



Estudio técnico que permitirá establecer las características y especificaciones del tipo de resina fenólica a obtener en la implementación de una planta de producción.

Quintana Cruz, Erika Nataly

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Petroquímica

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Petroquímico

Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier

Latacunga, 12 de abril del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el Trabajo de Unidad de Integración Curricular, **“Estudio técnico que permitirá establecer las características y especificaciones del tipo de resina fenólica a obtener en la implementación de una planta de producción”** fue realizado por la señorita **Quintana Cruz, Erika Nataly**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 12 de abril del 2021



Firmado electrónicamente por:
**JONATHAN JAVIER
SAYAVEDRA DELGADO**

Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier

C.C.: 0502865850

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

REPORTE URKUND



Document Information

| | |
|-------------------|--|
| Analyzed document | Escrito completo_ERIKA QUINTANA.pdf (D100457480) |
| Submitted | 4/1/2021 8:47:00 PM |
| Submitted by | Jonathan Javier Sayavedra Delgado |
| Submitter email | jsayavedra@espe.edu.ec |
| Similarity | 8% |
| Analysis address | jsayavedra.espe@analysis.orkund.com |

Sources included in the report

| | | | |
|----|---|--|---|
| W | URL: https://docplayer.es/110961259-Diseño-simulación-y-control-automático-de-temperatu ... Fetched: 2/8/2021 4:11:08 AM | | 6 |
| W | URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/648/1/T-ESPE-020612.pdf Fetched: 1/20/2021 9:40:25 PM | | 8 |
| W | URL: https://www.researchgate.net/publication/26465882_Efecto_de_la_cascara_de_cacao_en ... Fetched: 4/1/2021 8:48:00 PM | | 3 |
| W | URL: https://docplayer.es/160143764-Escuela-politécnica-nacional.html Fetched: 4/22/2020 4:04:28 PM | | 2 |
| SA | Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / UIC QUIÑONEZ ZEVALLOS_orkund.pdf Document: UIC QUIÑONEZ ZEVALLOS_orkund.pdf (D100457261) Submitted by: jsayavedra@espe.edu.ec Receiver: jsayavedra.espe@analysis.orkund.com | | 3 |
| W | URL: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NavyCAAAGBAJ&oi=fnd&pg=PR21&dq=Gardziel ... Fetched: 4/1/2021 8:48:00 PM | | 2 |
| SA | Ivan Alberto Faicán Sinchire.pdf Document: Ivan Alberto Faicán Sinchire.pdf (D90405191) | | 2 |
| W | URL: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8R2PBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Knop,+A ... Fetched: 4/1/2021 8:48:00 PM | | 2 |
| W | URL: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RMBQm6a5QcGgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Landrock, ... Fetched: 4/1/2021 8:48:00 PM | | 2 |



FORNIA UNTER
UNIVERSITA DELSAO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

REPOSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Quintana Cruz, Erika Nataly**, con cédula de ciudadanía n° **0504153230**, declaro que el contenido, ideas y criterios del Trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Estudio técnico que permitirá establecer las características y especificaciones del tipo de resina fenólica a obtener en la implementación de una planta de producción”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 12 de abril de 2021

Quintana Cruz, Erika Nataly

C.C.: 0504153230



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETROQUÍMICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Quintana Cruz, Erika Nataly**, con cédula de ciudadanía n° **0504153230**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el Trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Estudio técnico que permitirá establecer las características y especificaciones del tipo de resina fenólica a obtener en la implementación de una planta de producción”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 12 de abril de 2021

Quintana Cruz, Erika Nataly

C.C.: 0504153230

DEDICATORIA

Dedicado a:

A mi madre Graciela Cruz y a mi padre Marcelo Quintana, mis primeros ejemplos a seguir, quienes me han dado la fortaleza y el espíritu para seguir adelante en los momentos adversos de la vida dando su apoyo incondicional.

A mis hermanos; Israel y Ariana, quienes han estado ahí dándome su apoyo y sus palabras de aliento.

Erika Quintana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por darme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida, por brindarme la salud necesaria para seguir adelante logrando cada una de mis metas.

A mis padres, Marcelo Quintana y Graciela Cruz por ser el pilar fundamental en mi vida, por guiarme en el camino correcto y nunca soltarme, a enseñarme a nunca rendirme y fundamentarme que la vida viene de obstáculos de los cuales hay que ser fuerte para vencerlos siguiendo mi deseo de superación en la vida, gracias por sus consejos, paciencia, amor, por ser la motivación que me impulsa a seguir adelante ya que sin ustedes nada de mis logros hubiesen sido posibles.

A mis hermanos, Israrel y Ariana, por ser mis cómplices en la vida, gracias por acompañarme siempre cuando más los he necesitado. A mi cuñada Pamela una hermana más quién ha pasado a formar parte de la familia por su apoyo y su amistad. Agradezco a mi tío Arturo que ahora no está presente para verme culminar esta etapa, pero siempre llevaré su apoyo, su cariño y sus palabras de aliento. A mi familia que de una u otra manera me han brindado su apoyo.

A mi tutor, Ingeniero Javier Sayavedra, por compartir su tiempo, y por permitirme trabajar con él para la realización del presente trabajo.

Finalmente, agradezco a mis amigas Karen, Erika, Karina y Pamela, por brindarme su amistad sin importar la distancia y el tiempo, por compartir momentos juntas, y a cada uno de mis amigos que han estado presentes con sus palabras de aliento.

Erika Quintana

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Carátula..... | 1 |
| Certificación..... | 2 |
| Reporte urkund..... | 3 |
| Reponsabilidad de Autoría | 4 |
| Autorización de Publicación..... | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Tabla de Contenido | 8 |
| Índice de Figuras..... | 11 |
| Índice de Tablas | 12 |
| Resumen | 13 |
| Abstract..... | 14 |
| Introducción..... | 15 |
| Antecedentes..... | 15 |
| Planteamiento del problema de investigación | 16 |
| Justificación e importancia..... | 17 |
| Objetivos | 18 |
| <i>Objetivo General</i> | 18 |
| <i>Objetivos Específicos</i> | 18 |
| Hipótesis | 18 |
| Variables de Investigación..... | 18 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Variable dependiente</i> | 18 |
| <i>Variable independiente</i> | 18 |
| Marco teórico | 19 |
| Espuma fenólica | 19 |
| <i>Composición de las Espumas Fenólicas</i> | 20 |
| Resinas Fenólicas..... | 20 |
| <i>Composición de las Resinas Fenólicas</i> | 21 |
| <i>Clasificación de las Resinas Fenólicas</i> | 22 |
| Surfactantes..... | 30 |
| Agente de Soplado..... | 31 |
| Catalizadores..... | 32 |
| Espuma floral | 33 |
| <i>Composición y características</i> | 33 |
| Propiedades de las Espumas | 34 |
| <i>Densidad</i> | 35 |
| <i>Módulo de Young</i> | 35 |
| <i>Conductividad térmica</i> | 35 |
| <i>Resistencia de Compresión</i> | 36 |
| <i>Absorción de agua</i> | 36 |
| Metodología | 37 |
| Tipo de Investigación | 37 |

| | |
|--|-----------|
| Instrumentos de la investigación | 37 |
| Evaluación de las propiedades de las espumas de acuerdo a las normas estándares | 38 |
| <i>Densidad</i> | <i>38</i> |
| <i>Resistencia de compresión y Módulo de Young.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Absorción de agua</i> | <i>40</i> |
| <i>pH.....</i> | <i>41</i> |
| Proveedores de fenol y formaldehído dentro y fuera de Ecuador | 41 |
| <i>Proveedores dentro del país.....</i> | <i>41</i> |
| <i>Proveedores fuera del país.....</i> | <i>43</i> |
| Resultados y discusión..... | 48 |
| Composición de la materia prima para la producción de la resina fenólica tipo resol | 48 |
| Empresas que son fuentes de la materia prima de la resina fenólica tipo resol | 48 |
| Propiedades físico-químicas del producto (Espuma Floral) | 50 |
| Conclusiones y Recomendaciones..... | 52 |
| Conclusiones..... | 52 |
| Recomendaciones..... | 53 |
| Bibliografía..... | 54 |
| Anexos | 58 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Rango de propiedades de las espumas y sólidos</i> | 20 |
| Figura 2 <i>Preparación de las resinas resol y novolocas</i> | 23 |
| Figura 3 <i>Primera etapa de la reacción para la síntesis de resol con catalizador básico</i> | 25 |
| Figura 4 <i>Reacción entre el anión fenolato y formaldehído (Posiciones orto y para)</i> | 25 |
| Figura 5 <i>Reacción entre el fenol y el formaldehído (Reacción de metilolación)</i> | 26 |
| Figura 6 <i>Reacción de polimetilolación</i> | 26 |
| Figura 7 <i>Formación del retículo</i> | 27 |
| Figura 8 <i>Formación de inicio de la resina fenólica novoloca</i> | 29 |
| Figura 9 <i>Tipos de bisfenoles metilen-enlazados</i> | 29 |
| Figura 10 <i>Diagrama de flujo para determinar la densidad</i> | 38 |
| Figura 11 <i>Diagrama de flujo para determinar la resistencia de compresión y módulo de Young</i> | 39 |
| Figura 12 <i>Diagrama de flujo para determinar la absorción de agua</i> | 40 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Condiciones y propiedades de resol</i> | 24 |
| Tabla 2 <i>Aplicaciones de las resinas tipo resol</i> | 28 |
| Tabla 3 <i>Aplicaciones de las resinas novolacas</i> | 30 |
| Tabla 4 <i>Formulación típica de espuma floral</i> | 34 |
| Tabla 5 <i>Composición de fenol y formaldehído para la producción de la resina fenólica tipo resol</i> | 48 |
| Tabla 6 <i>Empresas dentro del país</i> | 49 |
| Tabla 7 <i>Empresas fuera del país</i> | 49 |
| Tabla 8 <i>Valores estimados en las propiedades de la espuma floral</i> | 50 |
| Tabla 9 <i>Características cualitativas de la espuma floral</i> | 51 |

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene el objetivo de establecer las características y propiedades de la resina fenólica (espuma floral) que se podría obtener como producto en la implementación de una planta de producción. Para el desarrollo del estudio se realizó una revisión bibliográfica de la composición química a detalle de la materia prima para la producción de la resina fenólica tipo resol, siendo un polímero producido a partir de una reacción entre el fenol y el formaldehído en presencia de un catalizador básico (hidróxido de sodio), a partir de esto se evaluó las fuentes de fenol y formaldehído dentro y fuera del país, los resultados se obtuvieron mediante la búsqueda de empresas ecuatorianas y empresas extranjeras de países que exportan dichos compuestos de acuerdo al Sistema Nacional de Aduana del Ecuador, tomando en cuenta a empresas de países vecinos. Posteriormente la resina fenólica tipo resol reacciona en presencia de un catalizador ácido, un agente de soplado, surfactante y otros aditivos de manera homogénea para la producción de la espuma floral, el cual debe cumplir con ciertas propiedades físico-químicas como es su densidad, conductividad térmica, absorción de agua y el módulo de Young o módulo de elasticidad, para su comercialización estas pueden ser evaluadas a través del uso de especificaciones técnicas dadas de acuerdo a las normas estándares internacionales ASTM para cada una de ellas.

