

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Lejías para la limpieza de superficies:  
nuevas formulaciones y desarrollo de procesos

Autora: Carolina PÉREZ SÁNCHEZ

Fecha: Marzo 2005







**DOCUMENTO N°1:**  
**MEMORIA DESCRIPTIVA**



---

3.1.7.3.	Viscosidad	26
3.1.7.4.	Medida del porcentaje de hipoclorito presente en disolución	27
3.1.7.5.	Color	28
3.1.7.6.	Hinchamiento	29
3.1.7.7.	Nivel de residuos sobre superficie	30
3.2.	Estudio experimental	31
3.2.1.	Estudio preliminar de la lejía azul con variaciones del sistema secuestrante	31
3.2.1.1.	Premisas	31
3.2.1.2.	Estabilidades	32
3.2.1.2.1.	Degradación de hipoclorito	34
3.2.1.2.2.	Viscosidad	37
3.2.1.2.3.	Color	41
3.2.1.2.4.	Aspecto	46
3.2.1.2.5.	Olor	46
3.2.1.2.6.	Hinchamiento	46
3.2.1.3.	Conclusiones	47
3.2.2.	Estudio de nuevos estabilizantes	48
3.2.2.1.	Objetivo	48
3.2.2.2.	Formulaciones ensayadas	48
3.2.2.3.	Tempoxy LO	49
3.2.2.3.1.	Degradación de hipoclorito	49
3.2.2.3.2.	Viscosidad	50
3.2.2.3.3.	Color	51
3.2.2.3.4.	Olor y aspecto	52
3.2.2.3.5.	Hinchamiento	52
3.2.2.4.	Tempoxy LO – Yoduro potásico	53
3.2.2.4.1.	Degradación de hipoclorito	54
3.2.2.4.2.	Viscosidad	55
3.2.2.4.3.	Color	55

---

---

3.2.2.4.4.	Olor y aspecto	56
3.2.2.4.5.	Hinchamiento	56
3.2.2.4.6.	Conclusiones	57
3.2.2.5.	Sobredosificación de colorante	58
3.2.2.5.1.	Degradación de hipoclorito	58
3.2.2.5.2.	Viscosidad	59
3.2.2.5.3.	Color	60
3.2.2.5.4.	Olor y aspecto	61
3.2.2.5.5.	Hinchamiento	61
3.2.2.5.6.	Conclusiones	62
3.2.3.	Optimización del sistema estabilizante	63
3.2.3.1.	Diseño de experimentos mediante Statgraphics	63
3.2.3.1.1.	Planteamiento	63
3.2.3.1.2.	Formulaciones ensayadas	65
3.2.3.1.3.	Efecto ejercido por los estabilizantes sobre la degradación de hipoclorito	67
3.2.3.1.4.	Efecto ejercido por los estabilizantes sobre la viscosidad	70
3.2.3.1.5.	Efecto ejercido por los estabilizantes sobre el color	72
3.2.3.1.6.	Conclusiones generales sobre el diseño	76
3.2.3.2.	Nivel de residuos sobre superficies	77
3.2.3.3.	Hinchamiento	80
3.2.3.4.	Conclusiones	82
<b>Capítulo 4: Proceso de producción seleccionado</b>		<b>83</b>
4.1.	Tipos de procesos	83
4.2.	Descripción de la planta	83
4.2.1.	Área de materias primas	84
4.2.2.	Area de filtrado y almacenado	86
4.2.3.	Área de llenado, etiquetado y epacado	86

---

---

**Capítulo 5: Descripción de la modificación realizada en la planta** 88

5.1.	Introducción	88
5.2.	Necesidades de Tempoxy LO y KI	89
5.3.	Tanque de agitación	91
5.4.	Agitador	93
5.5.	Tuberías	94
5.6.	Válvulas	94
5.7.	Bombas	95

**Capítulo 6: Control del proceso** 96

6.1.	Control de nivel del tanque	96
6.2.	Control de dosificación de disolución	97

**Capítulo 7: Estudio adicional para asegurar la futura calidad de la lejía** 98

7.1.	Introducción	99
7.2.	Aspectos teóricos de los tensioactivos	99
7.2.1.	Introducción histórica	99
7.2.2.	Química orgánica de tensioactivos	100
7.2.2.1.	Grupos hidrofílicos	101
7.2.2.2.	Grupos hidrofóbicos	102
7.2.2.2.1.	Ácidos grasos naturales	102
7.2.2.2.2.	Parafinas	102
7.2.2.2.3.	Olefinas	103
7.2.2.2.4.	Alquilbencenos	103
7.2.2.2.5.	Alcoholes	103
7.2.2.2.6.	Alquilfenoles	104
7.2.2.2.7.	Polioxipropilenos	104
7.2.2.2.8.	Fluorocarbono	105

---

---

7.2.2.2.9.	Tensioactivos de silicona	105
7.2.3.	Conceptos físico-químicos relacionados con los tensioactivos	106
7.2.3.1.	Estructura de las moléculas tensioactivas	106
7.2.3.2.	Propiedades físico-químicas de las disoluciones de tensioactivos	106
7.2.3.2.1.	Tensión superficial	106
7.2.3.2.2.	Humectabilidad	107
7.2.3.2.3.	Espumación	107
7.2.3.3.	Fenómenos relacionados con asociaciones moleculares de tensioactivos	108
7.2.3.3.1.	Micelización	108
7.2.3.3.2.	Solubilización	108
7.2.4.	Tipos de tensioactivos	109
7.2.4.1.	Tensioactivos aniónicos	109
7.2.4.1.1.	Alquilbenceno sulfonatos	109
7.2.4.1.2.	Alcohol sulfato graso	110
7.2.4.1.3.	Alquil éter sulfato	110
7.2.4.1.4.	Alcano sulfonatos	111
7.2.4.1.5.	Olefín sulfonatos	111
7.2.4.1.6.	Ácido graso $\alpha$ -sulfo ésteres	112
7.2.4.1.7.	Ácidos grasos sulfo ésteres internos	112
7.2.4.1.8.	Ácidos grasos cianamidas (aminas grasas)	112
7.2.4.1.9.	Ácido alquiléster sulfosuccínico	113
7.2.4.1.10.	Aciloxialcano sulfonatos	113
7.2.4.1.11.	Acilamino alcano sulfonatos (Taurides)	113
7.2.4.1.12.	Éter sulfonatos	113
7.2.4.1.13.	Ácido éter carboxílico	114
7.2.4.1.14.	Sarcosinatos	114
7.2.4.1.15.	Alquilfosfato y alquil éter fosfato	114
7.2.4.2.	Tensioactivos catiónicos	115
7.2.4.3.	Tensioactivos no iónicos	115

---



---

7.2.4.4.	Tensioactivos Anfotéricos	116
7.3.	Aspectos experimentales	118
7.3.1.	Preselección de tensioactivos	118
7.3.1.1.	Objetivo	118
7.3.1.2.	Envejecimiento acelerado	118
7.3.2.	Determinación de propiedades	123
7.3.2.1.	Capacidad espumante	123
7.3.2.2.	Nivel de residuos sobre superficies	125
7.3.2.3.	Capacidad detergente	126
7.3.2.4.	Conclusiones	128
7.3.3.	Seguridad industrial, toxicidad y biodegradabilidad de los tensioactivos	129
7.3.3.1.	Seguridad industrial	129
7.3.3.2.	Toxicidad acuática y biodegradabilidad	129
7.3.3.3.	Información acerca de los tensioactivos Seleccionados	131
7.3.4.	Evaluación y futuro del estudio	135

---

---

## **INDICE DE ANEXOS A LA MEMORIA**

1. Cálculo de la degradación de hipoclorito	138
2. Cálculo del nivel de residuos sobre superficie	138
3. Cálculos de necesidades de Tempoxy y KI	141
4. Cálculo de las dimensiones del tanque de agitación	145
5. Cálculo del espesor de las placas deflectoras	146
6. Cálculo de la potencia del agitador	146
7. Conducciones	147
7.1. Cálculo del diámetro de tubería	148
7.2. Pérdidas de carga	150
7.2.1. Pérdidas de carga primarias	150
7.2.2. Pérdidas de carga secundarias	153
7.2.3. Pérdidas de carga totales	154
8. Bombas	155
8.1. Altura útil de las bombas (Hu)	155
8.2. Altura neta de aspiración	156
9. Cálculo de la potencia de la bomba	159
10. Potencia total	160
11. Capacidad espumante	161
12. Capacidad detergente	161

---

## **CAPÍTULO 1:** **ANTECEDENTES**

### **1.1. Antecedentes**

La lejía es un producto demandado desde antaño debido a sus eficaces propiedades de limpieza y desinfección. En un principio sólo se comercializaba la común disolución de agua e hipoclorito sódico pero en función de las exigencias del mercado y de la aplicación destinada, dicha disolución ha evolucionado, de forma que su olor característico se ha reducido con la adición de perfumes, se han variado las concentraciones del hipoclorito sódico en disolución dependiendo de si su aplicabilidad es para ropa o para superficies, se han añadido colorantes y se ha aumentado su capacidad de limpieza con la adición de tensioactivos. La adición del tensioactivo no sólo ha sido importante por el aumento de la capacidad de limpieza sino porque además es necesario para la solubilización de cualquier tipo de aditivo sobre la lejía. Hecho debido a que el hipoclorito sódico posee un carácter fuertemente oxidante que dificulta la incorporación de sustancias y que lo hace susceptible al estudio y búsqueda de mecanismos que posibiliten dicha incorporación con el objeto de mejorar el producto.

La lejía que se va a tratar en este proyecto la encontramos en el mercado en botellas de 0.75 y 1.5 L y su fórmula es la que se muestra a continuación:

INGREDIENTES	Concentración en fórmula	Riqueza
AGUA		100
HIPOCLORITO	3,70	14,8
HIDRÓXIDO SÓDICO	1,05	50,0
PL-28 (Tensioactivo)	1,25	27,0
SEQUIÓN (Secuestrante metálico)	0,096	40,0
ACUSOL (Secuestrante)	0,054	40,0
PERFUME SWING	0,050	100,0
AZUL COSMENYL (Colorante)	0,001	1,0
ANTIESPUMANTE	1,25	100

El problema que existe actualmente es que una vez en el mercado, y principalmente como consecuencia de las elevadas temperaturas que se alcanzan durante el verano en los almacenes, las botellas de lejía se hinchan provocando la ruptura de algunas de ellas y, por consiguiente, el desperdicio de palets enteros de producto. Hecho que acarrea importantes consecuencias a nivel económico:

- En el caso de que sólo se rompa una botella se pierden palets enteros.
- Se da una mala imagen del producto de cara al mercado reduciéndose así las ventas.

Pero, aun no llegando al extremo de que las botellas se rompan, el hinchamiento de las mismas es indicativo de que el hipoclorito sódico se ha degradado y, por tanto, la lejía no conserva sus propiedades desinfectantes.

Además, el hecho de que el hipoclorito se degrade a lo largo del tiempo es inevitable pero lo que si se puede hacer es aumentar el tiempo de conservación sobre todo a elevadas temperaturas (que son las críticas). El resultado de una degradación prolongada a lo largo del tiempo es, por tanto,

un suceso natural y no da lugar a la producción de gases que provoquen hinchamiento.

Con esto lo que se quiere decir es que es interesante reducir el hinchamiento tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista de competencia del producto en el mercado, puesto que la lejía estará en buen estado.

Las soluciones planteadas son dos:

*1. Fortalecer las botellas de PVC o cambiar las botellas de PVC por vidrio*

El problema que se encuentra al plantear esta solución es que las botellas de PVC son más caras que la lejía en sí y un refuerzo de dichas botellas implicaría un sobrecoste muy elevado que no resulta justificable.

Además mediante esta opción se soluciona el problema pero existe el riesgo de expulsión de gases al abrir la botella debido a que se produce oxígeno en la descomposición de la lejía, que a su vez es el causante del hinchamiento.

En el caso de sustituir las botellas de PVC por botellas de vidrio, además del sobrecoste que implicaría, hay que sumar el riesgo de ruptura de botellas al riesgo de expulsión de gases, con lo cual esta opción queda totalmente descartada.

*2. Estudiar sistemas estabilizantes que minimicen o eliminen el hinchamiento de las botellas.*

Existe la posibilidad de estudiar sistemas estabilizantes y combinación entre ellos que solucionen el problema.

En este caso, por tanto, la solución es mucho más ventajosa debido a que se ataca la raíz del problema.

El resultado de este estudio puede suponer una modificación en la planta de producción, cuya inversión es mucho más rentable a la larga que la inversión requerida por el cambio de botellas.

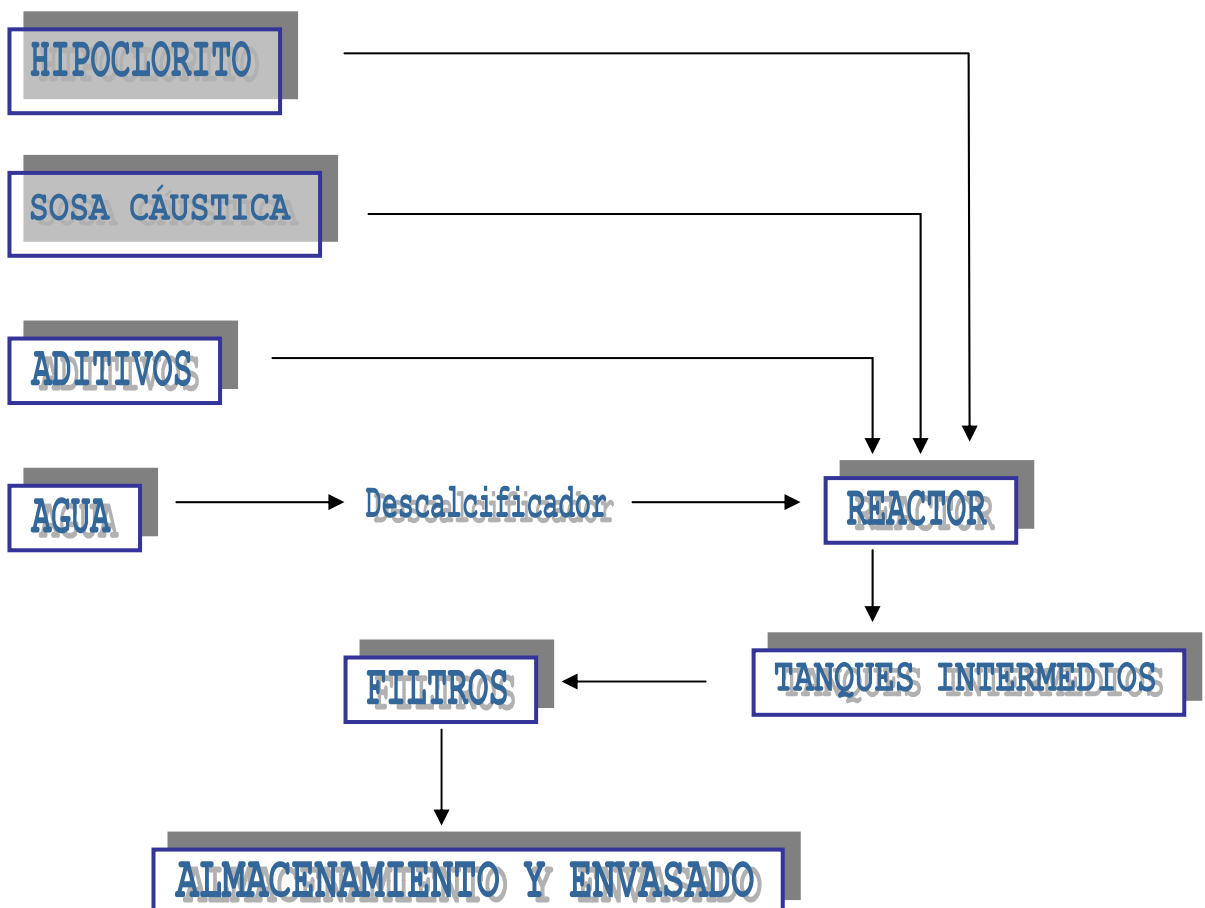
Por tanto, en el presente proyecto se procederá a obtener la solución del problema mediante la segunda vía, es decir, mediante el estudio de sistemas estabilizantes.



## 1.2. Planta industrial

Las modificaciones consideradas pertinentes en este proyecto se realizarán sobre una planta de producción perteneciente a la empresa Henkel Ibérica. Se respetará información que no sea relevante a este proyecto con el objetivo de mantener la confidencialidad relativa a la empresa.

Se trata de una planta con una producción mensual de 1.000 toneladas de producto terminado por mes que posee la tecnología convencional de producción en "Batch" con ablandamiento del agua de red. El esquema del proceso es el siguiente:



En el reactor no se lleva a cabo ninguna reacción química sino que lo que ocurre dentro es una operación de mezclado y, por tanto, lo que realmente se

tiene es un mezclador. En el presente proyecto, con objeto de respetar la nomenclatura de la fábrica, se va a continuar utilizando el término de reactor siempre que se haga referencia al mezclador.

Los componentes a mezclar en este proceso de producción siguen una protocolo en el orden de adición cuyo fundamento es meramente experimental y está basado en que los resultados físicos del producto final, como por ejemplo el aspecto, son mucho más satisfactorios. Con el único componente que se sigue un fundamento químico es con el tensioactivo ya que éste se añade, entre otros motivos, para permitir que otros aditivos, como por ejemplo el perfume, puedan solubilizarse en la lejía. Motivo por el cual el tensioactivo es el primer aditivo que se añade.

El proceso se lleva a cabo de la siguiente forma:

- El agua y la sosa, previo paso por el descalcificador, se añaden al reactor y se mantienen en agitación durante varios minutos hasta que se compruebe, de forma visual, que la mezcla es homogénea.
- Se incorpora el hipoclorito sódico concentrado al 15% y se agita durante un par de minutos. Posteriormente se valora el producto y se comprueba que el contenido de hipoclorito es de 3,7%. La mezcla debe ser homogénea.
- A continuación se agrega el tensioactivo y el antiespumante. El antiespumante se añade para poder controlar la espuma producida por el tensioactivo. Se agita de cinco a diez minutos y se comprueba que la mezcla es homogénea y transparente.
- Se incorporan el Sequion CLR y el Acusol, y se agita durante un par de minutos.
- El perfume se añadirá lentamente puesto que se disuelve más lentamente. Esta agitación se llevará a cabo durante aproximadamente cinco o diez minutos. La mezcla a de ser homogénea y si no lo fuera sería necesario añadir pequeñas cantidades de reactivo hasta conseguir dicho objetivo.

- El colorante se disuelve previamente en agua y se agrega manteniendo la agitación constante durante cinco minutos. En este punto se comprueba que la mezcla es homogénea y que tiene un color azul transparente. Además la viscosidad tiene que ser de 200 a 300 cP.

El producto, una vez terminado, se envía a un tanque intermedio cuya finalidad es la de dar más fluidez al proceso ya que hay que filtrar el producto terminado y dicha operación es muy lenta. Los filtros utilizados son de cartucho y están colocados en paralelo.

Tras la operación de filtración el producto se envía a cuatro tanques de almacenamiento que se encuentran interconectados entre sí, de forma que operan indistintamente. De estos tanques el producto pasa directamente a una llenadora semiautomática. Para evitar cualquier tipo de contaminación, las partes de la llenadora que están en contacto con el producto son de materiales inertes.

A medida que las botellas se van llenando, se envían mediante banda a taponarse. Una vez están listas, las botellas se limpian y se etiquetan. Por último, se empacan en cajas de cartón corrugado para ser almacenadas y transportadas.

## **CAPÍTULO 2:**

### **OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El objetivo que se tiene con el presente proyecto es el de dar solución al hinchamiento de las botellas de lejía producido como consecuencia de la inestabilidad química que presenta el hipoclorito sódico.

La estrategia de solución a seguir va a ser:

- En primer lugar, la búsqueda de una solución teórica mediante el estudio o investigación de las concentraciones óptimas de posibles estabilizantes.
- En segundo lugar y basándonos en los resultados obtenidos en la investigación, procedemos a las modificaciones tecnológicas de la planta de producción

El planteamiento presentado está sobradamente justificado debido a que, como se ha dicho en el apartado 1.1, las pérdidas económicas pueden llegar a ser considerables aun en el caso de que se rompa una sola botella en cada pedido de lejía. Y además, porque eliminando el hinchamiento se consigue que la lejía mantenga su calidad durante más tiempo.

La investigación se realizará en el Departamento de **Research&Development** de la empresa Henkel Ibérica.

## **CAPÍTULO 3:** **INVESTIGACIÓN**

### **3.0. Sistemática seguida en la investigación**

Con el fin de que la comprensión de la investigación sea más sencilla se dará una visión general de la misma, así pues, para comenzar se detallarán los aspectos teóricos más importantes sobre la lejía. En este apartado se va a incluir, además, una breve explicación de los métodos de ensayo que se van a emplear a lo largo del estudio.

Lo que se persigue en este estudio es una solución razonable que evite o minimice el hinchamiento de botellas de lejía. Problema que va muy ligado al colorante de las lejías por actuar éstos como catalizadores de la reacción de descomposición de la lejía que tiene como resultado el desprendimiento de oxígeno, como se verá más adelante.

Por otra parte, la degradación de hipoclorito, la viscosidad y el aspecto y color son muy importantes. La viscosidad y el aspecto y color, desde el punto de vista de marketing y del consumidor, ya que el producto se vende como "lejía azul viscosa perfumada", y la degradación de hipoclorito, desde el punto de vista del consumidor puesto que si un consumidor compra una lejía con una elevada degradación de hipoclorito va a notar que el producto no es eficaz y dejará de comprar el producto.

Por lo tanto, aunque el objetivo sea reducir el hinchamiento, en todo el estudio se va a hacer un seguimiento, a diferentes temperaturas, al

hinchamiento y a la degradación de hipoclorito, a la viscosidad y al aspecto y olor.

La investigación propiamente dicha se va a dividir en tres bloques:

*I. Estudio preliminar de la lejía azul con variaciones del sistema secuestrante*

En el este bloque se va a abordar el problema comparando tres compuestos que estabilizan la lejía mediante secuestración de metales. Los tres compuestos son:

- Sequion
- KI
- Briquest, cuya fórmula química es de la misma familia que el Sequion

El Sequion es el secuestrante que se halla en la fórmula actual de la lejía, por lo que se va a estudiar cómo afecta la sobredosificación del mismo y, manteniendo su concentración actual, se combinará con KI. En el caso del Briquest lo que se plantea es una posible sustitución del Sequion fundamentada en la similitud de ambas fórmulas.

*II. Estudio de nuevos estabilizantes*

Se estudiará el otro sistema de estabilización posible, es decir, el "radical Scavenger" cuyo mecanismo de estabilización se explicará más adelante. El radical Scavenger empleado en el estudio se llama Tempoxy LO. Primero se estudiará el Tempoxy LO individualmente y luego se combinará con KI ya que, en el estudio realizado en el bloque I, dio buenos resultados de hinchamiento. En último lugar se verá la influencia de la combinación de ambos agentes estabilizantes sobre el color, y para ello, se llevará a cabo una sobredosificación de color.



En este bloque también se trabaja sobre la lejía actual, por lo que, aunque no se hable explícitamente del Sequion, realmente se estará hablando de una combinación de Tempoxy LO y KI con Sequion

### *III. Optimización del sistema estabilizante.*

Los resultados obtenidos en el bloque II son satisfactorios y, por tanto, en este bloque se realizará un diseño de experimentos con el fin de optimizar las concentraciones de Sequion, Tempoxy LO y KI.

Los hinchamientos se han estudiado de forma cualitativa en todo el estudio debido a la falta de otros medios de estudio en el laboratorio disponible. Por tanto, en el diseño de experimentos no se puede incluir el hinchamiento como variable de respuesta cuantitativa.

Una vez fijadas las concentraciones óptimas de Sequion, Tempoxy LO y KI hay que valorar los residuos sobre superficie de la lejía. En este punto se cuestionará la necesidad de mantener en fórmula un compuesto (Acusol) cuya misión es la de minimizar los residuos sobre superficie. A lo largo del estudio se explicará por qué es importante realizar la valoración de los residuos.

Por último se estudiará el hinchamiento cuantitativamente en un laboratorio ajeno a la empresa y especializado. Para ello se seleccionarán varias fórmulas que darán una clara visión de los aspectos estudiados anteriormente y cuyos resultados permitirán tomar una clara decisión de cara a posibles modificaciones en la línea de producción.

### **3.1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE LA LEJÍA**

Es indispensable la captación de conocimientos teóricos para la realización posterior del estudio en objetivo.

Por ello vamos a ver los siguientes puntos:

- Tipos de hipoclorito
- Composición de una lejía comercial
- Propiedades del hipoclorito sódico: físico-químicas, blanqueantes, desinfectantes y de limpieza
- Estabilidad del hipoclorito
- Desventajas derivadas de su uso
- Mecanismos de estabilización de la lejía
- Métodos de ensayo empleados en el estudio

#### **3.1.1. Tipos de hipoclorito**

Principalmente podemos encontrar tres tipos tres tipos de hipoclorito:

- *Hipoclorito sódico.*

Es usado en la síntesis química de productos destinados a la limpieza, desinfección e higiene. Se produce en forma acuosa y las concentraciones más habituales en Europa son: 12-13% de cloro disponible manufacturado o 3-5% de cloro disponible después de dilución.

Las soluciones comerciales suelen prepararse haciendo pasar cloro gas por una solución de hidróxido sódico concentrada hasta un máximo del 20.5%.

Debido a la inestabilidad de la solución concentrada se suele añadir un exceso de hidróxido sódico, aproximadamente de un 1%, para hacer estable el pH alrededor de 12 y así disminuir la velocidad de descomposición.

- *Hipoclorito cálcico*

Es un sólido de fórmula  $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Es muy utilizado como blanqueante y agente saneante.

Es un compuesto que sometido a temperaturas superiores  $175^\circ\text{C}$  se descompone rápidamente mediante una reacción muy exotérmica, dando como productos monóxido de cloro y oxígeno.

- *Hipoclorito de litio*

Su principal uso es el blanqueo en detergentes de ropa.

Se obtiene combinando soluciones de hipoclorito de sodio y cloruro de litio.

### 3.1.2. Composición de una lejía comercial

La lejía comercial se trata de una solución acuosa cuyos principales componentes son hipoclorito de sodio e hidróxido sódico. El proceso de producción más difundido en todo el mundo se lleva a cabo burbujeando gas cloro a través de solución de hidróxido sódico:



No se conocen compuestos sólidos estables de hipoclorito sódico, exceptuando el  $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  que se funde a temperaturas superiores a 25°C.

La baja temperatura de reactividad del hipoclorito sódico sumada a su actividad germicida entre otras, hacen de él un producto con múltiples posibilidades de uso:

- para limpieza de ropa y familiar, higiene, desodorización y desinfección
- para aguas municipales, desinfección de aguas residuales y piscinas
- para desinfección médica ambiental
- para la industria alimentaria y desinfección de la manipulación de comida
- para la industria textil y blanqueamiento de papel
- para síntesis química
- como oxidante...

La lejía comercial en la que se basa el presente proyecto está formada por una solución de hipoclorito de sodio, sosa y aditivos (que se han detallado

anteriormente y que se detallarán en apartados posteriores). La función principal es la limpieza y desinfección de superficies.

**3.1.2.1. Aditivos incorporados en la fórmula actual de la lejía**

<b>Aditivo</b>	<b>Observación</b>	<b>Proveedor</b>
<b>PL-28</b>	Tensioactivo tipo alquil éter sulfato C12-14. Facilita la solubilización del perfume y demás aditivos añadidos. Debido al carácter fuertemente oxidante de la lejía sin el tensioactivo no se solubilizaría ningún aditivo	Cognis Ibérica
<b>Acusol</b>	Polímero de ácido poliacrílico de elevado peso molecular que atrapa la suciedad y mejora la capacidad detergente	NorsoHaas
<b>Sequion</b>	Fosfonato. Secuestrante metálico	Giovanni Bozzetto
<b>Perfume Swing</b>	Fórmula no proporcionada	Lucta

### **3.1.3. Propiedades del hipoclorito**

El hipoclorito sódico es un excelente compuesto que combina propiedades desodorizantes, quitamanchas, blanqueantes y de desinfección. Todo ello unido a su bajo coste y fácil obtención lo convierte en uno de los productos más demandados industrialmente.

Las propiedades a destacar se pueden englobar en tres: blanqueantes, desinfectantes y de limpieza. Además citaremos las propiedades físico-químicas.

#### **3.1.3.1. Físico-químicas**

*NAME:* Hipoclorito sódico

*FÓRMULA MOLECULAR:* NaClO

*PESO MOLECULAR:* 74.4 g/mol

*pH:* 11-13

*SOLUBILIDAD EN AGUA:* totalmente miscible

*PUNTO DE FUSIÓN:* solidifica alrededor de los -25°C

*PUNTO DE EBULLICIÓN:* 107°C

*TEMPERATURA DE CRISTALIZACIÓN:* -33°C

*DENSIDAD:* 1,193 g/cm<sup>3</sup>

*PRESIÓN DE VAPOR:* 12mmHg a 20°C



### **3.1.3.2. Blanqueantes**

Gracias a su carácter fuertemente oxidante y a su baja temperatura de reacción, el hipoclorito sódico es uno de los blanqueantes más potentes que se conocen. De ahí su uso en decoloración de telas como algodón o poliéster.

### **3.1.3.3. Desinfectantes**

El hipoclorito ejerce una efectiva acción germicida frente a un amplio espectro de microorganismos, incluyendo bacterias (gram-positivas y gram-negativas), fungi, virus y esporas. Los destruye penetrando en la membrana celular y provocando la lisis de la célula.

De los agentes microbianos comunes solo el glutaraldehido y el yodo son comparables con la acción germicida del hipoclorito pero no son apropiados para el uso doméstico debido a su estabilidad y color.

Esta propiedad germicida del hipoclorito hace que juegue un papel importante en la higiene doméstica ya que los gérmenes están presentes en el hogar y pueden causar contaminación de comida e incluso enfermedades.

#### **3.1.3.4. Limpieza**

La efectividad de la lejía como quitamanchas y eliminación de olores se deben a su fuerte carácter oxidante.

El hipoclorito es un efectivo quitamanchas debido a su elevada reactividad hacia las estructuras cromofóricas complejas (ácidos grasos y ésteres, carboxilatos y proteínas) que provocan las manchas coloreadas.

Normalmente la suciedad contiene un alto contenido orgánico y bacteriano (en suciedades húmedas). El hipoclorito además de romper las moléculas en otras más fácilmente eliminables, destruye las bacterias responsables del mal olor.

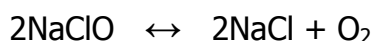
#### **3.1.4. Estabilidad**

El hipoclorito sódico tiene una tendencia natural a degradarse a medida que pasa el tiempo debido a su carácter fuertemente oxidante. Dicha descomposición puede darse por dos vías:

*a. Vía clorato*



*b. Vía oxígeno*

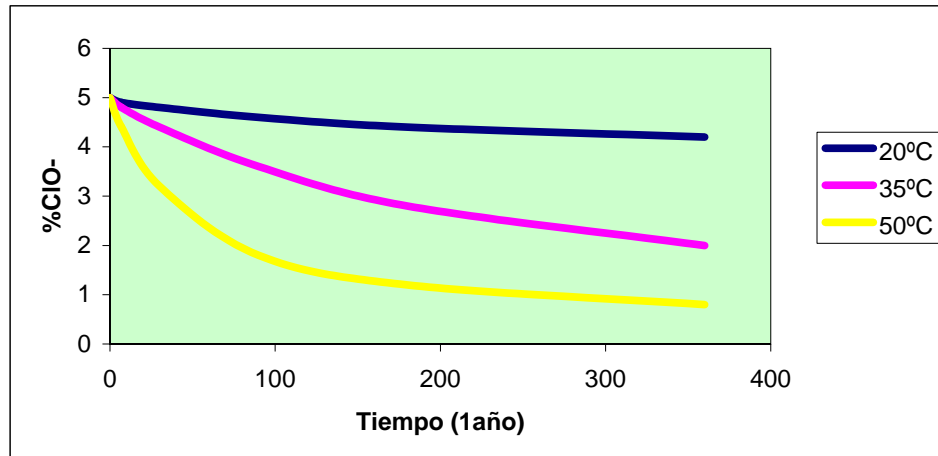


En una lejía de buena calidad más del 90% de la descomposición se produce vía clorato, mientras que en una lejía que contiene trazas de metales pesados o que está sometida a largas exposiciones de luz (lejía de peor calidad), la descomposición se produce vía oxígeno.

Es importante que una lejía sea lo más estable posible durante un largo periodo de tiempo pues de lo contrario su comercialización no sería posible. Por este motivo debemos conocer los principales factores capaces de alterar dicha estabilidad. Entre otros: la temperatura, concentración de la lejía, la luz, la presencia de impurezas y el pH.

### 3.1.4.1. Temperatura

El aumento de la temperatura en las soluciones de hipoclorito ejerce un efecto exponencial sobre la velocidad de descomposición, doblándose por cada aumento de 5-6°C. Así mismo, a 20°C la descomposición es relativamente lenta mientras que a 35-40°C es bastante rápida. Tal efecto se aprecia en la gráfica 4-1.



Gráfica 3-1

Por tanto el calor aumenta la concentración de radicales provocando una mayor reactividad y, por consiguiente, una mayor producción de clorato y de cloruro sódico:



#### **3.1.4.2. Concentración inicial de la lejía**

Cuanto más concentrada es una lejía menos estable es y además los efectos de la temperatura y el tiempo serán más pronunciados. Una forma de compensar este problema es añadir pequeñas cantidades de NaOH como bien hemos comentado anteriormente.

#### **3.1.4.3. Trazas metálicas**

Los metales más contaminantes y más comunes en la lejía son: hierro, cobre, cobalto y níquel. Actúan como catalizadores de reacción produciendo oxígeno (vía oxígeno).

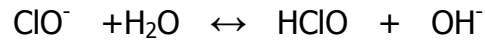
Suponen un problema tanto para altas como para bajas temperaturas y por ello hay que evitar que se incorporen durante el proceso de fabricación (utilizando filtros, con un buen mantenimiento de equipos y conducciones,...).

Cuando la lejía está envasada en botellas de polietileno esta descomposición puede verse claramente debido al hinchamiento que se produce en las botellas.

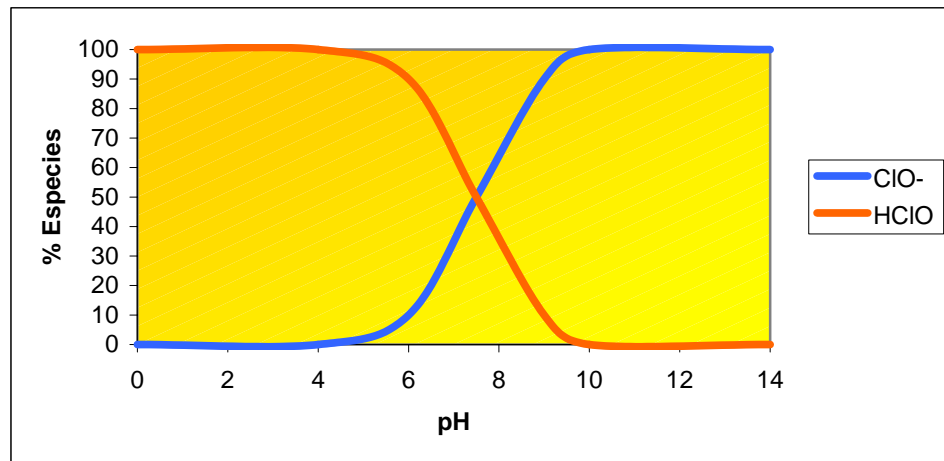
#### **3.1.4.4. pH y luz**

Hay tres especies de cloro en agua: gas cloro, ácido hipocloroso e hipoclorito. El pH de las soluciones comerciales de la lejía es alcalino (11-13).

Aunque el ácido hipocloroso es un agente fuertemente oxidante sus sales son menos oxidantes:



En condiciones alcalinas el equilibrio se desplaza a la izquierda y el potencial de oxidación es menor. Así pues dependiendo del pH que tengamos en la lejía coexistirán ambas especies o una de ellas como podemos ver en la gráfica siguiente:



Gráfica 3-2

El equilibrio entre ambas especies es importante desde el punto de vista de aplicaciones, formulación y estabilidad. El ácido hipocloroso es un oxidante más fuerte que el hipoclorito pero también es mucho menos estable y peor para la irritación de la piel y ojos. Por estas razones el hipoclorito es mucho más adecuado para aplicaciones de limpieza doméstica.

En cuanto a la luz, es un factor que facilita la descomposición tanto por vía clorato como por vía oxígeno. Por eso es aconsejable la lejía se debe almacenar en la oscuridad o en botellas de polietileno.

Además la luz tiene una relación directa con la estabilidad al pH. A pH alcalinos se favorece el mantenimiento de los iones hipoclorito.

### **3.1.5. Desventajas derivadas del uso del hipoclorito sódico**

Las lejías basadas en hipoclorito sódico tienen efectos irritantes en los ojos, piel y mucosas que dependen de la relación cantidad/tiempo de exposición

Aproximadamente el 96% del hipoclorito sódico que proviene del uso doméstico, al pasar al alcantarillado, se descompone en menos de dos minutos. Por fortuna este hecho minimiza el efecto tóxico ejercido sobre especies acuáticas y la formación de subproductos organohalogenados (AOX) por reacción con materia orgánica, que constituyen una problemática medioambiental de elevado interés.

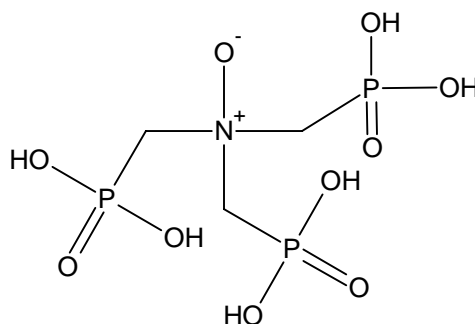
Otras desventajas son el amarilleo de prendas o el fuerte olor en las manos provocado por la reacción del hipoclorito con una proteína de la piel. A pesar de todo, si se sopesan las ventajas y las desventajas derivadas del uso del hipoclorito, se constata que las ventajas son muchas y las desventajas son combatibles y minimizables.

### 3.1.6. Mecanismos de estabilización de la lejía

En el apartado 3.1.4.4 se ha hablado del efecto catalítico que ejercen los metales pesados (Fe, Ni, Co, Cu,...) en presencia de hipoclorito sódico. Una de las soluciones que se plantea es la de añadir agentes complejantes de iones que secuestran al metal suprimiendo su efecto del medio y de esta forma se consigue una estabilización de la lejía.

En el estudio que se planteará posteriormente se van a probar tres mecanismos de estabilización de los cuales dos actúan como agentes complejantes o secuestrantes y uno actúa protegiendo el ion hipoclorito de los metales:

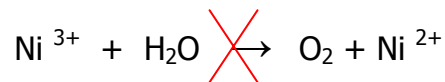
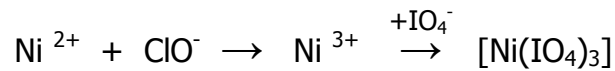
1. Fosfonatos. Es la familia de complejantes más usada en la industria de la detergencia y son derivados del ácido fosfónico. La estructura química de los dos fosfonatos usados (Briquest y Sequion) es la siguiente:



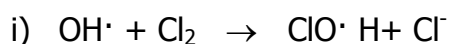
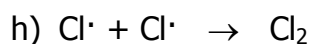
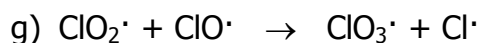
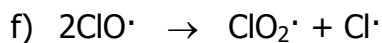
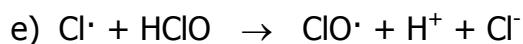
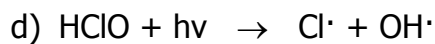
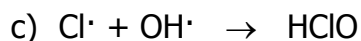
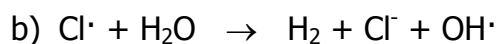
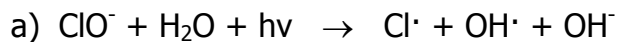
El metal en presencia del hipoclorito se oxida y, posteriormente, en presencia de agua se reduce produciéndose oxígeno. Los secuestrantes actúan de forma que cuando el metal se oxida lo rodean varias moléculas y evitan que se reduzca, y por consiguiente inhiben la degradación de hipoclorito con formación de oxígeno.

