



## **Elaboración de gel antibacterial**

Alejandro Ayala Arroyo, Alan Martín Zavala Guzmán, Raúl Armenta Villanueva, Luis Alberto González Zapata, José Roberto López Negrete

DCNE; Departamento de Ingeniería Química, Campus Guanajuato, Col. Noria Alta S/N, Guanajuato, Gto.

### **Abstract**

We present the report of the project developed in the course "Researching Seminar" of the BS program in Chemical Engineering given by Dra. Rosalba Fuentes in the Division of Natural and Exact Sciences, Campus Guanajuato at the University of Guanajuato. In this paper is performed an analysis of three processes to develop antibacterial gel and synthesis of the product with the one most commonly used.

### **Resumen**

Se presenta el reporte del proyecto desarrollado en el curso "Seminario de Investigación" del programa de Licenciatura en Ingeniería Química impartido por la Dra. Rosalba Fuentes en la División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato. En este trabajo se realizó un análisis de tres procesos para elaborar gel antibacterial y la síntesis del producto con la fórmula más comúnmente utilizada.

### **Introducción**

Tradicionalmente el alcohol ha sido utilizado para la desinfección de heridas, aunque el uso de alcohol en gel no sustituye un adecuado lavado de manos, su uso individual (sin lavar manos) reduce significativamente la cantidad de bacterias que se encuentran en las manos. Como sabemos hay gran diversidad de organismos y muchos de ellos están formados por una sola célula, como es el caso de las bacterias, protozoarios, virus y levaduras. Como no siempre se dispone de jabón y agua para la limpieza de las manos el usar el alcohol contenido en un gel que pueda ser fácilmente aplicado y transportado representa una buena opción para lograr una desinfección constante y eficiente.



En un estudio realizado con la participación de enfermeras y médicos de la Unidad de Cuidados Intensivos y Hematología [5] se realizó la observación del lavado de manos tradicional con agua, jabón y toallas de papel, y de la higiene de las manos con la aplicación de alcohol gel. Se observó un total de 108 procedimientos, 72% correspondió al grupo que realizó lavado de manos tradicional y el resto, al grupo que hizo la higiene de manos con la aplicación de alcohol gel. Se recolectaron 103 cultivos antes y 108 cultivos después de ambos procedimientos. Se concluyó que con la aplicación de alcohol gel, se obtuvo una reducción de cuenta bacteriana significativamente mayor que con el lavado de manos tradicional.

El mercado del gel antibacterial es muy extenso, su uso principal es como desinfectante para superficies sólidas. Por mencionar un ejemplo, en los hospitales el combate de las infecciones nosocomiales es una gran preocupación; por eso higiene de las manos es un factor importante para ayudar a prevenir la propagación de las infecciones. Aunque el lavado de manos sea efectivo, la higiene por parte de los trabajadores de la salud debe ser muy estricta, por eso es necesario el uso de un desinfectante para el cumplimiento de las normas de salud exigidas en la actualidad. Los estudios han demostrado que el frotar las manos con alcohol-gel o enjuague es más eficaz en la reducción de la contaminación que el lavado de manos con jabón antiséptico.

El alcohol por sí solo a veces no proporciona la persistencia necesaria, por eso se ha recurrido a la inclusión de un antimicrobiano, como el triclosán. El gel antibacterial proporciona una composición desinfectante con efectos persistentes antimicrobianos. Además, entre los argumentos que justifican el uso de alcohol gel como complemento de la higiene de las manos, se pueden considerar el ahorro de tiempo, la menor irritación de la piel y la disponibilidad inmediata del antiséptico. Estas necesidades llevan a buscar nuevos productos que presenten mejores características.

El diseño de nuevos productos es crucial para la supervivencia de la mayoría de las empresas [1]. Aunque existen algunas firmas que experimentan muy poco cambio en sus productos, la mayoría de las compañías deben revisarlas en forma constante. En las industrias que cambian con rapidez, la introducción de nuevos productos es una forma de vida.

La definición del producto es el resultado del desarrollo de una estrategia empresarial. Por ejemplo, la estrategia empresarial podría exigir una línea de productos completamente para servir a un sector particular de los clientes. Como resultado, se definirán nuevos productos para completar la línea de productos. Estas definiciones de



nuevos productos se convertirá entonces en un insumo para la estrategia de operaciones y las decisiones de operación de ajustan para acoplarse a las estrategias de nuevos productos. Al tener una participación activa desde el comienzo, las operaciones pueden asumir un papel de apoyo externo en términos de su estrategia de operaciones y toma de decisiones.