Palabras clave:

- **ESPUMA FLORAL**
- **RESINA FENÓLICA TIPO RESOL**
- **FENOL**
- **FORMALDEHÍDO**
- **MATERIA PRIMA**

Abstract

The present research work aims to establish the characteristics and properties of phenolic resin (floral foam) that could be obtained as a product in the implementation of a production plant. For the development of the study, a bibliographic review of the detailed chemical composition of the raw material for the production of the resole type phenolic resin was carried out, being a polymer produced from a reaction between phenol and formaldehyde in the presence of a catalyst base. (sodium hydroxide), based on this, the sources of phenol and formaldehyde were evaluated inside and outside the country, the results were obtained by searching for Ecuadorian companies and foreign companies from countries that export said compounds according to the National Customs System of the Ecuador, taking into account accounts of companies from neighboring countries. Subsequently, the resol-type phenolic resin reacts in the presence of an acid catalyst, a foaming agent, surfactant and other additives in a homogeneous way for the production of floral foam, which must comply with certain physical-chemical properties such as its density, conductivity. thermal, water absorption and Young's modulus or modulus of elasticity, for their commercialization these can be evaluated by using technical specifications given according to the international ASTM standards for each one of them.

Keywords

- **FLORAL FOAM**
- **RESOL TYPE PHENOLIC RESIN**
- **PHENOL**
- **FORMALDEHYDE**
- **RAW MATERIAL**

CAPÍTULO I

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Von Bayer informó en 1872 sobre materiales resinosos alquitranados basados en la reacción de fenol-formaldehído, luego en 1984 Lederer y Manasse llevaron a cabo una investigación en condiciones básicas dando como resultados la formación de orto y para-metilol fenoles siendo materiales que no se desarrollaron usos a gran escala convirtiéndose como productos intermedios altamente reactivos por lo que en el año 1907 la reacción del fenol con formaldehído requirió la diligencia y la fuerte capacidad técnica de Leo Baekeland, quien desarrolló una resina fenólica controlable llamada baquelita. El año 1910 marcó el centenario de la producción de resina fenólica en Alemania y Estados Unidos (Pilato, 2013).

Según (Asociación Europea de Resinas Fenólicas, 2018), menciona que en el mercado mundial de resinas fenólicas en el año 2015 habría alcanzado cerca de 5 millones de toneladas valoradas en más de 10 mil millones de dólares. La mayoría de las evaluaciones de mercado predicen que para el año 2021, la tasa de crecimiento anual superará el 5% lo que indica que para la industria los fundamentos básicos del mercado siguen siendo sólidos.

Por lo tanto, gracias a los esfuerzos pioneros de Baekeland, las resinas fenólicas se consideran precursoras de una gran cantidad de polímeros, quien comenzó a fabricar las resinas fenólicas hace 100 años marcando desde entonces el comienzo de la industria del plástico como se la conoce hoy en día (Pilato, 2013).

La resina fenólica es un polímero termoestable sintetizado a partir de la reacción de policondensación entre el fenol y la solución de formaldehído. Tiene una combinación de varias características como buena estabilidad dimensional, alta dureza, rigidez, resistencia al desgaste, resistencia al calor y agentes químicos. Este material se

puede utilizar para fabricar artefactos para diferentes propósitos, tales como engranajes, pastillas de freno, mangos de ollas, contrachapados marinos y laminados de madera (Cavalcante & Canto, 2012).

Aproximadamente el 75% de las resinas fenólicas se consumen en las tres áreas de mercado que están relacionadas con la industria de la madera, el aislamiento térmico y los compuestos de moldeo (Knop & Pilato, 2013).

(Asociación Europea de Resinas Fenólicas, 2018), indica que las resinas fenólicas se dividen en dos tipos diferentes que son las novolacas no reactivas que son aquellas que necesitan la adición de un agente de aglomerante cruzado para polimerizar completamente y los resoles de autocurado que contienen grupos reactivos.

1.2. Planteamiento del problema de investigación

En Ecuador no se ha desarrollado procesos de producción de espumas florales, de la misma manera que no existe técnicas de elaboración de resinas fenólicas tipo resol siendo materia prima para la producción de espuma floral en base al destino del producto que existe acerca de la composición y la elaboración de las espumas fenólicas no existe suficiente información dentro del país. Teniendo en cuenta que las espumas florales han sido usadas por un largo tiempo a nuestro alrededor como soportes de flores cortadas o diseños florales debido a que estas absorben el agua y las mantiene vivas por un tiempo determinado.

Las espumas florales en el mercado ecuatoriano son usadas en mayor cantidad por floristas, para la elaboración de diferentes diseños florales acorde a cada tipo de ocasión en base a la elaboración de espumas florales puede permitir minimizar los costos de importación debido a que Ecuador siendo un país petrolero no tenga los procesos necesarios para dicha producción.

Por ende, el presente trabajo tiene como objeto realizar un estudio técnico para la determinación de las características y especificaciones de las resinas fenólicas (espuma floral) que son obtenidas a partir de la resina fenólica tipo resol con agente espumante, tensoactivo, catalizador de curado y otros aditivos de manera homogénea permitiendo la formación de espuma (Lei, y otros, 2010).

1.3. Justificación e importancia

La industria petroquímica ha llegado a ser una de las actividades más importantes en Latinoamérica debido a que permite el cambio de una economía basada en la exportación de materias primas a una que se fundamenta principalmente en la industrialización de estas mediante el desarrollo de nuevas invenciones, en nuestro caso se busca la producción de espuma floral mediante la utilización de resinas fenólicas como materia prima permitiendo el estudio de diseño de proceso que permitirá tomar las decisiones correctas para desarrollo del país.

En Ecuador las espumas florales son muy usadas en la industria florícola debido a que estas permiten a las plantas adaptarse a diferentes condiciones desde el momento que es cortada o trasplantada, esto es posible por la capacidad de absorción que suelen tener convirtiéndose en un producto de gran importancia dentro de la industria. Además, una de sus otras aplicaciones importantes es en los cultivos hidropónicos debido a que estas ayudan a proporcionar humedad que sea adecuada para cualquier planta para su crecimiento.

Puesto que en Ecuador en la actualidad no existe plantas de producción de resinas fenólicas se busca el estudio técnico-económico que permitirá establecer si es factible la implementación de una planta de producción permitiendo el inicio de un nuevo emprendimiento que profundizará la sustitución de importaciones mediante la incentivación a la industria nacional llevando al país superar el actual sistema de

generación de riquezas profundizando la diversificación productiva como es el caso desarrollando nuevos sectores productivos.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

- Establecer las características del tipo de producto a obtener en la implementación de una planta de producción.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Realizar una revisión bibliográfica de los componentes de la resina fenólica.
- Evaluar las fuentes de materia prima dentro y fuera del país.
- Detallar las propiedades físico-químicas que debe cumplir el producto.

1.5. Hipótesis

La resina fenólica (espuma floral) para su utilización es factible conocer sus propiedades físico-químicas.

1.6. Variables de Investigación

1.6.1. *Variable dependiente*

Las características del producto (espuma floral)

1.6.2. *Variable independiente*

Propiedades de la materia prima

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Espuma fenólica

La espuma fenólica es una espuma polimérica importante producida por primera vez en los Estados Unidos en 1937. Siendo utilizadas por mucho tiempo en el campo del transporte, aislamiento, embalaje y mitigación de ruido (Szcurek, Fierro, Pizzi, Stauber, & Celzard, 2014).

La espuma fenólica se divide en dos categorías; una de ellas es de tipo novolaca y el otro es el tipo resol. En el tipo novolaca el fenol y el formaldehído reaccionan en presencia de un catalizador ácido y se unen al producto de condensación lineal mediante un enlace de metileno, se añade el agente de reticulación al producto condensado y el producto resultante se moldea a temperaturas y presión elevadas (Landrock, 1995).

En la resina fenólica resol, en presencia de un catalizador básico reaccionan el fenol y el formaldehído para formar una resina fenólica resol líquida, a la que se añade un agente espumante para de esta manera lograr moldear la espuma (Landrock, 1995).

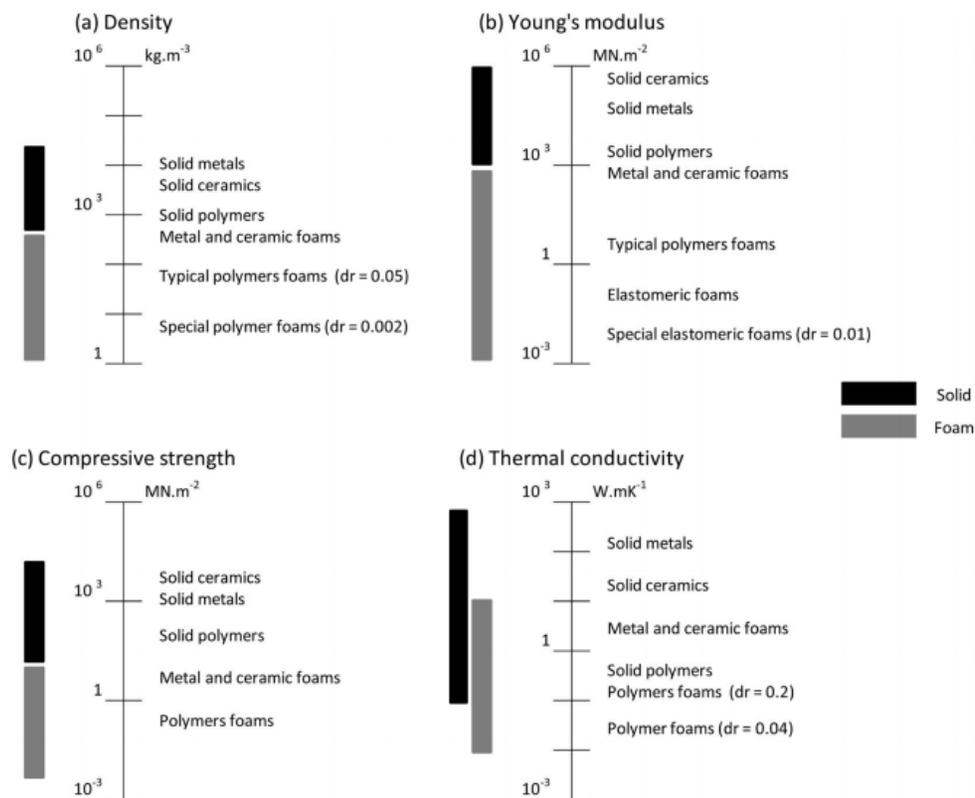
Características

La estructura de poros finos y la estructura química le dan a la espuma fenólica excelentes propiedades que influyen baja inflamabilidad, alta resistencia al calor y a los disolventes, alta estabilidad, baja conductividad térmica y baja toxicidad (Lei, y otros, 2010). Las espumas fenólicas tipo resol tienen densidades de entre 0,024407 a 0,08026 g/cm³, siendo de preferencia utilizar valores de entre 0,03210 a 0,06420 g/cm³ (Espinoza D. A., 2010).