El Briquest (secuestrante metálico usado comparativamente en el estudio realizado) y el Sequion tienen la misma estructura química sólo que el grado de pureza del Briquest es mayor que el del Sequion.

2. Yoduro potásico. El yoduro pasa a peryodato ( $\text{IO}_4^-$ ) en presencia de agua y forma un complejo estable con el metal, por ejemplo con el níquel las reacciones serían:



3. "Radical Scavenger". Dicho radical actúa atrapando los radicales formados en la lejía por acción de la radiación ultravioleta. Las reacciones que tendrían lugar sin la existencia de dicho radical son las siguientes:





El "radical Scavenger", por lo tanto captura los primeros radicales producidos y evita así la sucesión de reacciones radicalarias.

En este caso el mecanismo de actuación se centra en la lejía y no en el colorante como en los dos casos anteriores. Pero en cualquier caso se está protegiendo al producto de la reacción catalítica producida por la presencia de metales. El "radical Scavenger" que se utilizará en el estudio es el Tempoxy LO (proveedor: 3V-Sigma).

### **3.1.7. Métodos de ensayo necesarios**

#### **3.1.7.1. Introducción**

A continuación se van a exponer los ensayos que serán necesarios durante el trabajo realizado y se dará una idea del porqué se llevan a cabo. Son los siguientes:

- Envejecimiento acelerado: prueba realizada con el objeto de ver en un corto espacio de tiempo (de cinco a siete días) el comportamiento de las muestras en cuanto a viscosidad, contenido de hipoclorito sódico, color, perfume.
- Viscosidad: interesa que la variación de la viscosidad inicial sea la mínima.
- Contenido de hipoclorito: es necesario hacer un seguimiento del mismo puesto que es de elevada importancia que su contenido varíe lo mínimo.
- Color: igual que en el caso de la viscosidad.

- Olor y aspecto: parámetros tenidos en cuenta de forma cualitativa. El olor se controla olfativamente y el aspecto visualmente.
- Hinchamiento de botellas: como ya se ha explicado es un efecto que conlleva consecuencias negativas.
- Nivel de residuos sobre superficie: es un efecto meramente estético pero muy importante para los consumidores ya que si resulta ser elevado da sensación de que una superficie no está limpia.

### **3.1.7.2. Envejecimiento acelerado**

Se preparan las muestras a testar y se introducen en una estufa de 60°C durante cinco o siete días.

Cada día realizamos medidas de viscosidad y de contenido en hipoclorito.

### **3.1.7.3. Viscosidad**

Utilizamos un viscosímetro digital Brookfield ENG LAB INC modelo LVDV-II en el cual se introduce un rotor con el tamaño de disco determinado y se indica las revoluciones por minuto a las que girará el rotor. Para nuestras muestras se ha utilizado el Spindler S62 a 30r.p.m.

La medida de viscosidad se proporciona en centipoises (cp) y se determina por la resistencia a la tensión de cizalla producida por el rotor de disco.



Fotografía 3-1: Viscosímetro digital

#### **3.1.7.4. Medida del porcentaje de hipoclorito presente en disolución**

Se mide mediante un valorador automático Metrohm con un programa informático asociado (Metrohm Tinet).



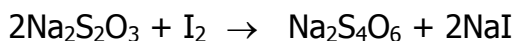
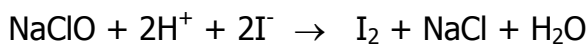
Fotografía 3-2: Valorador

El programa informático proporciona valores expresados en porcentaje de hipoclorito.

La sistemática de la valoración trata en primer lugar de pesar aproximadamente 0.5 g de solución en la que mediante sondas se añaden los

reactivos. El hipoclorito, gracias a su poder oxidante es capaz de liberar yodo en una solución de yoduro potásico. El yodo se valora posteriormente con tiosulfato sódico en un medio ácido proporcionado por el ácido acético.

Las reacciones redox que tienen lugar son:



El punto final de la valoración se determinará gracias a unos electrodos introducidos en la muestra que proporcionan una señal de respuesta tratada informáticamente.

#### **3.1.7.5. Color**

El dispositivo con el que se determina el color es el espectrofotómetro Lico QC 200, Dr Lange. Las medidas de color se determinan mediante un colorímetro que mide las desviaciones de color respecto al color inicial. La fórmula de la diferencia de color se expresa en coordenadas cartesianas ortogonales:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

Donde  $L$  es la luminosidad (coordenada  $y$ ),  $a$  relaciona los colores rojo / verde (coordenada  $x$ ) y  $b$  relaciona los colores azul / amarillo (coordenada  $z$ ).

Además de dar los valores de las coordenadas mencionadas, el colorímetro proporciona datos de transmitancia y absorbancia. Para que los datos de color medidos sean más fácilmente comparables se van a expresar en absorbancia.

En el estudio que se llevará a cabo, las muestras serán de color azul y para ese color el máximo de absorbancia se corresponde con una longitud de onda de 600 nm.

#### **3.1.7.6. Hinchamiento**

Se trata de un método muy rudimentario pero no por ello menos importante.

Se utilizarán botellas con una capacidad de 750 ml de producto y se introducirán en estufas de 40°C o 60°C dependiendo de si se quiere controlar el hinchamiento en tres meses o en una semana ya que a 60°C las botellas no suelen aguantar un largo periodo de tiempo.

Previamente las botellas tienen que ser sometidas a una prueba de "estanqueidad" para comprobar que la botella está en perfecto estado (libre de porosidades y grietas). La prueba es tan simple como poner las botellas en posición horizontal sobre una celulosa blanca durante 24 horas. Si transcurrido ese tiempo no hay ninguna mancha en la celulosa (provocada por desprendimiento de producto) se podrá introducir las botellas en las estufas.

Si esta prueba previa no se hiciese la comparación entre los hinchamientos de las botellas no sería representativo ya que se desconocería el estado inicial de las botellas.

El hinchamiento de las botellas se controla de forma visual y en muchos casos se tomarán fotos para que quede constancia del estado de las botellas.

### **3.1.7.7. Nivel de residuos sobre superficie**

Se trata de la valoración de residuos que deja un producto tras su aplicación en diluido sobre material oscuro.

Lavamos unas baldosas negras brillantes de color negro de 15x15cm preferentemente con un producto amoniacal para asegurar que están totalmente limpias y que no queda ningún tipo de residuo.

Preparamos una solución al 2% del producto en agua de grifo, se vierte esta en una cubeta e introducimos la baldosa durante 10 minutos. En paralelo realizamos la misma operación con agua de grifo para establecer una referencia.

Por último evaluamos los residuos mediante un brillómetro (Reflectómetro – Dr Lange-) y realizando 6 medidas de brillo en cada baldosa, distribuidas en dos grupos verticales de tres medidas cada uno de ellos.

## **3.2. ESTUDIO EXPERIMENTAL**

### **3.2.1. Estudio preliminar de la lejía azul con variaciones del sistema secuestrante**

#### **3.2.1.1. Premisas**

Como ya se ha comentado en el capítulo 1, el hinchamiento de las botellas de lejía es un problema de absoluta prioridad por las consecuencias negativas que se están produciendo.

En el apartado 3.1.4. se han expuesto los dos tipos de degradación que se dan en el hipoclorito sódico. En cualquier caso las dos vías de degradación se producen siempre solo que pueden estar más o menos descompensadas. Cuando hay una elevada concentración de metales en la lejía, la descomposición vía oxígeno predomina y por lo tanto las botellas sufren hinchamiento e incluso ruptura. Dicha ruptura, como vamos a ver en el estudio, es directamente proporcional a la concentración del colorante presente en fórmula.

Una pregunta que surge de todo esto es el por qué las lejías son coloreadas si eliminando el colorante el hinchamiento se minimiza. La única respuesta posible es que el colorante responde a las exigencias de "marketing" cuyo objetivo central es el de innovar y mantener una competencia sólida y duradera en el mercado. El color da un aspecto no convencional a la lejía, que asociado a la adición de perfume hace que a los consumidores les resulte más agradable trabajar con lejía.

Por lo tanto, el mantenimiento del color (de forma implícita) también es un aspecto a tener en cuenta ya que a medida que pasa el tiempo o que

aumentan las temperatura el color se pierde más rápidamente. Además, los pigmentos al ser incorporados a la lejía quedan en forma de pequeñas partículas en suspensión pero no disueltos y por ello, si no coexisten con buenos secuestrantes, se favorece la catálisis metálica de la que hemos hablado anteriormente.

En el proceso de producción a veces ocurre que al incorporar el colorante al producto la bomba aspire más colorante del que debiera o que la agitación proporcionada no consiga la total homogeneización del colorante y por lo tanto, habrá botellas concentración de colorante mayor y con mayor riesgo de hinchamiento.

Por consiguiente, la problemática en cuanto al hinchamiento de botellas y al mantenimiento del color del producto van íntimamente ligadas y no debemos de tratarlas por separado.

Lo que se tratará de averiguar en estudio es la forma de hacer que el colorante de la lejía sea lo más independiente posible del hinchamiento.

### **3.2.1.2. Estabilidades**

Para comenzar el estudio se va a ver de que manera afecta sobre la lejía:

- el aumento de la concentración del secuestrante metálico (referido al Sequion puesto que el Acusol solo sirve para minimizar el nivel de residuos sobre superficie),
- la adición de otro tipo de secuestrante metálico (KI),
- o la sustitución del secuestrante metálico existente en la fórmula actual de la lejía por otro de fórmula molecular similar (Briquest).



Se preparan siete fórmulas que se someterán a temperaturas de 5, 20 y 40°C durante tres meses, tiempo en el que se medirán el porcentaje de hipoclorito, viscosidad, color, aspecto, olor e hinchamiento a la semana 1, 2, 4, 8 y 12 respectivamente. Para estudiar el hinchamiento se utilizan botellas de 750ml y, para todo lo demás, botes de 250g.

La **Fórmula 001** servirá como base para la preparación de las demás fórmulas. El objeto de hacer un seguimiento a esta fórmula es el de tener una referencia a la hora de determinar posibles diferencias en las demás fórmulas. La composición de dicha fórmula expresada en porcentajes es:

<b>INGREDIENTES</b>	Concentración en fórmula (%)	Riqueza de la M.P.
HIPOCLORITO	3,70	14,8
HIDRÓXIDO SÓDICO	1,05	50,0
PL-28	1,25	27,0
SEQUIÓN	0,096	40,0
ACUSOL	0,054	40,0
PERFUME SWING	0,050	100,0
AGUA	Hasta 100	100,0

La demás fórmulas son las siguientes:

<b>FÓRMULA</b>	<b>%Sequion adicional a 001</b>	<b>%KI</b>	<b>%Azul Cosmenyl</b>	<b>%Briquest</b>
<b>002</b>	-	-	0.001	-
<b>003</b>	0.009	-	0.001	-
<b>004</b>	-	0.0022	0.001	-
<b>005</b>	-	0.05	0.001	-
<b>006</b>	-	0.1	0.001	-
<b>010</b>	-	-	0.001	0.096 (*)

(\*) En esta fórmula no nos vale la base sino que tenemos que preparar la fórmula completa sustituyendo la cantidad de Sequion por la de Briquest.

La adición de colorante a las formulas responde a exigencias del mercado.

### 3.2.1.2.1. Degradación de hipoclorito

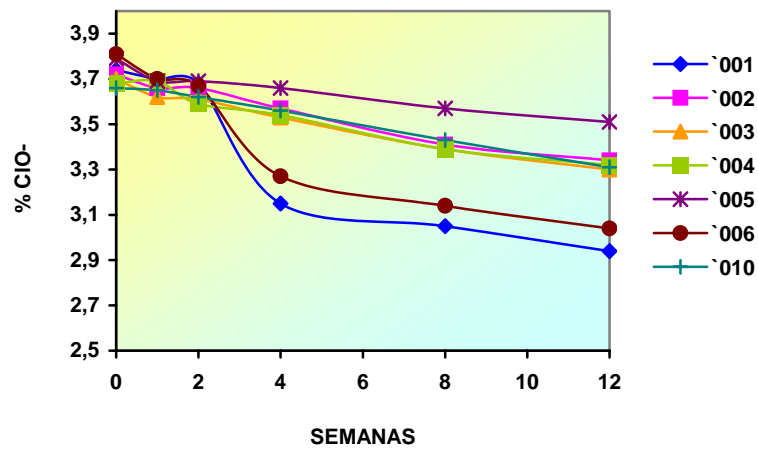
La evolución seguida por las fórmulas en estabilidad es la que se muestra en las siguientes tablas:

5°C	SEMANAS						
	0 (*)	1	2	4	8	12	
FÓRMULAS	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%Deg
001	3.74	3.73	3.74	3.73	3.71	3.65	2.4
002	3.72	3.69	3.70	3.69	3.65	3.68	1.1
003	3.70	3.68	3.67	3.68	3.62	3.58	3.2
004	3.68	3.69	3.70	3.70	3.62	3.70	0.0
005	3.79	3.69	3.71	3.67	3.65	3.63	4.2
006	3.81	3.70	3.71	3.65	3.69	3.66	3.9
010	3.66	3.68	3.66	3.65	3.64	3.55	3.0

(\*) En dicha columna los %ClO<sup>-</sup> deberían ser los mismos pero debido a la interacción de los diferentes compuestos añadidos a la lejía y al posible error del valorador éstos varían. Aún así dicha variación es despreciable.

A esta temperatura el hipoclorito es muy estable ya que los porcentajes de degradación son muy bajos en todas las muestras.

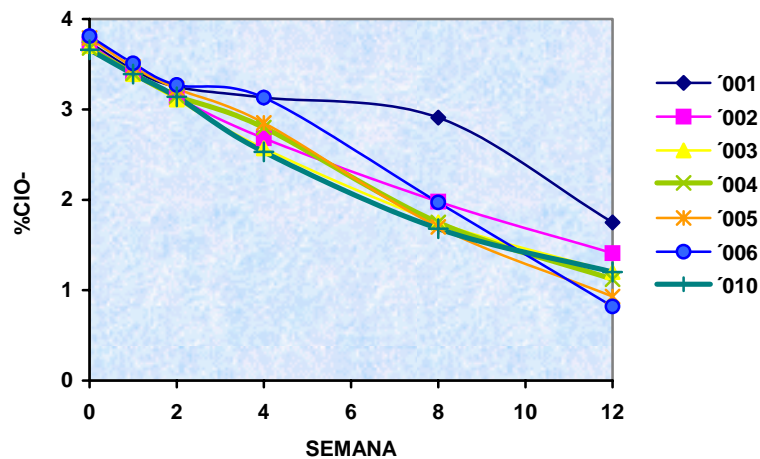
20°C	SEMANAS						
	0	1	2	4	8	12	
FÓRMULAS	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%Deg
001	3.74	3.70	3.68	3.15	3.05	2.94	21.4
002	3.72	3.66	3.66	3.57	3.41	3.34	10.2
003	3.70	3.62	3.61	3.53	3.39	3.30	10.8
004	3.68	3.69	3.59	3.54	3.39	3.32	9.8
005	3.79	3.69	3.69	3.66	3.57	3.51	7.4
006	3.81	3.70	3.67	3.27	3.14	3.04	20.2
010	3.66	3.65	3.62	3.56	3.43	3.31	9.5



Gráfica 3-3

A 20°C la degradación del hipoclorito en las fórmulas ensayadas está entre el 10 y el 20%. El mayor grado de degradación corresponde a la formulación base y a la que contiene mayor concentración de KI.

40°C	SEMANAS						
	0	1	2	4	8	12	
FÓRMULAS	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%ClO <sup>-</sup>	%Deg
001	3.74	3.44	3.25	3.13	2.91	1.75	53.2
002	3.72	3.40	3.13	2.68	1.98	1.41	62.1
003	3.70	3.39	3.11	2.57	1.75	1.20	67.6
004	3.68	3.40	3.15	2.80	1.75	1.12	69.6
005	3.79	3.47	3.23	2.85	1.70	0.93	83.4
006	3.81	3.51	3.27	3.13	1.97	0.82	78.5
010	3.66	3.39	3.14	2.53	1.68	1.20	67.2



Gráfica 3-4

Observaciones:

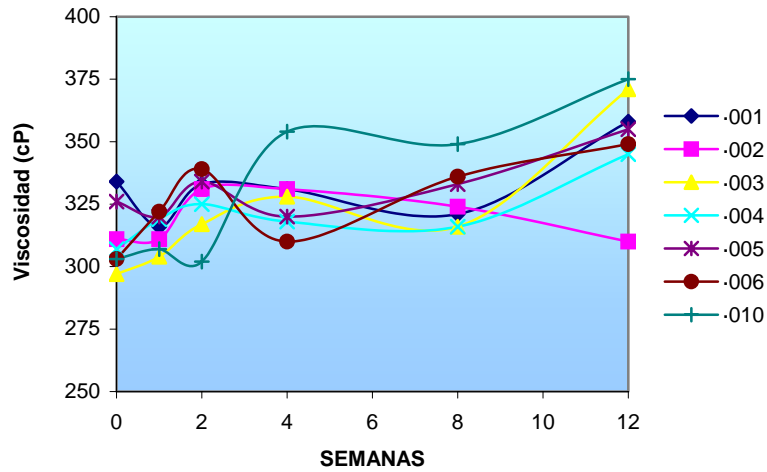
- Añadir KI hace que la degradación de hipoclorito sea mayor cuanto más KI haya (004, 005 y 006).
- La adición de colorante y la sobredosificación de Sequion favorece la degradación en pequeña medida (003).
- En presencia de Briquest la degradación producida no difiere significativamente de la producida en presencia de Sequion (003 y 010).

3.2.1.2.2. Viscosidad

A) 5°C

5°C FORMULAS	SEMANAS					
	0	1	2	4	8	12
001	334	316	333	331	321	358
002	311	311	331	331	324	310
003	297	304	317	328	316	371
004	307	319	325	318	316	345
005	326	320	334	320	333	355
006	303	322	339	310	336	349
010	303	307	302	354	349	375

(Datos expresados en cP)

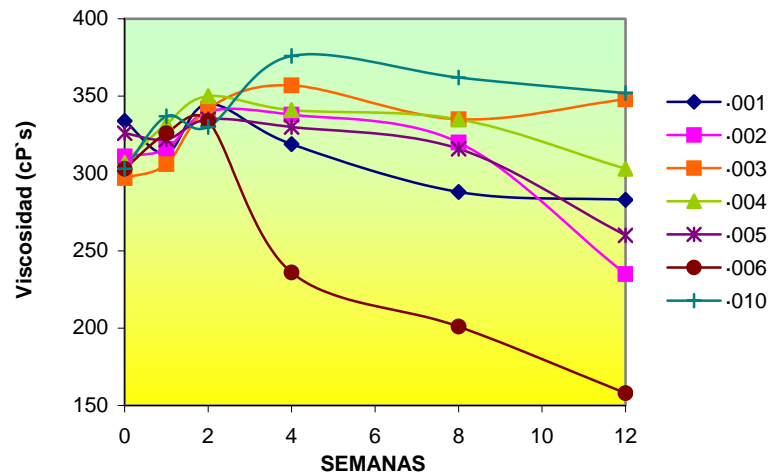


Gráfica 3-5

Se puede ver a esta temperatura que la viscosidad se encuentra dentro de un margen tolerable durante todo el periodo estudiado.

B) 20°C

FORMULAS	SEMANAS					
	0	1	2	4	8	12
001	334	313	345	319	288	283
002	311	316	340	338	320	235
003	297	306	342	357	335	348
004	307	332	350	341	335	303
005	326	322	335	330	316	260
006	303	326	334	236	201	158
010	303	337	330	376	362	352



Gráfica 3-6

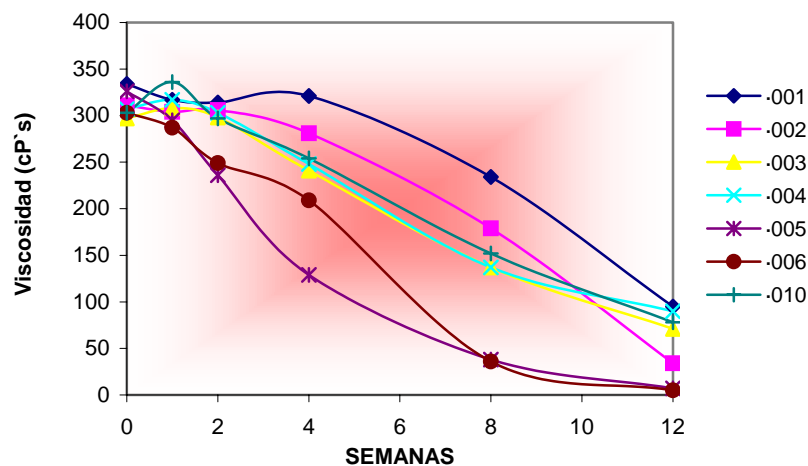
Tomando como referencia la fórmula base 001, se llega a algunas observaciones:

- La fórmula 002 es equivalente a la fórmula 001 sólo que contiene colorante (al igual que las demás fórmulas) y la viscosidad disminuye aproximadamente un 10% más al cabo de 12 semanas (dentro del margen tolerable).

- Dosis bajas de KI (fórmulas 004 y 005) no afectan significativamente a la viscosidad mientras que una dosis del 0.1% de KI (006) provoca una caída de la viscosidad a partir de la semana 2 con una pérdida del 48% a las 12 semanas.
- La sobredosificación de Sequion CLR (fórmula 003) y el cambio de Sequion por Briquest (fórmula 010) aumenta la viscosidad.

C) 40°C

FORMULAS	SEMNAS					
	0	1	2	4	8	12
001	334	317	314	321	234	95
002	311	304	306	281	179	34
003	297	308	298	241	137	71
004	307	317	303	248	137	90
005	326	295	236	129	38	7
006	303	287	249	209	36	5
010	303	336	297	254	152	78



Gráfica 3-7

Observaciones:

- Todas las fórmulas pierden viscosidad a dicha temperatura.
- La viscosidad de la base con colorante (formula 002) es menor que la de la base sin color.
- La sobredosificación de Sequion (003) también produce una disminución mayor que la de la base.
- A una dosis baja de KI (004) la disminución de viscosidad es similar a la de la base. Sin embargo a la dosis media y alta la viscosidad (005 y 006) se pierde.
- La caída de viscosidad con Briquest (fórmula 010) es algo menor que con Sequion CLR.



3.2.1.2.3. Color

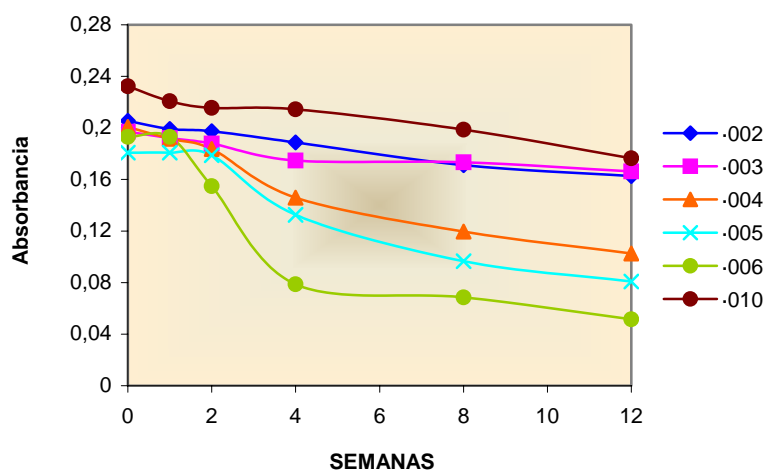
Como se ha comentado en el apartado 3.1.7.5, la longitud de onda a la que se va a medir es de 600 nm.

A) 5°C

La fórmula 001 no se tiene en cuenta puesto que es transparente.

5°C FÓRMULAS	SEMANAS					
	0	1	2	4	8	12
002	0.2055	0.1991	0.1974	0.1887	0.1710	0.1626
003	0.1970	0.1920	0.1878	0.1746	0.1733	0.1662
004	0.2007	0.1915	0.1836	0.1458	0.1196	0.1026
005	0.1807	0.1807	0.1787	0.1325	0.0966	0.0809
006	0.1931	0.1931	0.1548	0.0788	0.0683	0.0515
010	0.2323	0.2208	0.2155	0.2144	0.1986	0.1764

(Datos expresados en absorvancia)



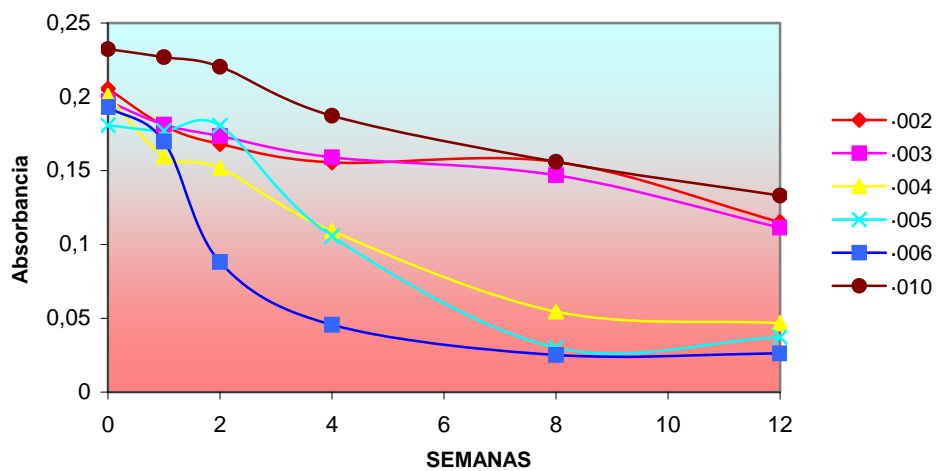
Gráfica 3-8

Observaciones:

- La fórmula con Briquest (010) mantiene más el color que la fórmula con Sequion CLR (002).
- La sobredosificación de Sequion (003) no confiere ninguna variación de color.
- Al aumentar la dosis de KI (fórmulas 004, 005 y 006 respectivamente) el color se degrada más y más rápido.

B) 20°C

20°C FÓRMULAS	SEMANAS					
	0	1	2	4	8	12
002	0.2055	0.1805	0.1680	0.1555	0.1560	0.1152
003	0.1970	0.1811	0.1734	0.1590	0.1469	0.1115
004	0.2007	0.1596	0.1517	0.1092	0.0546	0.0468
005	0.1807	0.1770	0.1805	0.1056	0.0300	0.0372
006	0.1931	0.1697	0.0882	0.0457	0.0252	0.0263
010	0.2323	0.2269	0.2204	0.1872	0.1560	0.1331

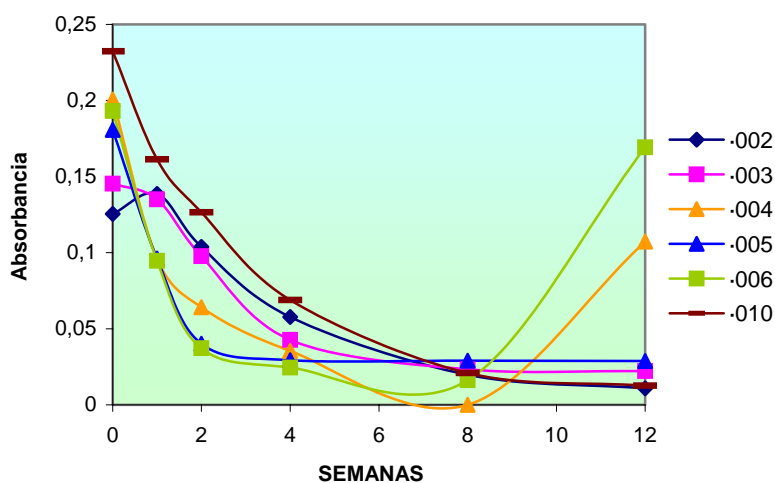


Gráfica 3-9

En todas las fórmulas el color disminuye más a 20°C que a 5°C pero las observaciones comentadas antes son las mismas.

C) 40°C

FÓMULAS	SEMANAS					
	0	1	2	4	8	12
002	0.2055	0.1386	0.1038	0.0577	0.0198	0.0108
003	0.1970	0.1350	0.0977	0.0427	0.0233	0.0222
004	0.2007	0.0961	0.0642	0.0354	0	0.1073
005	0.1807	0.0961	0.0402	0.0293	0.0290	0.0288
006	0.1931	0.0947	0.0372	0.0245	0.0162	0.1692
010	0.2323	0.1613	0.1265	0.0689	0.0209	0.0126



Gráfica 3-10

En todas las fórmulas cuando pasan las 12 semanas el color se pierde totalmente. Sin embargo la grafica muestra que a partir de la semana 8 se produce un aumento de color en las fórmulas 004 y 006 debido a que éstas se descomponen y se vuelven opacas. Por ese motivo el haz de luz del dispositivo

de medida no incide sobre las muestras adecuadamente y el dato de absorbancia proporcionado es erróneo.

En las fotos que se muestran a continuación se constata de forma visual todo lo comentado hasta ahora. En cada foto aparecen las fórmulas de 5, 20 y 40°C consecutivamente.

➤ Fórmula 002:

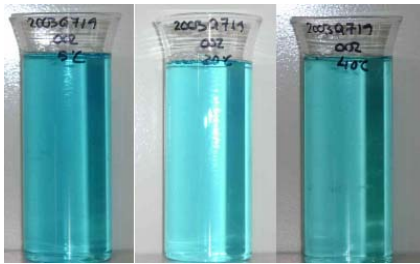


FOTO 3-3: 002 SEMANA 1



FOTO 3-4: 002 SEMANA 12

➤ Fórmula 003

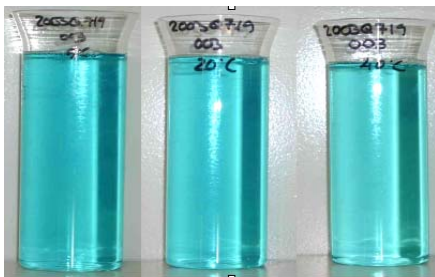


FOTO 3-5: 003 SEMANA 1



FOTO 3-6: 003 SEMANA 12

➤ Fórmula 004

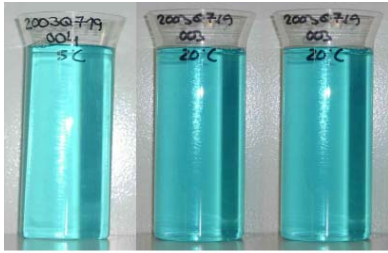


FOTO 3-7: 004 SEMANA 1



FOTO 3-8: 004 SEMANA 12

➤ Fórmula 005



FOTO 3-9: 005 SEMANA 1

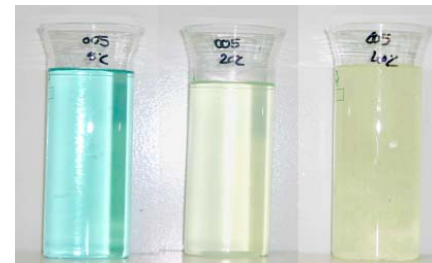


FOTO 3-10: 005 SEMANA 12

➤ Fórmula 006

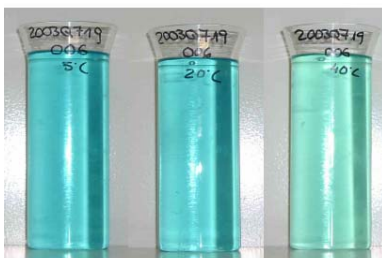


FOTO 3-11: 006 SEMANA 1



FOTO 3-12: 006 SEMANA 12

➤ Fórmula 010

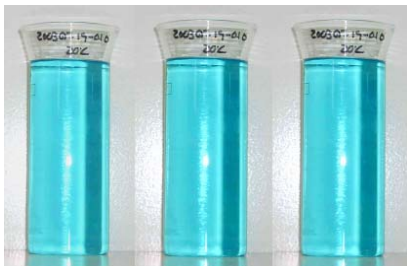


FOTO 3-13: 010 SEMANA 1



FOTO 3-14: 010 SEMANA 12

#### **3.2.1.2.4. Aspecto**

Las fórmulas se muestran transparente en todo el seguimiento excepto las que contiene KI. Éstas se descomponen y se vuelve turbias, más cuanto más KI contienen.

#### **3.2.1.2.5. Olor**

El perfume se va perdiendo a medida que pasa el tiempo de seguimiento pero aun así resulta bastante duradero.

#### **3.2.1.2.6. Hinchamiento**

Tal y como se expuso en el apartado 3.1.7.5. se han realizado pruebas de estanqueidad a las botellas con el fin de comprobar que las botellas están en perfecto estado (sin poros, grietas,....).

Tras introducir las botellas en una estufa de 40°C comprobamos el grado de hinchamiento en los intervalos de tiempo citados anteriormente. Al cabo de las 12 semanas obtenemos conclusiones tales como:

- La botella equivalente a la lejía base (001) pero coloreada (002) se hincha más y llega a romperse.
- La sobredosificación de Sequion CLR (003) no contribuye a la de hinchamiento de botellas.
- Las botellas que contienen KI se hinchan menos que las de la base. Cuanto más concentración de KI menos hinchadas están las botellas, de hecho, con un 0.1% de KI la botella no está nada hinchada.
- La botella que contiene Briquest (010) comienza a hincharse a partir de la semana 4 pero no se llega a romper transcurridas las 12 semanas. Por contra la botella con Sequion (002) comienza a hincharse a la semana 1 y al final se rompe por lo que concluimos una mejora en el hinchamiento al cambiar el Sequion por el Briquest.

### **3.2.1.3. Conclusiones**

- ❖ La adición de colorante a la base hace que aumente poco la degradación de hipoclorito.
- ❖ La sobredosificación de Sequion CLR no reporta ningún beneficio.
- ❖ La adición de KI favorece considerablemente a la minimización (e incluso eliminación) del hinchamiento de botellas.
- ❖ El Briquest minimiza el tiempo en el que las botellas se hinchan y la degradación de hipoclorito y el mantenimiento de la viscosidad y color dan mejores resultados que en el caso del Sequion. Aun así las mejoras no son demasiado significativas como para decidir un cambio de Sequion por Briquest.

- ❖ Dado que el KI supone una gran ventaja en cuanto a hinchamiento, los capítulos posteriores se van a centrar en la búsqueda de otros sistemas estabilizantes que lo contengan y que además mejoren los resultados de degradación de hipoclorito, viscosidad,...

### **3.2.2. Estudio de nuevos estabilizantes**

#### **3.2.2.1. Objetivo**

Dicho estudio se fundamenta en la ventaja que supone, en cuanto a minimización de hinchamiento de botellas, la adición de KI a la fórmula de la lejía. Sin embargo, la degradación de hipoclorito, el mantenimiento de viscosidad y color, el olor y el aspecto de la lejía se ven perjudicados por esta adición.

Con el objetivo de que no se produzca ningún efecto negativo sobre la lejía se probará un nuevo sistema estabilizante formado por la combinación de un "radical Scavenger" (Tempoxy LO) y el KI.

#### **3.2.2.2. Formulaciones ensayadas**

En primer lugar se estudiarán dos concentraciones distintas de Tempoxy LO, en segundo lugar la combinación de Tempoxy LO y KI y en tercer lugar la combinación de Tempoxy LO y KI a diferentes dosificaciones de colorantes. En todos los casos la base de lejía utilizada para hacer las fórmulas contiene Sequion, por lo que en realidad los tres casos estudiados serán combinaciones a una concentración fija de Sequion.



Las fórmulas se someterán a una temperatura de 60°C durante cinco días (envejecimiento acelerado) en los cuales mediremos el porcentaje de hipoclorito, la viscosidad, el color, el olor, el aspecto y el hinchamiento. Lo que se pretende es tener una idea de lo que ocurre con cada combinación en el menor tiempo posible.

### 3.2.2.3. Tempoxy LO

La base de lejía empleada es la misma que hasta ahora, como se detalla en el apartado 3.2.1.2.. Y las diferentes fórmulas ensayadas son:

<b>FÓRMULA</b>	<b>Colorante (%)*</b>	<b>Tempoxy LO (%)*</b>
<b>Estándar</b>	0.001	--
<b>100</b>	0.001	0.01
<b>200</b>	0.001	0.02

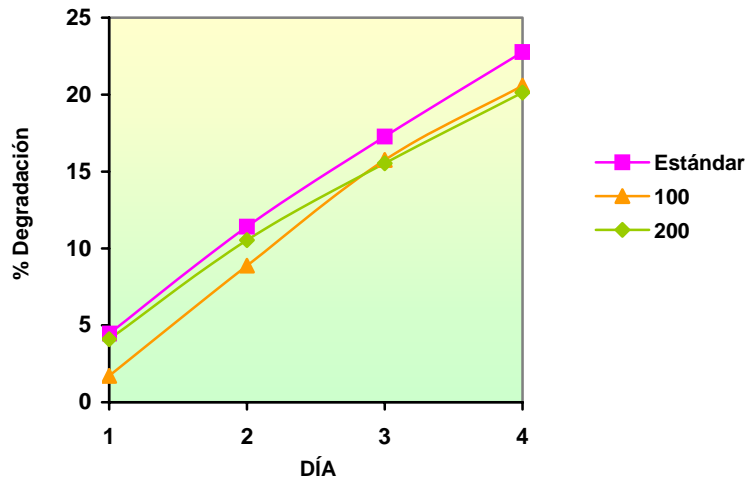
\*Las concentraciones están expresadas en 100%, es decir, sin tener en cuenta la riqueza del compuesto

#### 3.2.2.3.1. Degradación de hipoclorito

Los datos tomados el primer día solo nos sirven para realizar los cálculos de porcentaje de degradación de hipoclorito.

<b>Fórmula</b>	<b>DÍA</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Estándar</b>	4.46	11.42	17.27	22.76
<b>100</b>	1.72	8.88	15.76	20.58
<b>200</b>	4.10	10.55	15.54	20.13

(Datos expresados en porcentaje de degradación de hipoclorito)

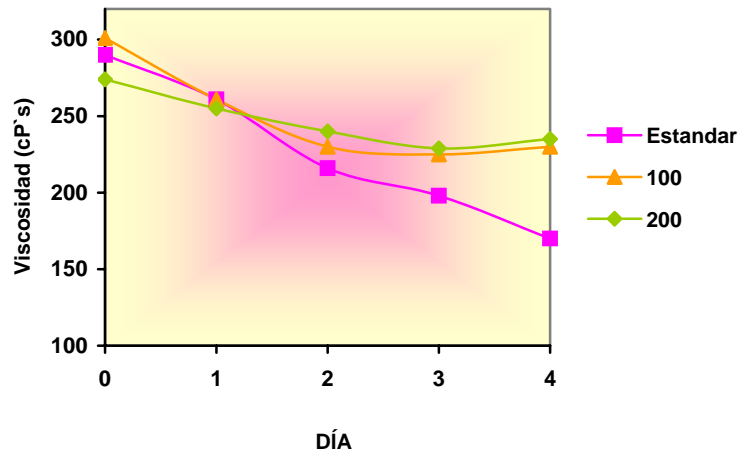


Gráfica 3-11

La degradación del hipoclorito se hace algo menor con la adición del Tempoxy LO. Esta disminución es indiferente de la concentración de Tempoxy que se tenga ya que se están probando concentraciones muy bajas.