El diseño del producto es un pre-requisito para la producción al igual que el pronóstico de volumen. El resultado de la decisión del diseño del producto se transmite a operaciones en forma de especificaciones del producto. En estas especificaciones se indican las características que se desea tenga el producto y así permite que se proceda con la producción.

El gel de alcohol ha incrementado su demanda en los últimos meses debido al brote de epidemia de influenza sufrido en el país. Además, es probable que el aumento en su consumo continúe, ya que la epidemia ha logrado que las personas tomen mayor conciencia sobre la higiene.

Se presenta el análisis de tres procesos para la producción de alcohol en gel con distintas características. Uno de los geles es producido por el proceso tradicional, usado por la mayoría de las empresas que se encuentran en el mercado, los otros dos procesos poseen cierto grado de innovación, y tienen valor agregado en el producto final.

## **Materiales**

En esta sección del reporte se enlistar de manera general los materiales y sustancias de las propuestas de los tres procesos analizados, posteriormente se enlistan para cada procedimiento.

### Equipos:

- Mortero.
- Tanque de agitación.
- Recipientes
- Rotor
- Reóstato

### Sustancias:

- Carbopol
- Glicerina
- Alcohol etílico
- Isopropanol
- Amino propanol
- Aceite esencial de tomillo
- Polietilenglicol
- Quitosán
- Zinc
- ácido láctico



### Precios de los materiales:

sustancia	cantidad	Precio
carbopol	100 gr	42.50 pesos
glicerina	500ml	39pesos
alcohol	500ml	12pesos
trietanolamina	125ml	25pesos
Aceite de tomillo	15ml	17 dólares
Aceite de clavo	15ml	9.82 dólares
quitosán	1 kg	27 dólares
Acido láctico	1kg	747pesos

### **Descripción del proceso**

El proceso consiste en realizar una mezcla de los componentes en el tanque agitador, en el procedimiento se menciona las cantidades de las sustancias y la secuencias en que debe agregarse cada componente al mezclado.

Es importante elegir aspas para el tanque de agitación, considerando las propiedades de las materias primas y el producto final. Para este caso es recomendable usar agitadores tipo turbina que procesan líquidos con amplia variedad de viscosidades, con un diámetro de 30 a 60% el diámetro del tanque [3]. El posicionamiento de las aspas serán montadas en eje vertical y centradas en el tanque.

El análisis de los procesos para desarrollar cada uno de los tres distintos productos, serán descritos como: *proceso gel I*, *proceso gel II*, *proceso gel III*. Se muestran los pasos y etapas de los procedimientos y sus diagramas de flujo.

### **Proceso gel I:**

Para este proceso se realiza la molienda del carbopol y es mezclado con los demás reactivos con se muestra en la figura 1.