Las propiedades físicas y mecánicas de las espumas difieren significativamente de las de los materiales densos que se puede observar en la figura 1.

Figura 1

Rango de propiedades de las espumas y sólidos



Nota: El gráfico muestra la comparación de las propiedades como la densidad, el módulo de Young, resistencia de compresión y la conductividad térmica entre los sólidos y las espumas. Tomado de: (Mougel, Garnier, Cassagnau, & Sintès-Zydowicz, 2019).

2.1.1. Composición de las Espumas Fenólicas

2.1.1.1. Resinas fenólicas

Las resinas fenólicas son polímeros sintéticos que se obtienen mediante la reacción de condensación entre el fenol y el formaldehído, que son los compuestos principales debido que desde ahí parte la producción de espumas fenólicas (Espinoza D. A., 2010).

Además, para la producción de las resinas fenólicas se debe tener en cuenta algunos factores clave como la relación entre el fenol y el formaldehído, el tipo de catalizador ya sea ácido o básico, y la temperatura a la que procede la reacción (Rodríguez, Mujica, Martínez, & Silva, 2009).

Las resinas fenólicas tienen una amplia gama de aplicaciones desde la fabricación de materiales de fricción, abrasivos y espumantes, hasta la fabricación de deshidratantes para crudos; también incluye fibras naturales, fibras sintéticas y tecnologías que reutilizan fibras naturales (Rodríguez, Mujica, Martínez, & Silva, 2009).

2.1.1.1.1. Composición de las Resinas Fenólicas

- **Fenol**

El fenol tiene como fórmula química C_6H_5OH , llamado también ácido fénico, ácido carbólico, hidróxido de fenilo, hidroxibenceno, es un monómero utilizado en mayor cantidad en la producción de resinas fenólicas.

El fenol se distribuye ampliamente en la naturaleza y se utiliza como intermediario en productos sintéticos industriales como adhesivos y conservantes (McMurry, Mondragón, & Pozo, 2008). El fenol es un tipo de compuesto aromático cuyo grupo hidroxilo está directamente conectado al núcleo aromático. Se diferencian de los alcoholes en que se comportan como ácidos débiles y son fácilmente solubles en hidróxido de sodio acuoso, los fenoles son sólidos incoloros (Gardziella, Pilato, & Knop, 2013).

Las posiciones en las que los fenoles pueden reaccionar con los aldehídos son 2, 4 y 6 contra el grupo OH^- . Por consiguiente, si los grupos sustituyentes como los grupos alquilo que se encuentran en dichas posiciones los aldehídos ya no podrán reaccionar. En este caso como se va a trabajar con formaldehído como aldehído, el fenol a utilizarse son los fenoles disfuncionales para producir polímeros lineales (Landrock, 1995).

- **Formaldehído**

El formaldehído (HCHO) es el único componente carbonilo utilizado en la síntesis de resinas fenólicas industriales. Es una sustancia química peligrosa, provoca irritación ocular, del tracto respiratorio superior y de la piel. A temperaturas normales es un gas incoloro con un olor acre (Gardziella, Pilato, & Knop, 2013).

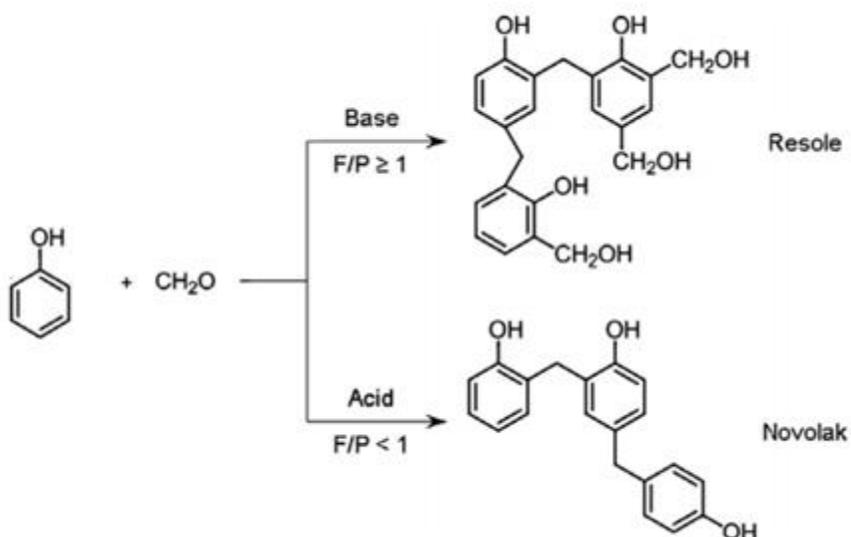
(Landrock, 1995) menciona que la solución acuosa de formaldehído es llamada formalin o formol, el cual es el más utilizado en la industria para la producción de espumas fenólicas. Por ende, en el mercado se puede encontrar formaldehído al 37%, el cual contiene metanol para mantener la estabilidad de la solución.

2.1.1.1.2. Clasificación de las Resinas Fenólicas

Las resinas fenólicas se clasifican en dos tipos que son las resinas tipo resol y las resinas novolacas.

Figura 2

Preparación de las resinas resol y novolocas



Nota: El gráfico representa las reacciones que se cumplen para la producción de las resinas tipo resol y novolaca. Tomado de: (Pilato, 2013).

- **Resinas Fenólicas Tipo Resol**

Las resinas fenólicas resol se producen por la reacción entre el fenol y el formaldehído en exceso bajo condiciones básicas. Dando como producto a resoles sólidos o líquidos, este tipo de resina fenólica es la más utilizada para la producción de espumas (Espinoza P. L., 2008).

La relación molar de fenol-formaldehído normalmente es de 1/1 a 1/3. Teniendo en cuenta en los análisis realizados por (Espinoza D. A., 2010), para la composición de fenol tomó el valor de 3,5 M. Los catalizadores básicos que se pueden utilizar son el hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de bario y amonio. La cantidad de estos catalizadores es de 0,005 a 0,1 mol por cada mol de fenol, pero la cantidad preferente de estos catalizadores es de 0,01 a 0,05 mol. Después de que se encuentran

en solución acuosa reaccionan a una temperatura por debajo de 100 °C (Landrock, 1995).

La reacción es neutralizada con un ácido apropiado con una composición de 1 N (Herrera Arcos, 2016). Además, se puede añadir urea para eliminar el formaldehído libre generalmente valores entre 0,5 a 5% en peso (Gardziella, Pilato, & Knop, 2013).

Las condiciones de preparación y propiedades de resol a obtener se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Condiciones y propiedades de resol

| Ítems | | Valor |
|-----------------------|----------------------|---|
| CONDICIONES | | |
| Componentes | Fenol | 1 |
| (moles) | Formaldehído 37% | 1 a 3 (Preferentemente 1,5 a 2) |
| | Catalizador alcalino | 0,005 a 0,1 (Preferentemente 0,01 a 0,05) |
| Temperatura | | Menor a 100 °C |
| Tiempo | | Aproximadamente 3 horas |
| PROPIEDADES | | |
| Contenido no volátil | | 70 a 90 |
| Viscosidad (Cp/25 °C) | | 3000 a 10000 |
| pH | | 6,8 a 7,2 |
| Fenol libre (%) | | Menor a 5 |
| Formaldehído | | Menor a 5 |

Nota: Tomado de: (Landrock, 1995).

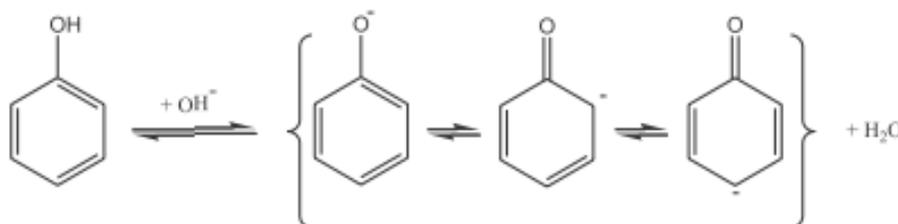
Síntesis de Resinas Fenólicas Resol

(Espinoza P. L., 2008) menciona la síntesis de resinas fenólicas resol de acuerdo a los siguientes pasos:

1. La formación de un anión fenolato por la deslocalización de la carga negativa a las posiciones orto y para, durante la reacción de fenol y el catalizador básico. Y reacción entre el anión fenolato y formaldehído

Figura 3

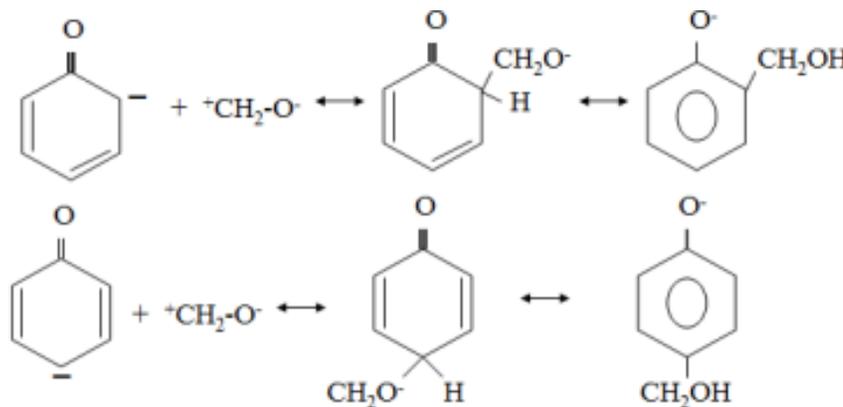
Primera etapa de la reacción para la síntesis de resol con catalizador básico



Nota: Tomado de: (Mougel, Garnier, Cassagnau, & Sintés-Zydowicz, 2019).