### 3.2.2.3.2. Viscosidad

Fórmula	DÍA				
	0	1	2	3	4
Estándar	290	261	216	198	170
100	301	261	230	225	230
200	274	255	240	229	235

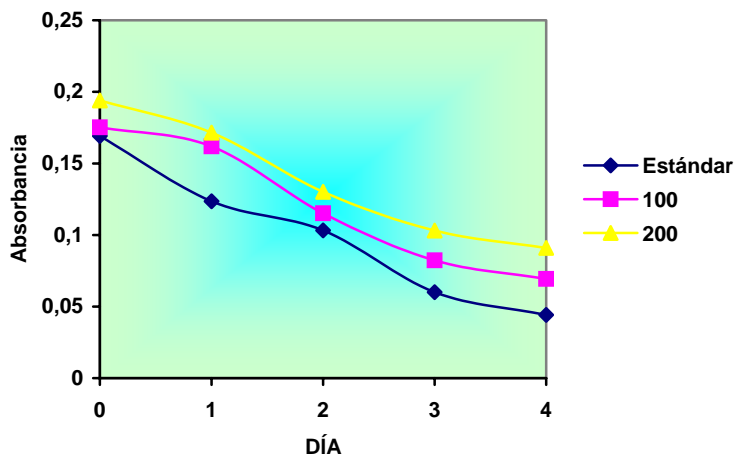


Gráfica 3-12

La caída de viscosidad cambia de un 40% a un 15% cuando añadimos Tempoxy LO a la lejía ya que ésta, a priori, se hace más estable.

### 3.2.2.3.3. Color

Fórmula	DÍA				
	0	1	2	3	4
Estándar	0.1692	0.1236	0.1188	0.0600	0.0441
100	0.1752	0.1619	0.1152	0.0822	0.0693
200	0.1940	0.1716	0.1302	0.1032	0.0910



Gráfica 3-13

El Tempoxy LO es una materia prima sólida con color naranja y resulta motivo suficiente para que las fórmulas adquieran más color. El color además varía un poco del azul que posee la muestra sin Tempoxy, tornándose de un tono azul verdoso. En la gráfica 3-13 se observa el mejor mantenimiento del color que resulta con la adición de Tempoxy LO a la lejía.

#### 3.2.2.3.4. Olor y aspecto

Sorprendentemente el olor se ve intensificado y ligeramente cambiado a medida que pasan los días de seguimiento.

En cuanto al aspecto no hay ninguna anomalía a comentar.

#### 3.2.2.3.5. Hinchamiento

Haciendo una comparativa entre la botella de estandar y las otras dos botellas, se observa que las botellas que contienen Tempoxy LO se hinchan menos y pueden mantenerse en posición vertical sin caer. La botella con 0.01%

de Tempoxy al cuarto día de seguimiento está en peores condiciones que la de 0.02% no.

Se muestra una tendencia a favorecer la disminución de hinchamiento en las botellas a medida que se aumenta la concentración de Tempoxy. Profundizaremos más sobre este hecho más adelante.

#### **3.2.2.4. Tempoxy LO – Yoduro potásico**

A continuación se van a testar tres concentraciones distintas de KI para un valor fijo de Tempoxy de 0.02%. Éste último valor lo hemos tomado puesto que, como vimos en el apartado 3.2.2.2, a esta concentración el Tempoxy no aumenta la degradación de hipoclorito ni disminuye la viscosidad, y sin embargo favorece el mantenimiento de color y del olor y muestra una tendencia a mejorar el hinchamiento.

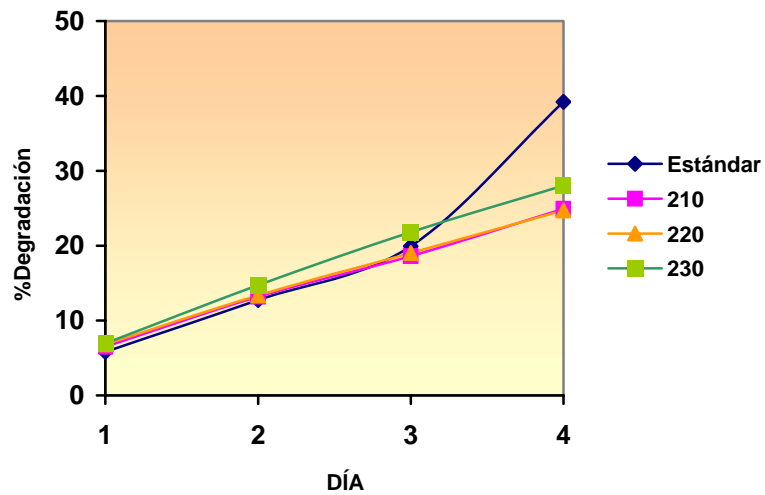
De nuevo se trata el estándar (la base) para que la comparación sea más precisa.

<b>FÓRMULA</b>	<b>Colorante (%)</b>	<b>Tempoxy LO (%)</b>	<b>KI (%)</b>
<b>Estándar</b>	0.001	0.02	0
<b>210</b>	0.001	0.02	0.002
<b>220</b>	0.001	0.02	0.05
<b>230</b>	0.001	0.02	0.1

### 3.2.2.4.1. Degradación de hipoclorito

Fórmula	DÍA			
	1	2	3	4
Estándar	5.81	12.74	19.94	39.21
210	6.49	13.18	18.62	24.93
220	6.82	13.35	19.03	24.72
230	6.94	14.73	21.81	28.04

(Datos expresados en porcentaje de degradación de hipoclorito)

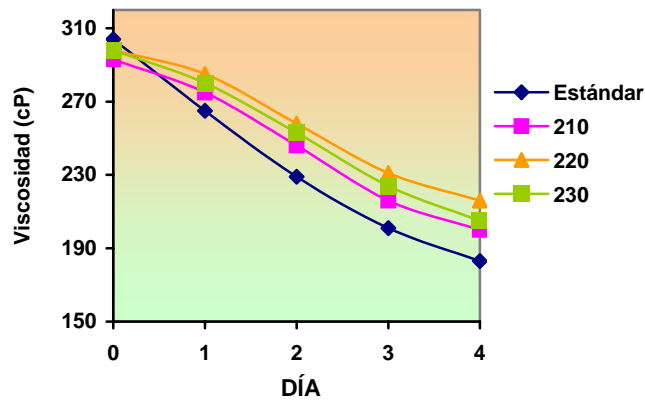


Gráfica 3-14

Al aumentar la concentración de KI se experimenta un ligero aumento de la degradación de hipoclorito aunque no resulta relevante.

3.2.2.4.2. Viscosidad

Fórmula	DÍA				
	0	1	2	3	4
Estándar	304	265	229	201	183
210	293	275	246	216	200
220	298	285	258	231	216
230	298	280	253	224	196

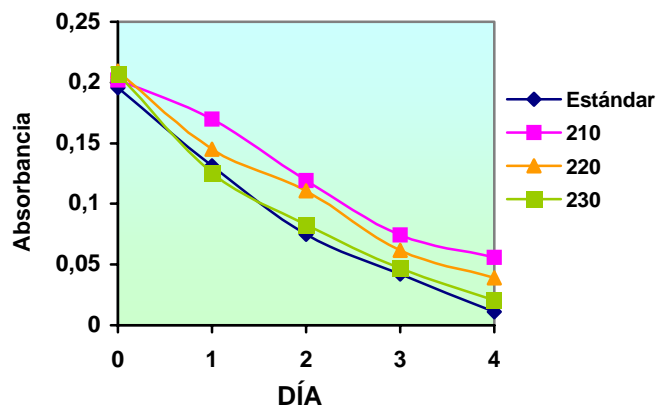


Gráfica 3-15

La caída de viscosidad del estándar es mayor que la sufrida por las fórmulas con Tempoxy – KI.

3.2.2.4.3. Color

Fórmula	DÍA				
	0	1	2	3	4
Estándar	0.1957	0.1314	0.0750	0.0420	0.0113
210	0.2018	0.1698	0.1194	0.0744	0.0557
220	0.2096	0.1452	0.1107	0.0619	0.0392
230	0.2072	0.1254	0.0828	0.0468	0.0208



Gráfica 3-16

Cuanto menor es la concentración de KI, a una concentración fija de Tempoxy LO, el color se mantiene mejor que el estándar.

#### 3.2.2.4.4. Olor y aspecto

Al mezclar Tempoxy – KI el olor no se intensifica de la misma forma que si tuviéramos Tempoxy sólo. Sin embargo sí que se conserva mejor que el olor que posee el estándar.

El aspecto no se empeora en ningún caso y las muestras permanecen transparentes.

#### 3.2.2.4.5. Hinchamiento

Las botellas con Tempoxy – KI se hinchan menos que la botella de estándar que no se mantiene en posición vertical desde el día dos mientras que las demás no se caen y permanecen igual de hinchadas.



#### **3.2.2.4.6. Conclusiones**

La mezcla Tempoxy LO – yoduro potásico muestra (a priori) una sorprendente ventaja de cara al hinchamiento y además el hipoclorito, la viscosidad, el color y el aspecto nos se ven tan desfavorecido como se vió en las primeras estabilidades donde sólo había KI.

Según esto se afirma que el Tempoxy supone una ventaja de cara al mantenimiento del color, del olor y del aspecto mientras que el KI favorece principalmente el hinchamiento.

En el proceso de producción a veces se da el caso de que la bomba aspira un concentrado de colorante y, como ya hemos dicho, los colorantes (por su contenido metálico) contribuyen al hinchamiento de botellas. Por tanto, si con la mezcla Tempoxy LO - KI el hinchamiento no se viera perjudicado por la sobredosificación de colorante, se justificaría una continuidad en el estudio de dichos estabilizantes. Es por eso por lo que nuestro siguiente estudio se basará en la sobredosificación de colorante.

### 3.2.2.5. Sobredosificación de colorante

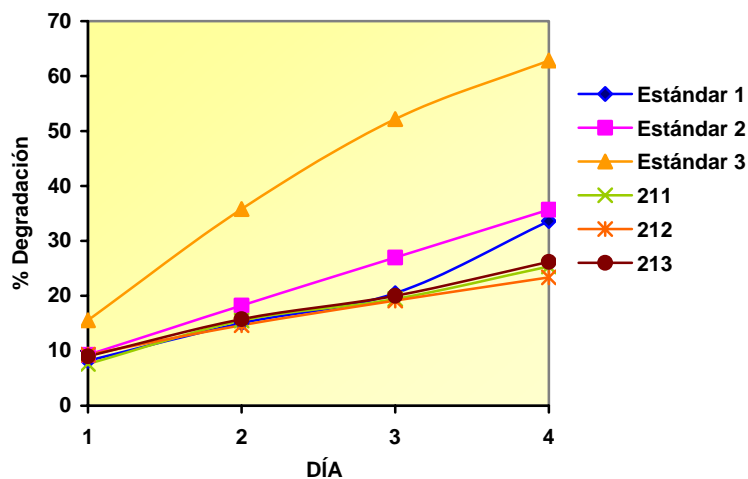
Se toman tres fórmulas estándar de lejía con tres dosis diferentes de colorante y otras tres fórmulas estándar iguales a las anteriores pero con adición de Tempoxy y KI, con el fin de establecer una comparativa.

<b>FÓRMULA</b>	<b>Colorante (%)</b>	<b>Tempoxy LO(%)</b>	<b>KI(%)</b>
<b>Estándar 1</b>	0.001	0	0
<b>Estándar 2</b>	0.002	0	0
<b>Estándar 3</b>	0.005	0	0
<b>211</b>	0.001	0.02	0.002
<b>212</b>	0.002	0.02	0.002
<b>213</b>	0.005	0.02	0.002

#### 3.2.2.5.1. Degradación de hipoclorito

<b>Fórmula</b>	<b>DÍA</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Estándar 1</b>	8,19	15,03	20,49	33,61
<b>Estándar 2</b>	9,26	18,25	26,97	35,69
<b>Estándar 3</b>	15,57	35,79	52,18	62,84
<b>211</b>	7,6	15,49	19,43	25,35
<b>212</b>	9,29	14,65	19,15	23,35
<b>213</b>	9,01	15,77	20	26,19

(Datos expresados en porcentaje de degradación de hipoclorito)

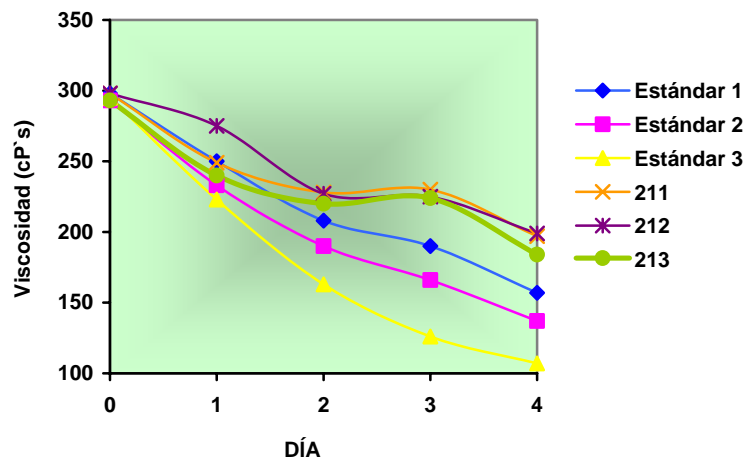


Gráfica 3-17

En los estándares cuanto mayor es la dosis de colorante mayor es la degradación sufrida por las fórmulas, siendo del 63% la degradación del estándar 3. Por el contrario las fórmulas 211, 212 y 213 sufren una degradación aproximada del 25% que resulta ser un valor incluso menor que la del estándar 1.

### 3.2.2.5.2. Viscosidad

Fórmula	DÍA				
	0	1	2	3	4
Estándar 1	298	250	208	190	157
Estándar 2	293	233	190	166	137
Estándar 3	295	223	163	126	107
211	298	249	228	230	197
212	298	275	227	225	199
213	293	240	220	224	184



Gráfica 3-18

Con la viscosidad ocurre exactamente igual que con la degradación de hipoclorito, los estándares llegan a tener una caída de viscosidad tanto mayor cuanto mayor dosis de colorante (del 47 al 63%) y las fórmulas 211, 212 y 213 sufren una misma caída de viscosidad (35%) y mucho menor que los estándares.

### 3.2.2.5.3. Color

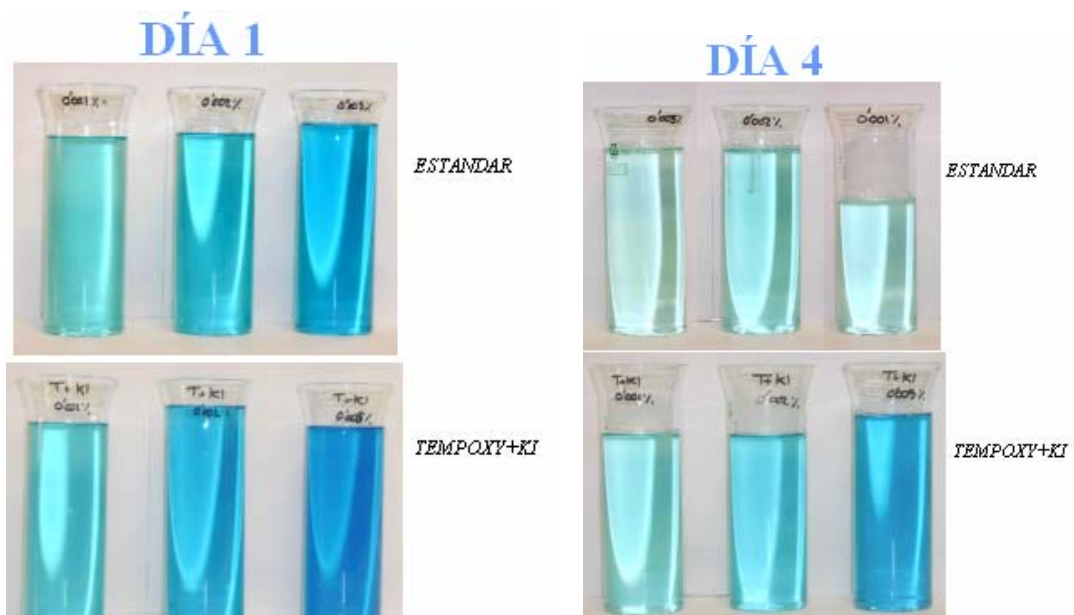


FOTO 3-15

Se constata en las fotos que el color de los estándares a los cuatro días de seguimiento se ha perdido casi por completo, sin embargo las fórmulas 211, 212 y 213 conservan bastante color y se distingue visualmente la dosis de colorante que inicialmente contenían.

#### 3.2.2.5.4. Olor y aspecto

Las fórmulas que contienen Tempoxy LO – yoduro potásico conservan el perfume durante más tiempo que las fórmulas estándares.

El aspecto que muestran las fórmulas es transparente lo cual es indicativo de que no ha habido separación de fases (descomposición).

#### 3.2.2.5.5. Hinchamiento

DÍA 1



ESTÁNDAR

TEMPOXY+KI

FOTO 3-16



FOTO 3-17

Observaciones:

- Las botellas de estándares se hinchan más.
- Las botellas de estándar 2 y 3 el primer día ya están muy hinchadas y se rompen en los días 4 y 2 respectivamente.
- Las botellas con fórmulas 211, 212 y 213 permanecen poco hinchadas en todo el transcurso del seguimiento.

#### **3.2.2.5.6. Conclusiones**

- Existe una clara mejora en la estabilización de la lejía.
- Dados los resultados resulta conveniente realizar un estudio más exhaustivo acerca de los tres tipos de estabilizantes usados con el fin de obtener una concentración óptima de los mismos, de profundizar en los efectos que se producen y su influencia en los costes del producto final.

### **3.2.3. Optimización del sistema estabilizante**

Se ha comprobado a nivel experimental que la incorporación de Tempoxy LO y KI mejora las propiedades de la lejía y minimiza el hinchamiento. Sin embargo un sistema estabilizante compuesto por Sequion, Tempoxy LO y KI supone un sobrecoste que habría que justificar seriamente antes de llevarlo a cabo, por lo tanto se van a seguir los siguientes pasos:

1. Estudiar las concentraciones óptimas de Sequion, Tempoxy LO y KI
2. Una vez determinadas las concentraciones óptimas, se analizarán los niveles de residuos sobre superficies ya que suponen un requisito indispensable para que la lejía pueda competir en el mercado.

A partir de los resultados obtenidos en residuos habrá que justificar una mejora o eliminación de hinchamiento de forma cuantitativa y especializada. Para ello se recurrirá a un laboratorio especializado.

#### **3.2.3.1. Diseño de experimentos mediante Statgraphics**

##### **3.2.3.1.1. Planteamiento**

Es necesario determinar las concentraciones óptimas de estabilizantes para que el producto sea más rentable y a su vez se sigan cumpliendo los requisitos perseguidos inicialmente.

En un principio se podría plantear estudiar una serie de concentraciones diferentes y aleatorias de los tres estabilizantes pero ello puede llevar a la

realización de un número de experimentos elevados, a conclusiones erróneas y en definitiva a una gestión no adecuada del estudio en cuestión. Para evitarlo se realiza un diseño de experimentos mediante el programa informático Statgraphics.

Se llevará a cabo un diseño factorial de cubo centrado en las caras donde se estudian 3 variables o factores (Sequion, Tempoxy LO y KI) con dos niveles (mínimo y máximo) cada uno que son los que se muestran en la siguiente tabla:

<b>Factor</b>	<b>Nivel mínimo (%)</b>	<b>Nivel máximo (%)</b>
<b>Sequion CLR</b>	0.04	0.12
<b>Tempoxy LO</b>	0.01	0.03
<b>Ioduro potásico</b>	0.001	0.003

Como se ha visto hasta ahora el sistema en estudio es susceptible a variaciones de tres variables de respuesta:

- Degradación de hipoclorito
- Viscosidad
- Color

Y por lo tanto se estudiará la influencia de los tres factores o variables de entrada sobre cada una de las tres variables de respuesta mencionadas.

Como resultado de la combinación de las tres variables se obtienen ocho puntos correspondientes a los vértices de un cubo en el que cada dimensión es equivalente a una variable y que nos va a proporcionar los puntos óptimos de cada respuesta. Por lo tanto se obtendrán tres cubos (uno para cada variable de respuesta) además de otros diagramas que nos proporcionará el programa informático para ayudarnos a entender la relación entre las variables.

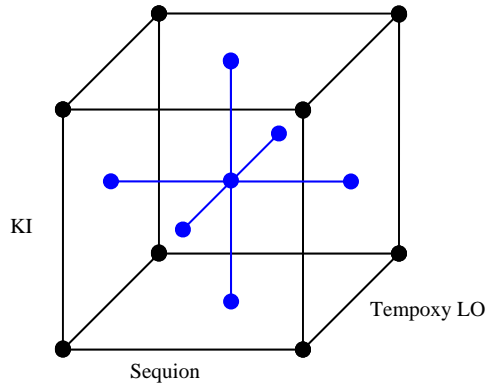


### 3.2.3.1.2. Formulaciones ensayadas

Todas las fórmulas se han hecho a partir de una base que contenía 3.7% de hipoclorito sódico, 1.05% de hidróxido sódico, 1.25% tensioactivo aniónico (PL-28), 0.054% de Acusol 470N, 0.05% perfume y el resto de agua. La preparación es sencilla puesto que basta con agitar e ir añadiendo los ingredientes de forma que el tensioactivo se agregue antes que el perfume puesto que en caso contrario el perfume no se solubilizaría. Posteriormente se someterán a 60°C durante cinco días, momento en el que se tomarán medidas de las tres variables de respuesta que nos interesan.

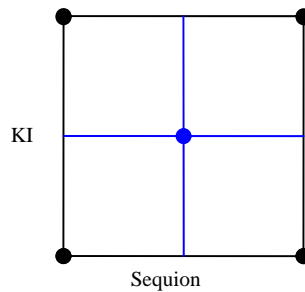
<b>FÓRMULA</b>	<b>Sequion CLR (%)</b>	<b>Tempoxy LO (%)</b>	<b>KI (%)</b>
<b>4.1</b>	0.04	0.03	0.003
<b>402</b>	0.013	0.02	0.002
<b>403</b>	0.08	0.02	0.0037
<b>404</b>	0.12	0.03	0.001
<b>405</b>	0.08	0.0032	0.002
<b>406</b>	0.08	0.037	0.002
<b>407</b>	0.12	0.01	0.001
<b>408</b>	0.04	0.01	0.003
<b>409</b>	0.04	0.03	0.001
<b>410</b>	0.08	0.02	0.00032
<b>411</b>	0.147	0.02	0.002
<b>412</b>	0.04	0.01	0.001
<b>413</b>	0.12	0.03	0.003
<b>414</b>	0.12	0.01	0.003
<b>415</b>	0.08	0.02	0.002

El listado de formula viene proporcionado directamente por el ordenador y corresponden a los puntos del modelo de cubo centrado en las caras que se muestra a continuación:



Grafica 3.19

En total son 15 fórmulas y en los puntos centrados en las caras el ordenador toma valores mayores o menores que los niveles mínimos y máximos. Por ejemplo:



Grafica 3.20

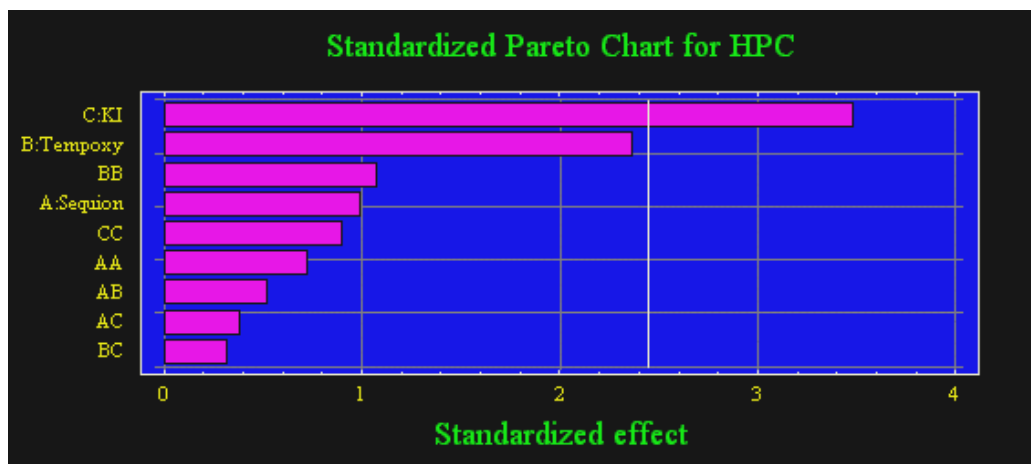
Para el nivel bajo de Tempoxy LO el punto central en teoría tendría valores  $0,002\%KI - 0,08\%Sequion - 0,01\%Tempoxy LO$  sin embargo en lugar de  $0,01\%$  de Tempoxy el ordenador extrapola este valor a uno más bajo, es decir,  $0,0032\%$ .

Una vez tomados los valores de las variables de respuesta, se tratan informáticamente dando lugar a los resultados que se exponen a continuación.

### 3.2.3.1.3. Efecto ejercido por los estabilizantes sobre la degradación de hipoclorito

El diagrama de Pareto indica que los factores más influyentes son:

1. Yoduro potásico
2. Tempoxy LO



Gráfica 3.21: Diagrama de Pareto para el HPC

(La línea blanca indica que a partir de ese valor el efecto es importante)

El programa aporta una gráfica sencilla que muestra las relaciones de los efectos individuales de las variables sobre la variable respuesta. A continuación se muestran las observaciones tomadas de esas gráficas:

- A medida que se aumenta la concentración de Sequion la degradación de hipoclorito se mantiene invariable.
- Al aumentar la concentración de Tempoxy la degradación de hipoclorito disminuye.
- Al aumentar la concentración de yoduro potásico la degradación de hipoclorito disminuye en mayor medida bastante.

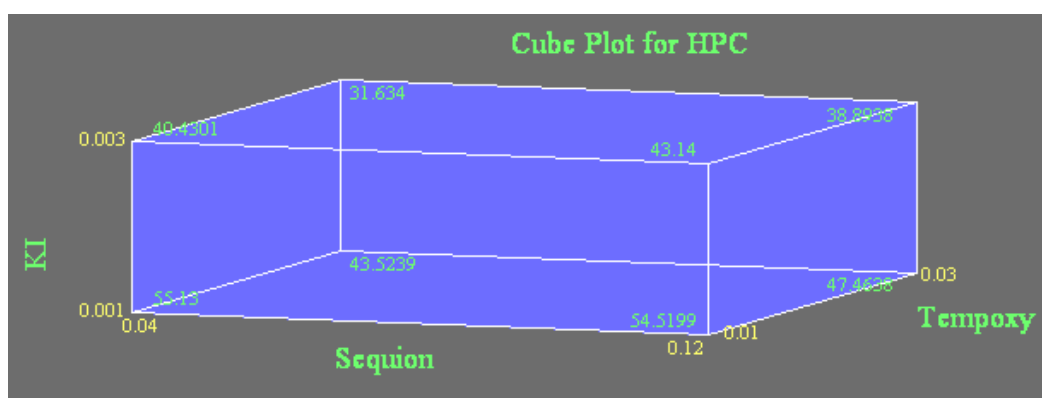
De la misma forma, para los efectos de la interacción de factores se obtienen unas gráficas sencillas de las cuales se obtienen las siguientes observaciones:

- Para un nivel alto tanto de Tempoxy como de ioduro potásico a medida que se aumenta la concentración de Sequion aumenta la degradación de HPC.
- Para un nivel bajo tanto de Tempoxy como de ioduro potásico a medida que se aumenta la concentración de Sequion la degradación de HPC se mantiene prácticamente constante y es mayor que en el caso de los niveles altos.
- Tanto para un nivel alto como bajo de ioduro potásico al aumentar la concentración de Tempoxy disminuye la degradación de HPC, siendo ésta mayor para niveles bajos de que para los bajos.

El punto óptimo desde el punto de vista de degradación de HPC es:

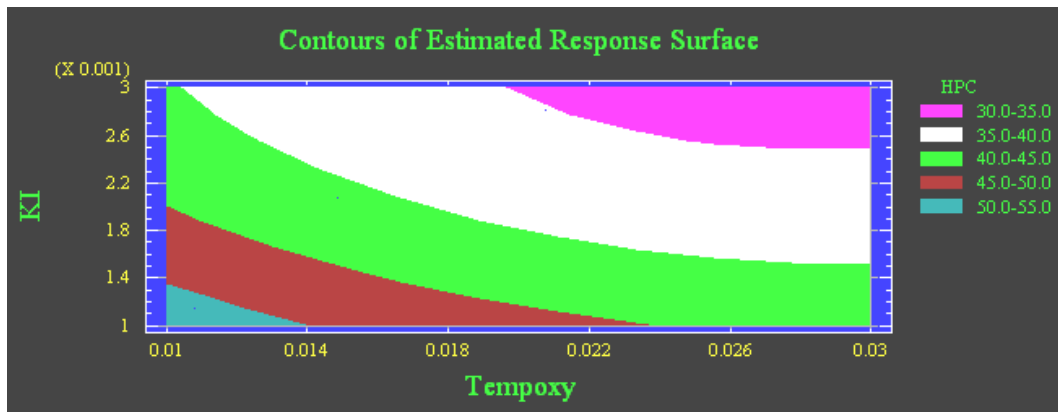
- Concentración alta de Tempoxy (0.03%)
- Concentración alta de KI (0.003%)
- Concentración baja de Sequion (0.04%)

Para estos valores la degradación es de un **31.634%** (expresado en porcentaje de pérdida) como se puede ver en la siguiente representación cúbica:



Gráfica 3.22: Representación cúbica de los factores para el HPC

Aunque el punto mencionado da la degradación mínima se aprecia, para un valor fijo de Sequion (0.04%), que combinaciones de Tempoxy y KI e: 0.01% Tempoxy - 0.003% KI y 0.03% Tempoxy – 0.001% KI; dan una degradación de entre 30 y 40%, como se puede apreciar en la siguiente figura:



Gráfica 3.23: Representación gráfica en superficie de los factores KI y Tempoxy LO para la variable de respuesta HPC.

### **Conclusiones**

Se aprecian claras tendencias en la degradación de hipoclorito según sean las concentraciones de los tres estabilizantes añadidos.

Dicha degradación se minimiza a medida que:

- disminuye la concentración de Sequion
- aumenta la concentración de Tempoxy
- aumenta la concentración de KI

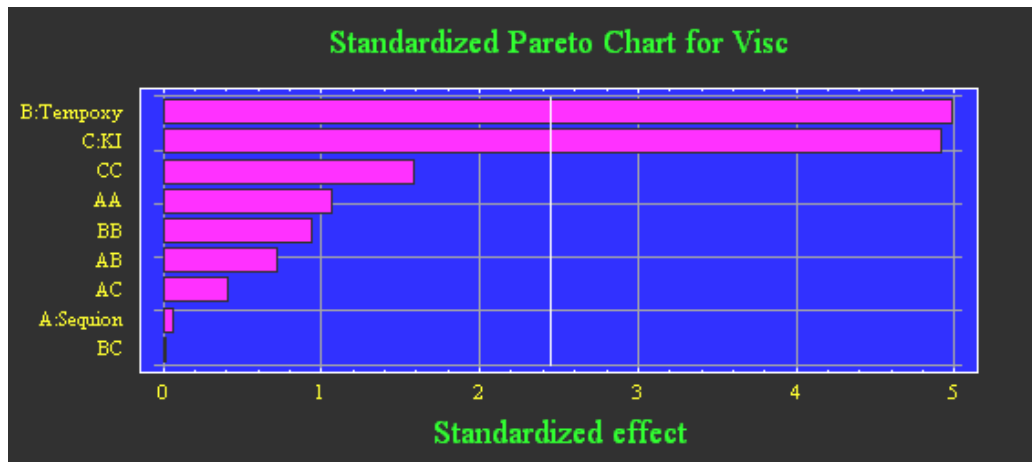
Los puntos óptimos en cuanto a costes y concentraciones decididas se especificarán al final del estudio.

### 3.2.3.1.4. Efecto ejercido por los estabilizantes sobre la viscosidad

Según el diagrama de Pareto los efectos más influyentes son:

1º Tempoxy

2º Ioduro potásico



Gráfica 3.24: Diagrama de Pareto para la viscosidad

Las gráficas de los efectos individuales muestra:

- Al aumentar la concentración de Sequion se aprecia la misma disminución de la viscosidad inicial (aproximadamente un 49% de pérdida).
- Al aumentar la concentración de Tempoxy la viscosidad inicial disminuye bastante menos, es decir, se pasa de una pérdida del 61% al 32%.
- Al aumentar la concentración de KI ocurre igual que en el caso del Tempoxy, pero el efecto es menos pronunciado. Se pasa de una pérdida del 61 al 42%.

Los efectos de la interacción de los factores muestran:

- Tanto para niveles bajos como altos de Tempoxy y KI, el aumento de la concentración de Sequion no provoca variaciones

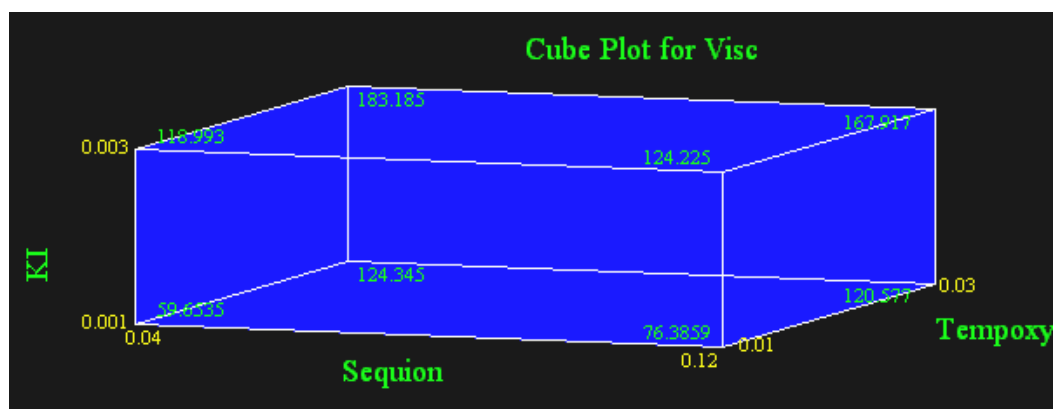
significativas en la viscosidad. Para los niveles bajos de Tempoxy y KI la pérdida de viscosidad es del 64% y para los niveles altos es del 35%.

- Tanto para el nivel bajo como alto de KI el aumento de Tempoxy hace que la viscosidad inicial se mantenga bastante más. Para el nivel bajo las pérdidas son del 63% y para el nivel alto son del 45%.

Los puntos óptimos para que la viscosidad disminuya menos con respecto a la viscosidad inicial son:

- Concentración alta de Tempoxy (0.03%)
- Concentración alta de KI (0.003%)
- Concentración baja de Sequion (0.04%)

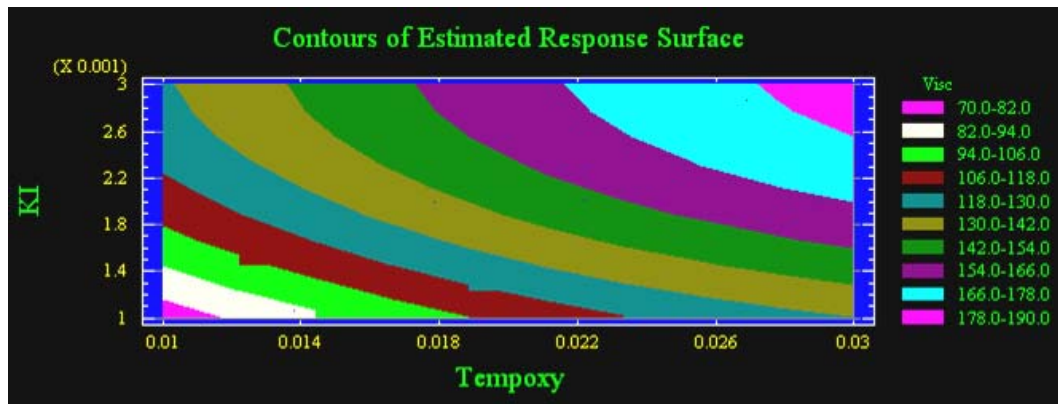
Para esos valores la viscosidad tiene un valor de 183.185 cP y el valor de la pérdida de viscosidad con respecto a la inicial corresponde al 22.7%. La siguiente figura muestra una representación cúbica donde en cada vértice del cubo se aprecian los valores de viscosidad resultantes.



Gráfica 3.25: Representación cúbica de los efectos para la viscosidad

En el diagrama de contorno que se ve a continuación, para un valor fijo de Sequion (0.04%) y combinaciones de Tempoxy – KI entre: 0.01% Tempoxy

– 0.003% KI y 0.026% Tempoxy – 0.001% KI, la viscosidad se mantiene mayor de 120 cP.



Gráfica 3.26: Representación gráfica en superficie o de contorno de los factores Tempoxy LO y KI para la viscosidad

### Conclusiones

Las tendencias que apreciamos son las siguientes:

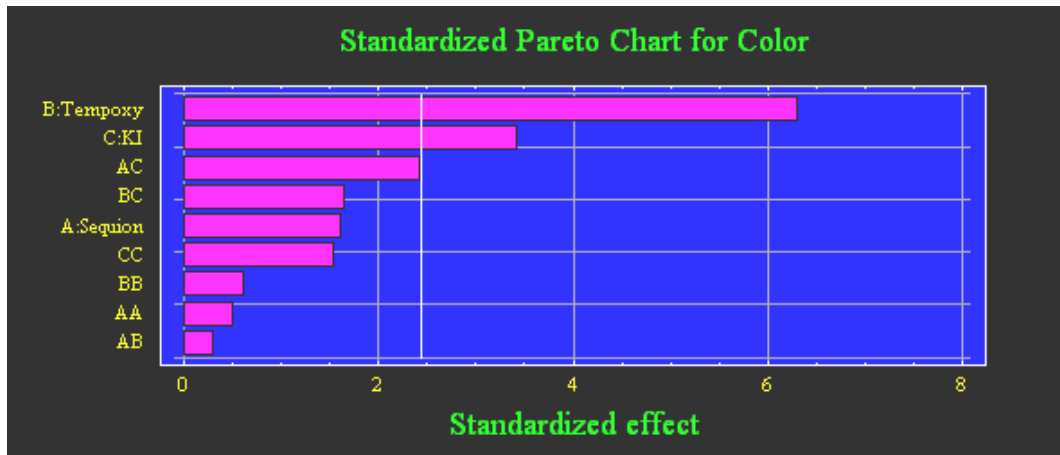
- El Sequion es un factor muy poco influyente en la variación de la viscosidad.
- Tanto el aumento de Tempoxy como de KI hace que la pérdida de viscosidad se minimice.

#### **3.2.3.1.5. Efecto ejercido por los estabilizantes sobre el color**

El diagrama de Pareto muestra que los factores más influyentes son:

- 1º Tempoxy LO
- 2º KI
- 3º Interacción Tempoxy LO – KI





Gráfica 3.27: Diagrama de Pareto para el color

El valor de absorbancia inicial es de aproximadamente **0.3760**.