### Diagrama de Proceso

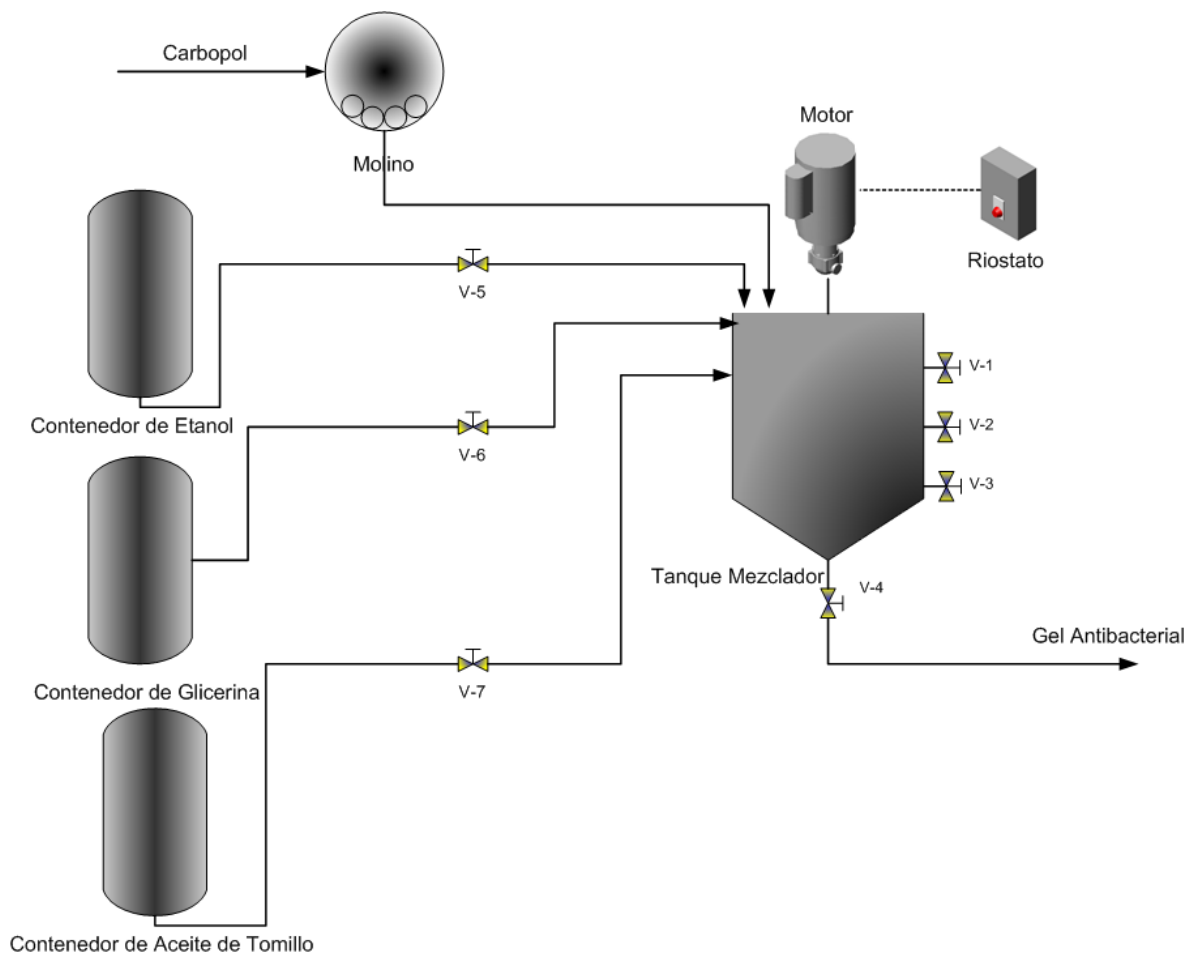
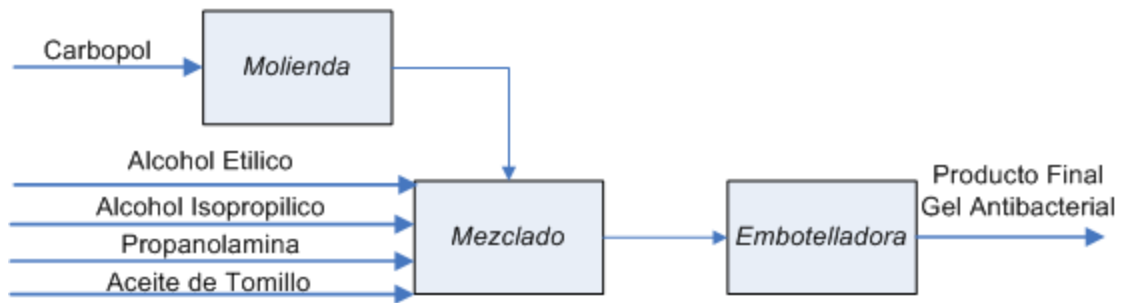


Figura 1. Diagrama que representa el proceso y muestra las operaciones de: molienda del Carbopol y el mezclado de todas las sustancias.



### Sustancias (proceso gel I)

- 10 litro de etanol al 72%
- 60 grs. de carbopol
- 100 ml de glicerina
- 20 ml de aceite de tomillo
- 10ml Amino propanol

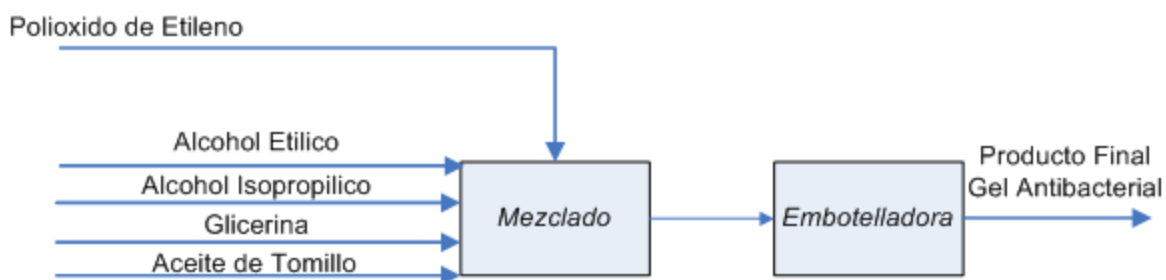
### Procedimiento (proceso gel I)