Figura 4

Reacción entre el anión fenolato y formaldehído (Posiciones orto y para)

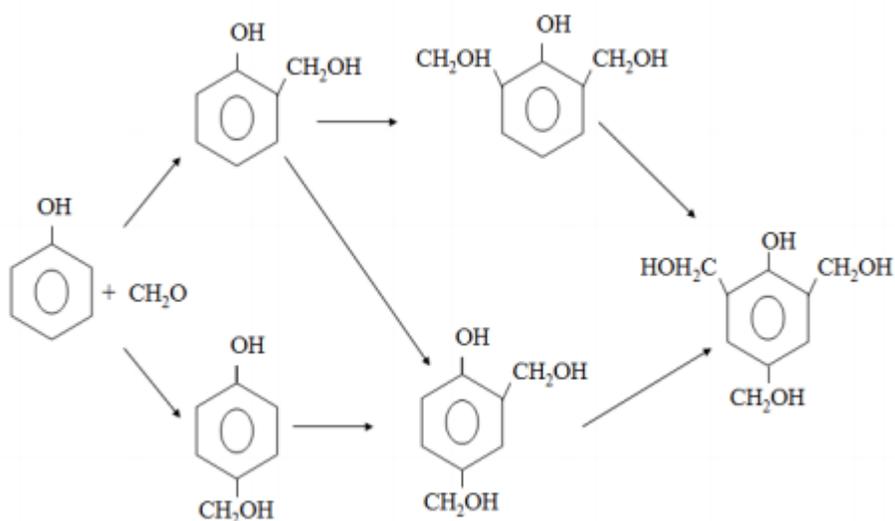


Nota: Tomado de: (Espinoza D. A., 2010)

2. A continuación, tiene lugar la reacción de metilolación

Figura 5

Reacción entre el fenol y el formaldehído (Reacción de metilolación)

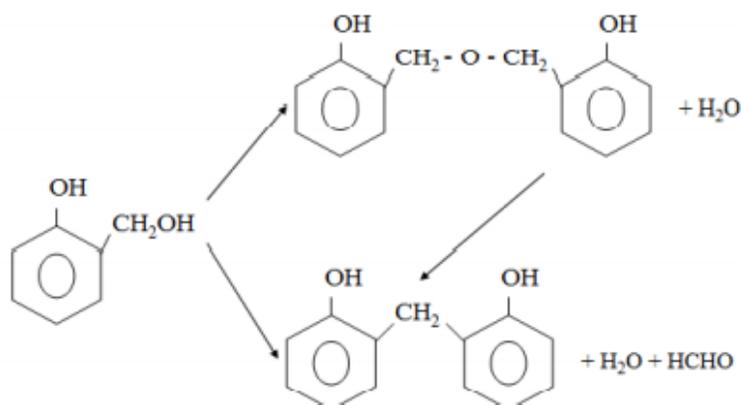


Nota: La figura muestra la reacción entre el fenol y formaldehído en las posiciones orto y para. Tomado de: (Espinoza D. A., 2010).

3. La tercera fase es la reacción de polimetilolación

Figura 6

Reacción de polimetilolación

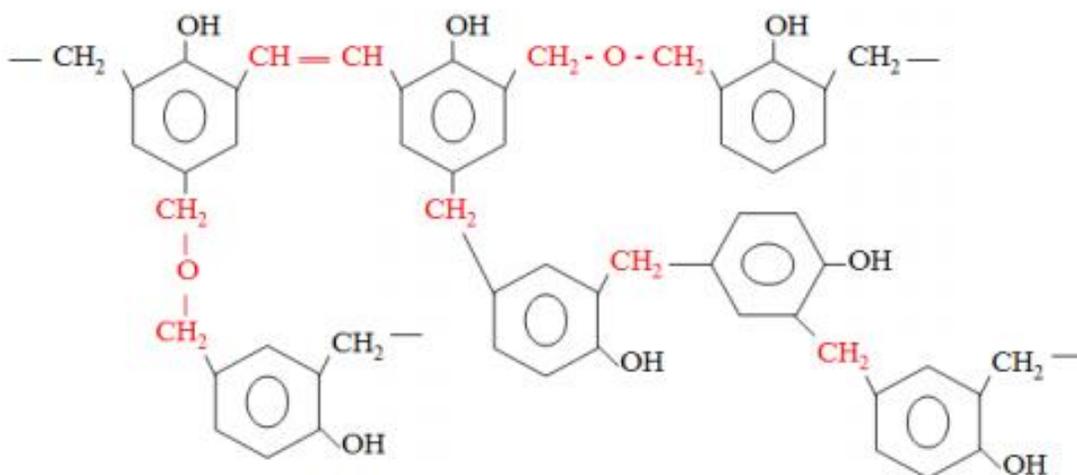


Nota: La figura muestra la reacción entre el fenol y formaldehído (Reacción de polimetilolación). Tomado de: (Espinoza D. A., 2010).

4. La última etapa es la formación del retículo

Figura 7

Formación del retículo



Nota: Tomado de: (Espinoza D. A., 2010).

Los iones K^+ y Na^+ y valores altos de pH conducen a la sustitución *para*, mientras que la sustitución *orto* es favorecida a bajo pH y cationes tales como Ba^{2+} , Ca^{2+} y Mg^{2+} (Espinoza P. L., 2008).

Las resinas fenólicas resol tienen algunas aplicaciones entre ellas están las siguientes presentadas en la tabla 2.

Tabla 2*Aplicaciones de las resinas tipo resol*

| Aplicación | Estimación | Comentario |
|--------------------------------------|-------------------|--|
| Composites | Muy favorable | FST (fuego, humo, baja toxicidad), aviones, balística, panel, rejilla de yacimientos petrolíferos, etc. |
| Aislamiento de lana mineral / vidrio | Favorable | Éxito limitado de los sistemas de sustitución de resinas fenólicas, |
| Espuma | Favorable | Buena demanda en Reino Unido, Europa y China |
| Adhesivos para madera | Mezclado | Nuevas regulaciones para formaldehído libre reducido, mercado inmobiliario deprimido en América del Norte, recesión. |
| Laminados | Mezclado | Producción de laminados eléctricos principalmente en Asia |

Nota: Tomado de: (Pilato, 2013).

- **Resinas Fenólicas Novolacas**

Las resinas novolacas son resinas sólidas estables, que se pueden preparar en condiciones ácidas con una proporción de fenol un molar inferior a la del formaldehído que requieren un agente de curado (hexametenotetramina) para reticular la novolaca. Estas resinas son preferidas para la producción de materiales de moldes fenólicos (Pilato, 2013).

Son resinas termoplásticas que tienen una temperatura de transición vítrea de 45-70 °C. La razón molar entre el formaldehído-fenol está entre 0,5:1 y 0,8:1. (Espinoza P. L., 2008).

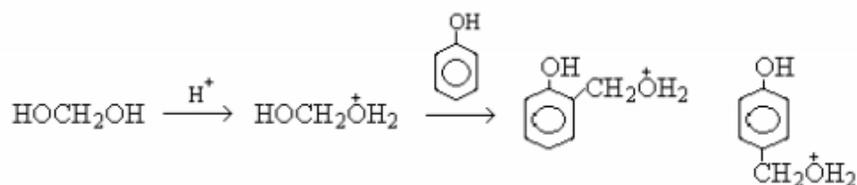
Síntesis de Resinas Fenólicas Novolacas

La formación de la resina Novolaca se obtiene mediante los siguientes pasos indicados por (Espinoza P. L., 2008):

1. El metilenglicol es convertido al ión carbono hidratado en el que se adiciona a las posiciones *orto* y *para* del fenol que en condiciones ácidas se presenta como iones bencílicos *orto* y *para*.

Figura 8

Formación de inicio de la resina fenólica novoloca

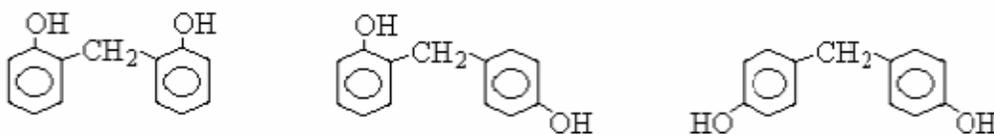


Nota: La figura muestra el inicio de la formación de la resina fenólica novolaca catalizada con ácido fuerte. Tomado de: (Espinoza P. L., 2008).

2. Los iones bencílicos hidratados reaccionan con el fenol en las posiciones *orto* y *para*, para obtener bisfenoles metilen-enlazados, (bis(hidroxifenil)-metano)(HPM).

Figura 9

Tipos de bisfenoles metilen-enlazados



Nota: La figura muestra los tipos de bisfenoles metilen-enlazados que son: 2,2-HPM; 2,4-HPM, y 4,4-HPM. Tomado de: (Espinoza P. L., 2008).

La reacción continua da como resultado la formación de polímeros novolaca con un peso molecular sobre 5000. Al ser reacciones catalizadas con ácido las resinas pueden contener entre el 50-70% de enlaces 2,4-HPM (Espinoza P. L., 2008).

Tabla 3

Aplicaciones de las resinas novolacas

| Aplicación | Estimación | Comentario |
|------------------------|-------------------|---|
| Apuntalantes | Muy favorable | Hydrofracking: esquisto→petróleo, gas natural. |
| Material de moldeo | Favorable | Industria automotriz mejorada. |
| Fricción | Favorable | Industria automotriz y negocios de modernización. |
| Agente de curado epoxi | Favorable | Sin DICY como acelerador, sin halógenos como FR, soldadura libre de Pb. |
| Resistencia | Favorable | Ordenadores, pantallas planas. |
| Fundición | Mezclado | Emisiones, renovado interés en el Water Glass, recesión. |
| Abrasivos | Mezclado | Relacionado con el PNB, recesión |

Nota: Tomado de: (Pilato, 2013).

2.1.1.2. Surfactantes

Los surfactantes o tensoactivos son una clase de compuestos químicos ampliamente utilizados en diversos campos industriales. La gran mayoría de los tensoactivos disponibles comercialmente se sintetizan a partir de derivados del petróleo. Sin embargo, el aumento de la preocupación por el medio ambiente entre los consumidores, combinado con la nueva legislación para controlar el medio ambiente, ha llevado a la búsqueda de tensoactivos naturales como alternativa a los productos existentes (Nitschke & Pastore, 2002).