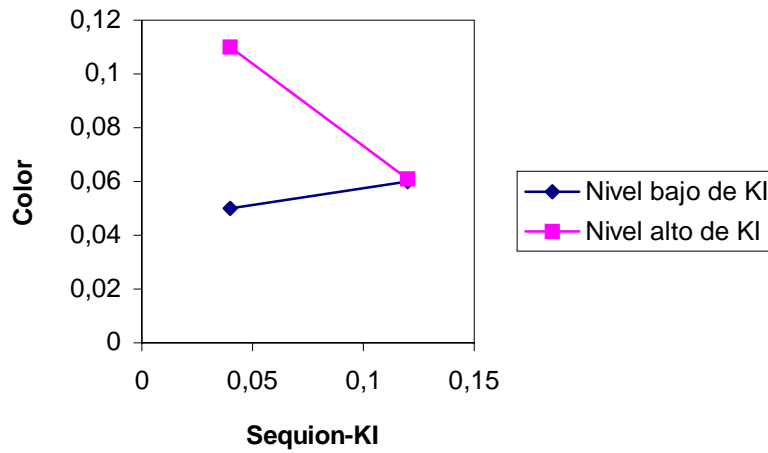
Los efectos individuales muestran:

- Aumento de Sequion no produce efectos en la disminución de color.
- Aumento de Tempoxy hace que el color inicial disminuya mucho menos, es decir, a la concentración baja de Tempoxy el color disminuye hasta 0.044 y a la concentración alta hasta 0.104.
- Aumento de KI ejerce el mismo efecto que el Tempoxy LO aunque menos pronunciado. A concentración baja la disminución es hasta 0.054 y a concentración alta hasta 0.084.

Los efectos combinados de los factores muestran:

- Tanto para el nivel alto como bajo de Tempoxy un aumento de Sequion no provoca a penas variación de color. Para el nivel alto de Tempoxy el color disminuye hasta 0.1 y para el bajo hasta 0.04.
- Para un nivel bajo de KI el aumento de Sequion apenas afecta mientras que para un nivel alto de KI el aumento de Sequion

provoca una disminución de color hasta llegar al grado de color que se tiene con el nivel bajo de KI.



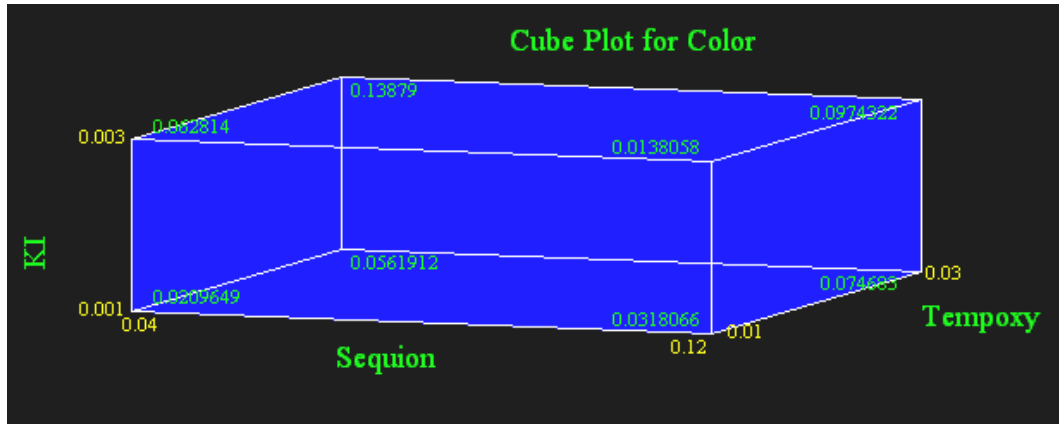
Gráfica 3.28: Efectos Sequion-KI sobre el color

- Tanto para el nivel alto como bajo de KI el aumento de Tempoxy provoca una menor disminución del color inicial. Para el nivel alto se pasa de 0,04 a 0,12 y para el nivel bajo de 0,003 a 0,07.

El punto óptimo para que el grado de color sea el mayor corresponde:

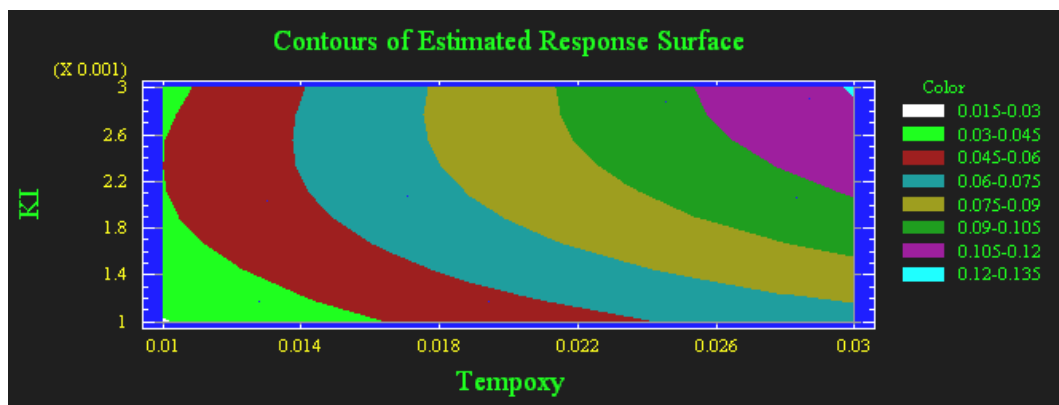
- Concentración alta de Tempoxy (0,03%)
- Concentración alta de KI (0,003%)
- Concentración baja de Sequion (0,04%)

En la siguiente representación cúbica de los efectos sobre el color se aprecia dicho punto óptimo.



Gráfica 3.29: Representación cúbica de los efectos para el color

Según el diagrama de contorno que se muestra a continuación, para un valor fijo de Sequion (0.04%) se puede jugar con combinaciones de Tempoxy – KI entre: 0.01% Tempoxy – 0.003% KI y 0.03% Tempoxy – 0.0012% KI; para que el valor de absorbancia sea mayor a 0.075 y menor a 0.15.



Gráfica 3.30: Representación gráfica de superficie o contorno de los efectos Tempoxy LO y KI para el color

## Conclusiones

Las tendencias apreciadas son las siguientes:

- El Sequion influye muy poco en el color mientras que su efecto combinado con el KI provoca una mayor disminución del color inicial. Esta disminución es tanto mayor cuanto mayor en la concentración de Sequion para un valor alto de KI.

- El Tempoxy es un factor que favorece el mantenimiento del color inicial tanto cuando actúa sólo como cuando actúa en combinación con el KI y el Sequion.
- El KI favorece el mantenimiento del color a medida que aumentamos su concentración cuando actúa sólo o en combinación con el Tempoxy.

#### **3.2.3.1.6. Conclusiones generales sobre el diseño**

- ❖ El Sequion no parece tener mucha influencia en ninguna de las variables de respuesta por lo que en principio sería interesante probar formulaciones en las que se reduzca la concentración de Sequion e incluso se anule.
- ❖ El Tempoxy y el KI favorecen la disminución de la degradación del hipoclorito y el mantenimiento tanto de la viscosidad como del color de la muestra inicial.
- ❖ En vista de los resultados obtenidos, para completar el estudio se van a estudiar de forma cuantitativa los hinchamientos de algunas fórmulas, teniendo en cuenta las concentraciones óptimas de los estabilizantes. Hasta ahora no se conoce el nivel de residuos sobre superficie ejercido por la lejía con Tempoxy LO y KI. El efecto que se ejerza sobre los residuos sobre superficie es importante desde el punto de vista de la calidad de limpieza ya que si éstos son elevados el aspecto de las superficies tras se limpiadas es como si quedaran gotas. Por tanto, ahora lo que interesa es comprobar que los residuos que deja la lejía con Tempoxy LO y KI no son mayores que los que deja la lejía actual y que, por consiguiente, el producto no empeora sus propiedades. Y posteriormente, decidir las

formulaciones que se van a enviar a un laboratorio especializado en hinchamientos.

### **3.2.3.2. Nivel de residuos sobre superficies**

Los residuos sobre superficies son efectos no deseados debido al mal aspecto que queda en las superficies a limpiar. Se pretende que el nivel de residuos sea, al menos, igual que el de la lejía actual pero bajo ningún concepto mayor. La lejía ACE Hogar se testará como comparativa con la competencia.

Desde el punto de vista económico y de producción interesa que el sistema estabilizante sea lo más sencillo posible y con la adición de Tempoxy LO y KI éste se complica bastante. Por ello, como hasta ahora no se ha cuestionado nada acerca de la necesidad de usar o no Acusol en combinación con Tempoxy LO y KI, se va a realizar la prueba de residuos a formulaciones que lo contengan y que no lo contengan, ya que el Acusol tiene la función de minimizar los residuos sobre superficie en la lejía actual.

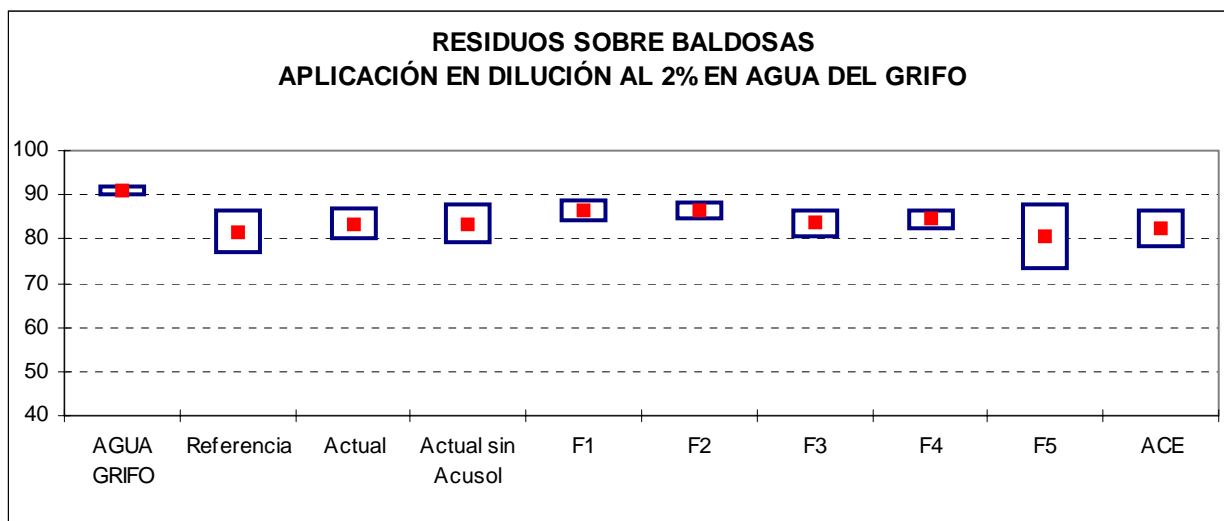
Las concentraciones de Sequion, Tempoxy LO y KI se van a variar según la optimización obtenida en el estudio mediante Statgraphic. Los resultados obtenidos de esta prueba van a servir como prueba eliminatoria y se decidirán concentraciones y estabilizantes adecuadas. Las fórmulas que se ensayarán son las siguientes:

<b>Fórmulas</b>	<b>% Sequion</b>	<b>% Tempoxy LO</b>	<b>% KI</b>	<b>% Acusol</b>
<b>Referencia</b>	0	0	0	0
<b>Actual</b>	0.096	0	0	0.054
<b>Sin Acusol</b>	0.054	0	0	0
<b>F1</b>	0	0.025	0.0025	0
<b>F2</b>	0.04	0.025	0.0025	0
<b>F3</b>	0.096	0.025	0.0025	0
<b>F4</b>	0.096	0.025	0.0025	0.054
<b>F5</b>	0.062 (*)	0.025	0.0025	0

(\*)Se trata de Briquest y no de Sequion

La prueba se realiza sumergiendo baldosas negras en disoluciones al 2% (simulando un situación real, ya que normalmente la lejía de limpieza se usa diluida) de cada fórmula durante varios minutos (el mismo tiempo en todos los ensayos). A continuación se dejan secar las baldosas en posición vertical. Cuando las baldosas están secas se miden los residuos con un brillómetro o reflectómetro Dr. Lange. Para cada producto se toman seis medidas ya que al secarse verticalmente las baldosas suelen tener más residuos en la parte inferior. Con dichas medidas se calcula el grado de dispersión de las medidas, de forma que, cuanto menor sea el grado de dispersión más uniformemente distribuidos estarán los residuos.

Los resultados obtenidos se representan en la siguiente gráfica:



Gráfica 3.31: Representación gráfica de residuos sobre superficie  
(Ver cálculos en el punto 2 del anexo a la memoria)

El brillómetro proporciona medidas de 0 a 100, donde 0 es el mayor grado de residuos y 100 el menor.

El grado de dispersión viene representado por el recuadro azul y cuanto mayor sea éste mayor será la dispersión del dato.

Observaciones obtenidas de la gráfica:

- La fórmula F1 es con la que menos residuos se producen.
- La fórmula de referencia (sin estabilizantes) es, junto con la F5, la que más residuos produce. Es un resultado lógico aunque se esperaba que la fórmula F5 diera menos residuos.
- La eliminación del Acusol cuando se incorpora Tempoxy LO y KI tiene repercusiones positivas en el nivel de residuos. Las fórmulas F1, F2 y F3 (sin Acusol) dan menos residuos que la F4 (con Acusol).
- La lejía ACE Hogar da más residuos que las demás formulaciones testadas, como se puede comprobar en la gráfica, donde la dispersión de datos de ésta es mayor que

la de las fórmulas F1, F2, F3 y lejía actual. Con esto se asegura un producto fuertemente competente.

### 3.2.3.3. Hinchamiento

Hasta ahora el tratamiento dedicado a la medida de hinchamiento ha sido cualitativo debido a la imposibilidad de realizarlo cuantitativamente en el laboratorio. Por ello el siguiente paso necesario para argumentar la disminución o eliminación de hinchamiento de botellas es enviar las fórmulas F1, F3 y lejía actual a un laboratorio especializado (*Laboratorios APPLUS*) donde se miden la presión interna de las botellas cuando se someten a temperaturas de 60°C durante una semana. Además se manda a laboratorio una fórmula de lejía donde no hay sistemas estabilizantes para que sirva como referencia.

Las fórmulas enviadas son las que se muestran:

Fórmulas	%Azul Cosmenyl	%Sequion	%Tempoxy LO	%KI	%Acusol
01	0.001	0	0	0	0
02	0.001	0.096	0	0	0.054
03	0.001	0	0.025	0.0025	0
04	0.001	0.096	0.025	0.0025	0
11	0.005	0	0	0	0
12	0.005	0.096	0	0	0.054
13	0.005	0	0.025	0.0025	0
14	0.005	0.096	0.025	0.0025	0



Los resultados (expresados en KPa) proporcionados por el laboratorio APPLUS son:

Fórmula	DÍA 1		DÍA 2		DÍA 3	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
01	0	5	8	10	15	15
02	0	0	0	5	5	5
03	0	0	0	0	0	0
04	0	0	0	0	0	0
11	42	50	50	30 <sup>(*)</sup>	15	15
12	15	80	80	85	10 <sup>(*)</sup>	10
13	0	0	0	0	0	0
14	10	10	10	15	15	15

<sup>(\*)</sup> Disminución de presión interna producida por existencia de fugas o poros en las botellas.

Las fórmulas resaltadas en amarillo son las dan que mejores resultados.

A partir del tercer día no se incluyen los datos ya que a partir de ese día los datos permanecen invariables.

Observaciones:

- En las botellas con fórmula 01 y 11 la presión interna producida es mayor que en los demás casos. En 11 la presión también es mayor ya que ambas son la misma fórmula con dosis de colorantes distintas y resulta lógico que en 11 sea mayor que en 01 ya que la dosis de color es mayor.
- En las botellas con fórmulas 02 (lejía actual) y 04 los resultados son favorables pero en las fórmulas con dosis de colorante homólogas (12 y 14) las presiones internas se ven aumentadas. Este hecho se acentúa en el caso de la

fórmula 12 (equivalente a la lejía actual a dosis alta de colorante).

- Las botellas con fórmula 03 y las homologas 13 (dosis alta de colorante) no se hinchan nada.

#### **3.2.3.4. Conclusiones**

Con los resultados proporcionados por el laboratorio APPLUS se ratifica la efectividad del sistema estabilizante compuesto por Tempoxy LO y KI en cuanto al hinchamiento (principal objetivo seguido).

Además se confirman los resultados obtenidos en el diseño de experimentos, puesto que se apreciaba una mejora de las variables respuesta cuando la concentración de Sequion, en presencia de Tempoxy LO y KI, se hacía mínima. En los hinchamientos se observa que cuando la concentración de Sequion es cero el hinchamiento es nulo independientemente de la dosis de colorante.

Las conclusiones obtenidas, por lo tanto, son muy gratificantes ya que se cuenta con un nuevo sistema estabilizante compuesto por Tempoxy LO y KI que resulta más efectivo que el compuesto por Sequion y Acusol.

Desde el punto de vista de producción la sustitución de un sistema estabilizante por otro va a acarrear una serie de modificaciones y, por supuesto, una nueva inversión que se justificará más adelante.

## **CAPÍTULO 4:** **PROCESO DE PRODUCCIÓN**

### **4.1. Tipos de procesos**

Existen tres procesos tecnológicos para la producción de lejías:

- Proceso en "batch" (por lotes) o convencional con adición directa de agua de red.
- Proceso en "batch (por lotes) o convencional con ablandamiento de agua.
- Proceso de mezcla continua.

La decisión por un proceso u otro se hace en base a una serie de criterios: el lugar de producción, la calidad del hipoclorito que se recibe y las características del agua.

El presente proyecto está basado en una planta de producción cuya tecnología corresponde a un proceso en "batch" con ablandamiento de agua.

(Consultar el diagrama de flujo de la planta completa en el Documento n°3: Planos)

### **4.2. Descripción de la planta**

Se trata de una planta con una capacidad de producción promedio de 1.000 toneladas de producto terminado al mes, en la cual se trabaja diariamente. Para una correcta descripción de la planta vamos a tener en cuenta tres áreas:

1. Area de materias primas y reactor

2. Área de filtrado y almacenado
3. Área de llenado, etiquetado y empaçado

#### **4.2.1. Área de materias primas y reactor**

Toda el agua a utilizar en le proceso de fabricación es agua desmineralizada con una especificación en contenido máximo de sales de 3ppm. Para ello, el agua cruda procedente de pozos pertenecientes al parque industrial se recibe en cisternas de 80.000 L de capacidad y se envía, por medio de una bomba, a los tanques de agua cruda. Así mismo, otra bomba alimenta el sistema de ablandamiento con el agua cruda.

El sistema de ablandamiento de agua está formado por tres tanques que contienen lechos de resinas de intercambio iónico, con las cuales se logra reducir la dureza del agua hasta tres partes por millón y alcanzar las especificaciones requeridas en metales. La capacidad promedio de este equipo es de 150 litros por minuto y, una vez desmineralizada, el agua se envía a cuatro tanques de 5.000L cada uno. De éstos, y mediante una bomba, se suministra la cantidad necesaria al reactor de mezclado previo paso por un medidor de flujo que permitirá una alimentación de agua bien controlada.

El hipoclorito sódico se recibe en pipas de fibra de vidrio con capacidad de 15.000L hasta 25.000L, las cuales se descargan a dos tanques de almacenamiento de 12.000L de capacidad y otros dos de 10.000L, construidos de materiales de fibra de vidrio reforzado con resina poliéster. De estos tanques, y mediante una bomba, se envía el hipoclorito al reactor de mezclado, previo paso por un medidor de flujo que nos indica la cantidad exacta a alimentar al equipo de mezclado.

En cuanto al hidróxido sódico, la cantidad adicionada a cada carga es relativamente pequeña (aproximadamente 115 Kg) y, por lo tanto, se añade de

forma manual proporcionada por el área de almacenes previamente pesada. De la misma forma son añadidos los aditivos Sequion CLR, Acusol, antiespumante, perfume y colorante azul, puesto que las cantidades son muy pequeñas. Y por último, el tensioactivo se añade desde un tanque de almacenamiento de 5.000L previo paso por un medido de flujo, ya que es indispensable para un buen resultado productivo que la cantidad de tensioactivo sea la precisa.

Además de todo lo descrito es importante conocer el orden de adición de las materias primas al reactor y el tiempo de agitación de cada una. Para ello se muestra la siguiente tabla:

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>	<b>Criterios de calidad</b>
1° Agua desionizada - Sosa	Se incorporan al reactor el agua y la sosa. Se mantiene en agitación durante 2-5 minutos.	Mezcla homogénea. Control visual del mezclado
2° Hipoclorito	Se agrega el hipoclorito sódico concentrado (15%) a la mezcla anterior. Agitar durante 1-2 minutos.	Se analiza el contenido de hipoclorito sódico (aproximadamente 3,7%). La mezcla debe ser homogénea
3° Tensioactivo – antiespumante (*)	Se agrega primero el tensioactivo e inmediatamente después el antiespumante. Agitar durante 5-10 minutos.	Mezcla homogénea por inspección visual.
4° Sequion CLR y Acusol	Se agregan ambos y se procede a agitar durante un par de minutos	Mezcla homogénea por inspección visual
5° Perfume	Se adiciona lentamente manteniendo la agitación durante 5-10 minutos más.	Mezcla homogénea transparente. Si la mezcla no estuviera homogénea se agrega tensioactivo para solubilizar mejor el perfume
6° Solución de colorante	Se disuelve previamente el	Mezcla homogénea de color

	colorante en agua. Se agrega manteniendo la agitación constante durante 5 minutos	azul transparente. Viscosidad final 200-300cps
--	--	---

(\*) El antiespumante sólo se añade cuando se trabaja a nivel industrial para evitar problemas de desborde de espuma en el reactor.

Este orden de adición viene dado por la experiencia puesto que, exceptuando la prioridad de adición del tensioactivo y antiespumante antes que los demás aditivos (como se ha explicado en capítulos anteriores), dicho orden podría ser otro debido a que no existe ningún fundamento químico que determine la necesidad de proceder de esta forma.

#### **4.2.2. Área de filtrado y almacenado**

Una vez que el producto terminado preparado en el reactor de mezcla ha sido aprobado por control de calidad, se envía al tanque intermedio para dar mayor capacidad al proceso de fabricación ya que el producto terminado deberá ser filtrado, operación que reduce la velocidad de flujo. El producto terminado se filtra mediante filtros de cartucho colocados en paralelo para dar un mayor volumen de flujo, y enviarse posteriormente a los cuatro tanques de almacenamiento de 5.000L que se encuentran interconectados para ser operados indistintamente.

#### **4.2.3. Área de llenado, etiquetado y empaçado**

Por último, el producto terminado, que se encuentra en los tanques de almacenamiento, se alimenta por gravedad a una llenadota semiautomática, cuyas partes están en contacto con el producto son de materiales inertes para evitar cualquier tipo de contaminación. Una vez que la botella ha sido llenada,

## *Memoria descriptiva*

---

se envía por banda a taponarse, posteriormente se limpia y se transporta también por banda a una etiquetadora, y finalmente se empaca en cajas de cartón corrugado para su posterior manejo y traslado.

## **CAPITULO 5.**

### **Descripción de la modificación realizada en la planta**

#### **5.1. Introducción**

Se han de sustituir dos reactivos líquidos por dos reactivos sólidos en la producción de lejía.

Los reactivos sólidos son fácilmente solubles en agua mediante agitación pero si se añaden directamente al reactor donde se produce la lejía, debido a que ésta adquiere viscosidad, quedarían suspendidos conglomerados de dichos sólidos. Este hecho supone una no conformidad del producto acabado ya que, por un lado, no se soluciona el problema de hinchamiento, y por otro, el producto tendría mal aspecto. Motivos por los cuales se considera necesaria la implantación de tanques de agitación.

Por tales motivos se considera necesaria la implantación de 2 tanques de agitación para diluir cada reactivo o un solo tanque donde se diluyan ambos reactivos, y posterior adición de los mismos al reactor.

La dilución de Tempoxy LO y KI con la que se va a trabajar en los tanques de agitación es una cuestión a detallar muy importante. Teniendo en cuenta las diluciones realizadas a nivel de laboratorio, lo más adecuado son disoluciones muy bajas debido a que así se asegura el no llegar al punto de saturación, es mucho más sencillo diluir dichos sólidos y el tiempo de agitación es relativamente pequeño (entre diez y quince minutos). Además, el porcentaje en peso de Tempoxy LO y KI en la lejía es muy bajo, 0.025 y 0.0025% respectivamente, y cuanto más diluido estén menor será el rango de error al añadirlos al reactor.



Las disoluciones que se realizarán son:

- Disolución de **Tempoxy LO al 1%** (en peso)
- Disolución de **KI al 0.1%** (en peso), por facilidades de cálculo y operación ya que al añadirse 10 veces menos de KI que de Tempoxy LO a la lejía, si la dilución es también 10 veces menor los caudales de ambas diluciones serán los mismos.

## **5.2. Necesidades de Tempoxy LO y KI**

La planta de producción en la que se va a basar el presente proyecto tiene una capacidad productiva de 1000 toneladas de producto terminado al mes y el ritmo de producción es de al menos 12 horas los 30 días del mes. Para satisfacer dicha producción se tiene una capacidad de almacenaje de hipoclorito sódico (al 14% en peso de pureza) de 44.000 L, cantidad para mantener 5,96 días de producción, lo que quiere decir que entre el 5º y el 6º día hay que volver a recibir hipoclorito para poder continuar con la producción.

En base a los días disponibilidad de hipoclorito sódico en almacenaje, se va a decidir el número de días que se pretende tener Tempoxy LO y KI diluido y, por tanto el volumen del tanque de agitación que se requiere.

Así pues, teniendo en cuenta que:

- se dispone de hipoclorito sódico durante cinco días completos
- la disolución de Tempoxy LO y KI se puede contaminar
- no resulta limitante el que haya disolución disponible para el proceso de producción, puesto que una tonelada de Tempoxy LO es suficiente para tres meses de producción y una de KI para dos años, y el disolver ambas materias primas no supone una elevada pérdida de tiempo.

Y diariamente se precisa de:

- 833,3 kg de Tempoxy diluido al 1%, y
- 833,3 kg de KI diluido al 0,1%

Bastaría con tres días de almacenamiento de dichas disoluciones y, por tanto, el volumen del tanque requerido es de 2.500L, pero se a sobredimensionar hasta 3.000L debido a que así se asegura el tener siempre disolución disponible en el caso de error en la alarma del controlador de nivel.

En el caso de montar un solo tanque de agitación las dimensiones serían las mismas y la necesidad diaria de dilución Tempoxy LO – KI es también de 833,3 Kg. (Ver el punto 3 del anexo a la memoria)

Dicho esto, es de prever que el coste al montar dos tanques es el doble ya que también serían necesarias dos bombas y el doble de conducciones y de válvulas y, por consiguiente, lo más sensato es montar un solo tanque que contenga una disolución de Tempoxy LO y KI.

El esquema de la modificación realizada en planta es:

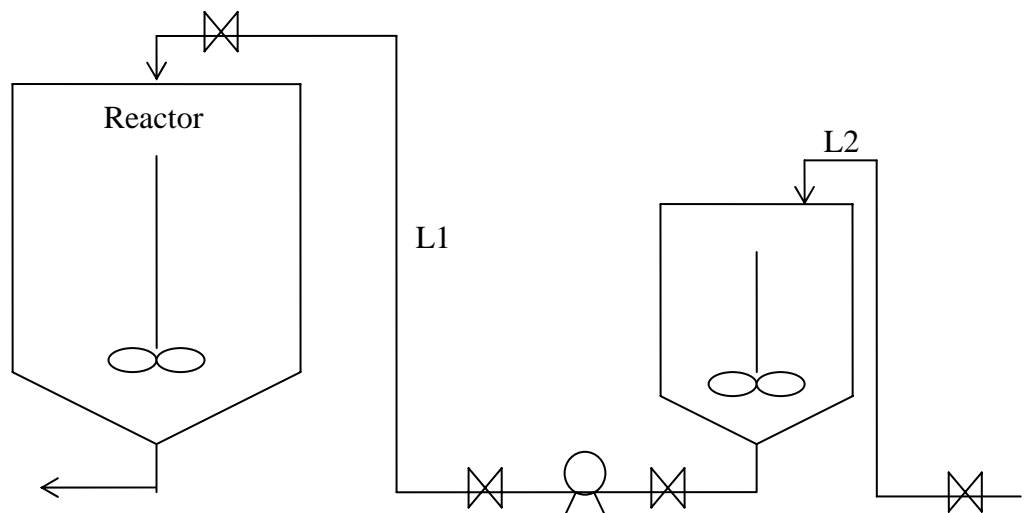


Figura 5.1: Esquema de la modificación

### **5.3. Tanque de agitación**

Se van a implantar un tanque de 3.000L de capacidad cuyas dimensiones responden a la relación de la altura con respecto al diámetro de 0,75-1,5.

El tanque será cerrado para así evitar salpicaduras al exterior e intrusión de posibles partículas que contaminen la disolución. La altura vendrá sobredimensionada en un 10% con el fin de facilitar el proceso de agitación.

El llenado del tanque se hará efectivo gracias a la bomba AP-03 que proporcionará el agua ablandada. La válvula que se encuentra tras dicha bomba se sustituirá por una válvula de compuerta de doble paso ya que el proceso de llenado del tanque se realizará de forma puntual y el proceso de producción no se verá interrumpido. El nivel de llenado deseado se detectará gracias a un sensor de nivel visual situado en el exterior del tanque. La adición de Tempoxy LO y KI se hará de forma manual.

Debido a que las disoluciones con las que se trabaja tienen baja densidad y viscosidad, el número adimensional de Reynold es mayor de 10.000 (zona de régimen turbulento). En este caso la velocidad del fluido en el interior del tanque va a tener las tres componentes, radial (perpendicular al eje del rodete), axial o longitudinal (paralela al eje) y tangencial o rotacional (dirección tangencial a la trayectoria circular descrita por el rodete). Las componentes radial y longitudinal son útiles porque dan lugar al flujo necesario para que se produzca la mezcla. Sin embargo, cuando el eje del rodete es vertical y dispuesto en el centro del tanque, la componente tangencial de velocidad es generalmente perjudicial para la mezcla. El flujo tangencial sigue una trayectoria circular alrededor del eje y crea un vórtice en la superficie del líquido que da lugar a una estratificación permanente en diferentes niveles, de sustancias sin mezclar. Además, si están presentes partículas sólidas, las corrientes circulatorias, las corrientes circulares tienden a lanzar las partículas

contra la pared del tanque, debido a la fuerza centrífuga, desde donde caen acumulándose a la parte central del fondo del tanque. Por consiguiente en vez de mezcla, se produce la acción contraria.

Las formas de evitar el flujo tangencial y los remolinos o vórtices son:

- Colocando el agitador en posición excéntrica
- Instalando placas deflectoras, que no son más que placas verticales perpendiculares a la pared del tanque.

Lo más habitual es instalar placas deflectoras, por lo que el tanque a montar en el presente proyecto va a contener cuatro placas deflectoras.

En la siguiente figura se aprecia el patrón típico de flujo en un recipiente agitado con placas deflectoras y con un agitador de hélice de flujo axial situada en el centro.

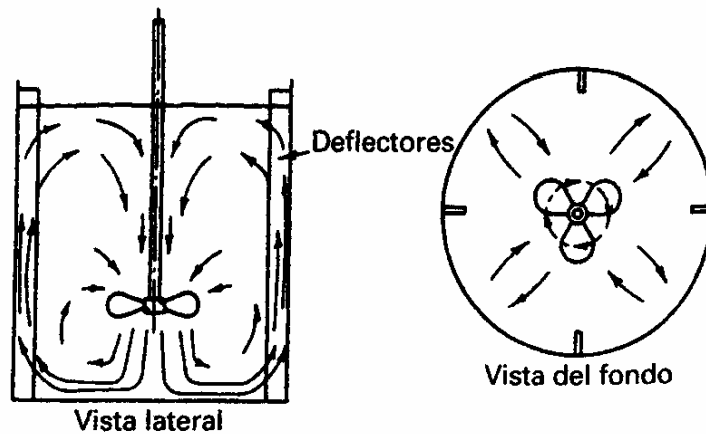


Figura 5.3: Patrón de flujo de un recipiente agitado con placas deflectoras y agitador de hélice

La anchura de las placas deflectoras va a ser de 0,114m. Los cálculos se detallan en el punto 5 del anexo a la memoria.

El material de construcción del tanque será fibra de vidrio reforzada con resina poliéster. Y el tanque irá sujeto mediante soportes.

#### **5.4. Agitador**

Los agitadores se dividen en dos clases: los que generan corrientes paralelas al eje del agitador y los que dan origen a corrientes en dirección tangencial y radial. Los primeros se llaman agitadores de flujo axial y los segundos agitadores de flujo radial.

Los tres tipos de agitadores principales son los siguientes:

- *Agitadores de hélice:* es un agitador de flujo axial que opera con velocidades de hasta 1.750 rpm y se emplea para líquidos poco viscosos. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque. La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado. Se recomiendan sobre todo en recipientes pequeños (<4m<sup>3</sup>) y en el caso de recipientes grandes lo que se recomienda es el uso de agitadores múltiples.
- *Agitadores de paletas:* son agitadores de flujo tangencial y radial. Giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas. Son útiles cuando se desea evitar el depósito de sólidos sobre una superficie de transmisión de calor pero no son buenos mezcladores.
- *Agitadores de turbina:* son agitadores cuyas corrientes principales son tangencial y radial. Giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado dentro del tanque. Son eficaces para un amplio rango de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado.

De entre los tres agitadores se va a elegir el agitador de hélice de tres palas ya que es un agitador de flujo axial muy eficaz para fluidos con bajas viscosidades y recomendado para tanques clasificados como pequeños como es el caso que se está tratando. Además de este agitador, el tanque contendrá placas deflectoras que se evitarán la posible producción de remolinos o vórtices, ya que aunque el agitador de hélice no suele producirlos la agitación que se va a llevar a cabo en el tanque va a ser vigorosa. Se alcanzan valores de Reynold elevados tal y como se aprecia en el punto 7.2.1. del anexo a la memoria.

Tanto el eje como el agitador serán de acero inoxidable. El diámetro será de 45,5cm y la velocidad de giro de 350 rpm. El agitador estará accionado por motor eléctrico, con una necesidad de potencia de 3,84KW, y su montaje será fijo mediante bridas.

### **5.5. Tuberías**

Las tuberías son de PVC de D.N. 1 $\frac{1}{2}$ " y sus especificaciones se ajustan a la Norma AST-D-1.785.

Se montarán dos líneas L1 y L2. La línea L1 es la que transporta la disolución de Tempoxy LO – KI desde el tanque de agitación hasta el reactor y la línea L2 es la de adición de agua al tanque.

Las pérdidas de carga totales producidas son:

- Para la línea L1:  $hf_{TOTAL} = 0,668m$
- Para la línea L2:  $hf_{TOTAL} = 0,3m$

### **5.5. Válvulas**

En la línea L1 tres válvulas; una válvula de compuerta antes de la bomba y otra justo después que permitan posibles reparaciones de la bomba, y una

válvula de diafragma antes de la entrada al reactor que permite la regulación del flujo. Esta tercera válvula va controlada por un medidor de caudal para asegurar que la entrada de reactivo es precisa.

La línea L2 contiene una válvula de compuerta de doble paso. El funcionamiento es el siguiente: cuando se necesita llenar el tanque de agitación la válvula se pone en la posición abierta para la línea L2 y cuando lo que se necesita es adicionar agua al reactor la válvula estará en posición abierta para la línea que va hasta el reactor.

(Ver capítulo 6 y pliego de condiciones particulares)

## **5.6. Bombas**

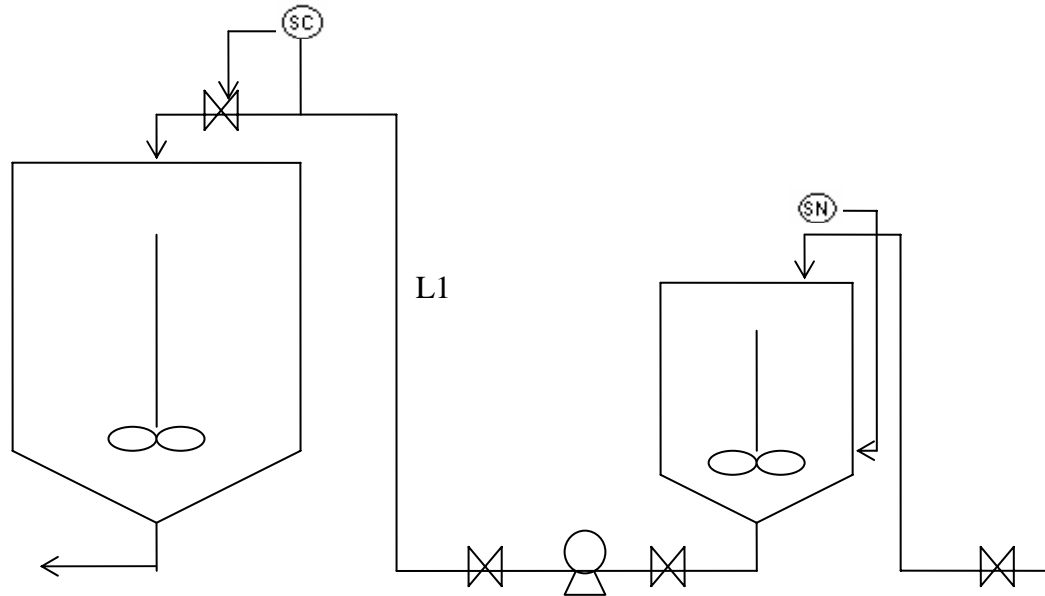
Se necesita una bomba de impulsión centrífuga de 4.200L/h, con una potencia de accionamiento mayor de 13,15W y una altura útil mayor de 3,1m.

Se ha elegido una bomba centrífuga debido a que son bombas de bajo coste y facilidad de operación y mantenimiento.

Los cálculos realizados pueden verse en los puntos 8 y 9 de los anexos a la memoria.

**CAPÍTULO 6:**  
**CONTROL DEL PROCESO**

**6.1. Control de nivel del tanque**



En el tanque agitado existe un sensor de nivel con alarma para bajo nivel.

El nivel bajo del tanque corresponde a un 20% de su volumen.

Cuando salta la alarma, la bomba dosificadora de disolución no se parará puesto que el tanque se ha diseñado de forma siempre contenga un 20% de disolución para evitar errores en la dosificación de disolución al reactor y para evitar el arrastre de posibles partículas sedimentadas en el fondo.

La alarma de bajo nivel va a saltar mientras que la bomba está impulsando disolución al reactor, por ello el sensor de nivel va a ser visual y permitir ver el nivel exacto que tiene el tanque cuando se haya terminado la dosificación de disolución.

La carga del agua se realizará mediante la línea L2 y el nivel hasta el que haya que llenar se determinará de forma visual gracias al sensor de nivel.



La carga de reactivos se hará de forma manual. Se calculará la cantidad de reactivos sólidos que hay que añadir al tanque y se completará con agua hasta nivel máximo. La activación de la válvula en la dosificación del agua se hará de forma manual.

## **6.2. Control de dosificación de disolución**

El caudal de disolución de Tempoxy y KI será regulado mediante control automático y, para ello, se necesita de un medidor de caudal volumétrico.

El control efectuado por dicho medidor de caudal permite la regulación automática mediante la actuación sobre una válvula de control proporcional accionada mediante soporte eléctrico

**CAPITULO 7**  
**ESTUDIO ADICIONAL PARA ASEGURAR LA FUTURA**  
**CALIDAD DE LA LEJÍA**

**7.1. Introducción**

Hasta este punto todo el estudio realizado ha ido encaminado a la solución del problema de hinchamiento de lejías manteniendo las demás propiedades, pero en definitiva lo que se tratado a sido de mantener o mejorar la calidad, permitiendo que siga siendo un producto competitivo en el mercado.

Por este motivo, surge la idea de estudiar tensioactivos. Como ya se ha explicado en el capítulo 1, los tensioactivos son los que permiten que se puedan solubilizar otros aditivos en la lejía como por ejemplo el perfume, además de potenciar las propiedades de limpieza de la misma. Actualmente existe el problema de que en varios años la patente que protege el tensioactivo que está en la fórmula actual de la lejía va a caducar y, como es muy complicado encontrar un tensioactivo que sea igualmente efectivo, hay que comenzar a estudiar este respecto.