1. Se vierte una tercera parte de alcohol en el tanque agitador con una agitación menor a 150 rpm.
2. Se muele el carbopol y se le agrega al alcohol poco a poco cuidando que no se formen grumos.
4. Posteriormente se le agrega la glicerina y se mantiene la agitación.
5. Cuando ya esté bien disuelto el carbopol (sin grumos), se agrega aminopropanol y aceite esencial de tomillo manteniendo la agitación continua.
6. Después de un lapso que el gel tome consistencia se le seguirá agregando el alcohol restante.
7. Finalmente cuando el gel haya tomado consistencia; se procederá a envasar.

### **Proceso gel II:**

En este proceso, que se presenta en la figura 2, se hace el mezclado de todas las sustancias.

Diagrama de Proceso



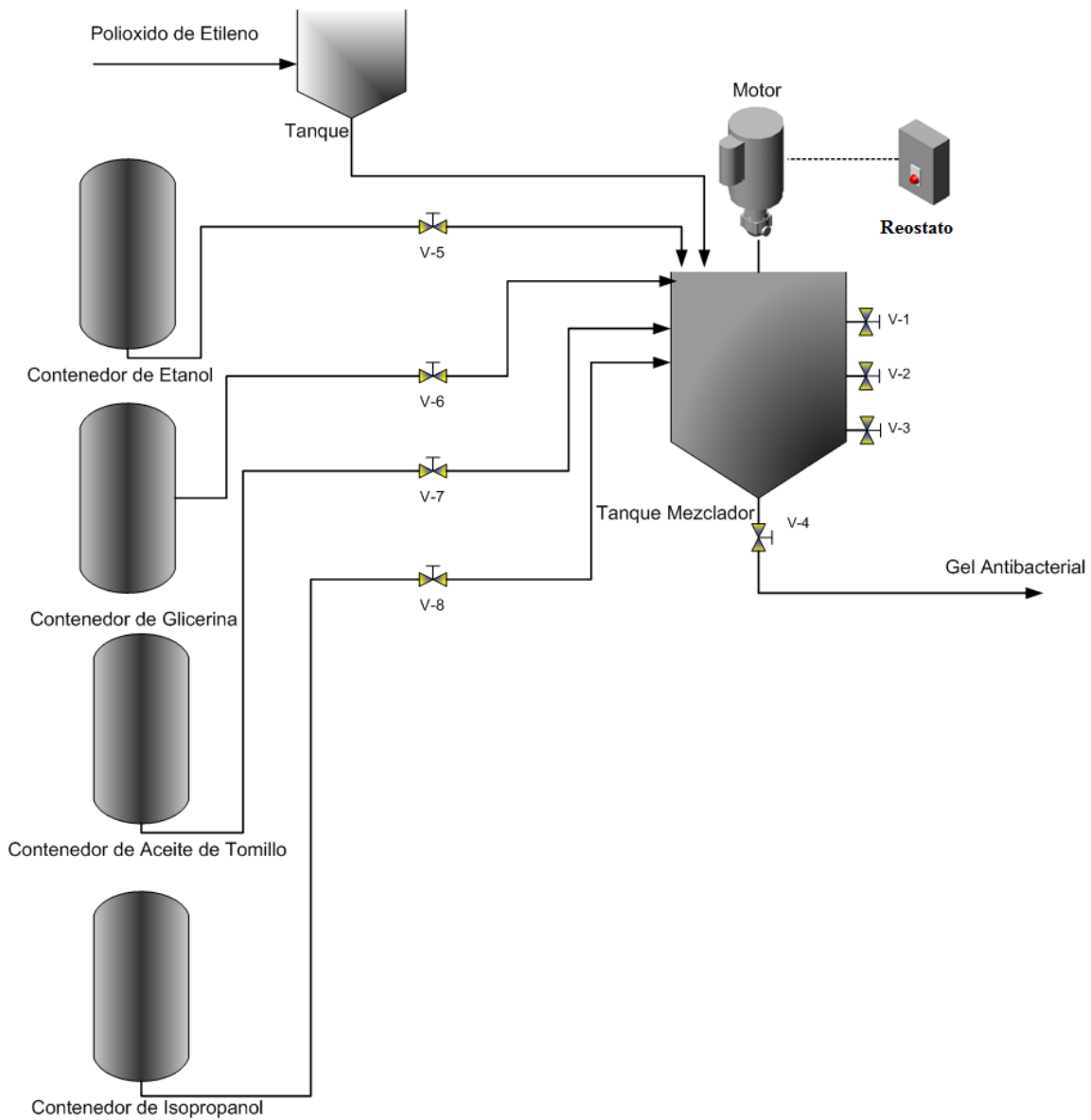


Figura 2. Diagrama que representa el proceso y muestra las operaciones de mezclado de todas las sustancias para el gel 2 (polioxido de etileno).

En la figura2 se muestran los elementos de equipo que se necesitarían en planta, e incluyeron los tanques contenedores.



