato ($V_1 \pm 0,05$)mL | 1,90 | 1,30 | 1,05 | 0,75 | 0,75 |
| | 1,90 | 1,35 | 0,95 | 0,70 | 0,70 |
| Normalidad del yodo ($N_1 \pm 0,000001$) eq/L | 0,00038 | 0,00026 | 0,00021 | 0,00015 | 0,00015 |
| | 0,00038 | 0,00027 | 0,00019 | 0,00014 | 0,00014 |
| Concentración de oxígeno ($O_2 \pm 0,01$)meq/L | 0,38 | 0,26 | 0,21 | 0,15 | 0,15 |
| | 0,38 | 0,27 | 0,19 | 0,14 | 0,14 |
| Cantidad de Oxígeno disuelto ($OD \pm 0,01$)mg/L | 3,04 | 2,08 | 1,68 | 1,20 | 1,20 |
| | 3,04 | 2,16 | 1,52 | 1,12 | 1,12 |