Los surfactantes influyen drásticamente en la estructura celular y en la densidad debido a que, si no se estabiliza a la espuma hasta la gelificación de la matriz de resina, la espuma podría colapsar (Denslow & Rickle, 1989).

Se pueden usar dos tipos de tensoactivos para formar espuma fenólica, uno es el tipo de aceite de silicona y el otro es el tipo de aceite que no contiene silicona siendo Algunos ejemplos de tipo de aceite de silicona son L-5340 (carburo de unión) y SH-193 (Dow Corning). El aceite sin silicona es un tensoactivo no iónicos, que es un polímero de aceite de recino, ácido lanolínico y varios tipos de óxido de alquileo, entre ellos está el resinol F-140 y F-520. Todas las series de Tween también se pueden utilizar como surfactantes no iónicos (Landrock, 1995).

Los surfactantes actúan como agentes activos de superficie puesto que reduce la tensión superficial previniendo la ruptura de la espuma, se debe seleccionar de forma adecuada el tensoactivo lo que dará a la resina fenólica una estructura uniforme y fina. La cantidad de adición puede variar del 1 a 5 % porque si se agrega una mayor cantidad la espuma podría colapsar o volverse muy plástica (Gardziella, Pilato, & Knop, 2013).

Además, durante el proceso de espumado estabiliza las paredes y reduce el efecto antiespumante de los sólidos agregados o formados, el surfactante también emulsifica los ingredientes incompatibles (Cárdenas, M, Vásquez, C, Pilonieta, A, & Marín , 2012).

2.1.1.3. Agente de Soplado

En la producción de espuma los agentes de soplado juegan un papel importante en la reducción de calor exotérmico de la reacción que se produce durante la catálisis ácida de la resina fenólica resol. El calor de vaporización del agente volátil de soplado

puede moderar la reacción exotérmica y conducir a la expansión uniforme del crecimiento de la red de la resina fenólica (Gardziella, Pilato, & Knop, 2013).

En la producción los agentes de soplado o agente espumante se dividen en dos tipos: uno es volátil y se usa principalmente en composiciones del tipo resol, el cual se evapora a través de una reacción exotérmica y luego forma un gas espumante. Los agentes de soplado tipo volátil se encuentran los freones como el R-11 (monofluorotricloroetano) y R-113 (trifluorotricloroetano), y los hidrocarburos saturados como el n-hexano, n-pentano, etc. (Landrock, 1995).

Por otro lado, el otro tipo es el descomponible y se utiliza para la composición de las resinas fenólicas novolacas, que se descomponen en dióxido de carbono, gas amoníaco y similares mediante la reacción exotérmica, por el calor suministrado desde afuera o por el catalizador ácido proporcionado para que posteriormente se forme el gas de soplado. Como agentes de soplado para el tipo descomponible se puede utilizar el carbonato de amonio, nitrito de sodio, sulfito de sodio y bicarbonato de sodio (Landrock, 1995).

2.1.1.4. Catalizadores

Los catalizadores son ácidos orgánicos moderadamente fuertes (ácidos sulfónicos) son eficaces en el proceso de catálisis de la resina fenólica resol en espuma. Los ácidos sulfónicos típicos son: p-tolueno, xileno, fenol, cumeno y ácidos sulfónicos de metano debido a que estos proporcionan la mejor velocidad de curado y formación de espuma. Los ácidos inorgánicos como el ácido sulfúrico (H_2SO_4) y el ácido clorhídrico (HCl) se deberían evitar debido a los graves problemas de corrosión, existiendo una excepción el uso de pequeñas cantidades de ácido fosfórico el cual no es corrosivo (Gardziella, Pilato, & Knop, 2013).

2.2. Espuma floral

La espuma floral es una espuma fenólica tipo resol por lo que se utiliza la resina fenol-formaldehído para fabricar bloques de espuma floral que se han utilizado a nivel mundial en la industria de la floristería desde la década de 1950 como un método para apoyar los tallos de las flores en arreglos florales (Trestrail, y otros, 2020).

El uso de productos en espuma de fenol-formaldehído como soportes para flores cortadas ha sido de uso común en la industria floral durante muchos años, así como también su uso se encuentra dentro de los cultivos hidropónicos.

2.2.1. Composición y características

Cualquiera de los productos de espuma descritos requiere condiciones vigorosas catalizadas por ácido para transformar la resina (con tensioactivo, agente humectante, agente de soplado y color) en una espuma cuya densidad puede variar de 1 lb/ft^3 ($0,016 \text{ g/cm}^3$) a 2 lb/ft^3 ($0,032 \text{ g/cm}^3$). Un producto de espuma de baja densidad es deseable para flores frágiles, mientras que un producto de espuma de mayor densidad es adecuado para flores pesadas o flores secas. Las propiedades de la espuma que se desean son humectabilidad rápida, buena retención de agua, color adecuado, rápida absorción de agua, textura crujiente y facilidad de penetración de las flores, con buen soporte y retención de los tallos florales por la espuma (Espinoza D. A., 2010)

A continuación, se presenta en la tabla 4 la formulación típica de la espuma floral.

Tabla 4*Formulación típica de espuma floral*

| Componentes premezcla | Ingredientes | Partes por peso |
|----------------------------------|--|------------------------|
| A | Resol ^(a) | 100 |
| | Surfactante ^(b) | 1 |
| | Agente de apertura celular ^(c) | 5 |
| | Colorante | 2 |
| B | R-113 (trifluorotricloroetano) | 10 |
| C | Catalizador ácido ^(d) | 13 |

Nota: Esta tabla muestra la formulación típica de espuma floral además (a) No volátil 80%, viscosidad: 4000 Cp (25 °C), (b) Surfactante de silicona L-5420, (c) Surfactante aniónico Neogen AS-20 y (d) Ácido fenol sulfónico al 65%. Tomado de: (Landrock, 1995).

2.3. Propiedades de las Espumas

(Espinoza D. A., 2010), manifiesta en su investigación algunas propiedades cualitativas obtenidas después de realizar varias pruebas para la espuma floral más adecuada entre ellas está el olor, color, estado, consistencia, textura, suavidad y pH.

En donde las propiedades como el color, olor, estado, consistencia, textura y suavidad se pueden determinar mediante los sentidos que son como el tacto, el olfato y la vista (Espinoza D. A., 2010)

2.3.1. Densidad

La densidad (ρ) es el parámetro más característico de las espumas debido a que da una idea de proporción entre la fase sólida y la fase gas de la espuma. La densidad es una propiedad física definida como la relación entre la masa de un objeto dividida por su volumen (Saz.Orozco Rodríguez, 2013). La masa es la cantidad de la materia en gramos que contiene un objeto mientras que el volumen es la cantidad en centímetros cúbicos de espacio ocupado por la cantidad de la materia.

2.3.2. Módulo de Young

El módulo de Young o módulo de elasticidad es una medida de la resistencia de un material a la deformación elástica en presencia de una carga. El principio básico es que un material se deforma elásticamente cuando se comprime o se estira y vuelve a su forma original cuando se retira la carga. En comparación con los materiales rígidos se produce una mayor deformación en los materiales flexibles. Gibson y Ashby propusieron una expresión que relaciona el módulo con la densidad relativa por lo que cuando la densidad disminuye el módulo de Young disminuye (Saz.Orozco Rodríguez, 2013).

2.3.3. Conductividad térmica

La conductividad térmica es una propiedad física en la que consiste en la medición de la capacidad de conducción de calor que afecta el rendimiento de aislamiento térmico de la espuma. Esta propiedad puede cambiar drásticamente la conductividad térmica al aumentar o disminuir la temperatura de un mismo material. Además, la conductividad térmica es una expresión que se relaciona con la densidad es decir que mientras la espuma tenga una densidad menor su conductividad térmica también será menor (Saz.Orozco Rodríguez, 2013).

La conductividad térmica se cuantifica utilizando el Sistema Internacional de Unidad (Unidades SI) de W/m.K.

2.3.4. Resistencia de Compresión

La resistencia de compresión depende en gran medida de la densidad relativa de la espuma. La resistencia de compresión representa la resistencia de un material contra la compresión o su capacidad para soportar cargas que tienden a reducir el tamaño antes de colapsar (Mougel, Garnier, Cassagnau, & Sintès-Zydowicz, 2019).

La resistencia de compresión depende de la tenacidad de la pared celular, aunque la densidad juega un papel importante dentro de la resistencia de compresión.

2.3.5. Absorción de agua

El poder de absorción de agua de una espuma depende de la geometría y del número de celdas, así como de estado de la membrana ya sea abierta, semiabierta o cerrada, puesto que esta característica determina la facilidad y capacidad de penetración del agua en las celdas (Gamboa, y otros, 2004).

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

El trabajo de investigación es descriptivo con diseño de campo bibliográfico debido a que tiene como objetivo fundamental en establecer y describir las características de la materia prima a utilizarse para la producción de espumas florales además de reportar las propiedades físico-químicas de dicho producto. Como también detalla las fuentes de la materia prima tanto dentro y fuera del país.

En el desarrollo de la investigación se examinó las características mediante definiciones bibliográficas seleccionando fuentes de información con datos claros e importantes enfatizando en el estudio independiente de cada característica, siendo una investigación positiva en cuanto se fundamenta en una necesidad, dado que una vez que se haya realizado la información se realizará un análisis acerca de la implementación de una planta de producción de resina fenólica (espuma floral).

3.2. Instrumentos de la investigación

Este tipo de investigación permitió el desarrollo de cada componente de la investigación puesto que fue necesario utilizar la investigación bibliográfica, es decir, la utilización de libros, tesis, artículos, patentes, internet con el propósito de obtener un panorama mucho más amplio sobre el tema permitiendo de esta manera efectuar un análisis a profundidad sobre el uso de dichos componentes que se puede obtener dentro del país.