### Sustancias (proceso gel II)

- 9.93 litros de etanol al 72%
- 70 ml de isopropanols
- 20 mg de polióxido de etileno
- 10 ml de aceite de tomillo
- 100 ml de glicerina

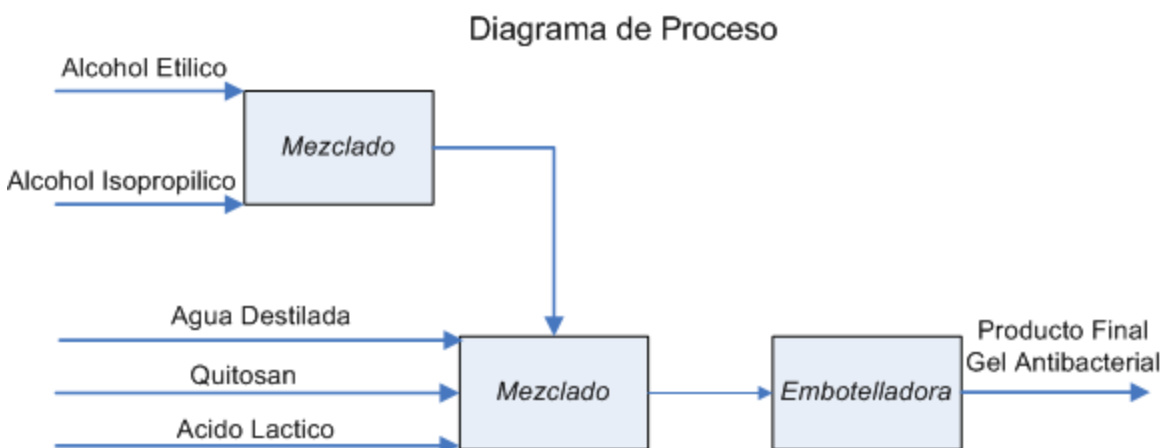
Para preparar 10 litros de gel antibacterial.

### Procedimiento (proceso gel II)

1. Se vierten dos tercera parte del total de los alcoholes y la glicerina (6.6 litros de etanol, 46 ml de isopropanol y 66 ml de glicerina) en el tanque agitador con una agitación de menos de 150 rpm.
2. Después se le agrega poco a poco el polioxido de etileno cuidando que no se formen grumos.
4. Posteriormente se le agrega el aceite de tomillo y lo que resta de los reactivos (alcoholes y glicerina) hasta que el gel tome consistencia.
5. Finalmente cuando el gel haya tomado consistencia; se procederá a envasar.

### **Proceso gel III:**

En este proceso se meclan primero los dos alcoholes y luego con los reactivos involucrados, el diagrama del proceso es mostrado en la figura 3.