Las conclusiones que se han obtenido en este capítulo han sido patentadas por la empresa.

El estudio que se realizará a continuación va a contener dos partes diferenciadas: una teórica y una experimental en la que se muestran las pruebas realizadas.

## **7.2. Aspectos teóricos de los tensioactivos**

### **7.2.1. Introducción histórica**

No se tiene evidencia exacta del tiempo que el hombre lleva usando los tensioactivos, se piensa que al menos hace unos 2300 años. Los jabones de metales alcalinos fueron usados por los Romanos aunque su producción se aprendió de los Celtas o de alguna cultura Mediterránea.

El jabón se forma gracias a la reacción de un ácido graso insoluble en agua con un metal alcalino o una base orgánica (saponificación), produciéndose una sal de ácido carboxílico con mayor solubilidad en agua, suficiente para producir actividad superficial. Aunque requieren alguna modificación química para ser utilizados no se clasifican como tensioactivos sintéticos.

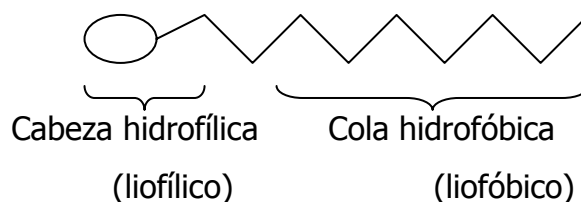
Los primeros tensioactivos sintéticos usados por sus propiedades superficiales fueron los aceites sulfatados, en especial el aceite de ricino (conocido como aceite "Turkey-red") que fue introducido a fines del siglo diecinueve y que todavía hoy se emplea en aplicaciones textiles y en la industria peletera. Para aplicaciones más generales los principales desarrollos se realizaron en Alemania durante la Primera Guerra Mundial en un intento de superar el escaso desarrollo de las grasas animales y vegetales. Algunos de esos materiales fueron alquilnaftalenos sulfonatos de cadena corta preparados por la reacción del alcohol propil o butil con naftalenos y posterior sulfonación.

Desde entonces los desarrollos químicos no se han limitado a una sola familia de materiales.

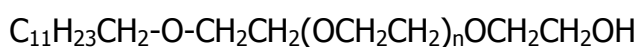
### 7.2.2. Química orgánica de tensioactivos

Para entender la relación entre la actividad superficial de un material y su estructura química, es importante entender la química de los componentes químicos individuales que producen este fenómeno.

Los tensioactivos sintéticos y los ácidos grasos naturales tienden a exhibir una buena solubilidad tanto en agua como en solventes no acuosos. Este carácter ambivalente se debe a que dichos materiales incluyen dos grupos moleculares distintos, uno hidrófilo y otro hidrófobo.



El grupo hidrófilo normalmente es fácilmente soluble en una solución acuosa mientras que el grupo hidrofóbico es insoluble. Normalmente el grupo hidrofílico se añade sintéticamente al grupo hidrofóbico para producir un compuesto con alguna solubilidad en agua. Sin embargo la efectividad de una estructura molecular tensioactiva dependerá del balance molecular entre el grupo hidrófilo e hidrófobo. Si tomamos como ejemplo el alquil polietilen (POE) polieter,



podemos ver que tendrá diversas características de solubilidad dependiendo del valor de  $n$ , es decir, del número de grupos OE (óxido de etileno) añadidos a la molécula. Si  $n=10$  el material será totalmente soluble en agua y mostrará buenas propiedades tensioactivas. Si  $n=5$ , la solubilidad decrecerá significativamente así como su uso tensioactivo. Si  $n \geq 20$ , la elevada solubilidad se mantiene pero se pierden la mayoría de las cualidades tensioactivas. Para  $n < 5$  será muy poco soluble.

### 7.2.2.1. Grupos hidrofílicos

Los grupos hidrofílicos más comúnmente encontrados hoy día son los siguientes:

Sulfonatos	$R-SO_3^- M^+$
Sulfato	$R-SO_4^- M^+$
Carboxilato	$R-COO^- M^+$
Fosfato	$RPO_4^- M^+$
Amonio	$R_xH_yN^+X^-$
Amonio cuaternario	$R_4N^+X^-$
Betaina	$RN^+(CH_3)_2CH_2COO^-$
Sulfobetainas	$RN^+(CH_3)_2CH_2CH_2SO_3^-$
Polioxietileno (POE)	$R-OCH_2CH_2(OCH_2CH_2)_nOH$
Sucrosa	$R-O-C_6H_7O(OH)_3-O-C_6H_7(OH)_4$
Polipéptido	$R-NH-CHR-CO-NH-CHR'-CO-...-CO_2H$
Poliglicol	$R-(OCH_2CH[CH_2OH]CH_2)_n-...-OCH_2CH[CH_2OH]CH_2OH$

La R designa el grupo hidrofóbico que imparte actividad superficial, M es un catión orgánico o inorgánico y X es el anión (haluros, acetato,...)

Los grupos solubilizantes se pueden clasificar en dos categorías distintas: aquellos que se ionizan en soluciones acuosas o en solventes altamente polares y aquellos que no. Obviamente, la definición de que en parte de una molécula está el grupo solubilizante depende del sistema solvente en el que se encuentra. Por ejemplo, en agua la solubilidad será determinada por la presencia de radicales altamente polares o iónicos, mientras que en sistemas orgánicos el grupo activo será la parte orgánica.

### **7.2.2.2. Grupos hidrofóbicos**

El grupo hidrofóbico más habitual es el radical de hidrocarburo con un total de 8 a 20 átomos de carbono. Las dos fuentes principales de producción comercial de tensioactivos son: las biológicas como la agricultura y la industria del petróleo.

#### *7.2.2.2.1. Ácidos grasos naturales*

Desde hace años el hombre ha contribuido a la formación de grasas y aceites, predominantemente los ésteres triglicéridos de ácidos grasos, los cuales se hidrolizan rápidamente a los correspondientes ácidos. Normalmente contienen un número par de átomos de carbono, siendo más comunes las uniones de 16-18C.

Comercialmente, los tensioactivos de ácidos grasos son la conversión a jabones por neutralización de alcalinos. En un sentido estricto se puede considerar que dicho proceso como sintético, y los jabones considerados como tensioactivos sintéticos. Sin embargo se reserva el término de "sintéticos" para productos más modernos que se han desarrollado en el siglo XX y que generalmente muestran una mejora con respecto a la tecnología antigua del jabón. Son procesos más complicados.

#### *7.2.2.2.2. Parafinas*

Los productos hidrofóbicos de la industria del petróleo son principalmente hidrocarburos que vienen de las parafinas del aceite crudo. Las longitudes de cadenas más convenientes en detergentes hidrófobos, C<sub>10</sub> a C<sub>20</sub>, se producen en las fracciones del crudo mayores que la gasolina, llamados queroseno y por encima.

Los principales componentes del queroseno son hidrocarburos saturados desde C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> hasta C<sub>15</sub>H<sub>32</sub> ordinariamente conteniendo de un 10 a un 25% de homólogos de cadena. Hay una gran suma de cadenas ramificadas isómeras

presentes además de cantidades de derivados cíclicos saturados, bencenos alquilados, naftalenos, y una menor suma de otros aromáticos policíclicos.

Tienen la desventaja de ser químicamente no reactivas así que la conversión directa a tensioactivos es complicada. Para ello se prefieren compuestos intermedios como las olefinas, alquilbencenos o alcoholes, que contienen sitios reactivos donde se unen más fácilmente los grupos solubilizantes que proporcionan características de superficie activa.

#### *7.2.2.2.3. Olefinas*

Las longitudes de cadena deseadas se preparan por reacción de olefinas pequeñas (oligomerización), por ruptura (cracking) de moléculas grandes, o por modificación química de parafinas con la longitud deseada.

#### *7.2.2.2.4. Alquilbencenos*

Aparecieron como tensioactivos a finales de 1940 como resultado de procesos industriales relacionados con la química e ingeniería química. Se preparaban por clorinación de queroseno y la subsiguiente alquilación Friedel-Crafts del benceno.

La alquilación del benceno para dar lugar a alquil bencenos lineales secundarios se produce en una mezcla de olefinas lineales y benceno. Durante la reacción de alquilación ocurre un reordenamiento de los enlaces del anillo en alguno de los átomos de carbono de la cadena excepto en los últimos. Los alquilbencenos primarios no se forman por este proceso.

#### *7.2.2.2.5. Alcoholes*

Los alcoholes lineales se han usado desde el siglo XX mientras que los ramificados son más recientes.

La ruta clásica para obtener un alcohol lineal es por reducción del grupo carboxílico de un ácido graso natural. Actualmente un ester del ácido se emplea normalmente, ya que su propio grupo carboxílico reacciona lentamente.

Desde principios de 1960 los alcoholes lineales se han obtenido del petróleo, el etileno. El proceso para su obtención es similar al proceso Ziegler para olefinas lineales, excepto que el último paso es la oxidación de un alcohol en lugar de una olefina. Siendo los oligómeros de etileno, los derivados de alcoholes Ziegler producidos en longitudes de cadena iguales. La longitud de cadena media y la distribución de homólogos puede controlarse algo mediante las condiciones de reacción, y completamente por destilación.

Los alcoholes ramificados se usaban para fabricar tensioactivos antes de optar por los productos lineales por su más fácil biodegradabilidad.

El desarrollo de parafinas lineales facilita la producción de alquil sulfato lineal (LAS).

#### *7.2.2.2.6. Alquilfenoles*

Se producen por adición del grupo fenil al doble enlace de una olefina. El grupo alquil se puede unir en posición meta, orto o para con respecto al hidroxilo y dicha posición tiene un impacto significativo sobre las características de los tensioactivos resultantes.

#### *7.2.2.2.7. Polioxipropilenos*

Son polímeros de óxido de propileno y pueden ser citados como ejemplo de hidrófobo no derivado de hidrocarbano.



#### *7.2.2.2.8. Fluorocarbono*

Una importante adición moderna al espectro de funcionalidades hidrofóbicas para la designación de tensioactivos es aquella en la que el F sustituye a un H de la cadena de carbono.

Los tensioactivos fluorocarbonados pueden considerarse los mejores los tensioactivos más eficaces. Además, la naturaleza electrolítica de los enlaces F-C es tal que los hace los tensioactivos químicamente más estables, incluso resistentes a T y medioambiente químico que destruiría rápidamente los materiales convencionales basados en hidrocarbano. Como resultado de estas características los fluorocarbonos encuentran aplicación en muchas áreas en las cuales los hidrocarbonos son menos efectivos o químicamente incompatibles. Desafortunadamente, su uso se limita por su elevado coste.

#### *7.2.2.2.9. Tensioactivos de silicona*

Un segundo tipo de grupos hidrofóbicos no basados en hidrocarbano ganan importancia en el campo de tecnología tensioactiva en la cual los oligómeros siloxanos



son funcionalizados para producir materiales solubles en agua.

Debido a la naturaleza de sus enlaces tal tensioactivo no sigue las normas usuales de actividad tensioactiva con relación a la formación de miscelas, solubilización, etc.

Son muy efectivos en interfases líquido-aire, incluso en muchos solventes no acuoso, y se aplican con agentes antiespumantes.

### **7.2.3. Conceptos físico-químicos relacionados con los tensioactivos**

#### **7.2.3.1. Estructura de las moléculas tensioactivas**

Para que un compuesto anfifílico se considere tensioactivo es preciso:

- a. Que posea una longitud de cadena hidrófoba de ocho o más átomos de carbono, es decir, una hidrofobicidad mínima. Esta aumenta con el número de carbonos y disminuye con el número de enlaces etilénicos o con la formación de ciclos.
- b. Una polaridad mínima, dependiente de las características del grupo o grupos polares, compensada adecuadamente por el resto hidrófobo. Es decir, una relación hidrófila / hidrófoba adecuada en su molécula.
- c. Posibilidad de formar agregados micelares.

De ahí que no todos los compuestos anfifílicos puedan considerarse como tensioactivos.

#### **7.2.3.2. Propiedades físico-químicas de las disoluciones de tensioactivos**

##### *7.2.3.2.1. Tensión superficial*

Desde un punto de vista físico-químico, la tensión superficial de un líquido puede definirse como el trabajo necesario para aumentar en una unidad, de modo isotérmico y reversible la superficie libre del líquido.

En un líquido puro las moléculas situadas en el interior del mismo están sometidas a fuerzas de atracción en todas las direcciones, lo que hace que

estas fuerzas se contrarresten mutuamente. En cambio, las moléculas situadas en la superficie en contacto con el aire (fase gaseosa) se ven preferentemente atraídas hacia el interior del líquido. Este desequilibrio de fuerzas se manifiesta por una tensión llamada tensión superficial, que tiende a reducir al mínimo la superficie de contacto líquido / gas.

La tensión superficial de un líquido es tanto mayor cuanto más intensa es la fuerza de atracción entre sus moléculas.

#### *7.2.3.2.2. Humectabilidad*

El mejoramiento del poder de mojado de un líquido por los agentes tensioactivos, es decir, el aumento de la facultad de extensión del líquido sobre un substrato dado, o de su poder de penetración en los poros, es una característica que depende esencialmente de las propiedades superficiales.

#### *7.2.3.2.3. Espumación*

La formación de espuma es igualmente otro de los efectos que depende de las propiedades superficiales de las disoluciones o emulsiones de los agentes tensioactivos.

Sin embargo, el fenómeno no es simplemente función de la tensión superficial. Aunque no existe todavía una explicación satisfactoria para exponer todos los fenómenos relativos a las espumas, se admite generalmente que una burbuja de aire, introducida en una disolución de agente tensioactivo, se rodea inmediatamente de una capa monomolecular.

Cuando la burbuja rompe la superficie, consigue formar una película superficial monomolecular y de esta forma se encuentra compuesta de una lámina formada por dos capas monomoleculares de agentes tensioactivos, separadas por un película de agua.

### **7.2.3.3. Fenómenos relacionados con asociaciones moleculares de tensioactivos**

#### *7.2.3.3.1. Micelización*

Cuando ponemos una muy pequeña cantidad de tensioactivo en contacto con agua, aparecen dos tendencias opuestas:

- el grupo hidrófilo del tensioactivo tiende a situarse en el interior del medio acuoso, con la consiguiente disminución de energía libre
- las moléculas de agua tienden a expulsar del medio acuoso las cadenas hidrófobas de las moléculas e iones anfifílicos

El estado de equilibrio se alcanza cuando las moléculas o iones de tensioactivo se distribuyen entre el interior de la disolución y la interfase con el aire. De esta forma los grupos hidrófilos pueden estar convenientemente hidratados y las cadenas hidrófobas están libres del contacto en el medio acuoso.

#### *7.2.3.3.2. Solubilización*

Se trata de un término introducido por McBain para describir las propiedades de los compuestos formadores de micelas al entrar en contacto con compuestos insolubles en agua. Cuando a una disolución acuosa de un compuesto anfifílico se le adicionan uno o más componentes, los fenómenos que pueden ocurrir dependen de la naturaleza química de aquellos.

## **7.2.4. Tipos de tensioactivos**

### **7.2.4.1. Tensioactivos aniónicos**

Constituyen aproximadamente el 70-75% del consumo total de tensioactivos. Los mejores subgrupos de esta clase son los alcali carboxilatos o jabones, sulfatos, sulfonatos y, en menor medida, los fosfatados.

#### *7.2.4.1.1. Alquilbenceno sulfonatos*

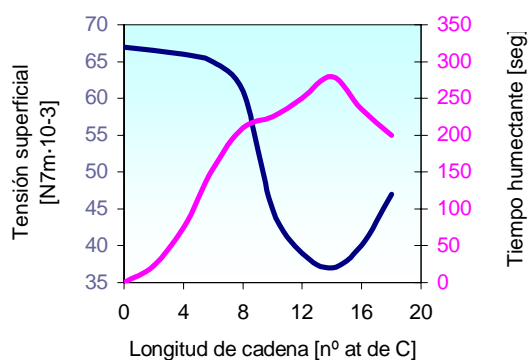
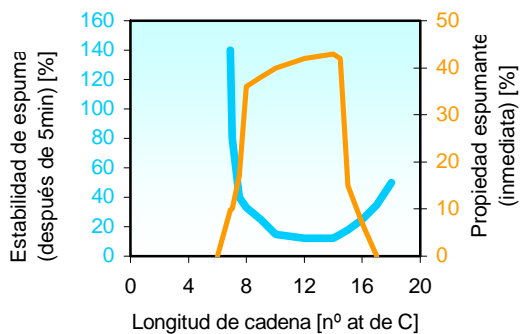
Se han usado desde 1930. Tanto en Alemania como en Estados Unidos se producía un alquilbenceno por monocloración de fracciones Kogasin y subsiguiente reacción de Friedel-Crafts.

Debido a la baja biodegradabilidad de las cadenas alquil ramificadas se opta por cadenas lineales para dar lugar al alquilbenceno lineal (LAB).

La sulfonación puede realizarse con "oleum", ácido sulfúrico o trióxido de azufre gaseoso, de forma que el grupo sulfonato se incorpora al anillo bencénico en la posición "para".

Es un producto que puede ser mezclado con el hipoclorito sódico.

Sus propiedades de tensión superficial, espumantes, humectantes y estabilidad de espuma están relacionadas con la longitud de la cadena alquílica como podemos comprobar en las siguientes gráficas:



#### 7.2.4.1.2. Alcohol sulfato graso

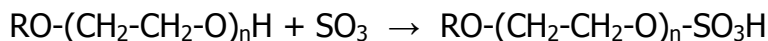
La sulfatación de alcoholes grasos primarios se hace añadiendo ácido sulfúrico, ácido clorosulfónico, ácido amidosulfónico y trióxido de azufre gaseoso.

Sus propiedades se determinan por las longitudes la cadena y el grado de ramificación de los alcoholes grasos. Generalmente muestran una espuma muy intensa y una elevada actividad interfacial y una espuma muy intensa que favorece su efectividad de limpieza. Con respecto a la solubilidad diremos que disminuye a medida que aumenta la longitud de la cadena alquílica. Los alquenil sulfatos insaturados en  $C_{16-18}$  muestran una mejor solubilidad que los alquil sulfatos saturados.

#### 7.2.4.1.3. Alquil éter sulfato

Los materiales de partida para la producción de alquil éter sulfatos son principalmente alcoholes grasos de longitud  $C_{12-14}$  o  $C_{12-18}$  y óxido de etileno

formando los respectivos alcoholes etoxilados. La sulfatación a gran escala se produce con trióxido de azufre gas.



La concentración de sustancia activa y la viscosidad están relacionados de forma que se produce un drástico aumento de viscosidad por encima del 25% de concentración y al 60-70% vuelve a disminuir la viscosidad.

Los alquil éter sulfato son muy estables en soluciones alcalinas pero fácilmente hidrolizadas en medios ácidos. Por ello son compatibles con el hidróxido sódico en formulación.

Poseen buenas propiedades espumantes y emulsificantes. Un aumento del grados de etoxilación reduce la actividad interfacial pero mejora las propiedades dermatológicas.

#### 7.2.4.1.4. *Alcano sulfonatos*

Hay que diferenciar entre:

- alcano sulfonatos primarios  $\text{R}-\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}$
- alcano sulfonatos secundarios  $\begin{array}{c} \text{R} \text{ CH}-\text{R}^2 \\ | \\ \text{SO}_3\text{Na} \end{array}$

Los secundarios son los de interés comercial producidos por sulfoclorinación o por sulfoxidación de parafinas lineales.

Propiedades: son productos muy solubles en agua y podemos ajustar su viscosidad con éter sulfato y posterior adición de NaCl.

#### 7.2.4.1.5. *Olefín sulfonatos*

Suponen una futura alternativa dentro del campo de tensioactivos.

Los materiales de partida para su producción son  $\alpha$ -olefianas con 12-18C obtenidos por oligomerización de etileno en procesos Ziegler.

La sulfonación de las olefinas puede darse mediante varios procesos, entre ellos: adición de adición de hidrógeno sulfito de sodio o trióxido de azufre.

Sus propiedades dependen de la longitud de la cadena de carbono y de la estructura. La solubilidad disminuye con el aumento de la cadena.

7.2.4.1.6. *Ácido graso  $\alpha$ -sulfo ésteres*

Se consideran sustitutos de LAS. Los materiales de partida para la producción de éster sulfonatos son ácidos grasos metil ésteres.

Los éster sulfonatos de cadena corta tienen buenas propiedades de detergencia. Sin embargo si el grupo sulfonato hidrofílico se localiza en el centro de la molécula las propiedades de detergencia disminuyen y se convierte en un buen agente humectante.



La concentración en la cual la formación miscelar crítica y la tensión superficial disminuye con el aumento de la longitud de la cadena.

7.2.4.1.7. *Ácidos grasos sulfo ésteres internos*

Los productos con un grupo sulfonato interno son posibles mediante foto sulfoxidación de ácidos grasos metil ésteres pero actualmente no se producen.

Los  $\Psi$ -estere monosulfonatos de cadena  $C_{18}$  tienen una similar actividad interfacial, una mayor habilidad espumante, una mayor habilidad espumante, una mayor tolerancia a la dureza comparados con respecto al ácido éster  $\alpha$ -sulfo graso pero la eficacia de limpieza y la estabilidad contra la hidrólisis son bajas.

7.2.4.1.8. *Ácidos grasos cianamidas (aminas grasas)*

Tienen la estructura química:





Su estructura química es más parecida a los jabones que a otros tensioactivos y por ello resulta más conveniente llamarlas jabones de amidas (AMS). La mayor diferencia entre los AMS y los jabones es la mayor solubilidad en agua y la menor sensibilidad a la dureza del agua.

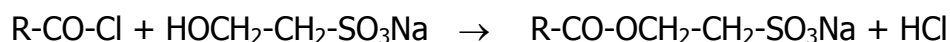
Actualmente no tienen ninguna aplicación comercial pero supone una interesante alternativa futura por sus propiedades ecológicas y toxicológicas.

*7.2.4.1.9. Ácido alquiléster sulfosuccínico*

Se producen generalmente a partir del anhídrido maleico pero también a partir del ácido maleico o fumérico.

*7.2.4.1.10. Aciloxialcano sulfonatos*

Se produce mediante reacción de cloruro de ácido graso e isetionato sódico:



Debido a su insensibilidad a la dureza del agua, su buena capacidad espumante y humectante, tanto como a su compatibilidad dermatológica estos productos se usan en cosmética y en formulaciones de limpieza.

*7.2.4.1.11. Acilamino alcano sulfonatos (Taurides)*

Tienen propiedades similares a los jabones y son insensibles a la dureza del agua.

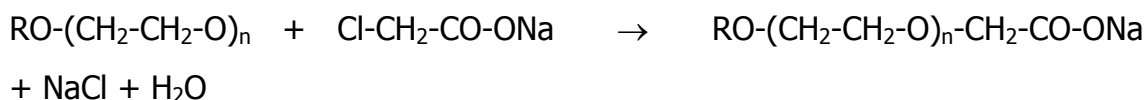
*7.2.4.1.12. Éter sulfonatos*

Son derivados de los alcoholes grasos insaturados.

Las propiedades obtenidas varían dependiendo del grupo alquil y del grado de etoxilación.

*7.2.4.1.13. Ácido éter carboxílico*

Se producen industrialmente por reacción entre el alquil polietilglicol éter con cloroacetato sódico en presencia de NaOH



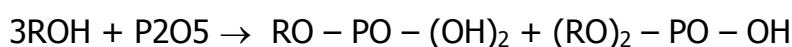
Tiene excelentes propiedades detergentes y son insensibles a la dureza del agua.

*7.2.4.1.14. Sarcosinatos*

Son productos de condensación del ácido graso con N-metilglicina. Tiene propiedades similares al acil oxialcano sulfonato.

*7.2.4.1.15. Alquilfosfato y alquil éter fosfato*

Se preparan mediante reacción del pentóxido de fósforo y ácido graso para dar dialquil o monoalquil ácido éster fosfórico:



La solubilidad en agua resulta de la neutralización de los ácidos con bases (hidróxido, amoniac o aminas)

La tensión superficial del dialquil fosfonato decae con el aumento de las cadenas alquil. Éste es un buen agente humectante.

Las sales sódicas de las cadenas largas de ácidos alquil fosfóricos son más fácilmente solubles en agua e insensibles a la dureza de la misma.

Los monoalquil fosfonatos inhiben la generación de espumas de otros tensioactivos.

#### **7.2.4.2. Tensioactivos catiónicos**

El anión es el que tiene la cadena hidrofóbica larga. Casi todos son compuestos grasos nitrogenados y muchos son nitrógeno cuaternario como el cloruro de trimetilamonio de ácidos grasos de sebo,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15,17}\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Cl}^-$ .

Son de poca utilidad en limpieza porque la mayoría de las superficies tienen una carga negativa y los cationes se adsorben sobre ellas en lugar de solubilizar la suciedad adherida.

Aplicaciones: aminas y también los compuestos cuaternarios inhiben el crecimiento de organismos moleculares (bacterias y algas). Las moléculas se orientan en la interfase entre la membrana bacteriana y el agua o aire.

Así que normalmente se usan como antisépticos y bactericidas.

Las aminas grasas primarias y las aminopropilaminas son importantes en la industria de recuperación de petróleo donde los crudos ácidos son comunes, y en la limpieza de metales en donde se intenta utilizar ácido clorhídrico para disolver el óxido con un mínimo ataque del hierro.

#### **7.2.4.3. Tensioactivos no iónicos**

En los más habituales, la parte hidrofílica de la molécula no es un ion sino una cadena de polioxietileno  $(-\text{OCH}_2\text{CH}_2-)_{\text{n}}\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ . La solubilidad en agua se debe a la capacidad de los átomos de oxígeno y del grupo oxhidrilo de formar enlaces de H con el agua. Un grupo de polioxietileno no "arrastrará" a la disolución a una cadena de hidrocarburo pero cinco o diez unidades son suficientes. Otra forma de conferir solubilidad en agua es por la presencia de varios grupos oxhidrilo en un extremo de la molécula, como en los no iónicos a base de residuos de azúcar o glicerol.

Son excelentes agentes humectantes, compatibles tanto con aniónicos como con catiónicos, y no son afectados por los iones calcio-magnesio del agua dura. Desafortunadamente tienden a ser ceras de bajo punto de fusión o líquidos y, por consiguiente, es difícil formularlas en forma de polvo. Así mismo,

a temperaturas elevadas o fuerzas iónicas altas de solvatación de la cadena de polioxietileno disminuye y el tensioactivo puede precipitar.

Durante varios años los principales no iónicos fueron productos de reacción del óxido de etileno y nonilfenol pero actualmente están siendo sustituidos por los derivados polioxietilénicos de alcoholes primarios y secundarios de cadena lineal con 10-18 átomos de carbono.

Los no iónicos etoxilados de alcoholes lineales (AEO) son más rápidamente biodegradables que los derivados del nonilfenol. Aunque sus características de solubilidad los hacen muy difíciles para su formulación en polvo, los hacen ideales para formulaciones líquidas.

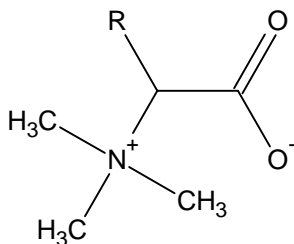
Tienen mejores propiedades que los LAS sobre muchos tipos de suciedad y sobre la mayoría de las telas y son especialmente buenos para eliminar las grasas corporales naturales de las fibras sintéticas.

Trabajan bien en el lavado "en frío". Se espera que sean los de mayor desarrollo entre los principales componentes de los detergentes domésticos.

Ej. de detergencia no iónicos con aplicaciones limitadas: los polietoxilatos de ácidos grasos y aminas, y los compuestos polihidroxicos unidos a cadenas alquílicas hidrofóbicas. Típicos de estos últimos son el monoestearato de glicerilo, utilizado como emulsificante en alimentos y el n-dodecil  $\beta$ -glucósido. Los tensioactivos a base de azúcar tienen una biodegradabilidad sumamente rápida y baja toxicidad.

#### **7.2.4.4. Tensioactivos Anfotéricos**

Son grupos especializados que tienen tanto una carga positiva como negativa en la misma molécula, o sea, existen como zwitteriones. Como tienen centros aniónicos y catiónicos pueden comportarse como catiónicos y aniónicos, dependiendo del pH de la solución en la que se utilicen. Las estructuras típicas son las de las betainas,



que son catiónicas en soluciones ácidas y zwitterionicas en solución básica. Con los aminoácidos ocurre igual  $RN_+(CH_3)_2-CH_2-COO^-$ .

En ambas soluciones R debe ser una cadena alquílica lineal C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub> saturada. Algunos Anfotéricos producen un alto volumen de espuma estable y se utilizan en champús. A pH cercanos a 7 son menos irritantes que los detergentes catiónicos o aniónicos y se usan en champús suaves. Por otra parte su formulación es complicada por la posible precipitación del compuesto a un pH cercano a su punto isoeléctrico. Además, como Anfotéricos son estables y funcionales en un gran intervalo de pH, pueden utilizarse con NaOH en limpiadores alcalinos para superficies grasosas y con limpiadores ácidos, con HCl.

### 7.3. Aspectos experimentales

#### 7.3.1. Preselección de tensioactivos

##### 7.3.1.1. Objetivo

El objetivo es obtener una alternativa al tensioactivo que está actualmente en fórmula y así hacer que la lejía mantenga o mejore la competitividad con otros productos de la competencia.

Por ello se testarán muestras de diferentes familias químicas y determinaremos las propiedades más importantes y que más nos interesan de cara al estudio de posibilidades de mejora de los productos actuales o al desarrollo de nuevos productos.

##### 7.3.1.2. Envejecimiento acelerado

Para tener un campo amplio de estudio se han testado tensioactivos de diferentes familias químicas con distintas longitudes de cadena:

ESPECIE QUÍMICA	NOMBRE COMERCIAL
Alquil éter sulfato	PL-28
Alquil éter sulfato C12-14, con OE, sódico	Texapon PE 230
Alquil éter fosfato C16 y 18 insaturado con OE	Crafol AP-12
Monoalquil éter fosfato C8-10 con OE	Crafol AP-60
Alquil éter poliglicol C12-18 con OE	Foryl 100
Octil sulfato sódico	Texapon 842
2-hetil sulfato, sal sódica	Texapon EHS
Alquil fosfato, sal potásica	Crafol AP-67
Alquil fosfato C10-16+nOE	Crafol AP-69
Cocosalquil fosfato con OE, sal Na	Crafol AP-261
Alquil fenol éter sulfato	Disponil AES 60

Alquil fenol éter sulfato	Disponil AES 72
Alquil fenol éter poliglicol fosfato	Disponil AEP 5300/E
Ácido estersulfocuccínico	Disponil SUS IC 680
Ácido estersulfocuccínico	Disponil SUS 87 SPEZ IS
Ácido fosfórico, 2-hetilhexil éter	Crafol AP-22
Acido sulfograso, potásico	Disponil OSS 50 KS
Ácido graso etoxilado	Dehydol LT7
Alcohol sulfato C12-14, trietanol amina	Texapon T42/DP
Dioctil sulfocianato sódico	Foamaster
Cocoanfodiacetato disódico	Dehyton PS
Cocoamidopropil betaina	Dehyton PK
Cocoamidopropil betaina concentrada	Dehyton PK-45
Betaina (de coco)	Dehyton AB-30
Cocoanfodiacetato monosódico	Dehyton MC
1H-imidazolium,1-carboximetil-4,5-dihidro-1(o 3)-(2hidroxietil)-2-unfrvil, hidróxido sal de sodio	Dehyton ML

En principio se lleva a cabo un test de la fórmula básica de la lejía con los diferentes tensioactivos, es decir:

- 3.7% de hipoclorito
- 1.05% de hidróxido sódico
- 1.25% de tensioactivo

El test a realizar es un "envejecimiento acelerado" de las muestras en una estufa a 60°C durante 7 días. Cada día se toman mediadas del porcentaje de hipoclorito presente.

Los resultados obtenidos son los que se muestran en la siguiente tabla:

	DÍA						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Texapon PE 230</b>							
%Degradación de HPC	3.83	11.23	21.09	30.68	49.04	50.68	53.15
<b>Crafol AP-12</b>							
%Degradación de HPC	8.55	20.35	33.92	43.06	66.91	69.03	77.59
<b>Crafol AP-60</b>							
%Degradación de HPC	3.47	14.49	24.06	35.36	60.28	65.21	69.56
<b>Foryl 100</b>							
%Degradación de HPC	17.58	72.05	77.52	82.13	85.59	89.62	100.0
<b>Texapon 842</b>							
%Degradación de HPC	6.59	13.19	23.35	28.57	51.92	54.39	57.14
<b>Texapon EHS</b>							
%Degradación de HPC	9.43	17.52	23.18	29.38	58.49	61.18	63.61
<b>Crafol AP-67</b>							
%Degradación de HPC	11.20	18.76	28.01	31.65	50.70	46.22	58.54
<b>Crafol AP-69</b>							
%Degradación de HPC	9.41	19.66	31.02	37.91	61.21	65.37	69.25
<b>Crafol AP-261</b>							
%Degradación de HPC	8.98	17.39	24.35	59.71	64.06	66.67	70.15
<b>Disponil AES 60</b>							
%Degradación de HPC	3.81	9.38	14.08	41.64	47.51	51.03	55.13
<b>Disponil AES 72</b>							
%Degradación de HPC	6.01	15.03	22.13	29.38	58.74	61.2	65.3
<b>Disponil AEP 5300/E</b>							
%Degradación de HPC	4.78	10.74	16.72	44.47	48.95	52.54	55.52
<b>Disponil SUS IC 680</b>							
%Degradación de HPC	54.10	70.08	81.97	91.8	100	100	100



*Memoria descriptiva*

HPC							
<b>Disponil SUS 87</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	15.34	29.79	75.52	79.06	82.00	98.52	100.0
<b>Crafol AP-22</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	3.71	12.28	19.14	24.57	40.28	42.00	45.14
<b>Disponil OSS 50 KS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	12.42	24.28	65.55	40.75	60.40	65.60	66.75
<b>Dehydol LT7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	18.85	32.51	78.14	81.69	85.24	88.25	100.00
<b>Texapon T42/DP</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Observación	El tensioactivo no se solubiliza en el hipoclorito						
<b>Foamaster</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	44.09	45.48	87.86	90.09	91.37	92.65	100.00
<b>Dehyton PS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	90.17	100	100	100	100	100	100
<b>Dehyton PK</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	22.14	37.78	48.47	54.58	67.17	70.99	73.63
<b>Dehyton PK-45</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	El tensioactivo no se solubiliza en el hipoclorito						
<b>Dehyton AB-30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	11.08	26.94	40.71	50.00	73.35	76.94	80.23
<b>Dehyton MC</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	El tensioactivo no se solubiliza en el hipoclorito						
<b>Dehyton ML</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
%Degradación de HPC	El tensioactivo no se solubiliza en el hipoclorito						

En todos los casos la viscosidad resulta ser nula excepto en el caso del PL-28 aunque este aspecto no es muy importante a la hora de descartar tensioactivos puesto que la viscosidad se alcanza también mediante otros medios como puede ser la adición de compuestos espesantes (óxido de alquildimetilamina, silicatos,...). El PL-28 es el que está actualmente en fórmula y por ello se toma como referencia.

PL-28	DÍA	0	1	2	3	4	5	6	7
% Degradación de HPC		0	6,23	11,57	39,76	42,73	45,10	49,26	55,78
Viscosidad sp 1.12		290	273	272	195	167	146	142	130

El primer descarte de tensioactivos se basa, por tanto, en la degradación del hipoclorito de forma que los candidatos con un porcentaje de degradación mucho mayor que el PL-28 no continuarán siendo estudiados.

La primera selección es la siguiente:

- Texapon PE 230
- Crafol AP-60
- Texapon 842
- Texapon EHS
- Crafol AP-67
- Crafol AP-69
- Disponil AES 60
- Disponil AES 72
- Disponil AEP 5300/E

Posteriormente se indagará en las propiedades de estos tensioactivos para así obtener más información de cada uno de ellos.

### 7.3.2. Determinación de propiedades

Tras haber realizado una primera selección de tensioactivos basada única y exclusivamente en la degradación del hipoclorito, hay que indagar en otras propiedades y así recopilar información que permita una visión más específica de cada uno de ellos.

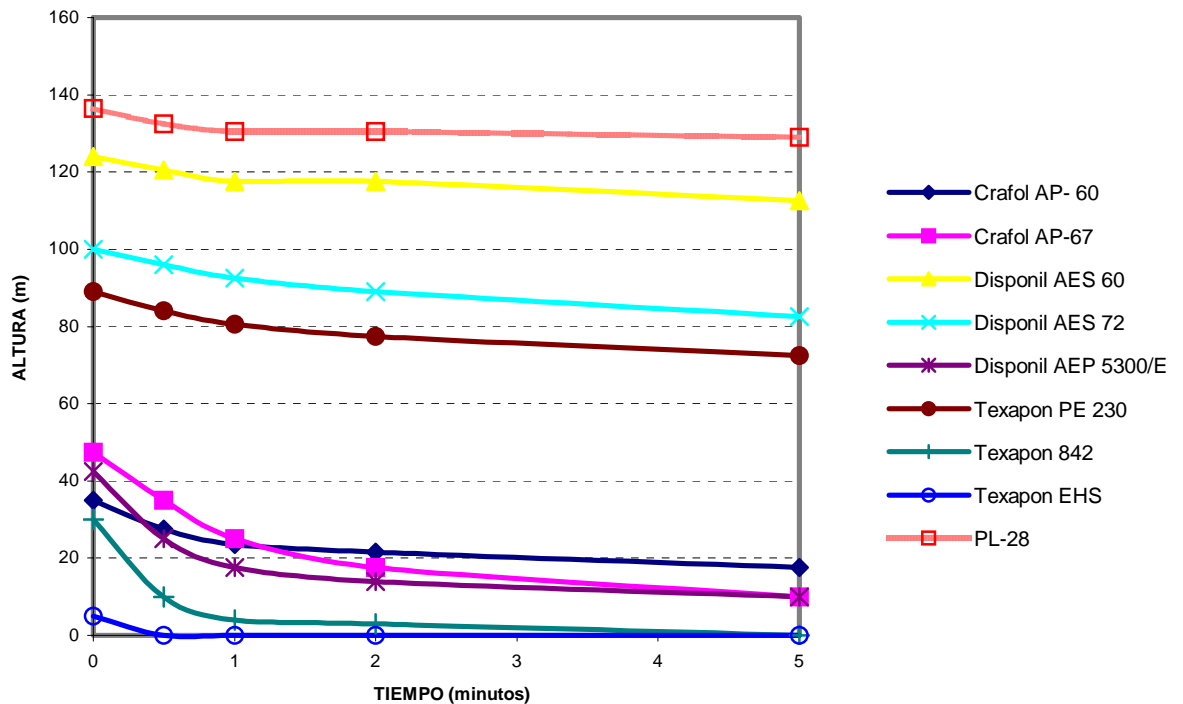
Las propiedades que vamos a determinar son: capacidad espumante, nivel de residuos sobre superficies y capacidad detergente.

Los métodos de ensayo son los que se han desarrollado en apartados anteriores.

#### 7.3.2.1. Capacidad espumante

Para cada producto el ensayo se realiza por duplicado y lo que se representa posteriormente es la media.

Los resultados obtenidos son los que se muestran en la siguiente gráfica:



De cara a la producción ésta será una propiedad muy importante debido a que la espuma será determinante en diferentes puntos del proceso veremos en capítulos posteriores.