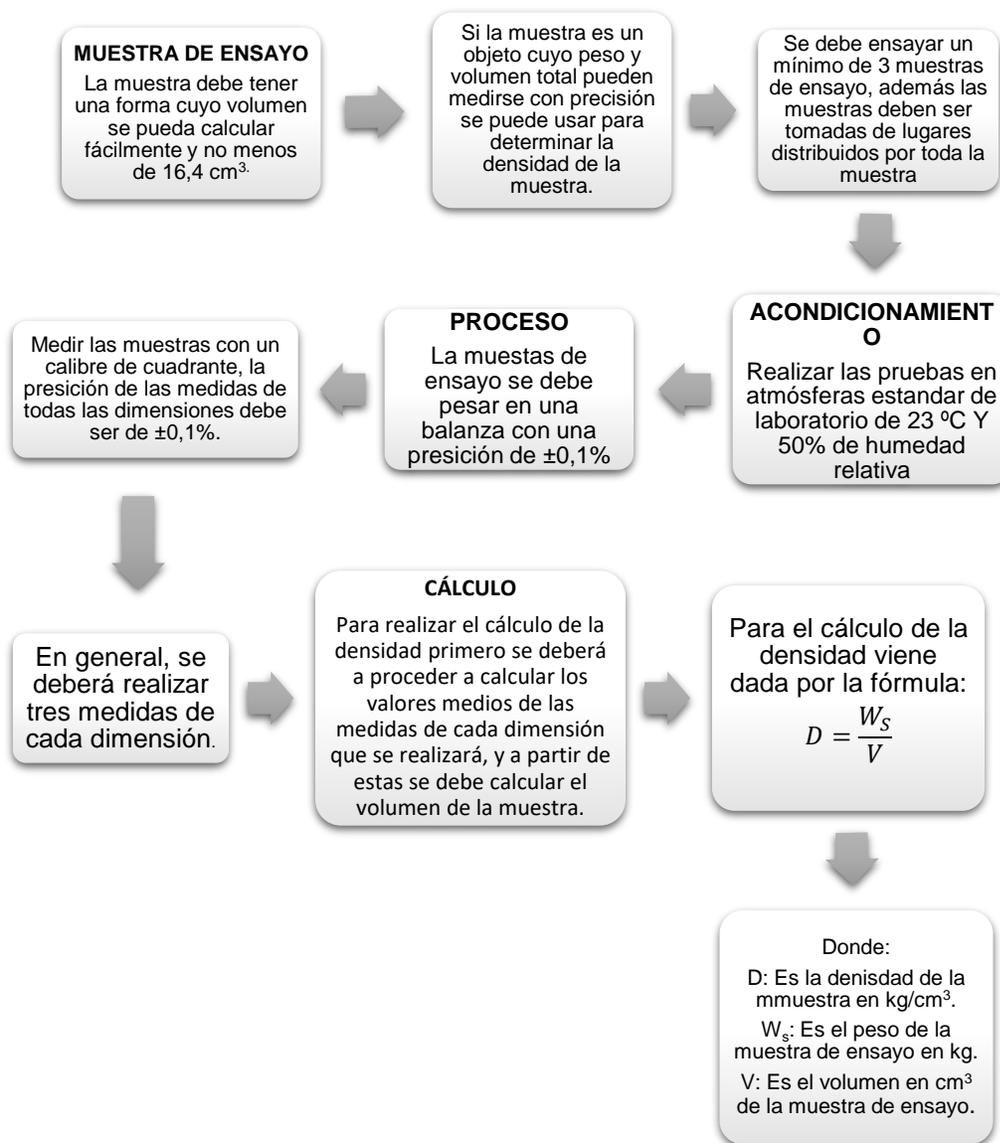
3.3. Evaluación de las propiedades de las espumas de acuerdo a las normas estándares

3.3.1. Densidad

La densidad se podría determinar de acuerdo a la norma (ASTM, 2003), “Método de prueba estándar para determinar la densidad en plásticos celulares rígidos”.

Figura 10

Diagrama de flujo para determinar la densidad



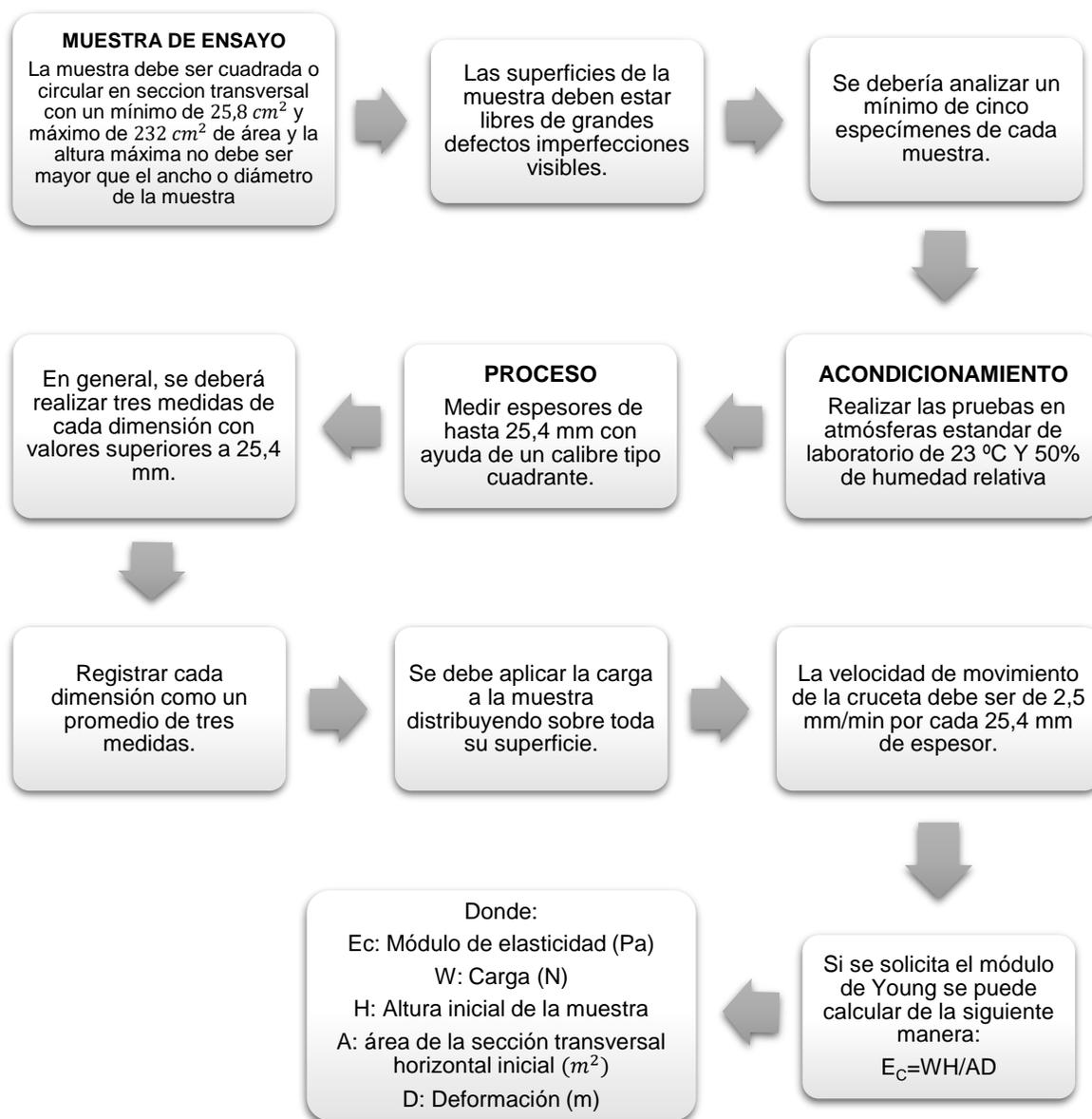
Nota: La figura muestra la evaluación de la densidad de acuerdo a la norma estándar.

3.3.2. Resistencia de compresión y Módulo de Young

Esta prueba se puede realizar de acuerdo a la norma (ASTM, 2000), “Método de prueba estándar para las propiedades de compresión de plásticos celulares rígidos”, siendo posible calcular el esfuerzo de compresión y calcular el módulo de Young.

Figura 11

Diagrama de flujo para determinar la resistencia de compresión y módulo de Young



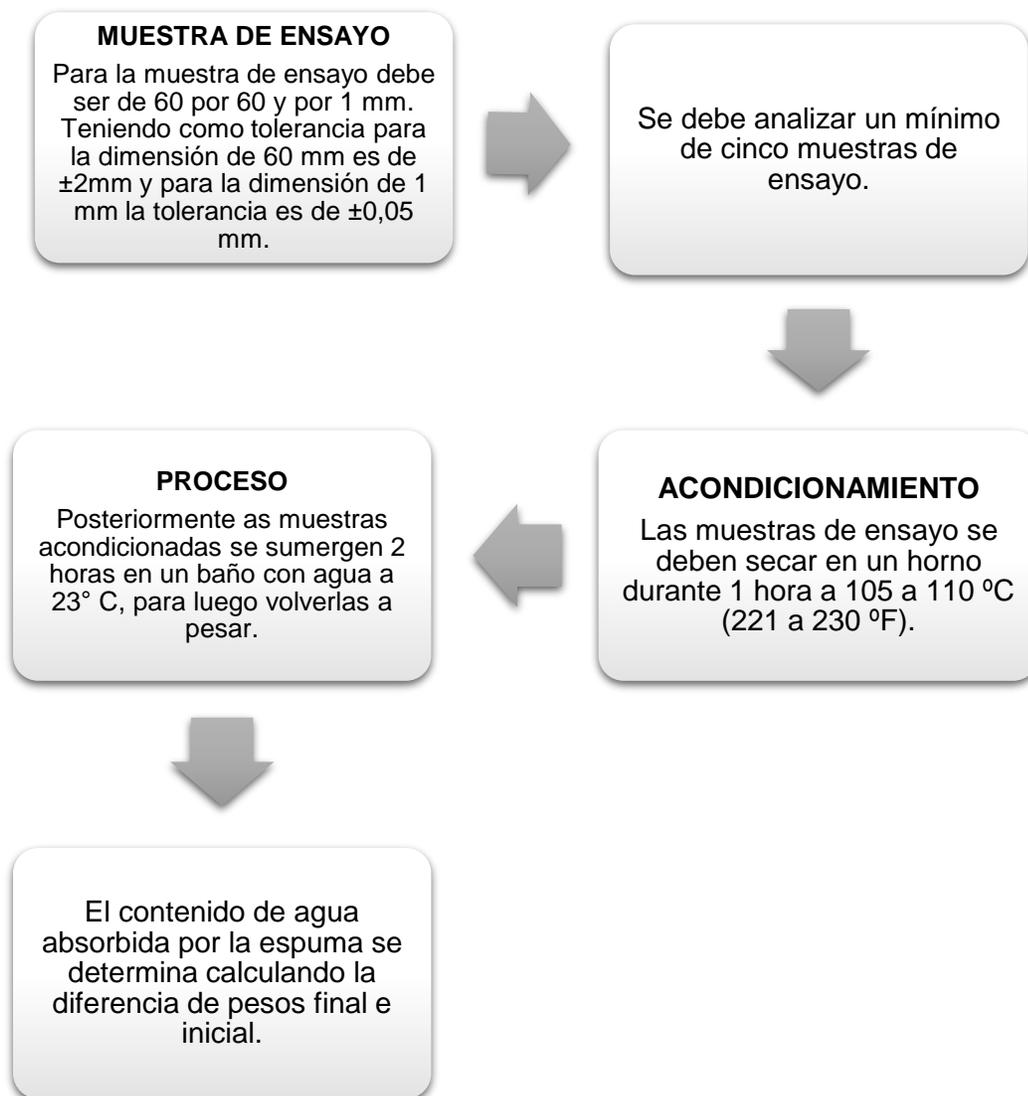
Nota: Se muestra como determinar la resistencia de compresión y el módulo de Young.