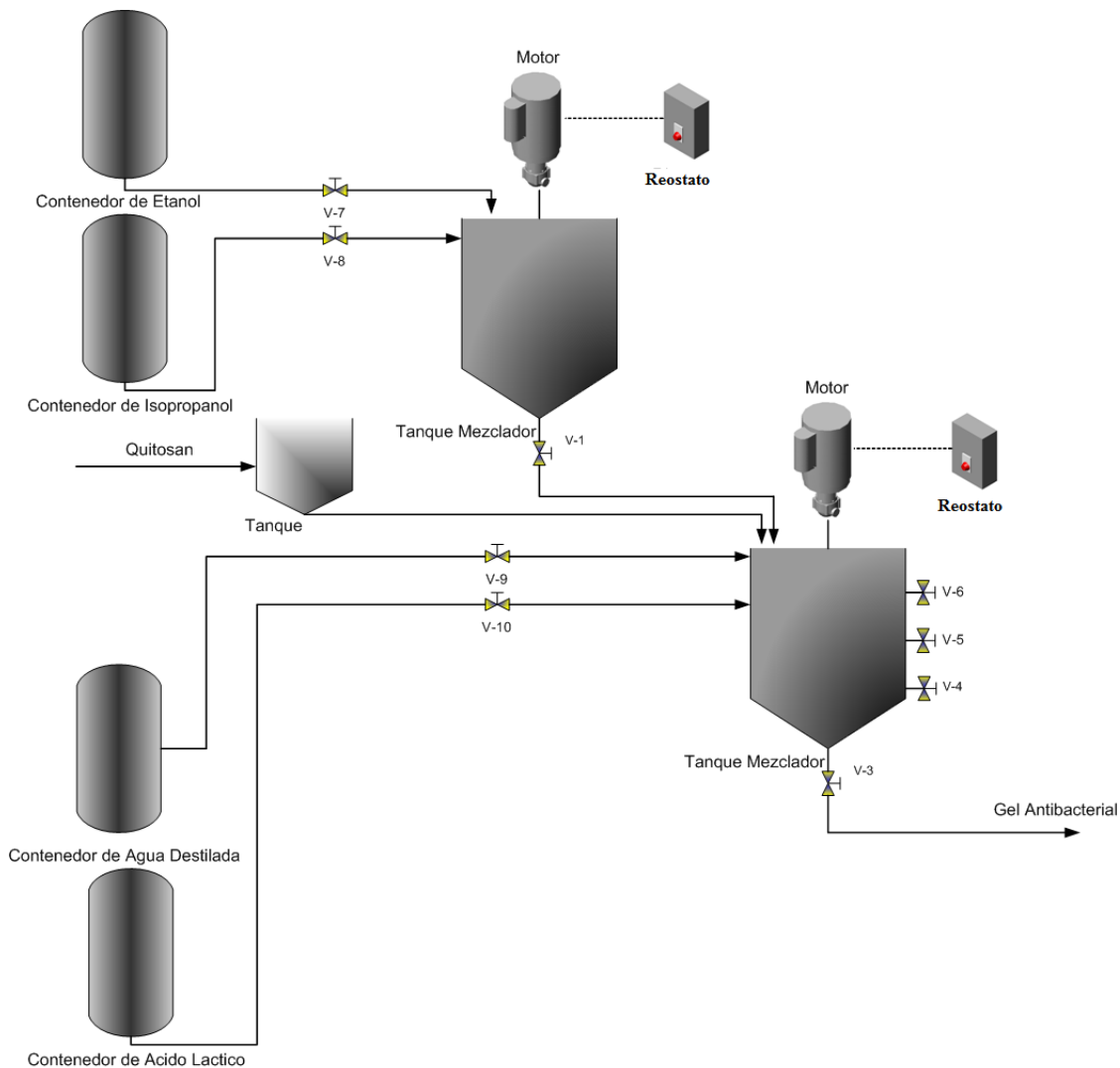


Figura 3. Diagrama que representa el proceso de mezclado de todas las sustancias para el gel de alcohol con quitosán y zinc.

La figura 3 muestra el proceso para crear un gel en un laboratorio de ingeniería, dado que solo se cuenta con un tanque de mezclado, primero se mezclarán los alcoholes y la mezcla se recolectaría en un tanque, para después emplear el mismo tanque para realizar la mezcla y ya la prelación del gel antibacterial como se describe en el procedimiento.



### Sustancias (proceso gel III).

- 5.23 kg de etanol al 90%
- 0.25kg de isopropanol
- 87 g de quitosán
- 10 ml de aceite de tomillo
- 87g de ácido láctico al 88%
- 25g zinc

Para preparar 10 litros de gel antibacterial.