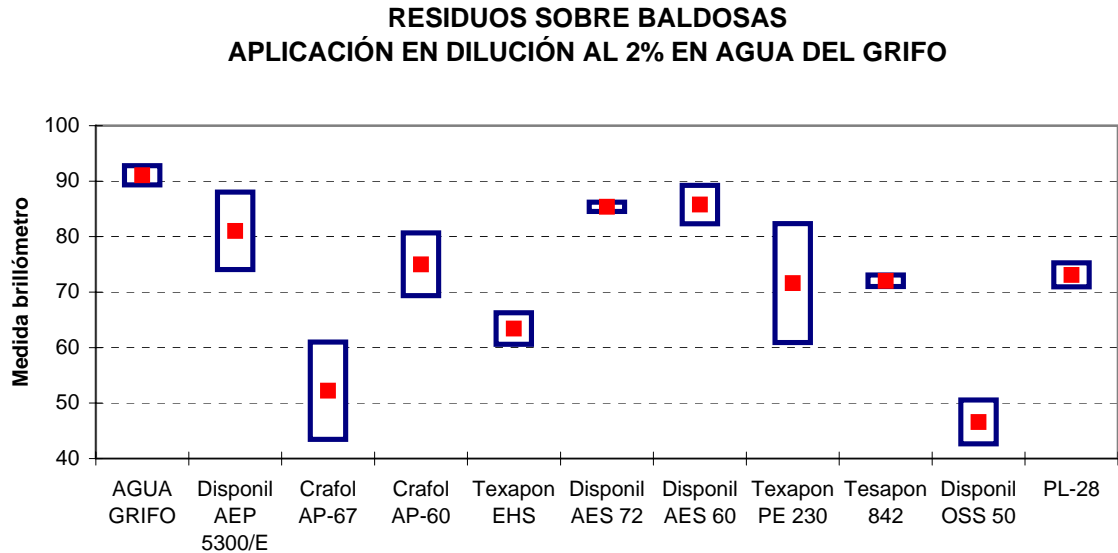
En base a los resultados obtenidos se hace la siguiente clasificación

- Capacidad espumante alta:
  - PL-28
  - Disponil AES 60
- Capacidad espumante media-alta:
  - Disponil AES 72
  - Texapon PE 230
- Capacidad espumante media-baja:
  - Crafol AP 67
  - Disponil AEP 5300/E
  - Crafol AP 60
- Capacidad espumante baja:
  - Texapon 842
  - Texapon EHS

(Ver punto 11 del anexo a la memoria).

### 7.3.2.2. Nivel de residuos sobre superficies

Los resultados obtenidos son los siguientes:



Los cálculos son los mismos que los realizados en el punto 2 del anexo a la memoria.

Debidos a la dispersión de los valores de brillo obtenidos para cada muestra se aplica un tratamiento estadístico a los datos de manera que podamos representar el intervalo de confianza de los valores. En el gráfico que se muestra el intervalo de confianza se representa mediante el cuadro azul.

Los resultados se clasifican tomando como referencia el PL-28:

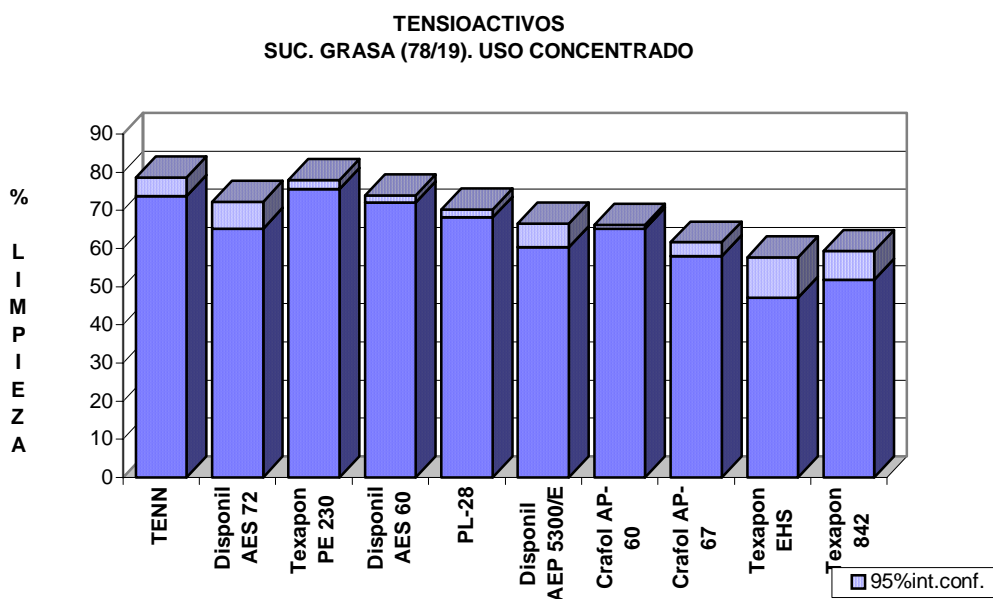
- Residuos > PL-28:
  - Crafol AP-67
  - Texapon EHS
- Residuos ≈ PL-28:
  - Crafol AP-60
  - Texapon 842
  - Texapon PE 230 (algo peor que el PL-28)
- Residuos < PL-28:
  - Disponil AEP 5300/E
  - Disponil AES 72
  - Disponil AES 60

### 7.3.2.3. Capacidad detergente

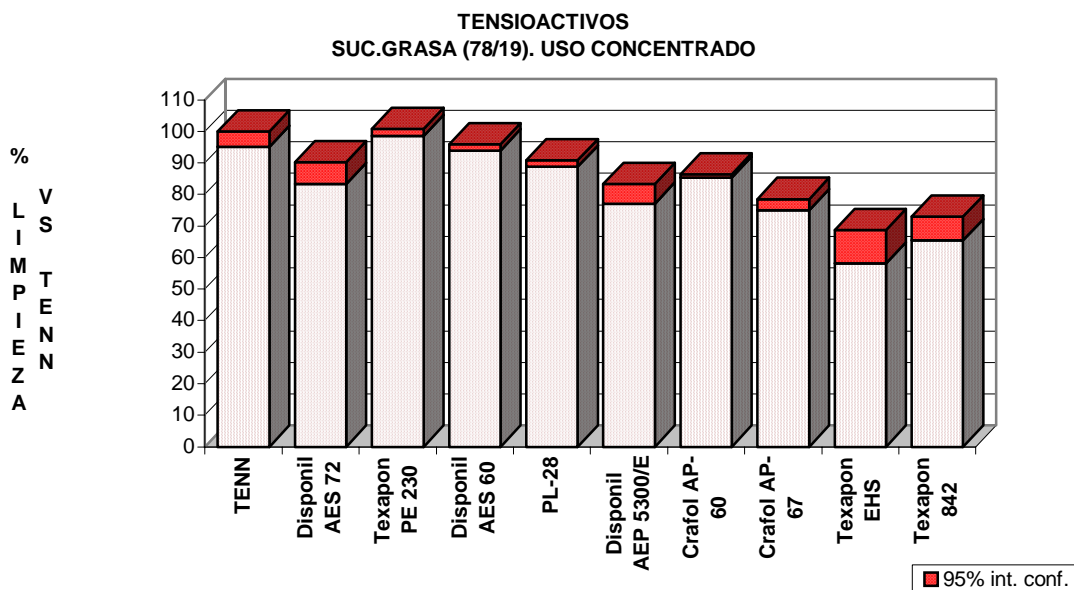
Como referencia se toma un producto con una elevada eficacia de limpieza (Tenn).

En primer lugar mediremos la "Z" para una tira blanca y otra negra. Se toman cuatro valores, se les hace la media y se calcula la desviación típica para ver si la dispersión de valores es pequeña. En el caso de que esta desviación sea pequeña se tendrá una mayor fiabilidad y se utilizarán los valores medios correspondientes al blanco y al negro para relativizar los valores obtenidos para cada producto. Esto se hace puesto que el máximo valor de limpieza será el obtenido en el blanco y el mínimo el que se obtenga para el negro

En el siguiente gráfico se representa el porcentaje de limpieza con el correspondiente error para cada producto.



Si representamos el %limpieza con respecto al Tenn se tiene el gráfico:



Ver los cálculos en el punto 12 del anexo a la memoria.

Dados los resultados, otra clasificación sería:

- Eficacia < PL-28
  - Crafol AP-67
  - Texapon EHS
  - Texapon 842
  
- Eficacia  $\simeq$  PL-28
  - Disponil AEP 5300/E
  - Crafol AP-60
  
- Eficacia > PL-28
  - Texapon PE 230
  - Disponil AES 60
  - Disponil AES 72

### 7.3.2.4. Conclusiones

Con objeto de tener una visión global de las propiedades de los tensioactivos se muestra a continuación una tabla resumen que engloba todas las clasificaciones hechas anteriormente.

Nombre	% Degradación	Residuos	Espumas	Eficacia
Disponil AEP 5300/E	55.52	Bajo	Baja	<PL-28
Crafol AP-67	58.54	Alto	Baja	<PL-28
Crafol AP-60	69.56	≈PL-28	Baja	≈PL-28
Texapon EHS	63.61	Alto	Ninguna	<PL-28
Disponil AES 60	55.13	Bajo	Alta	>PL-28
Disponil AES 72	65.30	Bajo	Media-alta	≈PL-28
Texapon PE 230	53.15	Medio-alto	Media-alta	>PL-28
Texapon 842	57.14	≈PL-28	Baja	<PL-28
PL-28	55.78	Medio	Alta	REFERENCIA

De todas las propiedades la que más juego da es la capacidad espumante puesto que aporta una amplia gama de posibilidades según las exigencias del consumidor o la caracterización que se quiera dar al producto. Por tanto, si se quiere un producto muy espumante se empleará un tensioactivo con capacidad espumante alta y si se quiere un producto poco espumante viceversa.

En cuanto a la degradación del hipoclorito, el nivel de residuos sobre superficie y la capacidad espumante lo ideal, y lo que se pretende, es que no empeorar la situación alcanzada con el PL-28. En caso de que los tensioactivos empeoren significativamente alguna de esas tres propiedades se descartarán como posible alternativa a la sustitución del PL-28 en lejías. Este es el caso del Crafol AP-67 (altos residuos), Texapon EHS (altos residuos) y Texapon 842 (baja eficacia).

Los tensioactivos que están marcados en amarillo, en principio, son buenas alternativas a seguir estudiando ya que aun no se han probado



sinergias entre dos o más tensioactivos que puedan dar resultados realmente satisfactorios.

Un tema muy importante y criterio adicional en la selección es el de la biodegradabilidad ya que si un tensioactivo no es biodegradable se descartará automáticamente.

### **7.3.3. Seguridad industrial, toxicidad y biodegradabilidad de los tensioactivos**

#### **7.3.3.1. Seguridad industrial**

La manipulación de los tensioactivos en forma adecuada y observando las medidas de precaución y protección higiénico – laboral común para los productos químicos, no presenta peligro alguno. No obstante, debe evitarse el contacto con los ojos por su posible efecto irritante y tener cuidado con las posibles alergias sobre pieles sensibles.

#### **7.3.3.2. Toxicidad acuática y biodegradabilidad**

Se considera el factor más importante en la evaluación toxicológica de los distintos tensioactivos es la diferencia de biodegradabilidad entre ellos. En general se acepta que los productos de cadena lineal son suficientemente biodegradables como para cumplir con los requisitos de las diversas legislaciones, no así los ramificados. En relación a la toxicidad en agua, Moore describió los siguientes conceptos generales:

- La biodegradabilidad decrece cuando aumenta la hidrofobicidad de los tensioactivos y disminuye su solubilidad, independientemente de sus características iónicas.
- Un aumento en el grado de etoxilación disminuye la toxicidad.
- Los tensioactivos aniónicos son generalmente menos tóxicos que los no iónicos debido a su menor carácter hidrófobo.

- Aún pequeñas cantidades de tensioactivos no biodegradables o críticos en sistemas acuáticos pueden dañar la cadena alimenticia.
- Los tensioactivos no iónicos son menos tóxicos cuando se sulfatan pues disminuye su carácter hidrófobo.
- Los tensioactivos catiónicos y aniónicos pueden reaccionar formando un complejo rápidamente biodegradable, y mucho menos tóxico que los reactivos en sí mismos.

Respecto a la toxicidad en humanos de los tensioactivos, no se consideran ni venenosos ni cancerígenos. En cuanto a las alergias e irritaciones de mucosas, es necesario definir cada caso en particular para evaluar la incidencia de la posible actividad toxicológica de estos productos.

Algunas definiciones acerca de la toxicidad serían:

- La *biodegradación* es la ruptura molecular de un sustrato orgánico, resultante de la acción enzimática de microorganismos vivos que usan este sustrato como alimento.
- La *biodegradación primaria* implica un grado de biodegradación del sustrato suficiente como para que desaparezcan las propiedades características de la molécula intacta. En el caso de tensioactivos, esto ha sido medido como pérdida de su capacidad como agente espumígeno o como reductor de la tensión superficial.
- La biodegradabilidad avanzada se alcanza cuando la molécula del sustrato se divide en segmentos más pequeños.
- La *biodegradación final o última* es la que se produce a través de una secuencia de ataques enzimáticos para reducir el sustrato a la estructura más simple posible. En los sistemas aeróbicos, se generan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y sales minerales de otros elementos presentes. En los sistemas anaeróbicos, en los que el ataque microbiano ocurre en ausencia de oxígeno disuelto, se genera también metano junto a los productos antes mencionados.

### **7.3.3.3. Información acerca de los tensioactivos seleccionados**

De las fichas de datos de seguridad de cada tensioactivo se obtiene la siguiente información:

○ [Disponil AEP 5300/E \(s/ Directiva 93/112/CEE –ISO 11014-1\)](#)

#### a) Manejo y equipo de protección personal

- Manejo: Para diluir/disolver, añadir el producto lentamente y bajo agitación sobre agua. Evitar el contacto con las llamas.
- Protección manual: Guantes protectores adecuados, por ejemplo de KCL GmbH.
- Protección ocular: Úsese gafas protectoras que cierren herméticamente.
- Medidas de protección general e higiene: Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

#### b) Información toxicológica

- Toxicidad oral aguda: LD50 > 2000 mg/kg peso corporal.
- Irritación de la piel: cáustico.
- Irritación de los ojos: muy irritante.
- Mutagenidad in vitro: no mutágeno.

#### c) Biodegradabilidad

- Degradación primaria: El producto contiene tensioactivos aniónicos que no cumplen los requisitos de la directiva sobre detergentes de la UE 82/243/CEE (tensioactivos aniónicos) de un descenso medio mínimo del 90% de MBAS (degradación primaria).
- Biodegradación final: Producto difícilmente degradable biológicamente.

○ [Crafol AP-60 \(s/ Directiva 91/155/CEE - ISO 11014-1\)](#)

a) Manejo y protección personal

- Manejo: Evitar el contacto con las llamas.
- Protección manual: Guantes de Viton (0.7 mm) en caso de contacto complejo.
- Protección ocular: Gafas de protección.

b) Información toxicológica

- Toxicidad oral aguda: LC > 2000 mg/kg peso corporal.
- Irritación de la piel: cáustico.
- Irritación de los ojos: muy irritante.

c) Biodegradabilidad

Biodegradación rápida y fácil: Todos los componentes orgánicos contenidos en el producto pasan satisfactoriamente los tests facilidad de degradación valores > 60% BSB/CBS o formación de CO<sub>2</sub> o >70% reducción DOC. Esto corresponde a los valores límite para "*fácilmente degradable*".

○ [Disponil AES 60 \(s/ Directiva 93/112/CEE – ISO 11014-1\)](#)

a) Manejo y protección personal

- Manejo: Asegurar una adecuada ventilación/aspiración en el puesto de trabajo.
- Protección manual: Guantes protectores adecuados, por ejemplo de KCL GMBH.
- Protección ocular: gafas de protección.
- Medidas de protección general e higiene: Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

b) Información toxicológica:

- Toxicidad oral aguda: LD<sub>50</sub> > 5000 mg/kg peso corporal.
- Irritación de la piel: no irritante.

- Irritación de los ojos: ligeramente irritante, señalización no obligatoria.
- Mutagenidad in vitro: no mutágeno.

c) Biodegradabilidad

- Degradación primaria: El producto contiene tensioactivos aniónicos que no cumplen los requisitos de la directiva sobre detergentes de la UE 82/243/CEE (tensioactivos aniónicos) de un descenso medio mínimo del 90% de MBAS (degradación primaria).
- Biodegradación final: Producto difícilmente degradable biológicamente.

o [Disponil AES 72 \(s/ Directiva 91/155/CEE – ISO 11014-1\)](#)

a) Manejo y protección personal

- Manejo: Asegurar una adecuada ventilación/aspiración en el puesto de trabajo.
- Protección manual: No es necesario.
- Protección ocular: gafas de protección.
- Medidas de protección general e higiene: Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

b) Información toxicológica:

- Toxicidad oral aguda: LD50 > 5000 mg/kg peso corporal.
- Irritación de la piel: no irritante.
- Irritación de los ojos: ligeramente irritante, señalización no obligatoria.
- Mutagenidad in vitro: no mutágeno.

c) Biodegradabilidad

- Degradación primaria: El producto contiene tensioactivos aniónicos que no cumplen los requisitos de la directiva sobre detergentes de la UE 82/243/CEE (tensioactivos aniónicos) de

un descenso medio mínimo del 90% de MBAS (degradación primaria).

- Biodegradación final: Producto difícilmente degradable biológicamente.

- o [Texapon PE 230 \(s/ Directiva 91/155/CEE – ISO 11014-1\)](#)

d) Manejo y protección personal

- Manejo: sin especificar.
- Protección manual: Guantes tipo Viton (0.7mm) solo en caso de contacto completo).
- Protección ocular: gafas de protección.
- Medidas de protección general e higiene: Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales. Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo. Evítese el contacto con los ojos y piel.

e) Información toxicológica:

- Toxicidad oral aguda: LD50 > 2000 mg/kg peso corporal.
- Irritación de la piel: irritante.
- Irritación de los ojos: irritante.
- Mutagenidad in vitro: no mutágeno.

f) Biodegradabilidad

- Degradación primaria: Los tensioactivos contenidos en el producto corresponden a los requisitos de las normas para detergentes UE 82/242 (tensioactivos no iónicos) y UE 82/243/EEC (tensioactivos aniónicos) de media biodegradables en un 90% como mínimo.
- Biodegradación rápida y fácil: Todos los componentes orgánicos contenidos en el producto pasan satisfactoriamente los tests facilidad de degradación valores > 60% BSB/CBS o formación de CO<sub>2</sub> o >70% reducción DOC. Esto corresponde a los valores límite para "*fácilmente degradable*".

#### 7.3.4. Evaluación y futuro del estudio

Como ya se ha dicho desde el principio, la intención del estudio ha sido la de encontrar un tensioactivo alternativo al PL-28 con propiedades similares o mejores y que, por consiguiente, se capacite a la empresa para poder renovar patentes y poder seguir apostando por una lejía competitiva y fuerte en el mercado.

Para ello se han testado una gran variedad de tensioactivos a los que se ha sometido a un primer screening basado en el porcentaje de degradación de hipoclorito. Los que pasaron ese primer screening se han estudiado más intensamente y determinado propiedades específicas como la capacidad espumante, el nivel de residuos sobre superficie y la capacidad detergente.

Como último criterio de selección se ha tenido en cuenta la biodegradabilidad y se han concretado dos interesantes alternativas:

Nombre	% Degradación	Residuos	Espumas	Eficacia
Crafol AP-60	69.56	≈PL-28	Baja	≈PL-28
Texapon PE 230	53.15	Medio-alto	Media-alta	>PL-28

Con esto el estudio nos ha quedado muy limitado y se han tenido que descartar tensioactivos cuyas propiedades daban resultados bastante satisfactorios.

En caso del Crafol AP-60 el dato menos positivo es el de degradación de hipoclorito debido a que supera el %degradación producida en presencia de PL-28 en un 25% . Y en el caso del Texapon PE 230 el dato menos satisfactorio es el de residuos, sin embargo los datos respecto de eficacia y % degradación de hipoclorito son muy esperanzadores y dan lugar al estudio de posibles sinergias con otros tensioactivos que mejoren los residuos en superficie.

El Crafol AP-60 tampoco debe ser descartado ya que también pueden estudiarse combinaciones posibles con otros tensioactivos. Por ejemplo la combinación con óxido de amina puede mejorar la capacidad detergente.

Como es sabido, el mundo de los tensioactivos es muy extenso y no se puede limitar el estudio a los resultados obtenidos. Hay que continuar investigando nuevas familias químicas y distintas longitudes posibles.

El campo de las betainas aquí se ha tratado aunque sin éxito (no se incorporan bien al hipoclorito en la mayoría de los casos) sin embargo se ha tratado una betaina (Dehyton AB-30) que mostraba una tendencia de mejora en el porcentaje de degradación de hipoclorito y en el aspecto de la muestra (ya que ésta se mostraba transparente y no opaca como el resto de las betainas probadas) por lo que es interesante continuar el estudio de este tipo de compuestos entre otros.



## **ANEXOS A LA MEMORIA**

### **1. Cálculo de la degradación de hipoclorito**

Los datos de degradación de hipoclorito que se muestran en las tablas, se determinan mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{Degradación} = \frac{(\% \text{ClO}^-)_{\text{inicial}} - (\% \text{ClO}^-)_t}{(\% \text{ClO}^-)_{\text{inicial}}} * 100$$

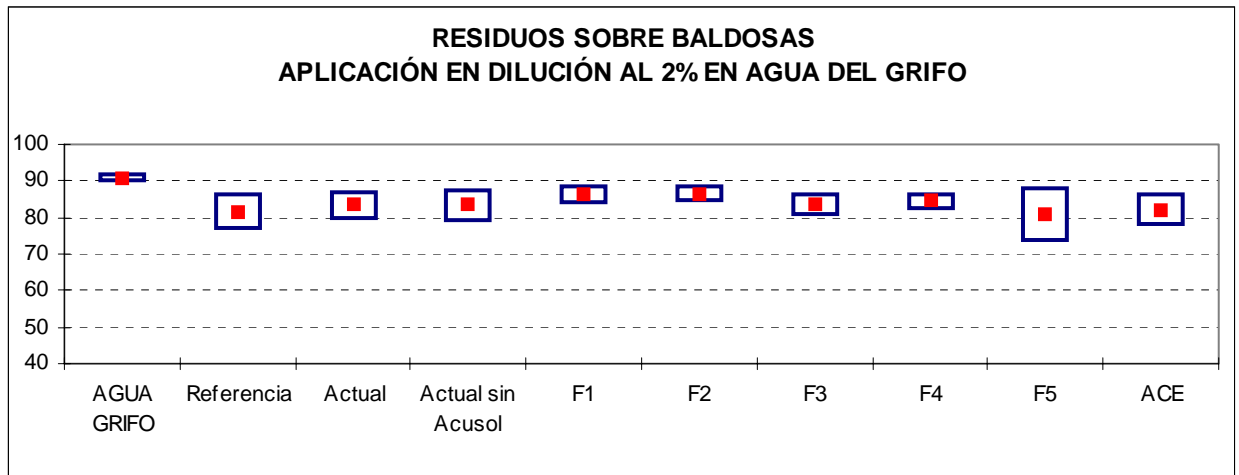
Donde:

- $(\% \text{ClO}^-)_{\text{inicial}}$  = porcentaje de hipoclorito inicial
- $(\% \text{ClO}^-)_t$  = porcentaje de hipoclorito a un tiempo  $t$ .

### **2. Cálculo del nivel de residuos sobre superficie**

Para cada baldosa se toman seis valores de brillo (mediante el brillómetro o reflectómetro Dr. Lange) que, normalmente, suelen ser datos dispersos debido a que la baldosas se deja secar en posición vertical y, por ello, en la parte inferior es normal que se queden más residuos. Por este motivo, los datos obtenidos se tratan estadísticamente, con objeto de representar el grado de dispersión de las medidas. Cuanto menor sea el grado de dispersión más representativa será la medida y traducido a términos de residuos, cuando el grado de dispersión sea bajo, la baldosa mostrará residuos uniformemente distribuidos.

Para poder comparar los resultados obtenidos con las diferentes fórmulas ensayadas lo más adecuado es la representación gráfica de los mismos. La gráfica mostrada en el apartado 3.2.3.2. es la siguiente:



Gráfica en la que el grado de dispersión viene dado por el intervalo de confianza representado mediante el recuadro azul.

Las medidas del brillómetro están comprendidas de 0 a 100. Si la medida es 100 significa que el grado de residuos es totalmente nula y si es 0 viceversa.

A continuación se detallan los cálculos hechos para el agua de grifo:

**1º** Cálculo de la media aritmética:  $Media = \frac{\sum x_i}{n}$ , donde  $x_i$  son los valores y  $n$  el número total de valores.

$$Media = \frac{91.4 + 89.9 + 91.7 + 90.9 + 89.7 + 91.6}{6} = 90.87$$

**2º** Cálculo de la varianza:  $S^2 = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}$

$$S^2 = \frac{6(91.4^2 + 89.9^2 + 91.7^2 + 90.9^2 + 89.7^2 + 91.6^2) - (91.4 + 89.9 + 91.7 + 90.9 + 89.7 + 91.6)^2}{6(6-1)}$$

$$S^2 = 0.7627$$

**3º** Cálculo de la desviación estándar. Es una medida de dispersión de los valores respecto de la media y se calcula mediante la raíz cuadrada de la varianza:  $\sigma = \sqrt{S^2}$

$$\sigma = \sqrt{0.7627} = 0.8733$$

4º Cálculo del intervalo de confianza:  $2\sigma = 2.58 \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$

$$2\sigma = 2.58 \cdot \left( \frac{0.8733}{\sqrt{6}} \right) = 0.9184$$

Los cálculos previos a la representación gráfica mostrada anteriormente son los siguientes:

	Medida brillómetro						S <sup>2</sup>	σ	2σ	Media	Media -2σ	Media +2σ
<b>Agua</b>	91,4	89,9	91,7	90,9	89,7	91,6	0,76	0,87	0,92	<b>90,87</b>	<b>89,95</b>	<b>91,79</b>
<b>Referencia</b>	87,1	81,3	74,6	85,3	79,5	82,1	19,53	4,42	4,65	<b>81,65</b>	<b>77,00</b>	<b>86,30</b>
<b>Actual</b>	85,3	80,2	80,3	86,0	81,1	87,3	10,14	3,18	3,35	<b>83,37</b>	<b>80,02</b>	<b>86,72</b>
<b>Actual sin Acusol</b>	87,0	81,7	77,0	88,1	83,1	83,9	15,84	3,98	4,19	<b>83,47</b>	<b>79,28</b>	<b>87,65</b>
<b>F1</b>	86,5	85,8	90,2	87,4	84,0	85,6	4,40	2,10	2,21	<b>86,58</b>	<b>84,38</b>	<b>88,79</b>
<b>F2</b>	86,6	87,7	88,2	87,1	83,2	86,1	3,15	1,77	1,87	<b>86,48</b>	<b>84,62</b>	<b>88,35</b>
<b>F3</b>	87,2	82,4	81,6	87,2	82,3	81,0	7,96	2,82	2,97	<b>83,62</b>	<b>80,65</b>	<b>86,58</b>
<b>F4</b>	86,7	81,7	83,3	86,3	85,7	83,1	4,15	2,04	2,14	<b>84,47</b>	<b>82,32</b>	<b>86,61</b>
<b>F5</b>	85,8	81,0	75,6	86,8	85,8	69,8	46,82	6,84	7,20	<b>80,80</b>	<b>73,60</b>	<b>88,00</b>
<b>ACE</b>	88,0	81,2	81,9	85,6	77,9	78,9	15,13	3,89	4,09	<b>82,25</b>	<b>78,16</b>	<b>86,34</b>

### 3. Cálculos de necesidades de Tempoxy y KI

La planta tiene una producción 1.000 toneladas/mes, con lo cual:

$$1.000 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} \cdot \frac{1\text{mes}}{30\text{días}} \cdot \frac{1.000\text{Kg}}{1\text{Ton}} = 33.333,3\text{kg Lejía / día}$$

Teniendo en cuenta que el reactor tiene una capacidad de 4.500L y que la densidad del producto es de 1,234 Kg/m<sup>3</sup>, calculamos los kg de producto por cada ciclo de producción:

$$4.500\text{L} \cdot \frac{1,234\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}^3}{1.000\text{L}} = 5.553\text{Kg Lejía / ciclo productivo}$$

Por lo que hay:

$$\frac{33.333,3\text{Kg / día}}{5.553\text{Kg / ciclo}} = 6 \text{ ciclos productivos / día}$$

A continuación se determinan las necesidades diarias y por ciclo productivo de Tempoxy LO y KI.

- **Tempoxy LO**

El porcentaje del Tempoxy LO en fórmula es de 0,025% (en peso) pero como se añade diluido en agua al 1%, el porcentaje de dicha disolución en fórmula será:

$$0,025\% \text{TempoxyLO} \cdot \frac{100\% \text{Disolución}}{1\% \text{TempoxyLO}} = 2,5\% \text{Disolución}$$

La necesidad diaria de la disolución de Tempoxy al 1% será:

$$33.333,3 \frac{\text{KgLejía}}{\text{día}} \cdot \frac{2,5\text{KgDisoluciónT}}{100\text{KgLejía}} = 833,3\text{KgDisoluciónTempoxy} / \text{día}$$

Y por ciclo:

$$5.553 \frac{\text{KgLejía}}{\text{ciclo}} \cdot \frac{2,5\text{KgDisolución}}{100\text{KgLejía}} = 138,8\text{KgDisoluciónTempoxy} / \text{ciclo}$$

- **KI**

El porcentaje de KI en fórmula es de 0,0025% (en peso) pero como se añade diluido en agua al 0,1%, el porcentaje de dicha disolución en fórmula será:

$$0,0025\% \text{ KI} \cdot \frac{100\% \text{ Disolución}}{0,1\% \text{ KI}} = 2,5\% \text{ Disolución}$$

La necesidad diaria de la disolución de Tempoxy al 1% será:

$$33.333,3 \frac{\text{KgLejía}}{\text{día}} \cdot \frac{2,5\text{KgDisoluciónKI}}{100\text{KgLejía}} = 833,3\text{KgDisoluciónKI} / \text{día}$$

Y por ciclo:

$$5.553 \frac{\text{KgLejía}}{\text{ciclo}} \cdot \frac{2,5\text{KgDisolución}}{100\text{KgLejía}} = 138,8\text{KgDisoluciónKI} / \text{ciclo}$$

- **Tempoxy LO y KI**

En el caso de que se tome la decisión de instalar un solo tanque que contenga una disolución de Tempoxy LO al 1% y KI al 0,1 %, los cálculos a realizar son los mismos que en los dos casos anteriores, de forma que el porcentaje de dicha disolución en fórmula será:

$$0,025\% \text{TempoxyLO} \cdot \frac{100\% \text{DisoluciónT} - \text{KI}}{1\% \text{TempoxyLO}} = 2,5\% \text{DisoluciónT} - \text{KI}$$

$$0,0025\% \text{KI} \cdot \frac{100\% \text{DisoluciónT} - \text{KI}}{0,1\% \text{KI}} = 2,5\% \text{DisoluciónT} - \text{KI}$$

La necesidad diaria de la misma:

$$33.333,3 \frac{\text{KgLejía}}{\text{día}} \cdot \frac{2,5\text{KgDisoluciónT} - \text{KI}}{100\text{KgLejía}} = 833,3\text{KgDisoluciónT} - \text{KI} / \text{día}$$

Y por ciclo:

$$5.553 \frac{\text{KgLejía}}{\text{ciclo}} \cdot \frac{2,5\text{KgDisoluciónT} - \text{KI}}{100\text{KgLejía}} = 138,8\text{KgDisoluciónT} - \text{KI} / \text{ciclo}$$

La diferencia existente entre tener un tanque con estos dos aditivos disueltos o dos tanques con los aditivos disueltos independientemente, radica únicamente en el balance de materia total, de forma que el agua que hay que añadir al reactor para que cuadre dicho balance es distinta. El balance de materia se controla mediante hojas de cálculo como la que se muestra a continuación:

<b>DOS TANQUES</b>			Carga(kg)		
			5553		
<b>INGREDIENTES</b>	<b>% 100 %</b>	<b>CONC.</b>	<b>% T. Q.</b>	<b>PESADA(Kg)</b>	<b>CAUDAL (m3/s)(*0,001)</b>
AGUA			62,47	3468,74	28,91
HIPOCLORITO	3,70	15,1	24,50	1360,67	11,34
HICRÓXIDO SÓDICO	1,05	50,0	2,10	116,61	0,97
PL-28	1,25	27,0	4,63	257,08	2,14
PERF. SWING 38530P	0,050	100,0	0,05	2,78	0,02
Colorante	0,001	1,0	0,10	5,55	0,05
Tempoxy LO	0,0250	1,0	2,50	138,83	1,16
KI	0,0025	0,1	2,50	138,83	1,16
Antiespumante	1,250	100,0	1,25	69,41	0,58

<b>UN TANQUE</b>			Carga(kg)		
			5553		
<b>INGREDIENTES</b>	<b>% 100 %</b>	<b>CONC.</b>	<b>% T. Q.</b>	<b>PESADA(Kg)</b>	<b>CAUDAL (m3/s)(*0,001)</b>
AGUA (*)			64,87	3601,93	30,02
HIPOCLORITO	3,70	15,1	24,50	1360,67	11,34
HICRÓXIDO SÓDICO	1,05	50,0	2,10	116,61	0,97
PL-28	1,25	27,0	4,63	257,08	2,14
PERF. SWING 38530P	0,050	100,0	0,05	2,78	0,02
Colorante	0,001	1,0	0,10	5,55	0,05
Tempoxy LO + KI(0,0025% y 0,1% de dis.)	0,0250	1,0	2,50	138,83	1,16
Antiespumante	1,2500	100,0	1,25	69,41	0,58

(\*)Se suma la cantidad de agua correspondiente al KI puesto que hay que cuadrar el balance de materia

#### 4. Cálculo de las dimensiones del tanque de agitación

Para la disponibilidad de disolución durante tres días basta con tanques de 3.000L

Tanques con volúmenes menores de 4 m<sup>3</sup> se consideran pequeños y deben cumplir la siguiente relación:

$$\frac{H_T}{D_T} = [0,75 - 1,5]$$

(Según Perry-Chilton)

Donde:

- $H_T$  se refiere a la altura del lado recto del tanque
- $D_T$  se refiere al diámetro del tanque

Dado que cuando el tanque de agitación tiene una altura menor que su diámetro la agitación es menos efectiva y los sólidos tienden a depositarse en el fondo, a menos que se escoja un agitador con las palas más alargadas, lo que significaría mayor consumo de potencia y mayor precio de adquisición del agitador. Por tanto, las dimensiones del tanque o tanques de agitación se ajustarán a la relación:

$$\frac{H_T}{D_T} = 1,5$$

Por lo que la altura del tanque equivale a:  $H_T = 1,5 \cdot D_T$

Las dimensiones del tanque se calcula teniendo en cuenta que el volumen es de 3 m<sup>3</sup>.

$$V = \text{Superficie} \cdot \text{Altura} = \pi \cdot R^2 \cdot H_T = \frac{\pi}{4} \cdot D_T^2 \cdot (1,5 \cdot D_T)$$

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{1,5 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 3m^3}{1,5 \cdot \pi}} = 1,4m \quad \Longrightarrow \quad H_T = 1,5 \cdot 1,365 = 2,1m$$



Por tanto, las dimensiones del tanque son:

- $D_T = 1,4m$
- $H_T = 2,1m$

## **5. Cálculo del anchura de las placas deflectoras**

El tanque tiene cuatro placas deflectoras cuyas dimensiones se calculan teniendo en cuenta que la altura es equivalente a la altura del tanque y la anchura habitual es de  $1/12 \cdot D_T$ . Por tanto:

- $Altura = 2,047m$
- $Anchura = \frac{1}{12} \cdot D_T = \frac{1}{12} \cdot 1,365 = 0,114m$

## **6. Cálculo de la potencia del agitador**

La velocidad del agitador va a ser impuesta en base al rango de velocidades recomendadas para agitadores de hélice de tres palas. Dicho rango está entre 350 y 420 rpm (según Perry-Chilton).

A efectos de cálculo se van a tener en cuenta las propiedades del agua ya que las diluciones que se hacen son sumamente pequeñas.

Sabiendo:

- $\mu_{agua} = 10^{-3} \text{ Kg/m}\cdot\text{s}$
- $\rho_{agua} = 1.000 \text{ Kg/m}^3$
- Diámetro del agitador:  $D_a = \frac{D_T}{3} = 0.455m$
- 350 rpm = 5.83 rps

Se calcula el número de Reynold:

$$\text{Re} = \frac{ND_a^2 \rho}{\mu} = \frac{5,83 \text{ rps} \cdot 0,455^2 \text{ m}^2 \cdot 1.000 \text{ Kg} / \text{m}^3}{10^{-3} \text{ Kg} / \text{ms}} = 1.206.955,75$$

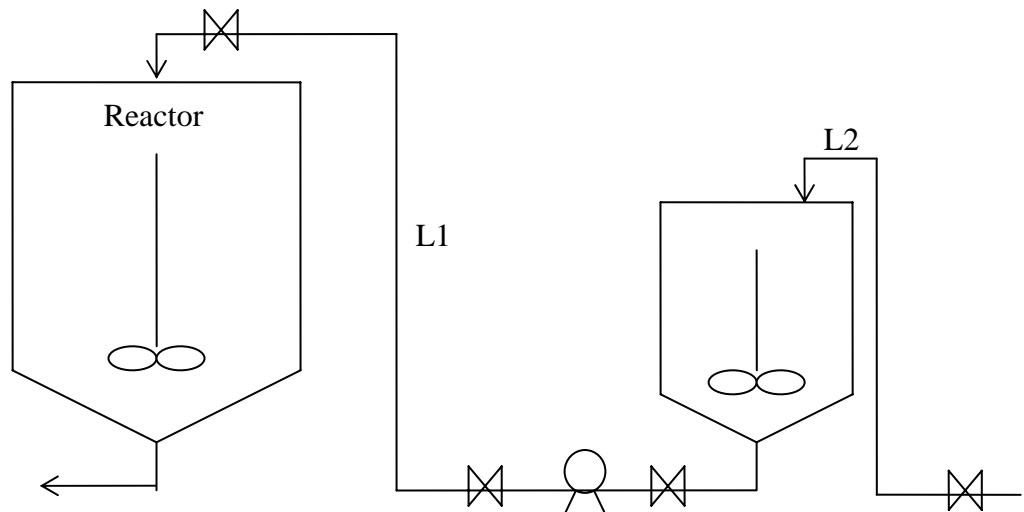
El número de potencia ( $P_o$ ) se obtiene de forma gráfica y para una hélice de tres palas con cuatro placas deflectoras es 1 y, por tanto, la potencia que necesita el agitador para las condiciones expuestas es:

$$P = P_o \cdot N^3 \cdot D_a^5 \cdot \rho$$

$$P = 1 \cdot 5,83^3 \text{ rps}^3 \cdot 0,455^5 \text{ m}^5 \cdot 1.000 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 3.864,23 \text{ Kg} \text{m}^2 / \text{s}^3 = 3,86 \text{ KW}$$

## 7. Conducciones

El esquema general de las conducciones es:



## 7.1. Cálculo del diámetro de tubería

➤ *Cálculos realizados para la línea L1*

El diámetro interno de la tubería se calcula mediante la ecuación:

$$Q_v = V \cdot S$$

Donde:

- $Q_v$  : Caudal volumétrica, m<sup>3</sup>/s
- $V$  : Velocidad de circulación del fluido en el interior de la conducción, m/s
- $S$  : Superficie de la sección, m<sup>2</sup>

El caudal se determina sabiendo que son necesarios 141,3 Kg/ciclo productivo de disolución de Tempoxy LO y de disolución de KI y que el tiempo en el que se adiciona al reactor es de aproximadamente dos minutos:

$$Q_v = \frac{138.8 \text{KgDisolución}}{2 \text{min}} \cdot \frac{1 \text{min}}{60 \text{seg}} \cdot \frac{m^3}{1000 \text{KgDisolución}} = 1,157 \cdot 10^{-3} m^3 / s$$

La tabla de velocidades típicas del agua en conducciones muestra:

	D<2"	3"<D<10"
Succión bomba	0,3-0,6	0,6-1,2
Descarga bomba	0,5-1,0	1,0-1,5

Vienen expresadas en m/s.