3.3.3. Absorción de agua

Para evaluar la absorción de agua mediante se puede realizar de acuerdo a la norma (ASTM, 1998), "Método de prueba estándar para la absorción de agua de plásticos".

Figura 12

Diagrama de flujo para determinar la absorción de agua



Nota: Se muestra en la figura la determinación de la absorción de agua.

3.3.4. pH

Para determinar el pH se puede utilizar un potenciómetro o pHmetro, primeramente, se puede sumergir la espuma floral en agua durante 5 min posteriormente calcular el pH del agua (Espinoza D. A., 2010).

3.4. Proveedores de fenol y formaldehído dentro y fuera de Ecuador

3.4.1. Proveedores dentro del país

Empresa RELUBQUIM

RELUBQUIM es una empresa de agroquímicos y fertilizantes con amplia experiencia en la producción y comercialización de productos químicos en Ecuador. Son fabricantes de materias primas químicas, fertilizantes, materias primas agrícolas, detergentes, ácido sulfúrico y sulfato amonio (RELUBQUIM, s.f). Se encuentra ubicada en la ciudad de Quito, ofrece productos químicos como:

- Ácidos
- Alcoholes
- Cloruros
- Fosfatos
- Solventes
- Carbonatos
- Formaldehído (Formol)

Empresa PRODUQUIMIC

PRODUQUIMIC es una empresa que brinda su servicio oportuno a nivel nacional en la entrega de sus productos desde hace más de 15 años (PRODUQUIMIC, s.f). La empresa está ubicada en la ciudad de Quito y ofrece una gran variedad de productos químicos entre ellos están:

- Ácidos
- Alcoholes
- Cloruros
- Formaldehído (Formol)
- Cianuro de sodio
- Desinfectantes
- Detergentes
- Sulfato ferroso, entre otros.

Empresa QUIMEG

Es una empresa que se dedica a la fabricación, comercialización y venta de materia prima, productos químicos elaborados de excelente calidad, se encuentra ubicada en la ciudad de Quito (QUIMEG, s.f), esta empresa tiene una gran apertura de productos.

- Ácidos
- Amonio cuaternario
- Desinfectantes
- Cloro líquido
- Cloruro férrico
- Formol (Formaldehído)
- Glucosa, entre otros.

Empresa Reactiva Trading Cia. Ltda.

(EMIS, 2020) menciona que la empresa fue fundada en el año 2015 con el propósito de brindar sus servicios mediante la adquisición de productos químicos dentro del país entre estos tenemos:

- Acetaldehído
- Fenol
- Formaldehído
- Ácido benzoico
- Ácido acético
- Ácido fórmico
- Cloroformo
- Ciclohexano
- Metanol
- Metil acetato, entre otros.

3.4.2. Proveedores fuera del país

De acuerdo al Servicio Nacional de Aduana del Ecuador, nuestro país importa fenol de proveedores de los países de Brasil, Colombia, China, México y Alemania, mientras que para el formaldehído están los países de Colombia, Italia, México, China y Turquía.

Debido a que no se proporciona información de que empresas Ecuador importa se realizó una revisión bibliográfica de al menos dos empresas importadoras de los países que se encuentran cerca a Ecuador.

BRASIL

Empresa HEXION (Hexion Química Indústria e Comércio)

La empresa fue fundada en el año 1947 para abordar los problemas más urgentes del compromiso actual con la producción segura y la participación de la comunidad (incluida la producción de resinas sintéticas y materiales plásticos) (HEXION, 2019).

El negocio internacional de la compañía cubre una amplia gama de productos químicos para que el destinatario pueda cumplir con los diversos requisitos de rendimiento y proceso en investigación, entre los cuales son:

- Resinas de urea
- Polioles aromáticos
- Formaldehído y derivados
- Fenoles
- Resinas epoxi, agentes de curado y modificadores
- Compuestos de moldeo
- Tecnologías para petróleo y gas
- Resinas fenólicas
- Ácidos y derivados versátiles
- Emulsiones de cera

Empresa Tree Comércio Internacional

La empresa es una organización que provee productos para diversos sectores e industrias como en el área de agroquímica, química, automotriz, cosmética y plásticos.

El enfoque de esta empresa es brindar una variedad de productos, tales como:

químicos, alguicidas y productos de carrocería (Tree Comércio Internacional, s.f).

Los productos químicos que esta empresa ofrece están:

- Fenoles
- Aceites Fenólicos
- Desinfectantes Fenólicos
- Glicerina
- Resinas Novolacas
- Resinas Fenólicas

- Resinas para adhesivos técnicos
- Orto-cresol, entre otros.

COLOMBIA

Empresa Productos de Quinitron

Es una compañía establecida desde 1994 dedicada a desarrollar alianzas estratégicas entre las industrias nacionales y los mercados de los países vecinos. Según la información proporcionada por la misma empresa, tiene conexiones con empresas comercializadoras y distribuidoras en el campo químico para que pueda cubrir un mayor número de productos (Quinitron, s.f.). Los productos químicos que ofrece esta empresa son de una gran variedad a continuación se menciona algunos de ellos:

- Fenol
- Formaldehído
- Amoniacó técnico
- Anhídrido maleico
- Borax
- Ciclohexano
- Cloroformo, entre otros

Empresa Grupo Bretano

(BRETANO, s.f), indica que es una compañía que ofrece la importación de productos o materia prima en toda Latinoamérica debido a que se ha dedicado a identificar las oportunidades de negocio dentro del mercado internacional por ende ofrece varios productos químicos los cuales algunos de ellos se presentan a continuación:

- Fenoles

- Preservantes
- Metanol
- Azufre
- Bakelita
- Ceras
- Aditivos PVC
- Fertilizantes, entre otros.

MÉXICO

Empresa Alquimia Mexicana S de R. L

El comienzo de esta empresa fue dado desde el año 1967 goza de una alta cobertura internacional debido a su compromiso de producción, importación y distribución de productos químicos en diferentes industrias como la alimentación, cosmética, farmacéutica y química en general cumpliendo de esta manera las diferentes necesidades del consumidor (Alquimia Mexicana, s.f.), entre ellos tenemos:

- Acetatos
- Alcoholes
- Ácidos
- Almidones
- Azufres
- Formaldehídos
- Fenoles
- Carbonatos
- Cementos
- Glicerinas, entro otros.

Empresa ALORHUM

Fundada en 2007, la empresa es distribuidora y comercializadora de minerales no metálicos, pigmentos orgánicos e inorgánicos, productos químicos y aditivos brindando su servicio en México, Centroamérica, Sudamérica y el Caribe. Según sus datos, esta es una empresa que brinda productos de alta calidad y consistencia para que nuevos procesos a desarrollarse sea de una mejora continua. Además, de exportar fenol y formaldehído (ALORHUM, s.f.), la empresa también provee varios productos químicos que se encuentran clasificados por el tipo de industria, las cuales son:

- Cerámica
- Papel
- Pinturas
- Plástico
- Química
- Construcción y acabados de construcción
- Adhesivos, selladores y goma
- Cuidado personal
- Lubricantes

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión

4.1. Composición de la materia prima para la producción de la resina fenólica tipo resol

Para la producción de resina fenólica tipo resol se necesita la composición de la materia prima que fue detallada en la tabla 4.

Tabla 5

Composición de fenol y formaldehído para la producción de resina fenólica tipo resol

| COMPUESTO | Valor | Concentración Asumida | % en v/v |
|--------------------|-------|--------------------------|----------|
| Fenol | 1 | 3,5 M | 30,78 |
| Formaldehído (37%) | 1 a 3 | 6,5 M | 48,39 |

Nota: La tabla muestra la composición en porcentaje v/v de fenol y formaldehído, materia prima para la producción de resina fenólica tipo resol.

4.2. Empresas que son fuentes de la materia prima de la resina fenólica tipo resol

A través de la investigación se obtuvo una lista de empresas las cuales pueden ser las posibilidades para una compra en un futuro, en la tabla 5 se enlistan las empresas que se puede encontrar dentro del país tomando en cuenta que el fenol solo es vendido por una y en la tabla 6 se enlistan las empresas que fueron tomadas en cuenta de los países más cercanos a Ecuador.

Tabla 6*Empresas dentro del país*

| COMPUESTO | EMPRESAS |
|------------------|---|
| FENOL | Reactiva Trading Cia. Ltda. |
| FORMALDEHÍDO | RELUBQUIM PRODUQUIMIC QUIMEG Reactiva Trading Cia. Ltda. |

Nota: En la tabla se muestra diferentes fuentes de las que se puede adquirir la el fenol y formaldehído dentro de Ecuador.

Tabla 7*Empresas fuera del país*

| COMPUESTO | PAÍS | EMPRESAS |
|------------------|-------------|--|
| FENOL | Brasil | HEXION Tree Comércio Internacional |
| FORMALDEHÍDO | Colombia | Productos de Quinitron Productos de Grupo Bretano |
| | México | Empresa Alquimia Mexicana S de R. L ALORHUM |

Nota: En la tabla se muestra diferentes fuentes de las que se puede adquirir la el fenol y formaldehído fuera de Ecuador

4.3. Propiedades físico-químicas del producto (Espuma Floral)

De acuerdo a la revisión bibliográfica se tiene valores estimados para las correspondientes propiedades del producto (espuma floral) las cuales pueden ser analizadas y evaluadas de acuerdo a las normas estándares propuestas.

Además, cuenta con una baja inflamabilidad, alta resistencia al calor y a los disolventes, alta estabilidad y baja toxicidad.

Tabla 8

Valores estimados en las propiedades de la espuma floral

| PROPIEDAD | RESULTADO |
|--|-------------------------------------|
| Densidad (g/cm ³) | 0,016 - 0,032 |
| Resistencia a la compresión (MN/m ²) | 10 ⁻³ - 1 |
| Módulo de Young (MN/m ²) | 1 -10 ² |
| Conductividad Térmica (W.m/K) | 10 ⁻³ – 10 ⁻² |
| Absorción de agua (peso) | 18 - 25 |
| pH | 6,5 - 7 |

Nota: La tabla muestra rangos de valores que pueden tener las propiedades de la espuma floral de acuerdo a la información recabada.