### Procedimiento (proceso gel III)

1. En el tanque de agitación se pone 3.05 kg de agua destilada.
2. Posteriormente se agrega un 87g de quitosán pesado en base seca con agitación durante 10 minutos, a aproximadamente 150 rpm.
3. Se agrega un 87g de ácido láctico al 88%, continuando con la agitación hasta que el quitosán logre la disolución completa.
4. Se realiza una mezcla de 5.23kg de etanol y 0.25 kg de isopropanol en otro recipiente
5. Se agrega a la solución del quitosán la mezcla de etanol y isopropanol de manera lenta hasta que tome consistencia
6. se agrega el zinc, continuando con la agitación.
7. Posteriormente se le agrega el aceite de tomillo, se continúa con la agitación por otros 10min
8. Y finalmente pasa al envasado

### **Características de los productos y expectativas**

Dentro del mercado, hay empresas ya establecidas que fabrican este producto, y además de esto entre los medios de comunicación se ha distribuido a la población un procedimiento bastante sencillo para la elaboración de alcohol en gel, y dado la demanda del producto han surgido mucho productores a pequeña escala utilizando esta fórmula que se describió incluso por los medios de comunicación.

Para introducirlo como nuevo producto, el gel antibacterial debe tener un valor agregado. A continuación se enumeran las características de los productos que podrían obtenerse con los procesos anteriormente descritos.

### **Proceso I “Gel desinfectante”:**

El producto obtenido con este proceso, es el más común en encontrar en el área de mercado del producto. Este proceso es similar al que publicaron los medios de



comunicación, tiene como valor agregado algunos ingredientes que pueden aumentar el poder desinfectante como es el caso del aceite de tomillo que es un buen antiséptico.

### **Proceso II “gel con humectante”:**

El producto obtenido por este proceso utiliza otro polímero para la gelación, pues el utilizado para el producto del proceso I tiene como desventaja que con la volatilización del alcohol sobre las manos causa resequedad en la piel, (aunque el objetivo de la glicerina en evitar esto, no puede contrarrestarlo en su totalidad). En este proceso II, se utiliza polioxido de etileno, compuesto que tiene afinidad con las moléculas de agua, por lo que al volatilizarse el alcohol, no permite que se evapore también el agua. Otra diferencia respecto al gel elaborado con Carbocol es que mientras éste al contacto con la piel deja una sensación pegajosa y el Polioxido de etileno no. Estas características son los 2 valores agregados a este producto con respecto al elaborado con Carbocol, también puede utilizarse en este gel, aceite de tomillo como antiséptico.

### **Proceso III**

El producto obtenido en este proceso tiene como valor agregado que una vez que se evapora el alcohol continúa el efecto germicida debido al quitosán y al zinc utilizados, además podría usarse aceite de tomillo. Este producto no deshidrata la piel, pero aunque presenta grandes ventajas tiene un grado mayor de dificultad en su elaboración.

### **Estudio de mercadeo**

El producto cumple con los cuatro puntos de la mercadotecnia, precio, plaza, producto y promoción, por lo que su proyección y aceptación en el mercado tienen buen pronóstico.

Con el fin de lograr una introducción a mercado eficiente se armó la siguiente estrategia de mercado reordenando las 4 etapas

Promoción: Resaltando los beneficios que tiene el producto (fácil transporte y eficaz desinfección, excelente auxiliar en la higiene personal). Explicar las posibles consecuencias de no obtenerlo (bacterias, microbios, infecciones, daños a la salud personal y de la familia)

Plaza : El producto puede ser situado en farmacias, tiendas de autoservicio y misceláneas en diferentes presentaciones, (adultos, niños y mujeres).

Producto: Gel desinfectante, auxiliar en la prevención de enfermedades, tres presentaciones.



1. Gel desinfectante (producto estándar , envase primario color azul 100ml)
2. Gel con humectantes ( producto con humectante, envase primario, color rosa 250ml)
3. Gel infantil (producto estándar, envase primario con diseño infantil)

Precio: Como un ejercicio, planear al introducir el producto considerar un margen de ganancias del 25 % que podría incrementarse posteriormente dependiendo del comportamiento del mercado, los precios para las tres líneas serían aproximadamente los siguientes:

Producto estándar (línea 1). Presentación de un volumen de 100ml.  
Costo de producción \$ 9.93 por unidad  
Precio de venta \$ 12.5 por unidad

Producto con humectantes (línea 2). Presentación de un volumen de 250ml.  
Costo de producción \$ 19.46  
Precio de venta \$ 24.5

Producto infantil. Presentación de un volumen de 100ml.  
Costo de producción \$ 9.93  
Precio de venta \$ 12.5

La presentación normal de 50ml está a la venta en un precio promedio de \$8 en las cadenas farmacéuticas. Por lo que cualquiera de las alternativas elaboradas con lo tres procesos puede ser rentable.