Se va a suponer un diámetro de tubería mayor de tres pulgadas y por lo tanto la velocidad se fijará en un valor intermedio a los expuestos para succión y descarga de la bomba, ya que la velocidad se supone constante en toda la conducción. El valor de la velocidad será de 1,2m/s.

Como la conducción es de sección circular, el diámetro se calcula mediante la expresión:

$$Q_v = V \cdot \left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right) \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (1,157 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s})}{\pi \cdot 1,2 \text{ m} / \text{s}}} = 0,0351 \text{ m} = 3,51 \text{ cm}$$

De la tabla de valores normalizados para conducciones de PVC se tiene que el valor de diámetro interno comercial (siempre se toma el valor inmediatamente superior al valor calculado):

- Diámetro interno comercial:  $D_{\text{int}} = 4,059 \text{ cm}$

Y, además las tablas proporcionan los siguientes valores:

- Diámetro nominal:  $D_{\text{nom}} = 1_{1/2} \text{ ''}$
- Diámetro exterior:  $D_{\text{ext}} = 4,826 \text{ cm}$
- Espesor de pared:  $e = 0,358 \text{ cm}$

Los valores normalizados para conducciones de PVC tienen base en la norma ASTM-D-1785.

➤ *Línea L2*

El diámetro interno comercial de esta línea va a ser el mismo que el de la línea L1, es decir, 4,059cm. Los diámetros nominal y exterior y el espesor de la pared serán también los mismos.

## 7.2. Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga pueden primarias o secundarias y ambas se calculan mediante la ecuación de Fanning:

$$hf = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

- $(4f)$  : Coeficiente de fricción de la conducción
- $L$  : Longitud de la conducción (m)
- $D$  : Diámetro de la conducción (m)
- $V$  : Velocidad del fluido en la conducción (m/s)
- $g$  : Aceleración de la gravedad (9,8m/s<sup>2</sup>)

Las pérdidas de carga primarias son las debidas a la propia conducción y las secundarias son debidas a los accesorios presentes en la conducción. Los cálculos se van a hacer por separado y después se calcularán las pérdidas de carga totales. En cualquier caso,  $(4f)$ ,  $L$ ,  $D$ ,  $V$  y  $g$  tendrán los mismos valores para el cálculo de cualquiera de ellas.

### 7.2.1. Pérdidas de carga primarias

- *Los cálculos que se mostrarán a continuación serán para la línea L1.*

El coeficiente de fricción  $(4f)$  es función del número adimensional de Reynold y de la rugosidad relativa  $(\epsilon/D)$ .

La rugosidad relativa es función del diámetro y del material de construcción de la tubería, y se determina gráficamente. En el presente caso:

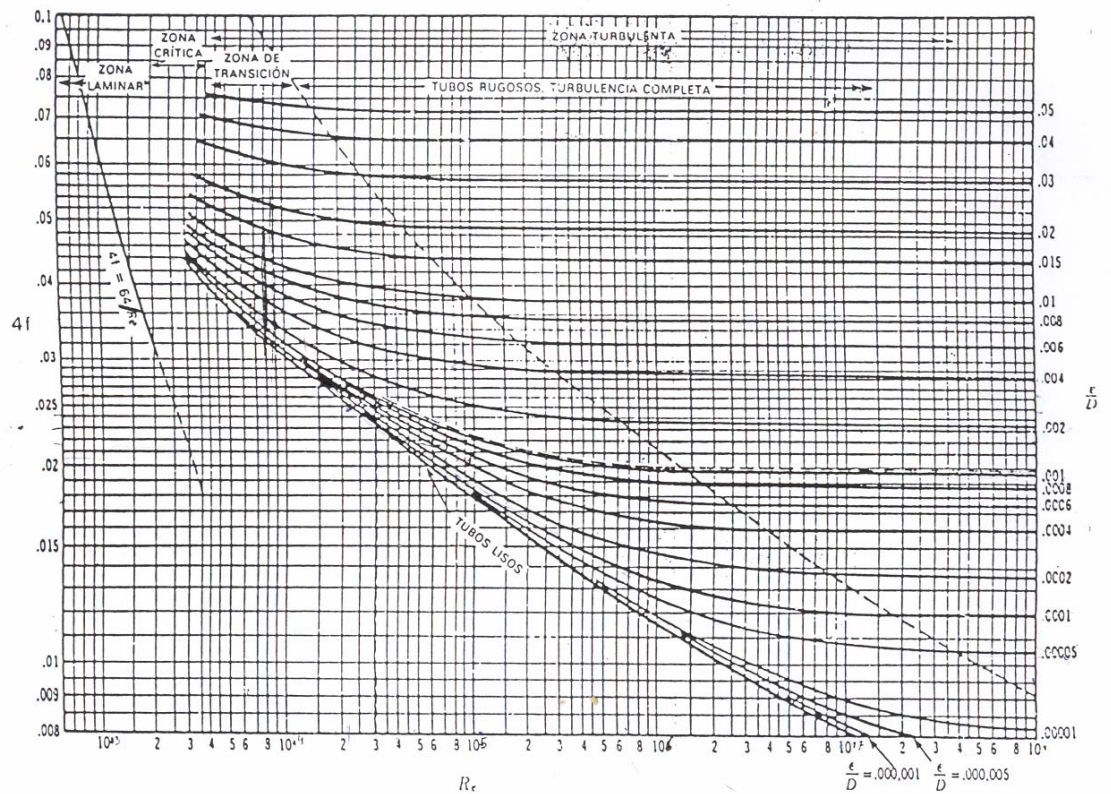
- Diámetro de la tubería:  $D = 4,059\text{cm}$
- Material: PVC

Como los tubos de PVC se consideran lisos,  $\varepsilon/D \approx 0$ .

El número de Reynold será:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{1.000\text{Kg} \cdot 1,2\text{m/s} \cdot 0,04059\text{m}}{10^{-3}\text{Kg/m}\cdot\text{s}} = 48.708$$

Por lo tanto, mediante la gráfica de Moody, ya se puede calcular el coeficiente de fricción:



$$(4f) = 0,021$$

Teniendo en cuenta que las pérdidas de carga se dividen en las debidas al tramo de aspiración y al tramo de impulsión:

- Aspiración:  $L = 1,3m$

$$(hf_{\text{aspiración}})^{1^3} = 0,052m$$

- Impulsión:  $L = 5,5m$

$$(hf_{\text{impulsión}})^{1^3} = 0,185m$$

➤ En cuanto a la línea L2,

Las pérdidas de carga son de impulsión.

La velocidad en el interior de la tubería también será 1,2m/s y, dado que el fluido es agua y el diámetro de la conducción es el mismo que el de la línea L1, el número de Reynold es el mismo y, por tanto (4f) también tiene el mismo valor.

Por tanto, si la longitud de la línea es de 4,5m:

$$(hf_{\text{impulsión}})^{1^3} = 0,114m$$

La pérdida de carga por aspiración no se va a tener en cuenta puesto que pertenecen a una línea ya existente en la planta.

### 7.2.2. Pérdidas de carga secundarias

➤ Línea L1

Se calculan de la forma similar, solo que la L viene dada por una longitud equivalente ( $L_{eq}$ ) de cada accesorio. Se expresa en número de diámetros.

$$hf = (4f) \cdot \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

En la conducción existen cuatro codos de 90° y tres válvulas de compuerta, cuyas longitudes equivalentes son:

Accesorio	$L_{eq}$ (número de diámetros)
Codo 90°	37,5
Válvula de compuerta (posición abierta)	8,5
Válvula de diafragma (posición abierta)	115

Se toman las longitudes equivalentes de las válvulas en posición abierta puesto que se supone una situación en la que el fluido se está dosificando al reactor.

Sabiendo que el diámetro interno es 4,059cm, las pérdidas de cargas secundarias son:

- Aspiración: Tramo en el que hay un codo 90° y una válvula de compuerta.

$$L_{eq} = (37,5 + 8,5) \cdot 4,059 \cdot 10^{-2} m = 1,87m$$

$$(hf_{aspiración})^2 = 0,071m$$



- Impulsión: Tramo en el que hay tres codos 90°, una válvula de compuerta y otra de diafragma.

$$L_{eq} = (3 \cdot 37,5 + 8,5 + 115) \cdot 4,059 \cdot 10^{-2} m = 9,58m$$

$$(hf_{impulsión})^{2^a} = 0,36m$$

➤ *Línea L2*

Los accesorios que hay son tres codos 90° y una válvula de compuerta.

$$L_{eq} = (3 \cdot 37,5 + 8,5) \cdot 4,059 \cdot 10^{-2} m = 4,91m$$

$$(hf_{impulsión})^{2^o} = 0,187m$$

### 7.2.3. Pérdidas de carga totales

➤ *Línea L1*

Se trata de la suma de las cargas primarias y secundarias.

- Pérdidas primarias totales

$$(hf_{TOTAL})^{1^a} = (hf_{aspiración})^{1^a} + (hf_{impulsión})^{1^a} = 0,237m$$

- Pérdidas de carga secundarias totales

$$(hf_{TOTAL})^{2^a} = (hf_{aspiración})^{2^a} + (hf_{impulsión})^{2^a} = 0,431m$$

- Pérdidas de carga totales

$$hf_{TOTAL} = (hf_{TOTAL})^{1^a} + (hf_{TOTAL})^{2^a} = 0,668 m$$

➤ Línea L2

Las pérdidas por aspiración equivalen a cero. Por tanto las pérdidas de carga totales son:

$$hf_{TOTAL} = (hf_{TOTAL})^{1^a} + (hf_{TOTAL})^{2^a} = 0,3m$$

## 8. Bombas

Para la correcta decisión de la bomba que se ha de instalar hay que calcular la altura útil, la altura de neta de aspiración disponible y la potencia de accionamiento necesaria

### 8.1. Altura útil de las bombas (Hu)

La altura útil es la energía neta que la bomba debe transmitir al fluido para transportarlo hasta el extremo final considerado de la conducción. Se calcula aplicando la ecuación de Bernouilli entre los puntos de aspiración y descarga de la bomba (el punto 1 se sitúa en la aspiración de la bomba y el punto 2 en la descarga. Por tanto:

$$Hu = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + (Z_2 - Z_1) + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2 \cdot g} + hf_{total}$$

Donde:

- $\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$ : Es la altura debida a la diferencia de presiones entre los puntos considerados.

- $(Z_2 - Z_1)$ : Es la diferencia de cota ente los puntos de aspiración y descarga.
- $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g}$ : Es la altura debida a la diferencia de velocidad entre la aspiración y descarga.
- $hf_{total}$ : Es la pérdida de carga total.

Así pues, para la bomba del presente proyecto se tiene en cuenta que:

1. La altura debida a la diferencia de presiones es equivalente a la altura del líquido en el tanque agitador, ya que la presión  $P_1$  en la aspiración es equivalente a la presión hidrostática ejercida por el líquido y la  $P_2$  es la atmosférica, de forma que la expresión quedará:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} = \frac{P_{atm} - (P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h)}{\rho \cdot g} = -\frac{\rho \cdot g \cdot h}{\rho \cdot g} = -h$$

Se va a considerar el peor de los casos, es decir, aquel en el que el tanque está lleno un 20% (momento en el que el sensor de nivel da la alarma).

2. La altura debida a la diferencia de velocidades entre la aspiración y la descarga se considera nula ya que se supone una velocidad constante.
3. La pérdida de carga total ya se ha calculado en el apartado 7.2.3.

Por tanto:

$$Hu = -0.42 + 3,0 + 0.668 = 3.248m \approx 3.25m$$

## **8.2. Altura neta de aspiración**

La altura neta positiva de aspiración (NPSH) es un dato necesario a la hora de seleccionar la bomba más adecuada y hace referencia a dos conceptos:

- Altura neta positiva de aspiración requerida ( $NPSH_r$ ): es un término dependiente del diseño de la bomba y, por tanto, debe ser suministrado por el fabricante.
- Altura neta positiva de aspiración disponible ( $NPSH_d$ ): es la energía del líquido en el punto de aspiración de la bomba y representa la máxima energía por unidad de peso que el fluido puede perder sin convertirse en vapor (cavitación). Así pues:

$$NPSH_d = \frac{P_e - P_{sat}}{\rho \cdot g} + \frac{v_e^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

- $P_e$  es la presión a la entrada de la bomba
- $v_e$  es la velocidad a la entrada de la bomba
- $P_{sat}$  es la presión de saturación del líquido

Por facilidad de cálculo es preferible referir la expresión anterior a la presión de la superficie libre del líquido en la aspiración. Para ello basta con aplicar la ecuación de Bernoulli entre la superficie de aspiración y la entrada de la bomba:

$$NPSH_d = \frac{P_a - P_s}{\rho \cdot g} - (Z_e - Z_a) - hf_{aspiración}$$

Donde:

- $P_a$ : Corresponde a la presión de entrada de la bomba
- $P_s$ : Corresponde a la presión de saturación del líquido
- $Z_e - Z_a$ : Es la diferencia de alturas entre la superficie del líquido y la entrada de la bomba.
- $hf_{aspiración}$ : Es la pérdida de carga total de la aspiración

Hay que tener las siguientes consideraciones en el cálculo:

1. La presión a la entrada de la bomba ( $P_a$ ) se corresponde con la presión hidrostática en el caso más desfavorable, es decir, en el caso en el que el tanque sólo esté lleno un 20%.

$$P_a = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h = 101325 Pa + 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,409 m$$

$$P_a = 105333,2 Pa$$

2. Se toma como presión de saturación del líquido ( $P_s$ ) la del agua a 25°C, 3200Pa.
3. Para calcular  $Z_e - Z_a$  también se considerará el peor de los casos (tanque a un 20%).
4. La pérdida de carga total de la aspiración es la suma de los resultados obtenidos para pérdidas de carga de aspiración primarias y secundarias (apartados 7.2.1 y 7.2.2).

$$h_{f_{aspiración}} = (h_{f_{aspiración}})^{1°} + (h_{f_{aspiración}})^{2°} = 0,123 m$$

Por tanto:

$$NPSH_d = \frac{(105333,2 - 3200)}{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,8 \frac{m}{s}} - 0,42 - 0,123$$

$$NPSH_d = 9,890 m$$

Es aconsejable que  $NPSH_d$  sea un 20% mayor que  $NPSH_r$  para asegurar que no se producirá cavitación. La cavitación tiene como consecuencia la formación de burbujas en el interior de la bomba, dando lugar a vibraciones, ruidos, puntos de corrosión en elementos móviles y en definitiva a un acortamiento de la vida útil y del rendimiento de la bomba.

## 9. Cálculo de la potencia de la bomba

Se denomina potencia útil (P) a la potencia neta que comunica la bomba al fluido, es decir, la potencia que se necesita para impulsar el líquido a la altura útil. Se expresa en watios mediante la expresión:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot Hu$$

Donde:

- $\rho$ : se refiere a la densidad en  $\text{kg}/\text{m}^3$
- $g$ : es la gravedad ( $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$ )
- $Q$ : es el caudal expresado en  $\text{m}^3/\text{s}$
- $Hu$ : es la altura útil expresada en m

Por tanto:

$$P = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,157 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 3,25\text{m}$$

$$P = 36,85\text{W}$$

La potencia de accionamiento o potencia en el eje de la bomba (Pa) se calcula en función del rendimiento funcionamiento de la bomba, es decir:

$$Pa = \frac{P}{\eta}$$

Lo ideal que la potencia de accionamiento sea un 20 o 25% mayor que la presión útil y esto significa que el rendimiento de la bomba sea de un 80-90%.

## 10. Potencia total

La potencia total que se va a sumar a la que ya consume la planta es la suma de la potencia consumida por el agitador y por la bomba:

$$P_{total} = P_{agitador} + P_{bomba}$$

Se va a calcular esta potencia para cada día. En un día la bomba se ha utilizado 6 veces ya que se han dado 6 ciclos productivos. En cada ciclo productivo la bomba trabaja aproximadamente unos 5 minutos (dependiendo de la eficacia de la misma), así que diariamente trabaja 30 minutos.

- La  $P_{bomba}$  es de 36.85W y para unos 30 minutos de trabajo al día son necesarios 0,02KWh/día (prácticamente despreciable)

Como ya se ha dicho, el tanque de agitación contendrá disolución para unos tres días así que en teoría el agitador se usará una vez cada tres durante aproximadamente 20 minutos. Sin embargo, en realidad se va a agitar diariamente para evitar una posible sedimentación de sólidos, de forma que para calcular la potencia diaria que se necesita se va a tomar un tiempo promedio de 10 minutos.

- La  $P_{agitador}$  es de 3,86 KW y, por consiguiente, para 10 minutos al día se tiene que son necesarios 0,65 KWh/día

Por tanto, la potencia total diaria es de

$$P_{total} = 0,67 KWh / día$$

## **11. Capacidad espumante**

Para ello se usa el método Ross Miles, el cual consta de:



Fotografía: Ross Miles

- una columna de 50mm de diámetro y 90cm de largo, la cual está dentro de otra columna por la que circula H<sub>2</sub>O a temperatura constante.
- y de una pipeta de 200ml de capacidad, con un orificio de salida de 2.9mm de diámetro y 10mm de largo.

Se diluyen las muestras al 2% en agua de grifo para simular una situación doméstica real. Posteriormente se introducen 50ml de la solución dentro de la columna con cuidado de deslizar el líquido por las paredes para no producir espuma. Se llena la pipeta con 200ml de solución y se coloca en la parte superior de la columna dejando caer el líquido sobre sí mismo formando espuma. Cuando cae todo el líquido se pone en marcha el cronómetro y se mide la altura de la espuma en el instante inicial, a los 30 segundos, al minuto, a los dos minutos y a los cinco.

Con los datos obtenidos podemos establecer una comparativa de la capacidad espumante de cada muestra y así afinar las exigencias del producto a fabricar.

## **12. Capacidad detergente**

No es más que la valoración de la eficacia limpiadora de productos tanto en diluido como en concentrado con un tiempo y presión constante de una suciedad estándar.



Se trata de cortar rectángulos de PVC de 54x34cm aproximadamente pegados sobre tiras de cartón y aplicarles una suciedad estándar. Esta suciedad se tratará con esponjas tipo Europor B (38-40 pulgadas) en el Gardner y adicionando las distintas muestras a evaluar en su uso concentrado. Dicho procedimiento sigue una meticolosa metódica pues hemos de tener en cuenta el tiempo de secado de la suciedad (1 hora), las pasadas de la esponja sobre las tiras (diez) y el volumen de muestra a aplicar (6 ml) entre otros.

El grado de eficacia de limpieza se determina realizando medidas sobre las tiras una vez secas y mediante el dispositivo Minolta CR-300.



Fotografía: Gardner

Fotografía: Minolta CR-300

El funcionamiento de la Minolta CR-300 se basa en 6 fotocélulas de silicio que aseguran la exactitud y consonancia de las medidas realizadas. Tres de las fotocélulas controlan la salida de la luz de la lámpara de arco de xenón y las otras tres miden la luz reflejada desde la superficie de la muestra. Las fotocélulas convierten la luz recibida en corriente cuya fuerza resulta proporcional a la luminosidad de la luz. La corriente se transforma en voltaje analógico proporcional que pasa a través de un convertidor A/D para hacer la señal digital. La señal determina los valores triestímulo de la superficie y realiza los cálculos necesarios para determinar los valores equivalentes en densidades colorimétricas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Trataremos los valores  $z$  como comparativos entre unas muestras y otras puesto que es la coordenada que da idea de la oscuridad de la muestra.

A continuación se exponen los cálculos realizados para un producto y posteriormente se expondrán los resultados de todos los productos ensayados.

					DESV	MEDIA
BLANCO	96,35	96,52	96,29	96,24	0,11	96,35
NEGRO	2,93	3,09	3,01	3,03	0,06	3,02

<b>CONCENTRACIÓN</b> 100%		
<b>LECTURA MINOLTA "Z"</b>		
TIRA 1	TIRA 2	TIRA 3
66,68	75,73	78,05
69,14	75,80	77,40
69,80	74,76	77,73
69,70	76,66	77,41
<b>DESVIACIÓN</b>		
1,27	0,67	0,27
<b>MEDIA</b>		
68,83	75,74	77,65
MEDIA GLOBAL	74,07	
DESV GLOBAL	3,88	

<b>CANTIDAD</b> 6 ml		
<b>CALCULOS LIMPIEZA</b>		
TIRA 1	TIRA 2	TIRA 3
68,21 (*)	77,91	80,39
70,85	77,98	79,70
71,55	76,87	80,05
71,45	78,90	79,71
<b>MEDIA</b>		
70,51	77,92	79,96
<b>% LIMPIEZA 76,13</b>		
<i>ERROR de la MEDIA(2sigma)</i> 2,457		
<i>Intervalo de confianza</i> 95,00%		
<b>LIMP VS</b>	<b>TENN</b>	<b>100%</b>

1º Cálculo de la desviación estándar de cada tira, para tener idea de la representatividad de los valores, y de la media de los valores.

2º Se ponen los valores de "Z" de cada tira en función de los valores de blanco y negro. Ejemplo:

$$(*) \frac{66.68 - 3.02}{96.35 - 3.02} 100 = 68.21$$

La media de todos valores será el %Limpieza.

3º Se calcula el error de la media (2 sigma) con la fórmula indicada en el apartado anterior solo que ahora el intervalo de confianza es del 95% y el

coeficiente que multiplica a  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  es 1.96

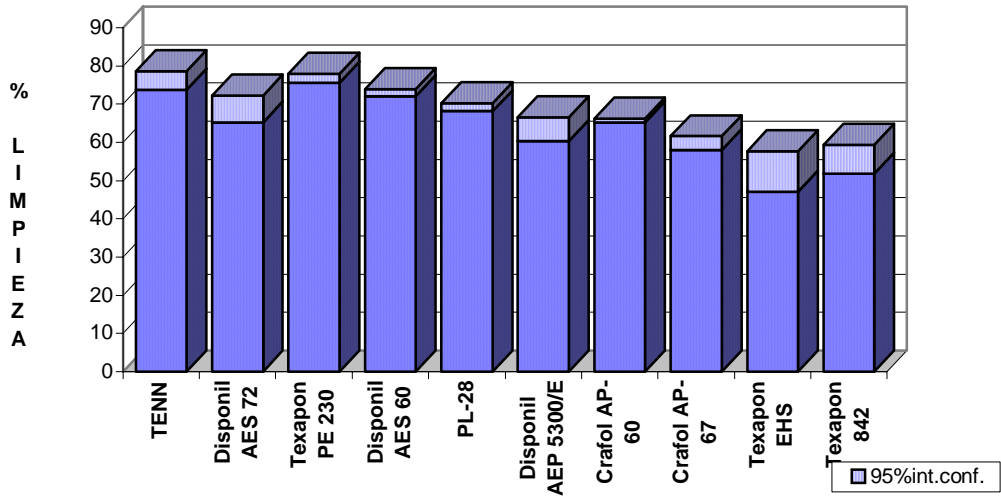
4º El porcentaje de limpieza con respecto al Tenn (puesto que es el producto tomado como referencia de limpieza) se calcula para los demás productos tomando que el % limpieza del Tenn es el 100%.

5º Se represen los datos a partir de la siguiente tabla resumen:

PRODUCTO	Z	2 Sigma	LIMP VS			%Limpieza vs Tenn - 4 Sigma
	% LIMPIEZA		TENN	%Limpieza - 2SIGMA	4 Sigma	
TENN	76,13	2,46	100,00%	73,67	4,91	95,09
Disponil AES 72	68,71	3,50	90,25%	65,21	7,00	83,25
Texapon PE 230	76,76	1,11	100,83%	75,65	2,22	98,61
Disponil AES 60	73,00	0,96	95,89%	72,04	1,92	93,97
PL-28	69,16	1,04	90,84%	68,12	2,08	88,77
Disponil AEP 5300/E	63,44	3,10	83,33%	60,33	6,21	77,12
Crafol AP-60	65,70	0,46	86,29%	65,24	0,91	85,38

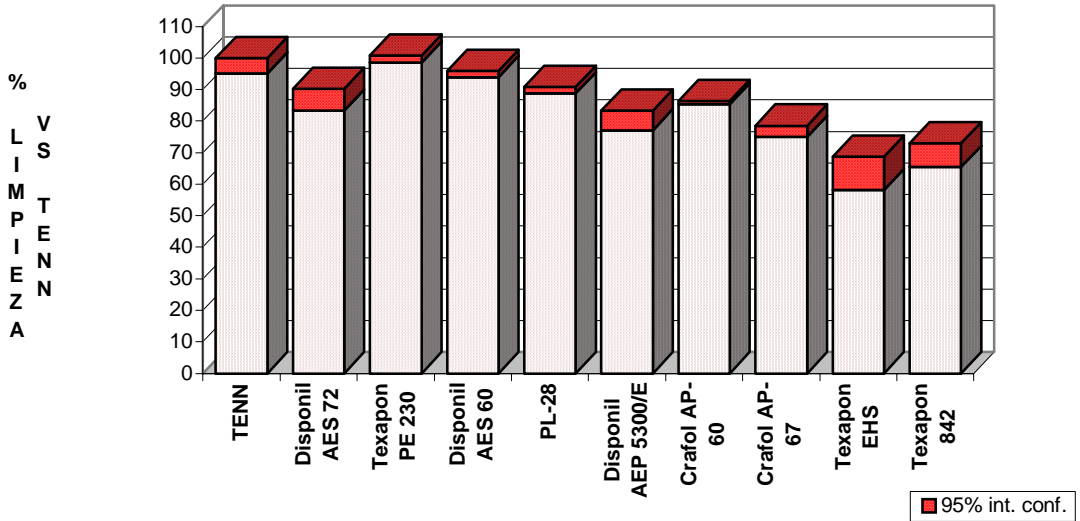
Las prestaciones gráficas de los resultados son:

TENSIOACTIVOS  
SUC. GRASA (78/19). USO CONCENTRADO



Si se representa el porcentaje de limpieza con respecto al Tenn se tiene el gráfico:

TENSIOACTIVOS  
SUC.GRASA (78/19). USO CONCENTRADO



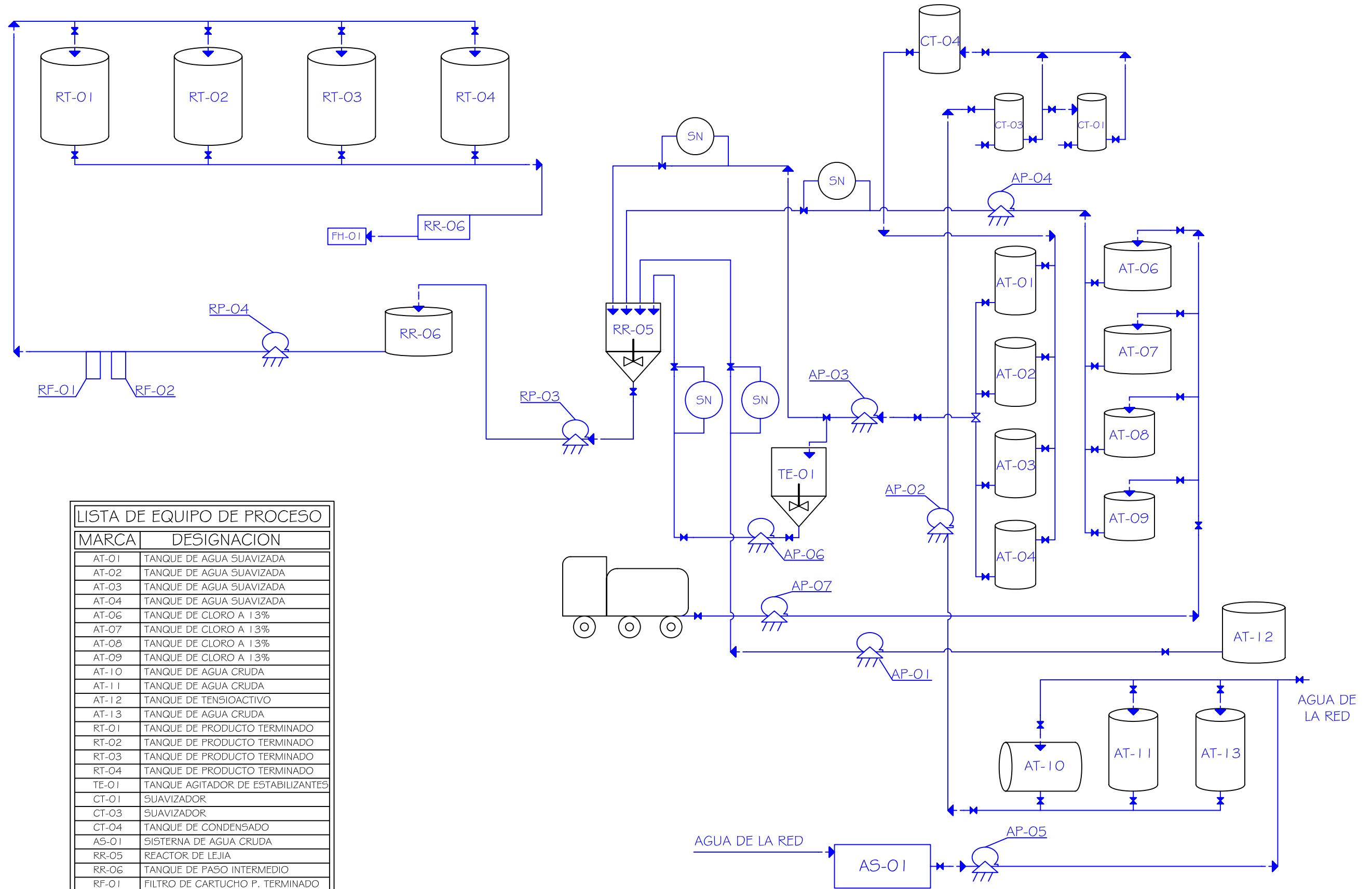
---

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. J.M. Coulson and J.F. Richardson. Ed. Reverté, S.A., 1988.
  - Perry Chilton, última edición.
  - Modern Dhoralkali Technology (Vol.6). Ed. Publishec The Society of Chemical Industry, 1994.
  - Origins and development of the heavy chemical industry. Smith, John G. Clarendon Press, Oxord (1979).
  - Hygiene requirements in the cleaning and disinfection of solid surface. Bansemir, K., 1979.
  - Survival and transfer of potencial pathogenic bacteria from environmental sites and surfaces. Scott, E., Thesis London University, 1990.
  - European Paten Office 0 340 371 A2, 1988.
  - European Patent Office EP 0 903 403 B, 1998.
  - Surfactant in Consumer Products. Therory, Technology. And Application. J. Falbe. Editorial Springer. Verlag, 1987.
  - Surfactant Science and Technology. Drew Myers. Editorial VCH, 1988.
  - Tensioactivos y detergencia. J.J. García Domínguez. Editorial Dossat S.A., 1988.
- **Direcciones de internet consultadas**
    - [www.agitadoresindustriales.com](http://www.agitadoresindustriales.com)
    - [www.ppeling.com](http://www.ppeling.com)
    - [www.eibis.com](http://www.eibis.com)
    - [www.gemssensors.com](http://www.gemssensors.com)
    - [www.cepies.org](http://www.cepies.org)
    - [www.aguamarket.com](http://www.aguamarket.com)
    - [www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)
    - [www.thles.cica.es](http://www.thles.cica.es)
-

**DOCUMENTO N°2:**

**PLANOS**



LISTA DE EQUIPO DE PROCESO

MARCA	DESIGNACION
AT-01	TANQUE DE AGUA SUAVIZADA
AT-02	TANQUE DE AGUA SUAVIZADA
AT-03	TANQUE DE AGUA SUAVIZADA
AT-04	TANQUE DE AGUA SUAVIZADA
AT-06	TANQUE DE CLORO A 13%
AT-07	TANQUE DE CLORO A 13%
AT-08	TANQUE DE CLORO A 13%
AT-09	TANQUE DE CLORO A 13%
AT-10	TANQUE DE AGUA CRUDA
AT-11	TANQUE DE AGUA CRUDA
AT-12	TANQUE DE TENSIOACTIVO
AT-13	TANQUE DE AGUA CRUDA
RT-01	TANQUE DE PRODUCTO TERMINADO
RT-02	TANQUE DE PRODUCTO TERMINADO
RT-03	TANQUE DE PRODUCTO TERMINADO
RT-04	TANQUE DE PRODUCTO TERMINADO
TE-01	TANQUE AGITADOR DE ESTABILIZANTES
CT-01	SUAVIZADOR
CT-03	SUAVIZADOR
CT-04	TANQUE DE CONDENSADO
AS-01	SISTERNA DE AGUA CRUDA
RR-05	REACTOR DE LEJIA
RR-06	TANQUE DE PASO INTERMEDIO
RF-01	FILTRO DE CARTUCHO P. TERMINADO
RF-02	FILTRO DE CARTUCHO P. TERMINADO
RL-02	LLENADORA AUTOMATICA
FH-01	ETIQUETADORA AUTOMATICA
AP-01	BOMBA DE ADITIVO
AP-02	BOMBA DE AGUA CRUDA
AP-03	BOMBA DE AGUA SUAVIZADA
AP-04	BOMBA DE CLORO
AP-05	BOMBA DE AGUA CRUDA
AP-06	BOMBA DE ESTABILIZANTES
AP-07	BOMBA DE HIPOCLORITO
RP-03	BOMBA DE LEJIA
RP-04	BOMBA DE FILTRO PRENSA
SN	SENSOR DE NIVEL

PROYECTO DE PLANTA DE PRODUCCION DE LEJIA

REALIZADO POR: CAROLINA PEREZ SANCHEZ

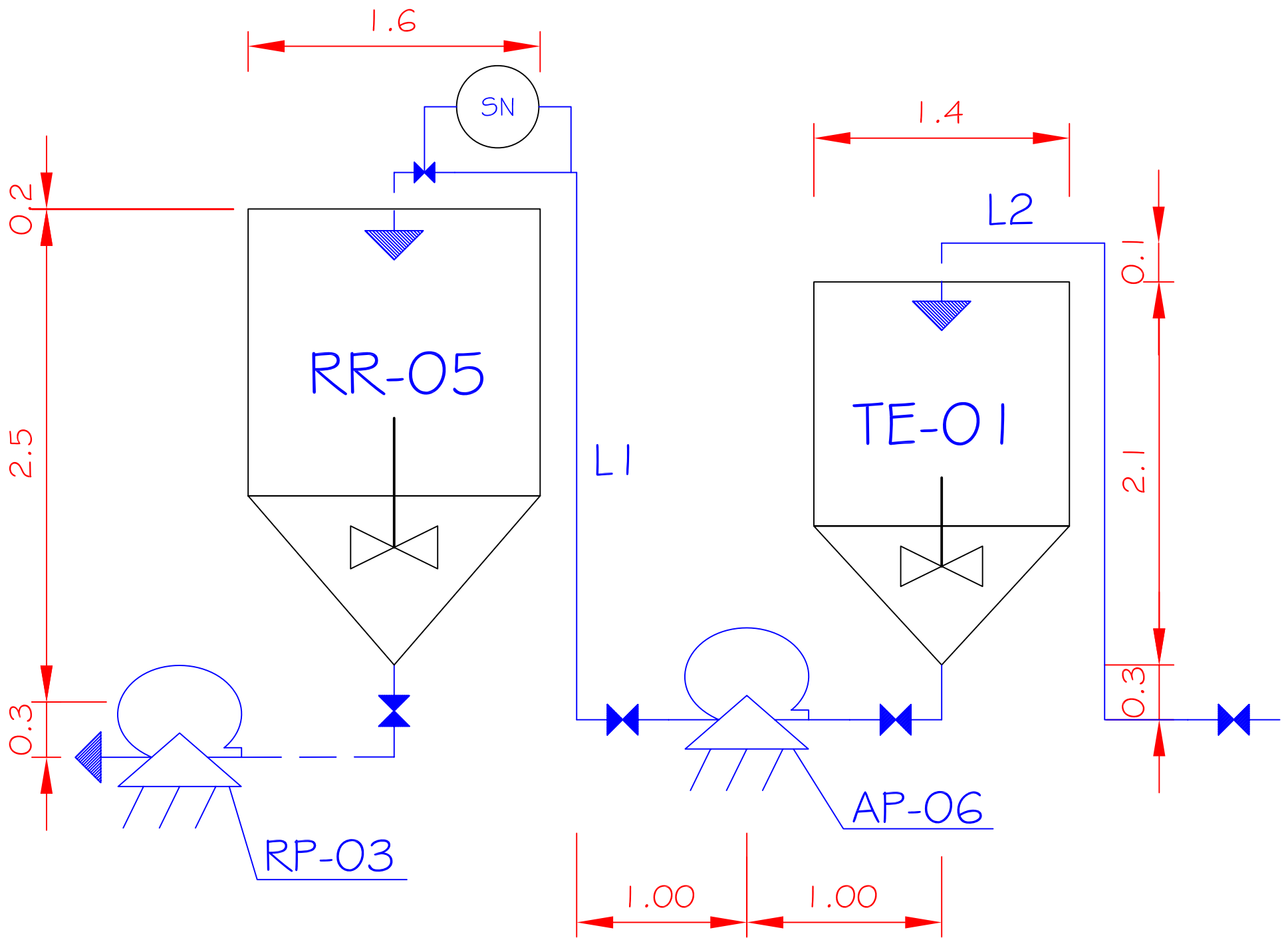
TITULO: DIAGRAMA DE FLUJO (PLANTA COMPLETA)

Nº PLANO

1

FECHA: FEBRERO 2005

ESCALA:



LISTA DE EQUIPO DE PROCESO	
MARCA	DESIGNACION
RR-05	REACTOR DE LEJIA
RP-03	BOMBA DE LEJIA
TE-01	TANQUE AGITADOR DE ESTABILIZANTES
AP-06	BOMBA DE ESTABILIZANTES
L1	LINEA DE ESTABILIZANTES
L2	LINEA DE ENTRADA DE AGUA

### PROYECTO DE PLANTA DE PRODUCCION DE LEJIA

REALIZADO POR: CAROLINA PEREZ SANCHEZ

TITULO: MODIFICACION

Nº PLANO

2

FECHA: FEBRERO 2005

ESCALA:



**DOCUMENTO N°3:**  
**PLIEGO DE CONDICIONES**

---

## **INDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

### **Pliego de condiciones particulares:**

1.	Tanque de agitación	168
2.	Agitador	168
3.	Bomba	169
4.	Conducciones	169
5.	Válvulas	170
6.	Sensores	170
7.	Resumen	171

### **Pliego de condiciones generales:**

I.-	Aplicación del pliego, definición de las obras de montaje de la instalación y adjudicación	174
II.-	Desarrollo del contrato, condiciones económicas y legales	183
III.-	Desarrollo de las obras. condiciones técnico-económicas	197

---

## **PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

### **1. Tanque de agitación**

El tanque tendrá un volumen de  $3\text{m}^3$  y estará fabricado en fibra de vidrio reforzada con resina poliéster.

Las dimensiones van a responder a una relación altura/diámetro de 1,5. En principio, las dimensiones serán  $D_T = 1,4\text{m}$  y  $H_T = 2,1\text{m}$  ya que no se ha tenido disponibilidad a acceder a dimensiones comerciales. Las dimensiones se atenderán a las comerciales, en caso de ser distintas a éstas, puesto que es más económico.

El tanque será cerrado y contendrá cuatro placas deflectoras cuyas anchuras responden a la relación  $1/12 \cdot D_T$ .

El agitador ira conectado al tanque mediante bridas de acero mientras que la conexión a las tuberías se hará con bridas de PVC.