Tabla 9*Características cualitativas de la espuma floral*

| CARACTERÍSTICAS | ASPECTO |
|------------------------|--|
| Olor | Inodoro |
| Color | Depende del aditivo que se vaya a colocar, pero el más común es el color verde |
| Estado | Sólido |
| Consistencia | Dura- esponjoso |
| Textura | Arenosa |
| Suavidad | Semi-suave |

Nota: La tabla indica las características de la espuma floral a obtener de acuerdo a los análisis de tomados de: (Espinoza D. A., 2010).

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Después de realizar una revisión bibliográfica, se estableció las características de la resina fenólica tipo resol que se requiere para la implementación de una planta de producción en nuestro país.

Se determinó la composición química de la materia prima para la producción de la resina fenólica tipo resol que es necesaria para la elaboración de la espuma floral. En primer lugar, obteniendo formaldehído al 37% con una relación fenol-formaldehído de 1:3, en presencia de un catalizador básico de acuerdo a la información obtenida.

Después de la investigación de las fuentes de la materia prima dentro y fuera del país, se estableció que, sí es factible la importación de fenol debido a que se encontró una sola empresa ecuatoriana que lo distribuye mientras que, para el formaldehído necesario, si se lo puede encontrar en varias empresas ya sea de producción o comercialización.

Mediante las investigaciones bibliográficas se detalló las propiedades y las características que deben cumplir el producto (espuma floral). Las propiedades se evalúan de acuerdo a las normas estándares internacionales ASTM D570, ATMS D1621 y ASTM D1622, esto debido a que en nuestro país no realiza dicha producción, mientras que las características se les puede determinar utilizando los sentidos de la vista, olfato y tacto.

Se concluye que la elaboración de espumas florales en nuestro país sería beneficioso puesto que no existe ningún proceso de producción convirtiéndose en un macroproyecto que ayudaría al desarrollo del país, generando fuentes de trabajo y disminuyendo los costos de importación, tanto en la industria florícola como para los cultivos hidropónicos, en donde la espuma floral es utilizada con mayor cantidad.

5.2. Recomendaciones

Debido a que en nuestro país el tema de la producción de resinas fenólicas tipo resol y espuma floral no han sido abarcado se podría considerar los parámetros presentados en este proyecto para estudios a futuro, permitiendo de esta manera poder realizar investigaciones a nivel laboratorio o a nivel industrial ya sea para producir o mejorar el producto que se requiere.

Se sugiere comparar las propiedades de la espuma floral que se pueda obtener con una espuma comercial para que de esta manera sea más preciso en el detalle tanto de sus propiedades como sus características.

Para obtener un mejor análisis de las propiedades de la espuma floral de acuerdo a las normas estándares ASTM se recomienda la utilización de varias muestras de diferentes partes del producto.

Bibliografía

- ALORHUM. (s.f.). *QuimiNet*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://www.quiminet.com/shr/es/alorhum-3356058118.htm>
- Alquimia Mexicana. (s.f.). *QuimiNet*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://www.quiminet.com/shr/es/alquimia-mexicana-712608.htm>
- Asociación Europea de Resinas Fenólicas. (Marzo de 2018). *RESINA FENÓLICA*. Recuperado el 15 de febrero del 2021 de <https://epra.eu/es/resina-fenolica/>
- ASTM. (1998). Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. D 570.
- ASTM. (2000). Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics. D 1621.
- ASTM. (2003). Standard Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics. D 1622.
- BRETANO. (s.f.). *Productos de Grupo Bretano*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://www.quiminet.com/shr/es/grupo-bretano-335534845/productos/familia/productos-para-ofrecer-fuera-de-colombia.htm?pp=5781753662>
- Cárdenas, M, E. P., Vásquez, C, P. M., Pilonieta, A, M. G., & Marín , G. Q. (2012). Obtención de espumas de poliuretano con materiales lignocelulósicos . *Investigaciones aplicadas*, 6(2), 93-102.
- Cavalcante, A. P., & Canto, L. B. (2012). Uso de residuo industrial a base de resina fenólica como carga para o polipropileno. *Polímeros*, 22(3), 245-252.
- Denslow, K. R., & Rickle, G. K. (1989). Surfactant effects in phenolic foam resins. *Journal of cellular plastics*, 25(1), 31-42.
- EMIS. (20 de Enero de 2020). *REACTIVA TRADING CIA. LTDA (ECUADOR)*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Reactiva_Trading_CiaLtda_es_4903750.html

- Espinoza, D. A. (2010). *Elaboración de espumas florales fenólicas que incorporan nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas para la conservación prolongada de plantas obtenidas in vitro en el laboratorio de cultivo de tejidos*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica del Ejército. Recuperado el 20 de marzo del 2021 de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/648/1/T-ESPE-029612.pdf>
- Espinoza, P. L. (2008). *Diseño, simulación y control automático de temperatura para reactores batch en producción de resinas*. [Doctoral dissertation, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO]. Recuperado el 22 de marzo del 2021 de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-9500/UCI9954_01.pdf
- Gamboa, G. P., Marín, E. M., García, J. R., Mendoza, A. B., Rodríguez, J. Z., & Rodríguez, S. P. (2004). Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola. Propiedades físicas y biodegradabilidad. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 48(2), 156-164.
- Gardziella, A., Pilato, L. A., & Knop, A. (2013). *Phenolic resins: chemistry, applications, standardization, safety and ecology*. Recuperado el 25 de marzo del 2021 de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NsvyCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR21&dq=Gardziella,+A.,+Pilato,+L.+A.,+%26+Knop,+A.+\(2013\).+Phenolic+resins:+chemistry,+applications,+standardization,+safety+and+ecology.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=m2k_MAr3P](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NsvyCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR21&dq=Gardziella,+A.,+Pilato,+L.+A.,+%26+Knop,+A.+(2013).+Phenolic+resins:+chemistry,+applications,+standardization,+safety+and+ecology.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=m2k_MAr3P)
- Herrera Arcos, C. S. (2016). *Diseño del proceso para la obtención de espuma floral utilizando resina fenólica tipo resol y policarbonato reciclado*. Quito: [Tesis, Escuela Politécnica Nacional]. Recuperado el 25 de febrero del 2021 de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15145/1/CD-6925.pdf>
- HEXION. (2019). *Soluções por Química*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://www.hexion.com/pt-br/chemistry>

- Knop, A., & Pilato, L. A. (2013). *Phenolic resins: chemistry, applications and performance*. Recuperado el 20 de febrero del 2021 de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8R2PBAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Knop,+A.,+%26+Pilato,+L.+A.+\(2013\).+Phenolic+resins:+chemistry,+applications+and+performance.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=wZGCQ-Mo3i&sig=6Jxcb73H7wgtEZOiSsq7uNPymdk#v=o](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8R2PBAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Knop,+A.,+%26+Pilato,+L.+A.+(2013).+Phenolic+resins:+chemistry,+applications+and+performance.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=wZGCQ-Mo3i&sig=6Jxcb73H7wgtEZOiSsq7uNPymdk#v=o)
- Landrock, A. H. (1995). *Handbook of plastic foams: types, properties, manufacture and applications*. Recuperado el 20 de febrero del 2021 de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RM8Qm6a5QGgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Landrock,+A.+H.+\(1995\).+Handbook+of+plastic+foams:+types,+properties,+manufacture+and+applications.+Elsevier&ots=r-xCLwKgJG&sig=J_r_NPGfoBdZI9_zWFdx6RaAd84#v=onepage&q=Landrock%20C%20A](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RM8Qm6a5QGgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Landrock,+A.+H.+(1995).+Handbook+of+plastic+foams:+types,+properties,+manufacture+and+applications.+Elsevier&ots=r-xCLwKgJG&sig=J_r_NPGfoBdZI9_zWFdx6RaAd84#v=onepage&q=Landrock%20C%20A)
- Lei, S., Guo, Q., Zhang, D., Shi, J., Liu, L., & Wei, X. (2010). Preparation and properties of the phenolic foams with controllable nanometer pore structure. *Journal of applied polymer science*, 117(6), 3545-3550.
- McMurry, J., Mondragón, C. H., & Pozo, V. G. (2008). *Química orgánica (Vol 5)*. México, DF: Cengage learning.
- Mougel, C., Garnier, T., Cassagnau, P., & Sintès-Zydowicz, N. (2019). Phenolic foams: A review of mechanical properties, fire resistance and new trends in phenol substitution. *Polymer*, 164, 86-117.
- Nitschke, M., & Pastore, G. M. (2002). Biosurfactantes: propriedades e aplicações. *Química nova*, 25(5), 772-776.
- Pilato, L. (2013). Phenolic resins: 100 years and still going strong. *Reactive and functional polymers*, 73(2), 270-277.

- PRODUQUIMIC. (s.f). *Químicos para la Industria*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://produquimic.com.ec/>
- QUIMEG. (s.f). *QUÍMICOS ECUADOR - PARA TODAS LAS INDUSTRIAS EN GENERAL*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://quimeg.com.ec/quimeg-ecuador-materia-prima-para-la-industria-en-general/>
- Quinitron. (s.f.). *QuimiNet*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://www.quiminet.com/shr/es/quinitron-221847369.htm>
- RELUBQUIM. (s.f). *Químicos Exportaciones e Importaciones Relubquim Cia. Ltda.* Recuperado el 05 de abril del 2021 de <https://relubquim.com.ec/>
- Rodríguez, M. C., Mujica, V., Martínez, A., & Silva, S. (2009). Factibilidad técnico-económica de una planta de producción de resinas fenólicas (Tipo Resol). *Revista INGENIERÍA UC*, 16, (3), 7-13. Recuperado el 20 de febrero del 2021 de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70717551002.pdf>
- Saz.Orozco Rodríguez, B. D. (2013). *Formulación y caracterización de espumas fenólicas tipo resol reforzadas con lignosulfonato cálcico y con partículas de "Pinus radiata"*. [Tesis, Universidad Complutense Madrid].
- Szczurek, A., Fierro, V., Pizzi, A., Stauber, M., & Celzard, A. (2014). A new method for preparing tannin-based foams. *Industrial crops and products*, 54, 40-53.
- Tree Comércio Internacional. (s.f). *TREE International Business Market*. Recuperado el 05 de abril del 2021 de <http://treeinternacional.com/es/home-2/>
- Trestrail, C., Walpitagama, M., Hedges, C., Truskewycz, A., Miranda, A., Wlodkovic, D., & Nugegoda, D. (2020). Foaming at the mouth: Ingestion of floral foam microplastics by aquatic animals. *Science of The Total Environment* 705, 135826.

ANEXOS