## **Experimentación**

### **Elaboración del gel alcohólico (Proceso tradicional)**

#### **Materiales:**

180 ml de alcohol al 70%  
1 ½ cucharada de Carbopol  
2.25 ml de glicerina  
1 cucharada de trietanolamina



### Procedimiento:

1. Colocar una tercera parte del alcohol en recipiente adecuado y comenzar la agitación
2. Añadir el carbopol poco a poco mientras se agita el alcohol
3. Añadir el alcohol restante y continuar la agitación
4. Añadir poco a poco la glicerina y continuar la agitación
5. Añadir la trietanolamina

En la figura 4 se muestran fotografías de la secuencia del proceso desarrollado, y pueden mencionarse las siguientes observaciones:

1. Es importante conservar una adecuada agitación durante todo el proceso
2. El carbopol debe agregarse lentamente y en pequeñas cantidades para evitar que se forme un precipitado.
3. La gelificación completa tarda entre 18 a 24 horas.





Figura 4. Fotografías del proceso de elaboración del gel de alcohol.

### Conclusiones finales

Durante la investigación bibliográfica encontramos que muchos de los productos de fabricación casera, contienen como estabilizador de PH la trietanolamina que también ayuda a la coagulación del Carbopol, pero hemos decidido sustituir este químico por amino propanol (al igual que algunos de los productos de venta en el mercado), ya que la trietanolamina en ciertas condiciones el producto puede reaccionar con nitritos o ácido nitroso, formándose nitrosaminas, que tienen carácter cancerígeno [8].

El uso del aceite esencial de tomillo en la formulación de los geles de los tres procesos tratados, con sus propiedades antisépticas, antibacteriales y, funguicida [6], da un valor agregado sobre los productos normales en el mercado que solo tienen alcohol como bactericida.

A pesar que en el análisis económico faltaron costos de fijos y solo se consideraron costos de operación, el análisis de mercado y costos de producción de los tres productos, muestra que los productos pueden ser competitivos en el mercado.

La elaboración del producto es delicada por lo que debe tenerse cuidado durante el procedimiento, para obtener un producto final con las características deseadas. Y aunque se constituyen a través de la mezcla de reactivos, ésta operación debe de hacerse metódicamente cuidando el manejo de las cantidades y secuencias de integración.



A pesar de que para el proceso II y III no fue posible conseguir los polímeros para la fabricación del gel, fueron realizadas pruebas experimentales de la síntesis con el proceso I, lo cual ayudó en la comprensión de la naturaleza del proceso y expectativas para el planeamiento de experimentaciones futuras con respecto a los procesos II y III.

### **Agradecimientos**

Al personal del laboratorio de Farmacia e Ingeniería Química por haber compartido sus conocimientos, colaborado con ideas y por facilitarnos reactivos, materiales y las instalaciones donde se llevaron a cabo algunas pruebas.

A la Dra. Rosalba Fuentes por ayudar al equipo en la redacción y correcciones del proyecto, además de impartir el curso Seminario de investigación.

A la Dra. Angélica Tovar por compartir su amplia experiencia en el ramo y por encaminarnos hacia la búsqueda de ideas originales.

### **Referencias**

1. Notas de diseño de procesos 1. Dr. Juan Gabriel Segovia. Primera Edición. Universidad de Guanajuato
2. Manual del Ingeniero Químico, Vol. 1, Perry Green, séptima Edición, McGraw Hill
3. Manual de prácticas de seminario de investigación. Dra. Rosalba Fuentes
4. Ángeles-Garay Ulises, Molinar-Ramos Fernando, Anaya-Flores Verónica Edith, López-Guerrero Ma. Esther. "Efectividad de la aplicación de alcohol gel en la higiene de las manos de enfermeras y médicos". ([http://www.imss.gob.mx/NR/rdonlyres/FC07DD17-4058-4521-81E3-C4244D9039A1/0/1\\_1521.pdf](http://www.imss.gob.mx/NR/rdonlyres/FC07DD17-4058-4521-81E3-C4244D9039A1/0/1_1521.pdf))
5. <http://propiedadesdelaceite.jaimaalkauzar.es/category/aceite-de-tomillo>
6. <http://www.sigmaaldrich.com/mexico.html>
7. <http://www.panreac.com/new/esp/fds/ESP/X121750.htm>
8. <http://www.freepatentsonline.com/y2005/0182021.html>