Para la sujeción del tanque al suelo se necesitan soportes de cemento.

### **2. Agitador**

Será un agitador de hélice de tres palas con una velocidad de giro de 350 rpm.

El diámetro de l agitador será de 45,5cm y estará colocado a una distancia  $D_T / 4$  del fondo del tanque.

El material del eje y de la hélice será acero inoxidable por ser partes móviles en contacto con agua.

Por último, conocer que el agitador será accionado por un motor eléctrico cuyas potencia necesaria es de 3,84KW y su montaje será fijo mediante bridas.

### **3. Bomba**

Se trata de una bomba de impulsión centrífuga con una capacidad de 4200 L/h.

La potencia de accionamiento o potencia en el eje de la bomba es función del rendimiento de la misma y por tanto tiene que ser mayor de 36,85W. Así pues el rendimiento debe ser mayor del 50% y lo ideal es que sea del 80-90%. La altura útil de la bomba será de 3,1m.

El motor de la bomba será cerrado con ventilación externa y material del cuerpo de la bomba, turbina y soporte del motor será fundición gris

### **4. Conducciones**

Las dos conducciones son de PVC y sus especificaciones se ajustan a la Norma AST-D-1.785.

Tendrán un diámetro comercial de 4,059cm, un diámetro nominal de 1 $\frac{1}{2}$ ", diámetro exterior de 4,826cm y espesor de 0,358cm.

Las uniones entre las tuberías y sus accesorios son roscadas excepto en la unión de la línea L1 con el tanque de agitación que se hará mediante brida de PVC.

## **5. Válvulas**

Se necesitan dos tipos de válvulas: a.- *De compuerta*: cortan o dejan pasar el fluido; y b.- *De diafragma*: regulan el paso del fluido. La segunda será de control proporcional.

Ambas válvulas serán de 1 $\frac{1}{2}$ ".

## **6. Sensores**

Los dos sensores que se emplean son: uno de nivel y otro de caudal.

El sensor de nivel será de tipo visual y el modelo comercial es SureSite. Se trata de un tubo de PVD que proporciona una lectura visual del nivel del tanque gracias a un indicador magnético. La disposición de dicho sensor será en la parte externa del tanque.

Este tipo de sensor de nivel supone una alternativa duradera y segura cuya ventaja principal es la baja necesidad de mantenimiento.

El sensor de caudal volumétrico será electrónico e irá conectado a la válvula de control proporcional, de forma que cuando el caudal no sea el requerido, actuará sobre esa válvula.

## 7. Resumen

### ❖ Tanque de agitación:

- Volumen:  $3m^3$
- Material: fibra de vidrio reforzado con resina poliéster.

Las dimensiones responden a una relación altura/diámetro de 1,5.

- Cuatro placas deflectoras cuyos espesores corresponden a la relación  $1/12 \cdot D_T$
- Conexiones y bridas de PVC.
- Agitador conectado mediante bridas de acero.

### ❖ Agitador

- Longitud: hasta una distancia  $D_T / 4$  del fondo del tanque
- Diámetro del agitador:  $D_a = \frac{D_T}{3} = 0.455m = 45,5cm$
- Tipo: agitador de hélice de tres palas
- Velocidad de giro: 350 rpm
- Material: Eje y hélice de acero inoxidable
- Accionado mediante motor eléctrico
- Potencia necesaria: 3,86KW

### ❖ Bomba

- Centrifuga
- Caudal: 4.200 L/h
- Potencia de accionamiento > 36,85
- Rendimiento > 50%
- Motor cerrado con ventilación externa

- Material del cuerpo de la bomba, turbina y soporte del motor: fundición gris

❖ Conducciones

- Material: PVC
- Diámetro interno comercial: 4,059cm
- Diámetro nominal: 1<sub>1/2</sub>"
- Diámetro exterior: 4,826cm
- Espesor: 0,358cm
- Uniones roscadas con accesorios
- Unión de Línea L1 con el tanque mediante brida de PVC

❖ Válvulas

- Válvula de compuerta
- Válvula de diagrama
- 1<sub>1/2</sub>"
- Material PVC

❖ Sensores

1. De nivel
  - Tipo visual
  - Material: PVC
  - Proporciona el nivel del tanque mediante un indicador magnético
  - Ventaja: necesidad de mantenimiento baja

2. De caudal
  - Tipo electrónico
  - Material: Acero inoxidable



## **PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **I.- Aplicación del pliego, definición de las obras de montaje de la instalación y adjudicación**

#### *ARTÍCULO 1.- Objeto del pliego.*

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas, económicas y legales que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de montaje y obra de la planta del presente proyecto, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende que el Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente Pliego General, a excepción de aquellas que expresamente queden anuladas o modificadas en el Pliego Particular de Condiciones de cada una de las obras.

#### *ARTÍCULO 2.- Proyecto.*

2.1.- El Proyecto definitivo, podrá comprender los siguientes documentos:

2.1.1.- Una Memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de carácter general a tener en cuenta.

2.1.2.- Los Planos de conjunto y detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.

2.1.3.- Un Estado de Mediciones previstas para las diferentes unidades de obra. Este Estado de Mediciones vendrá diferenciado en dos grupos:

a) Obra Característica, y

b) Obra Complementaria.

En el primer capítulo "Obra Característica" se incluirán exclusivamente aquellas unidades de obra que por su identidad, magnitud o importancia económica determinan las características esenciales de la obra a ejecutar.

En el segundo grupo "Obra Complementaria" se incluirán las unidades restantes que terminan de definir la obra. Asimismo quedan incluidas en este segundo apartado aquellas unidades que aún conociendo de antemano su futura necesidad, no se pueden definir en el proyecto.

2.1.4.- El cuadro de precios nº1.

2.1.5.- El cuadro de precios nº2, conforme a lo establecido en el Artículo 7.2.

2.1.6.- El Pliego Particular de Condiciones, que incluirá la descripción de planta e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos y normas para la ejecución de los trabajos, así como las bases económicas y legales que regirán en esa planta. Las condiciones de este Pliego Particular serán preceptivas y prevalecerán sobre las de este Pliego General en tanto las modifiquen o contradigan.

2.1.7.- Plazos total y parciales de ejecución del montaje de la instalación.

*ARTÍCULO 3.- Documentación complementaria.*

Además de los documentos integrantes del Proyecto indicados en el Artículo anterior, y del presente Pliego General, serán preceptivas las Normas Oficiales que se especifiquen en el Pliego Particular de Condiciones.

*ARTÍCULO 4.- Concurso.*

La licitación de la obra y montaje de la planta se hará por Concurso Restringido, en el que la Propiedad convocará a las Empresas Constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la Propiedad. No se consideraran validas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la Documentación Técnica enviada.

*ARTÍCULO 5.- Retirada de documentación de concurso.*

5.1.- Los Contratistas, por sí mismos o a través de sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la Propiedad cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

5.2.- La Propiedad se reserva el derecho de exigir, para la retirada de la documentación, un depósito que será reintegrado en su totalidad a los Contratistas que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

*ARTÍCULO 6.- Aclaraciones a los licitadores.*

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del Concurso, los Contratistas participantes podrán solicitar por escrito a la Propiedad las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores u omisiones en los Planos, Pliegos de Condiciones o en otros documentos de Concurso, o si se les presentase dudas en cuanto a su significado.

La Propiedad estudiará las peticiones de aclaración e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presuntos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general.

Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la Propiedad podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo a todos los interesados.

*ARTÍCULO 7.- Presentación de la documentación de la oferta .*

Las Empresas que oferten en el Concurso presentarán obligatoriamente los siguientes documentos en original y dos copias:

7.1.- Cuadro de Precios nº1, consignando en letra y cifra los precios unitarios asignados a cada unidad de obra cuya definición figura en dicho cuadro. Estos precios deberán incluir el % de Gastos Generales, Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente. En caso de no coincidir las cantidades expresadas en letra y cifra, se considerará como válida la primera. En el caso de que existiese discrepancia entre los precios unitarios de los Cuadros de Precios Números 1 y 2, prevalecerá el del Cuadro nº1.

7.2.- Cuadro de Precios nº2, en el que se especificará claramente el desglose de la forma siguiente:

7.2.1.- Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.

7.2.2.- Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.

7.2.3.- Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.

7.2.4.- Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.

7.2.5.- Varios y resto de obra que incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.

7.2.6.- Porcentajes de Gastos Generales, Beneficios Industrial e IVA.

7.3.- Presupuesto de Ejecución Material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del Proyecto. En caso de discrepancia entre los

precios aplicados en el Presupuesto y los del Cuadro de Precios n°1, obligarán los de este último.

Este Presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2.1.3 en dos presupuestos: a) Presupuesto de Obra Características y b) Presupuestos de Obra Complementarios, que en los sucesivos artículos de este Pliego recibirán esta denominación.

7.4.- Presupuesto Total, obtenido al incrementar el Presupuesto de Ejecución Material en sus dos apartados con el % de IVA.

7.5.- Relación del personal técnico adscrito al montaje de la instalación y organigrama general del mismo durante el desarrollo del mismo.

7.6.- Relación de maquinaria adscrita a la obra de montaje de la planta, expresando tipo de máquina, características técnicas fundamentales, años de uso de la máquina y estado general; asimismo relación de máquinas de nueva adquisición que se asignarán a la obra en de resultar adjudicatario. Cualquier sustitución posterior de la misma debe ser aprobada por la Propiedad. Deberá incluirse asimismo un plan de permanencia de toda la maquinaria en obra.

7.7.- Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para trabajos por administración. Estos precios horarios incluirán el % de Gastos Generales y Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente.

7.8.- Plan de obra detallado, en el que se desarrollarán en el tiempo las distintas unidades de obra a ejecutar, haciendo mención de los rendimientos medios a obtener.

7.9.- Las empresas que oferten en el Concurso, deberán presentar una fianza a fijar por la Propiedad como garantía de mantenimiento de la oferta durante el plazo establecido en cada caso de acuerdo con el art.9.2. Es potestativo de la Propiedad la sustitución de la fianza en metálico por un aval bancario.

7.10.- Las propuestas económicas y documentación complementaria deberán venir firmadas por el representante legal o apoderado del ofertante

quien, a petición de la Propiedad, deberá probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

*ARTÍCULO 8.- Condiciones legales que debe reunir el contratista para poder ofertar.*

8.1.- Capacidad para concurrir

Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.

No obstante, serán de aplicación a las empresas extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el Gobierno sobre concurrencia de dichas empresas, antes de la licitación de estas obras.

8.2.- Documentación justificativa para la admisión previa

8.2.1.- Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

8.2.2.- Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

8.2.3.- Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el artículo 7 del Pliego General de Condiciones.

*ARTÍCULO 9.- Validez de las ofertas.*

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación o anuncio respectivo, o que no conste de todos los documentos que se señalan en el artículo 7.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un periodo mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de recepción de ofertas, salvo que en la documentación de petición de ofertas se especifique otro plazo.

*ARTÍCULO 10.- Contradicciones y omisiones en la documentación.*

Lo mencionado, tanto en el Pliego General de Condiciones, como en el particular y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y alguno de los mencionados Pliegos de Condiciones, prevalecerá lo escrito en estos últimos.

Las omisiones en los Planos y Pliegos de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que deban ser subsanadas para que pueda llevarse a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliegos de Condiciones o que, por uso y costumbres deben ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliegos de Condiciones.

*ARTÍCULO 11.- Planos provisionales y definitivos.*

11.1.- Con el fin de poder acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuente iniciación de las mismas, la Propiedad podrá facilitar a los Contratistas, para el estudio de su oferta, documentación con carácter provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán validos para construcción, sino que únicamente tendrán el carácter de informativos y servirán para formar ideas de los elementos que componen la obra, así como para obtener las mediciones aproximadas y permitir el estudio de los precios que sirven de base para el

presupuesto de la oferta. Este carácter de planos de información se hará constar expresamente y en ningún caso podrán utilizarse dichos planos para la ejecución de ninguna parte de la obra.

11.2.- Los planos definitivos se entregarán al Contratista con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos.

*ARTÍCULO 12.- Adjudicación del concurso.*

12.1.- La Propiedad procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. La Propiedad tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el Concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso la Propiedad podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de Contratistas ofertantes.

12.2.- Transcurriendo el plazo indicado en el Art. 9.2 desde la fecha límite de presentación de oferta, sin que la Propiedad hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

12.3.- La elección del adjudicatario de la obra por parte de la Propiedad es irrevocable y, en ningún caso podrá ser impugnada por el resto de los Contratistas ofertantes.

12.4.- La Propiedad comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el Contratista a simple requerimiento de la Propiedad se prestará a formalizar en contrato definitivo. En tanto no se firme éste y se constituya la fianza definitiva, la Propiedad retendrá la fianza provisional depositada por el Contratista.

*ARTÍCULO 13.- Devolución de planos y documentación.*

13.1.- Los Planos, Pliegos de Condiciones y demás documentación del concurso entregada por la Propiedad a los concursantes, deberá ser devuelta



después de la adjudicación del concurso, excepto por lo que respecta al Adjudicatario, que deberá conservarla sin poder reclamar la cantidad abonada por dicha documentación.

13.2.- El plazo para devolver la documentación será de 30 días a partir de la notificación a los concursantes de la adjudicación del concurso, y su devolución tendrá lugar en las mismas oficinas de donde fue retirada

13.3.- La Propiedad, a petición de los concursantes no adjudicatarios, devolverá la documentación correspondiente a las ofertas en un plazo de 30 días a partir de haberse producido dicha petición.

13.4.- La no devolución por parte de los Contratistas no adjudicatarios de la documentación del concurso dentro del plazo, lleva implícita la pérdida de los derechos de la devolución del depósito correspondiente a la referida documentación, si lo hubiese.

*ARTÍCULO 14.- Permisos a obtener por la propiedad.*

Será responsabilidad de la Propiedad la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que se ocasionen por tal motivo.

- Concesión de Aprovechamientos hidroeléctrico y termoeléctricos.
- Autorización de Instalaciones eléctricas.
- Aprobación de Proyectos de Replanteo.
- Declaración de Utilidad Pública.
- Declaración de Urgente Ocupación.
- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de subestaciones.
- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de líneas.
- Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de aprovechamientos hidroeléctricos y termoeléctricos.

*ARTÍCULO 15.- Permisos a obtener por el contratista.*

Serán a cuenta y cargo del Contratista, además de los permisos inherentes a su condición de tal, la obtención de los permisos que se relacionan:

- a) Apertura del Centro del Trabajo.
- b) Permiso para el transporte de obreros.
- c) Autorización de barracones, por Ministerio de Fomento o Diputación, siempre que se encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso la Licencia municipal.
- d) Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos.
- e) Alta de talleres en Industria y Hacienda.
- f) Autorización de Industria para las Instalaciones Eléctricas provisionales.

## **II.- Desarrollo del contrato, condiciones económicas y legales**

### *ARTÍCULO 16.- Contrato.*

16.1.- A tenor de lo dispuesto en el artículo 12.4 el Contratista, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la Propiedad, depositará la fianza definitiva y formalizará el Contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

16.2.- El Contrato tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del Contratista los gastos que ello origine.

16.3.- Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el Contrato, la Propiedad procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional si la hubiera.

16.4.- Cuando por causas imputables al Contratista no se pudiera formalizar el Contrato en el plazo, la Propiedad podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

16.5.- A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el Pliego Particular de Condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al Contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

16.6.- El Contrato será firmado por parte del Contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

*ARTÍCULO 17.- Gastos e impuestos.*

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del Contratista, con excepción del IVA.

*ARTÍCULO 18.- Fianzas provisional, definitiva y fondo de garantía.*

18.1.- Fianza provisional.

La fianza provisional del mantenimiento de la ofertas se constituirá por los Contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación. Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará en efectivo.

Por lo que a plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se atenderá a lo establecido en los artículos 7, 9 y 12 del presente Pliego General.

18.2.- Fianza definitiva.

A la firma del contrato, el Contratista deberá constituir la fianza definitiva por un importe igual al 5% del Presupuesto Total de Adjudicación.

En cualquier caso la Propiedad se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente en las bases del concurso el importe de esta fianza.

La fianza se constituirá en efectivo o por Aval Bancario realizable a satisfacción de la Propiedad. En el caso de que el Aval Bancario sea prestado por varios Bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con la Propiedad y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión. El modelo de Aval Bancario será facilitado por la Propiedad debiendo ajustarse obligatoriamente el Contratista a dicho modelo.

La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada ésta.

Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del Contratista, y quedará a beneficio de la Propiedad en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al Contratista.

#### 18.3.- Fondo de garantía.

Independientemente de esta fianza, la Propiedad retendrá el 5% de las certificaciones mensuales, que se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía.

Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales suministrados por el Contratista, pudiendo la Propiedad realizar con cargo a esta cuenta las reparaciones necesarias, en caso de que el Contratista no ejecutase por su cuenta y cargo dicha reparación.

Este fondo de garantía se devolverá, una vez deducidos los importes a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

#### *ARTÍCULO 19.- Asociación de constructores.*

Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo o asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, en relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.

*ARTÍCULO 20.- Subcontratistas.*

El Contratista podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra, previa autorización de la Dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a ésta, del alcance y condiciones técnico-económicas del Subcontrato.

La Propiedad, a través de la Dirección de la Obra, podrá en cualquier momento requerir del Contratista la exclusión de un Subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el Contratista tomar las medidas necesarias para la rescisión de este Subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la Propiedad.

*ARTÍCULO 21.- Relaciones entre la propiedad y el contratista y entre los diversos contratistas y subcontratistas.*

21.1.- El Contratista está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato de la que la Propiedad juzgue necesario tener conocimiento.

21.2.- El Contratista debe ponerse oportunamente en relación con los demás Contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la Propiedad, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos y la seguridad de los trabajadores.

21.3.- Cuando varios Contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización, las cargas relativas a los caminos de acceso.

21.4.- La Propiedad deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para en el caso de presentarse dificultades o diferencias tomar la resolución que proceda, o designar el árbitro a quien haya de someterse dichas diferencias. En ningún caso la Propiedad deberá encontrarse durante los trabajos en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del Contratista.

21.5.- Cuando varios Contratistas trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudieran derivarse de su propia actuación.

*ARTÍCULO 22.- Domicilios y representaciones.*

22.1.- El Contratista está obligado, antes de iniciarse la obras objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la Propiedad del lugar de ese domicilio.

22.2.- Seguidamente a la notificación del contrato, la Propiedad comunicará al Contratista su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como el nombre de su representante.

22.3.- Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el Contratista designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la Propiedad especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la representación de la Propiedad. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el Contratista la ausencia de su representante a pie de obra.

*ARTÍCULO 23.- Obligaciones del contratista en materia social.*

El Contratista estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

23.1.- El Contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

23.2.- A tal efecto el Contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra.

Este Plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- La seguridad de su propio personal, del de la Propiedad y de terceros.
- La Higiene y Primeros Auxilios a enfermos y accidentados.
- La seguridad de las instalaciones.

El Plan de seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que se encuentran contenidas en las Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios redactadas por U.N.E.S.A.

El Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios deberá ser comunicado a la Propiedad, en el plazo máximo que se señale en el Pliego de Condiciones Particulares y en su defecto, en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato. El incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.

La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón a la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la Propiedad.

23.3.- Los gastos originados por la adopción de las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios son a cargo del Contratista y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite:

a) La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de seguridad, higiene y primeros auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente.

b) El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.

c) Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y máquinas, almacenes, polvorines, etc., incluida las protecciones contra incendios.

d) El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos, humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad, y aireación deficientes, etc.

e) El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios, así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo, el Contratista debe proceder a su costa al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.

23.4.- Los Contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad formado por los representantes de las empresas; Comité que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad, higiene y primeros auxilios, tanto a nivel individual como colectivo.

De esta forma, cada Contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad. Las decisiones adoptadas por el Comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

El Contratista remitirá a la representación de la Propiedad, con fines de información, copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar dicha baja.



*ARTÍCULO 24.- Gastos de carácter general por cuenta del contratista.*

24.1.- Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra de instalación y montaje de la planta, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el Contratista; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al Contratista; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro.

24.2.- Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del Contratista el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras de instalación de la planta y la adquisición de dichas aguas y energía.

24.3.- Serán de cuenta del Contratista los gastos ocasionados por la retirada de la obra de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

*ARTÍCULO 25.- Gastos de carácter general por cuenta de la propiedad.*

Serán por cuenta de la Propiedad los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la Propiedad o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el artículo 24, y el transporte de los materiales suministrados por la Propiedad, hasta el almacén de obra, sin incluir

su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

Asimismo, serán a cargo de la Propiedad los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios, y cualquier otro edificio e instalación perteneciente a la Propiedad y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado de la dirección y vigilancia de las obras.

*ARTÍCULO 26.- Indemnizaciones por cuenta del contratista.*

Será de cuenta del Contratista la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares y los producidos en las operaciones realizadas para la ejecución de las obras de montaje e instalación.

*ARTÍCULO 29.- Revisión de precios.*

29.1.- La Propiedad adoptará para las revisiones de los precios el sistema de fórmulas polinómicas vigentes para las obras del Estado y Organismos Autónomos, establecido por el Decreto-Ley 2/1964 de 4 de febrero (B.O.E. de 6-II-64), especialmente en lo que a su artículo 4º se refiere.

29.2.- En el Pliego Particular de Condiciones de la obra, se establecerá la fórmula o fórmulas polinómicas a emplear, adoptando de entre todas las reseñadas en el Decreto-Ley 3650/1970 de 19 de diciembre (B.O.E. 29-XII-70) la que más se ajuste a las características de la obra contratada.

Si estas características así lo aconsejan, la Propiedad se reserva el derecho de establecer en dicho Pliego nuevas fórmulas, modificando los coeficientes o las variables de las mismas.

29.3.- Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que faciliten el Ministerio de Hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del Contrato.

29.4.- Una vez obtenido el índice de revisión mensual se aplicará al importe total de la certificación correspondiente al mes de que se trate, siempre y cuando la obra realizada durante dicho periodo lo haya sido dentro del programa de trabajo establecido.

29.5.- Los aumentos de presupuesto originados por las revisiones de precios oficiales no se computarán a efectos de lo establecido en el artículo 35 "Modificaciones del proyecto".

29.6.- Si las obras a realizar fuesen de corta duración, la Propiedad podrá prescindir de la cláusula de revisión de precios debiéndolo hacer constar así expresamente en las bases del Concurso.

*ARTÍCULO 30.- Régimen de intervención.*

30.1.- Cuando el Contratista no de cumplimiento, sea a las obligaciones o disposiciones del Contrato, sea a las órdenes de servicio que les sean dadas por la Propiedad, ésta le requerirá cumplir este requisito de órdenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

30.2.- Pasado este plazo, si el Contratista no ha ejecutado las disposiciones dadas, la Propiedad podrá ordenar a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del Contratista.

30.3.- Se procederá inmediatamente, en presencia del Contratista o habiéndole convocado debidamente, a la comprobación de las obras ejecutadas, de los materiales acopiados así como al inventario descriptivo del material del Contratista, y a la devolución a éste de la parte de materiales que no utilizará la Propiedad para la terminación de los trabajos.

30.4.- La Propiedad tiene por otra parte la facultad, bien de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, bien de ejercitar el derecho de rescisión pura y simple del contrato.

30.5.- Durante el periodo de Régimen de Intervención, el Contratista podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la Propiedad.

30.6.- El Contratista podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

30.7.- Los excedentes de gastos que resulten de la intervención o del nuevo contrato serán deducidos de las sumas que puedan ser debidas al Contratista, sin perjuicios de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

30.8.- Si la intervención o el nuevo contrato supone, por el contrario, una disminución de gastos, el Contratista no podrá pretender beneficiarse en ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la Propiedad.

*ARTÍCULO 31.- Rescisión del contrato.*

31.1.- Cuando a juicio de la Propiedad el incumplimiento por parte del Contratista de alguna de las cláusulas del Contrato pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la Propiedad podrá decidir la resolución del Contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. Así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

31.1.1.- Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el Contratista hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la Propiedad.

31.1.2.- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la Obra característica.

31.1.3.- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% de presupuesto de Obra característica tal como se define en el artículo 7.3. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la Propiedad a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del Contrato.

31.2.- Será asimismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

31.2.1.- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del Contratista. En este caso la Propiedad podrá optar por la resolución del Contrato, o por que se subroguen en el lugar del Contratista los síndicos de la quiebra, sus causahabientes o sus representantes.

31.2.2.- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el Contratista fuera una persona jurídica.

31.2.3.- Si el Contratista es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos en alguno de los apartados 31.2., la Propiedad estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del Contrato. Si la Propiedad optara en ese momento por la rescisión, ésta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar tal pérdida.

31.3.- Procederá asimismo la rescisión sin pérdida de fianza por el Contratista, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de 3 meses a partir de la fecha de adjudicación.

#### *ARTÍCULO 32.- Propiedad industrial y comercial.*

Al suscribir el Contrato, el Contratista garantiza a la Propiedad contra toda clase de reivindicaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras de montaje e

instalación de la planta y que procedan de titulares de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En el caso de que fuera necesario, corresponde al Contratista la obtención de las licencias o autorizaciones precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

*ARTÍCULO 33.- Disposiciones legales.*

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-III-71).

- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 de 11-III-71).

- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (O.M. 20-V-52).

- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-XI-59).

- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-VIII-70).

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-IX-73).

- Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68).

- Normas Para Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. 14-III-60).

- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores.

- Obligatoriedad de la Inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los Proyectos de Edificación y Obras Públicas (Real Decreto 555/1986, 21-II-86).

- Cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la industria nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.

- Viene también obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra le dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al Contratista.

*ARTÍCULO 34.- Tribunales.*

El Contratista renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el Contrato ante los tribunales.

### **III.- Desarrollo de las obras. condiciones técnico-económicas**

#### *ARTÍCULO 35.- Modificaciones del proyecto.*

35.1.- La Propiedad podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras de montaje de la planta o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varíen las características principales de las obras.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trate de aclarar o interpretar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al Contratista, estando obligado este a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

35.2.- Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista, y siempre que a los precios del Contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto total de Ejecución Material contratado en más de un 35%, el Contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

35.3.- No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la Dirección de la Obra haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.



*ARTÍCULO 36.- Modificaciones de los planos.*

36.1.- Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso respetando los principios esenciales, y el Contratista no puede por ello hacer reclamación alguna a la Propiedad.

36.2.- El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un Proyecto obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos de Proyecto.

Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra.

La Propiedad tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los planos de trabajo del Contratista entregando los planos con la suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

El Contratista por su parte no podrá alegar desconocimiento de estas definiciones de detalle, no incluidas en el proyecto base, y que quedará obligado a su ejecución dentro de las prescripciones generales del Contrato.

36.3.- El Contratista deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido facilitados, debiendo informar por escrito a la Propiedad en el plazo máximo de 15 días y antes de proceder a su ejecución de cualquier contradicción, error u omisión que los hiciera técnicamente incorrectos.

*ARTÍCULO 37.- Replanteo de las obras.*

37.1.- La Propiedad entregará al Contratista los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar. La

posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras.

37.2.- Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación el Contratista verificará en presencia de los representantes de la Propiedad el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el Acta correspondiente.

37.3.- La Propiedad precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras.

37.4.- El Contratista será responsable de la conservación de todos los hitos y referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos se destruyese alguno deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad.

*ARTÍCULO 39.- Organización de las obras.*

39.1.- El Contratista tendrá un conocimiento completo de la disposición de conjunto de los terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de contrato, de las zonas reservadas para la obra, de los medios de acceso, así como de las condiciones climáticas de la región, especialmente del régimen de las aguas y de la frecuencia e importancia de las crecidas de los ríos, que puedan afectar a los trabajos.

39.2.- La Propiedad pondrá gratuitamente a disposición del Contratista, mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

39.3.- También pondrá la Propiedad gratuitamente a disposición del Contratista, los terrenos de su propiedad que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

*ARTÍCULO 41.- Utilización de las instalaciones auxiliares y equipos del contratista.*

El Contratista deberá poder facilitar a la Propiedad todos los medios auxiliares que figuran en el programa o tengan servicio en la obra. Para ello la Propiedad comunicará por escrito al Contratista las instalaciones, equipos o máquinas que desea utilizar y fecha y duración de la prestación.

Cuando razonablemente no haya inconveniente para ello, no se perturbe la organización y desarrollo de los trabajos, o exista una causa grave de fuerza mayor, el Contratista deberá atender la solicitud de la Propiedad, abonándose las horas de utilización conforme a los baremos de administración aprobados.

En todo caso, el manejo de las máquinas e instalaciones será realizado por personal del Contratista.

*ARTÍCULO 43.- Uso anticipado de las instalaciones definitivas.*

43.1.- La Propiedad se reserva el derecho de hacer uso de las partes terminadas de la obra contratada antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado en su totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

43.2.- Si la Propiedad deseara hacer uso del citado derecho se lo comunicará al Contratista con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho por parte de la Propiedad no implica recepción provisional de la zona afectada.

*ARTÍCULO 44.- Planes de obra y montaje.*

44.1.- Independientemente del plan de trabajos que los Contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas de acuerdo a lo establecido en el artículo 6, el Contratista presentará con posterioridad a la firma del Contrato un plan más detallado que el anterior.

En el Pliego Particular de Condiciones de cada obra, se indicará el plazo máximo a partir de la formalización del Contrato en el que debe presentarlo y el tipo de programa exigido. De no indicarse el plazo, se entenderá establecido éste en un mes.

44.2.- Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos parciales y final fijados en el Concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

44.3.- El Plan de Obra deberá ser aprobado oficialmente por la Propiedad adquiriendo desde este momento el carácter de documento contractual. No podrá ser modificado sin autorización expresa de la Propiedad y el Contratista vendrá obligado a respetarlo en el desarrollo de los trabajos.

44.4.- El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.

*ARTÍCULO 45.- Plazos de ejecución.*

45.1.- En el Pliego Particular de Condiciones de cada obra se establecerán los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el Contratista deberá ajustarse obligatoriamente.

45.2.- Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesario para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

45.3.- En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de Contrato, salvo que el importe de la Obra Característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

45.4.- En el caso de que el importe de la Obra Característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y

final se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

*ARTÍCULO 46.- RETENCIONES POR RETRASOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL MONTAJE DE LA PLANTA.*

46.1.- Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al Contratista tendrán como sanción económica para cada mes, la retención por la Propiedad, del 50% de la diferencia entre el 90% de la Obra Característica que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a Obras complementarias.

46.2.- El Contratista que en meses sucesivos realizase una Obra Característica por un valor superior a lo establecido en el Plan de trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar la parte proporcional que le corresponda.

*ARTÍCULO 47.- Incumplimiento de los plazos y multas.*

47.1.- En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al Contratista, satisfará éste las multas que se indiquen en el Pliego Particular de la obra, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

47.2.- Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros Contratistas, lesionando los intereses de éstos, la Propiedad podrá hacer repercutir sobre el Contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

47.3.- En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la Propiedad, por órdenes expresas de la Dirección de Obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo

igual al estimado por la Propiedad como retraso producido, de acuerdo con lo establecido en el artículo 50.

*ARTÍCULO 48.- Supresión de las multas.*

Cuando la Propiedad advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la Propiedad podrá diferir a la nueva fecha de terminación y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

*ARTÍCULO 49.- Premios y primas.*

49.1.- En el Pliego Particular de Condiciones de la Obra, la Propiedad podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras.

En el Pliego Particular, se especificarán asimismo, las condiciones que deberán concurrir para que el Contratista pueda obtener dichos premios y/o primas.

49.2.- La Propiedad podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al Contratista o de fuerza mayor.

*ARTÍCULO 50.- Retrasos ocasionados por la propiedad.*

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la Propiedad, o interferencias ocasionadas por otros Contratistas, serán valorados en tiempo

por la Dirección de la Obra, después de oír al Contratista, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

*ARTÍCULO 51.- Daños y ampliación de plazo en caso de fuerza mayor.*

51.1.- Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportará sus consecuencias.

51.2.- Si por causa de fuerza mayor no imputable al Contratista hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la Propiedad con la mayor prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la Propiedad deberá manifestar su conformidad o reparos a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del Contratista.

*ARTÍCULO 53.- Certificación y abono de la planta.*

53.1.- Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras. Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono.

Corresponderá a la Propiedad en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.

53.2.- Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

*ARTÍCULO 54.- Abono de unidades incompletas o defectuosas.*

La Dirección de Obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el Contratista vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo dicha reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas.

De no haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez.

*ARTÍCULO 55.- Recepción provisional de las instalaciones de la planta*

55.1.- A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas hayan sido terminadas, el Contratista lo pondrá en conocimiento de la Propiedad, mediante carta certificada con acuso de recibo.

La Propiedad procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al Contratista por escrito, al menos con 15 días de anticipación.

Si el Contratista no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el Acta de Recepción.

55.2.- Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un Acta de recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse.

El Acta será firmada conjuntamente por el Contratista y la Dirección de la obra.

55.3.- Si el reconocimiento de las obras fuera satisfactorio se recibirán provisionalmente las obras, empezando a contar desde esta fecha el plazo de garantía.

Si por el contrario se observara deficiencias y no procediese efectuar la recepción provisional, se concederá al Contratista un plazo breve para que corrija los defectos observados, transcurrido el cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento.

Si transcurrido el plazo concedido al Contratista, no se hubieran subsanado dichos defectos, la Propiedad podrá proceder a su realización, bien



directamente, bien por medio de otros Contratistas, con cargo al fondo de garantía y si éste no bastase, con cargo a la fianza definitiva.

Una vez terminados los trabajos de reparación, se procederá a recibir provisionalmente las obras.

*ARTÍCULO 56.- Plazo de garantía.*

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el artículo 55, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

El plazo de garantía se determinará en el Pliego Particular de Condiciones de la obra.

Durante este plazo, será de cuenta del Contratista la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de éstas hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la Propiedad.

*ARTÍCULO 57.- Recepción definitiva de la planta*

57.1.- Una vez transcurrido el plazo de garantía fijado en el Pliego Particular de Condiciones se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado en el artículo 55 para la recepción provisional.

57.2.- En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el Contratista no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

57.3.- Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del Contrato por parte del Contratista, responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del Contratista.

*ARTÍCULO 58.- Liquidación de las obras.*

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el Contratista no las haya realizado por su cuenta.

Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva. También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.

**DOCUMENTO N°4:**  
**PRESUPUESTO**

---

## **INDICE DEL PRESUPUESTO**

<b>1. Presupuesto de ejecución material</b>	208
<b>2. Estudio económico</b>	209
2.1. Coste eléctrico	209
2.2. Coste de aditivos químicos	209
2.3. Evaluación del presupuesto	210

---

**PRESUPUESTO**

**1. Presupuesto de ejecución material**

Se trata de la suma de los presupuestos correspondientes al inmovilizado. Una estimación de los mismos es la que se muestra en la tabla.

Elementos		Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Tanque de agitación de 3 m <sup>3</sup>		1	2.980	2.980
Agitador de hélice de 3 palas. Potencia: 3,84KW Diámetro: 0,455m		1	1.640	1.640
Conducción PVC D.N. 1 <sub>1/2</sub> "		12m	36,62 (€/m)	439,44
Accesorios	Codo 90° 1 <sub>1/2</sub> "	7	19,50	136,5
	Válvula de compuerta	3	78	234
	Válvula de control automática	1	210	210
Bomba centrífuga Caudal max: 5 m <sup>3</sup> /h		1	2.300	2300
Sensor de caudal		1	325	325
Sensor de nivel		1	440	440

<b>TOTAL (€)</b>	<b>8.704,94€</b>
------------------	------------------

El presupuesto de ejecución materia del presente proyecto asciende a **OCHO MIL SETECIENTOS CUATRO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**

## **2. Estudio económico**

Habrá que analizar si el coste que supone la ejecución material del presente proyecto es rentable o no y, para ello, habrá que tener en cuenta el coste eléctrico, el coste de estabilizantes y el coste que supone a la empresa la realización de la investigación.

### **2.1. Coste eléctrico**

La potencia consumida diariamente por los elementos añadidos en la planta, es decir, la bomba y el agitador, es: *0,67 KWh* (ver punto 10 del anexo a la memoria).

Si la tarifa eléctrica es de 0,09€/KWh, el coste eléctrico diario será de 0,06€ y mensual 1,81€.

Dicho coste resulta despreciable con respecto al coste total de la planta y no supondrá una partida importante en el presupuesto del presente proyecto.

### **2.2. Coste de aditivos químicos**

En primer lugar se verá el coste inherente a los dos compuestos a añadir, el Tempoxy y el KI, y a los dos compuestos a sustituir, es decir, el Sequion y el Acusol. Posteriormente se estudiará el ahorro o sobrecoste producido al cambiar unos compuestos por otros.

- Tempoxy LO

Una tonelada de Tempoxy LO cuesta 12.000€, si la cantidad necesaria diariamente es de 8,33 Kg, al mes supondrá un coste de *2.998,80€/mes*.

- KI

Una tonelada de KI cuesta 20951€, si la cantidad necesaria diariamente es de 0,83 Kg, al mes esto supone un coste de *3.520,50€/mes*.

- Sequion

Una tonelada de Sequion cuesta 1.606€, si la cantidad necesaria es de 80 Kg al día, al mes el coste supuesto será de *3.854,40€/mes*.

- Acusol

Una tonelada de Acusol cuesta 1.190€, si la cantidad necesaria diariamente es de 50 Kg, el coste supuesto será de *1.606,50€/mes*.

Por tanto, las sumas de los costes de los estabilizantes nuevos y de los estabilizantes a sustituir son:

$$\text{❖ } \textit{Coste}(\textit{TempoxyLO} + \textit{KI}) = 3.520,50 \textit{ €/mes}$$

$$\text{❖ } \textit{Coste}(\textit{Sequion} + \textit{Acusol}) = 5.460,90 \textit{ €/mes}$$

El sobrecoste o ahorro se calcula mediante la diferencia entre el coste de los estabilizantes a sustituir y el coste de los estabilizantes nuevos:

$$\textit{Ahorro} - \textit{Sobre coste} = \textit{Coste}(\textit{Sequion} + \textit{Acusol}) - \textit{Coste}(\textit{TempoxyLO} + \textit{KI})$$

$Ahorro - Sobre\ coste = +1.940,40\ \text{€/mes}$
---

Anualmente el ahorro es de 23.289,80€.

El cambio de estabilizantes supone un **AHORRO** de **MIL NOVECIENTOS CUARENTA EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS** al mes. Y anualmente de **VEINTITRES MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y NUEVE CON OCHENTA CÉNTIMOS**.

### **2.3. Evaluación del presupuesto**

El coste que supone a la empresa el presente proyecto es:

EJECUCIÓN MATERIAL	8.704,94€
15% GASTOS GENERALES	1305,75€
16% IVA	1.392,80€
INVESTIGACIÓN	5.400€
TOTAL	<u>16803,49€</u>

Los gastos generales se refieren a los gastos de montaje de los equipos y es un presupuesto aproximado ya que se desconoce la exactitud de los mismos.

El coste total asciende a **DIECISEIS MIL OCHOCIENTOS TRES EUROS CON CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS**.



Por último, queda calcular la amortización de los gastos:

$$Amortización = \frac{Coste_{TOTAL}}{Ahorro} = \frac{16803,49}{1.940,4} = 8,65meses \approx 9meses$$

La amortización de los gastos se consigue a los **NUEVE MESES**, a partir de ese momento la empresa se favorecerá de un ahorro en la producción que serán clasificados como beneficios.

**En definitiva, las modificaciones de la fórmula de la lejía proporcionan importantes ventajas:**

- **Solución de problemas de hinchamiento**
- **Modificaciones simples y económicas en la planta de producción**
- **Ahorro económico anual de 23.289,80€**
- **Lejía más competitiva en el mercado**

